

ciencia

Revista de la Academia Mexicana de Ciencias

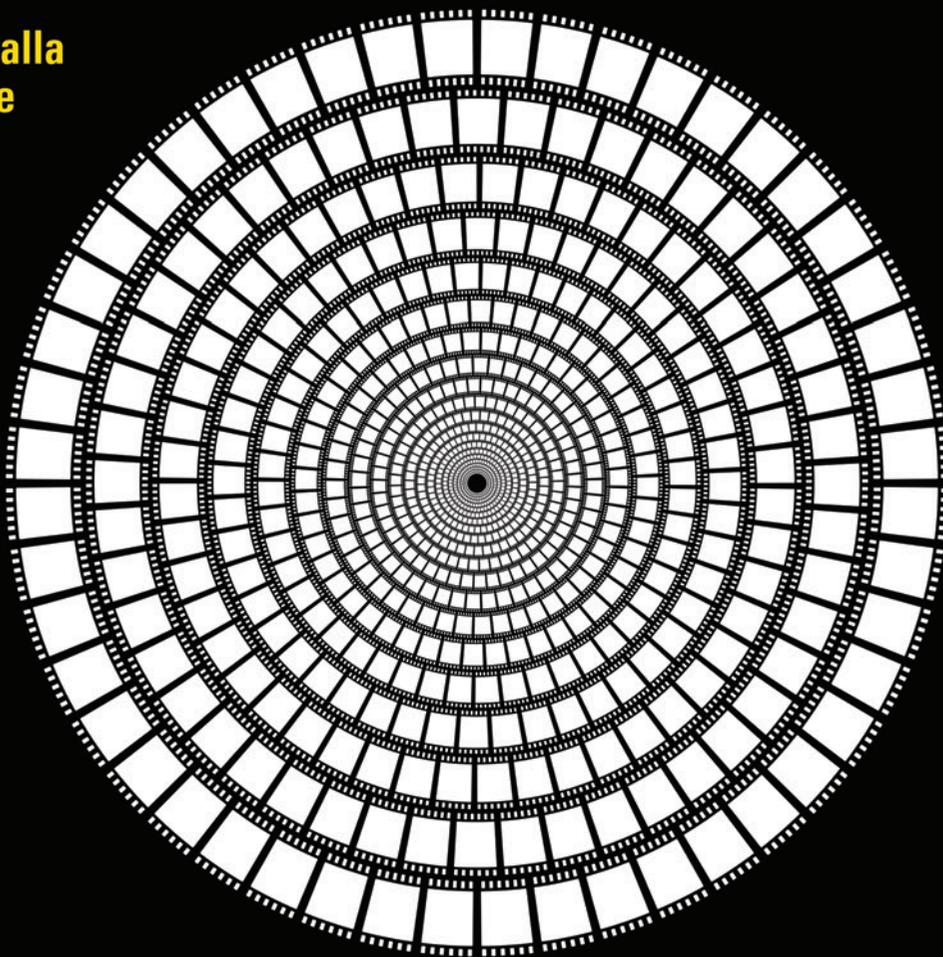
El cine como herramienta de enseñanza

Cuando la pantalla
se tiñe de verde

El cine y
la puesta
en escena

La creación
literaria
a través
del cine

Usar cine
para aprender
cine



Vacunas contra COVID-19

Las bacterias del suelo, aliadas de las plantas



CONSEJO DIRECTIVO
julio 2020 - julio 2023

Presidenta

Estela Susana Lizano Soberón

Vicepresidente

José Antonio Seade Kuri

Tesorero

Dante Jaime Morán Zenteno

Secretarios

María del Jesús Rosales Hoz

Pedro Salazar Ugarte

Presidentes de las Secciones Regionales de la AMC

Sección Centro-Occidente: María Patricia Arias Rozas

Sección Centro-Sur: María del Carmen Cisneros Gudiño

Sección Noreste: Oliverio Santiago Rodríguez Fernández

Sección Noroeste: Alfredo Ortega Rubio

Sección Sur-Sureste: Soledad María Teresa Hernández Sotomayor

ciencia

Revista de la Academia Mexicana de Ciencias

julio-septiembre 2021 volumen 72 número 3

Desde el Comité Editorial	3
<i>Alonso Fernández Guasti</i>	

El cine como herramienta de enseñanza

Presentación	4
<i>Lauro Zavala</i>	
Aprender a analizar cine	6
<i>Lauro Zavala</i>	
El cine y la puesta en escena	12
<i>Jesús Alberto Cabañas</i>	
Cómo enseñar y aprender matemáticas con el cine	16
<i>José María Sorando Muzás</i>	
Cuando la pantalla se tiñe de verde	22
<i>Rocío González de Arce</i>	
El cine denuncia problemas ambientales	26
<i>Rafael Tonatiuh Ramírez Beltrán y Armando Meixueiro Hernández</i>	
La creación literaria mediante el cine	32
<i>Héctor García Quintana</i>	
Enseñar filosofía con el cine	38
<i>Blanca Margarita Vázquez Rodríguez</i>	
Televisión y filosofía	42
<i>Santiago Navajas</i>	
El debido proceso en <i>Sacco y Vanzetti</i>	46
<i>Carina Gómez Fröde</i>	
La ética en el cine	50
<i>Rafael Tonatiuh Ramírez Beltrán</i>	
Sociología en <i>El chico</i> de Charles Chaplin	54
<i>Isis Saavedra Luna</i>	
Cine y relaciones internacionales	58
<i>Almendra Ortiz de Zárate Béjar</i>	

Novedades científicas

Bacterias del suelo, aliadas de las plantas	63
<i>Eneas Aguirre von Wobeser, Jorge Rocha Estrada y Rosina Cabrera Ruiz</i>	
Materiales termoeléctricos: clave para la cogeneración energética	70
<i>Daniel Trejo Zamudio y José Santos Cruz</i>	
¿Qué hace la celulosa en las bacterias que causan tuberculosis?	77
<i>Alonso Vaca González y Mario Alberto Flores Valdez</i>	

De actualidad

Vacunas contra la COVID-19 en México	80
<i>Leopoldo Santos Argumedo</i>	

Reseña

Luis Enrique Cabrera Quio, un joven estudiante de doctorado, investiga la función de una proteína para el desarrollo embrionario	91
--	----

Desde las redes

Un nuevo dinosaurio mexicano	94
¿Adiós a los arrecifes?	95
Ciudadanos descubren exoplanetas	96
<i>José Eduardo González Reyes</i>	



Portada: Pixabay.



Separador: Pixabay.

ciencia, volumen 72, número 3, correspondiente a julio-septiembre de 2021, editado y distribuido por la Academia Mexicana de Ciencias, A. C. El contenido de los artículos es responsabilidad exclusiva de los autores y no refleja de manera alguna el punto de vista de la Academia Mexicana de Ciencias. Queda prohibida la reproducción total o parcial del contenido por cualquier medio sin la autorización expresa de la Academia Mexicana de Ciencias. Certificado de Reserva de Derechos al uso exclusivo del título 04-2001-072510183000-102 expedido el 25 de julio de 2001 por el Instituto Nacional del Derecho de Autor de la Secretaría de Educación Pública. Certificado de Licitud de Título y Contenido 17371 expedido por la Comisión Calificadora de Publicaciones y Revistas Ilustradas de la Secretaría de Gobernación. ISSN 1405-6550. Editor responsable: Francisco Salvador Mora Gallegos. Formación: Intidrinero, S.A. de C.V., tel.: 55-5575 5846. Correspondencia: Academia Mexicana de Ciencias, A. C., atención: Revista Ciencia, Casa Tlalpan, km 23.5 de la Carretera Federal México-Cuernavaca, Av. Cipreses S/N, Col. San Andrés Totoltepec, Del. Tlalpan, C.P. 14400, Ciudad de México, tel.: 55-5849 4903, fax: 55-5849 5108, rciencia@unam.mx, <http://www.amc.mx>.

ciencia

Revista de la Academia Mexicana de Ciencias
julio-septiembre 2021 volumen 72 número 3

Director fundador

Ignacio Bolívar Urrutia (1850-1944)

Director

Alonso Fernández Guasti

Comité editorial

Raúl Antonio Aguilar Roblero

Raúl Ávila

Ana Cecilia Noguez

Raymundo Cea

Deborah Dultzin

Alonso Fernández Guasti

Ronald Ferrera

Gerardo Gamba

Adolfo Guzmán

Juan Pedro Laclette San Román

Miguel Ángel Pérez de la Mora

Carlos Prieto de Castro

Sergio Sánchez Esquivel

Alicia Ziccardi

Editora

Rosanela Álvarez

Corrección de estilo y enlace con autores

Paula Buzo

Social Media

José Eduardo González Reyes

Diseño y formación

Intidrinero, S.A. de C.V.

Ilustradora

Ana Viniestra, pp. 7, 13, 22-23, 27, 43, 59

Pixabay: pp. 8, 10-11, 18, 20, 28, 30, 31, 33, 34, 35, 36, 37, 39, 41, 55, 57, 62, 70-71, 78, 79, 80, 81, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 90

Shutterstock: pp. 4, 5, 9, 10, 17, 19, 45, 51, 60, 61

Red

Walter Galván Tejada

Academia Mexicana de Ciencias, A.C.

Casa Tlalpan, km 23.5 de la Carretera Federal México-Cuernavaca, Av. Cipreses S/N,

Col. San Andrés Totoltepec, Del. Tlalpan, C.P. 14400, Ciudad de México

tel.: 5849 4903, fax: 5849 5108

www.revistaciencia.amc.edu.mx



@CienciaAMC

 **ÍNDICE DE REVISTAS MEXICANAS**
CONACYT DE DIVULGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA

Este número de la revista *Ciencia* ha sido posible gracias al patrocinio del Instituto de Investigaciones Jurídicas y de la Coordinación de la Investigación Científica de la UNAM.



Coordinación de la
Investigación Científica UNAM

Desde el Comité Editorial

En este número de la revista *Ciencia*, descubriremos que el cine no sólo divierte, sino que también enseña.

¿Qué podemos aprender a través de las películas? De todo: historia, otras formas de ver la vida, cómo viven en distintas partes del mundo, pero... también matemáticas, relaciones internacionales y ética. Dejemos que el cine entre al salón de clase para, además de motivar a los alumnos, romper el prejuicio sobre la manera de enseñar, y rebatir la idea de que el cine y la televisión son “enemigos” de la educación.

Una película se genera a partir de un proyecto en el que la imagen, el sonido, la perspectiva y la escenografía, entre otros muchos elementos, arman un mensaje que busca comunicar sensaciones y emociones. En estas páginas veremos que la narrativa del cine consta de planos, semejantes a las frases literarias; como en las novelas, la unión de varias escenas forma secuencias, que equivalen a los capítulos de un libro. Así, la literatura y el séptimo arte son dos eslabones de la ficción, que se sirven de las palabras y las imágenes.

Un filme puede provocarnos efectos (emocionales o ideológicos) que cambien nuestra manera de pensar, sobre todo si se trata de una denuncia. En las páginas siguientes encontraremos algunos análisis de películas con temas diferentes, que van desde el maltrato a los inmigrantes, a quienes se les niega el derecho a un juicio justo; pasando por la cruda realidad de un niño en condiciones de pobreza y orfandad en los años posteriores a la Primera Guerra Mundial; hasta la realidad de un planeta Tierra devastado, en el que la vida parece estar terminando.

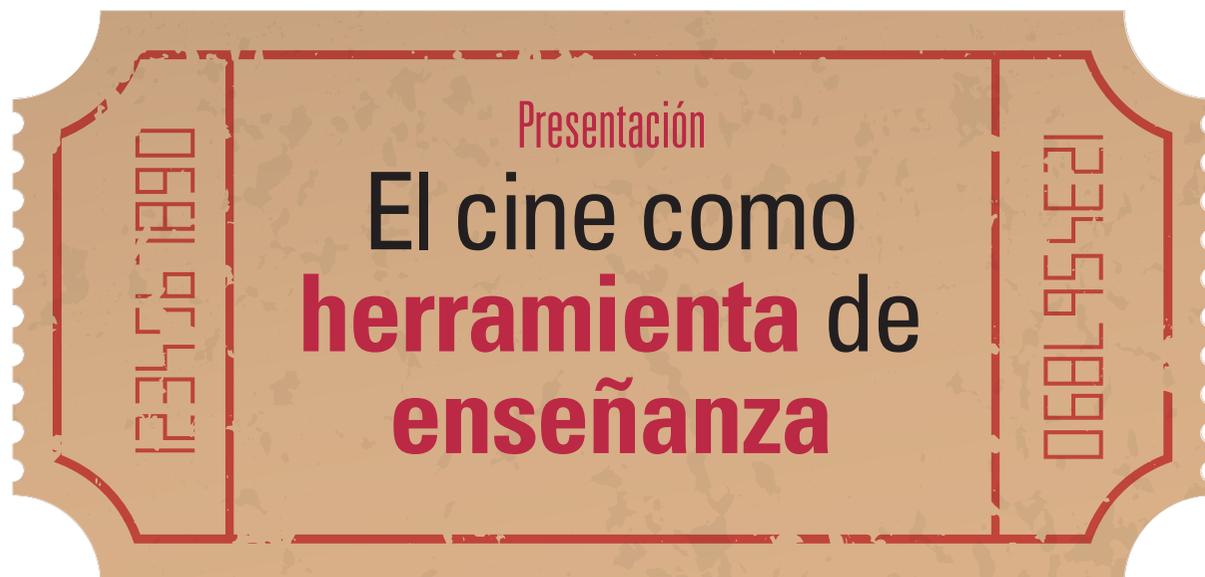
Así que cuando los estudiantes se vayan de pinta y alguien les reclame, pueden responder: “el cine también enseña”.

Por otra parte, en la sección de Novedades Científicas no dejen de leer el artículo que explica qué son los materiales termoelectrónicos, los cuales pueden traernos grandes beneficios; por ejemplo, con su uso podríamos cargar nuestro teléfono celular con el calor que desprendemos al hacer ejercicio. Otro artículo, en esta misma sección, nos enseña que las bacterias son esenciales para conservar el equilibrio de los ecosistemas, para mantener los campos agrícolas saludables y, a la larga, ayudar a eliminar el uso de productos químicos nocivos para el ambiente. En un tercer artículo encontramos la respuesta a la pregunta: ¿para qué producen celulosa (un compuesto estructural de las plantas) las bacterias que son patógenos exclusivos de animales y que causan la tuberculosis?

El artículo que se publica en la sección de Actualidad, habla sobre las características, la efectividad y los riesgos de las vacunas contra la COVID-19. Leopoldo Santos analiza los aspectos técnicos de las cinco vacunas que, a la fecha (finales de mayo de 2021), han recibido autorización para su uso en emergencia en México. La eficacia de estas vacunas es variable, pero todas ellas han demostrado prevenir los casos fatales en más de un 95%; así que la recomendación es vacunarse con la que esté disponible.

Finalmente, Luis Enrique Cabrera Quiro nos reseña su experiencia en el descubrimiento, mediante técnicas de biología molecular, de una proteína que participa en el desarrollo embrionario. Su texto refleja el entusiasmo de un joven investigador que inicia una prometedora carrera científica.

ALONSO FERNÁNDEZ GUASTI
Director



El acto de ver y oír cine sigue siendo una de las actividades más placenteras de la cultura contemporánea. Aunque esta experiencia puede ocurrir en muy diversas plataformas, con distintas características, en todos los casos el lenguaje cinematográfico produce un considerable impacto emocional, estético e ideológico en los espectadores.

Los estudios en torno al cine cubren tres terrenos bien diferenciados. Por una parte, en las escuelas de cine se enseñan los oficios que permiten crear un producto audiovisual. En México hay una decena de escuelas de cine, aunque la mayor parte de ellas todavía no ha integrado los otros terrenos de la investigación. Se trata de la enseñanza de los oficios del cine.

El segundo campo de estudio está formado por las teorías del cine y los métodos de análisis derivados de ellas. Es necesario señalar que los estudios especializados en cine a nivel de posgrado son todavía muy incipientes en la región latinoamericana, mientras que en algunos países europeos la producción académica de investigación sobre teoría y análisis cinematográfico es muy abundante. Esto es lo que se conoce como el análisis interpretativo del cine.

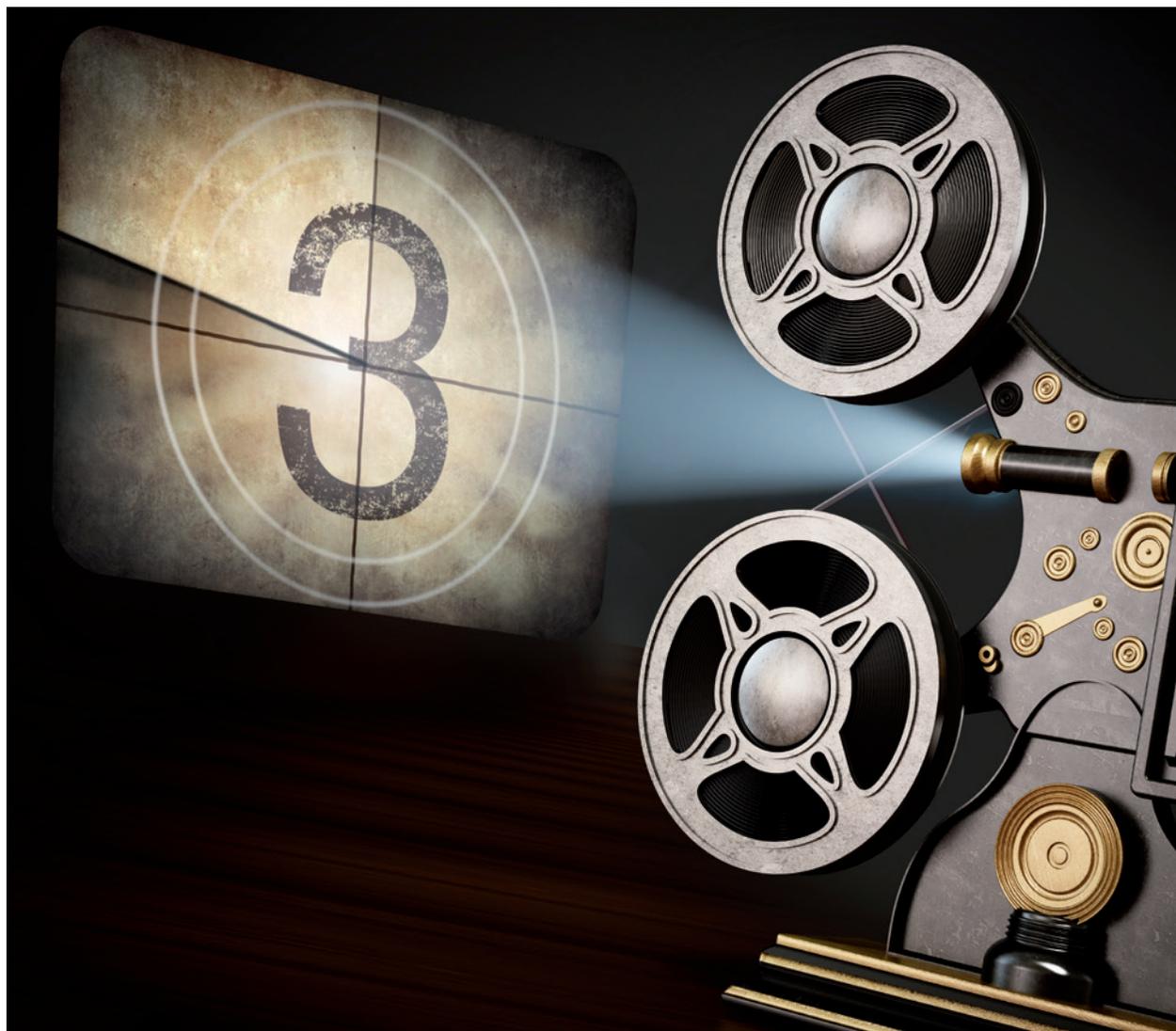
El tercer terreno de la investigación está formado por el estudio del cine como herramienta para enseñar las ciencias naturales y exactas, las ciencias sociales, las disciplinas humanísticas y, en general, cualquier área del conocimiento universitario. Este campo de la investigación ha sido llamado análisis instrumental del cine.

Para generar el presente número de *Ciencia* hemos invitado a un nutrido grupo de investigadores de muy diversas disciplinas; cada uno ha estudiado durante varios años las posibilidades del cine como herramienta de enseñanza en su propio campo

de estudios. Así, en las páginas que siguen contamos con colaboraciones que se refieren al análisis instrumental del cine en terrenos muy diversos, que cubren disciplinas de las ciencias exactas, las ciencias naturales, las ciencias sociales, las artes y las humanidades. Aquí encontramos propuestas metodológicas (para la enseñanza del cine, la ética, la educación ambiental y la ecocrítica), así como estudios de caso (en el aprendizaje de la sociología o el derecho); se aborda la selección de escenas particulares (en específico, para el aprendizaje de las matemáticas) y la argumentación general en la que se sostiene el empleo del cine y la televisión como herramientas de enseñanza (para el estudio de la filosofía, la puesta en escena y las relaciones internacionales).

El análisis instrumental del cine es un campo de la investigación relativamente reciente, aun cuando el cine (y otros recursos mediáticos) siempre se han utilizado en la enseñanza de todas las disciplinas. Por esta razón, consideramos que puede ser de gran utilidad conocer la experiencia de especialistas que no sólo enseñan su materia de experticia, sino que han reflexionado acerca de las estrategias para utilizar el cine en estos procesos de enseñanza, al aprovechar la relativa facilidad para acceder a estos recursos en el aula y en el complejo proceso para la formación de investigadores.

Esperamos que el presente número de *Ciencia* sea una contribución al conocimiento de este intenso terreno de la investigación interdisciplinaria.



Aprender a analizar cine

El análisis cinematográfico es la disciplina que permite entender cómo se organizan las imágenes y los sonidos para lograr múltiples efectos en nosotros como espectadores. La mejor manera de estudiar el lenguaje cinematográfico es viendo las películas al tiempo que empleamos las herramientas de análisis que aquí se explican.

La experiencia de ver una película puede ser casual, pero también puede ser trascendente. Los efectos emocionales e ideológicos llegan a ser permanentes en la memoria y la identidad de los espectadores.

Al igual que en cualquier otro lenguaje artístico (como la literatura, la música o el dibujo), y como ocurre en otros lenguajes simultáneamente artísticos y funcionales (como la arquitectura, el diseño gráfico o la fotografía), en el cine (es decir, en cada **secuencia** de cada filme) están en juego recursos formales que son específicos de este medio de comunicación.

El análisis cinematográfico consiste en el estudio de los cinco elementos constitutivos de cualquier producto audiovisual: imagen, sonido, montaje, puesta en escena y estructura narrativa. El estudio de cada uno de estos elementos pertenece a un campo de conocimiento que nos exige formular preguntas específicas y utilizar herramientas particulares. A su vez, cada método de análisis cinematográfico se desprende de una determinada teoría del cine.

Secuencia

Fragmento de un largometraje, que dura unos pocos minutos y que cuenta una pequeña historia; por lo tanto, tiene inicio, desarrollo y final. Toda película está formada por un conjunto de secuencias (de manera similar a los capítulos de una novela).

Imágenes en movimiento: la creación de una perspectiva

Más de 90 % de las neuronas frontales del ser humano están conectadas con los ojos, y un tercio de las neuronas del cerebro están dedicadas a procesar esa información, lo que provoca que la experiencia que tenemos del universo sea básicamente una de tipo visual. Este hecho justifica la importancia que tiene el estudio de las imágenes en la teoría del cine (Martínez Roca, 2016).

Al estudiar las imágenes en movimiento es necesario formular preguntas específicas. La primera y más trascendental puede ser la más importante para el análisis: ¿cuál es el lugar que ocupa la cámara en relación con el espacio escénico? Cuando





terminamos de ver una película y conversamos acerca de ella, casi nunca hablamos del emplazamiento ni de los desplazamientos de la cámara. No obstante, este recurso es fundamental, pues el llamado punto de vista de la cámara construye la experiencia del espectador y establece una perspectiva ideológica y emocional frente a todo aquello que nos muestran las imágenes.

Por supuesto, al analizar una secuencia también se formulan muchas otras preguntas: ¿cómo se utilizan los colores?, ¿qué efectos dramáticos produce la iluminación?, ¿hay un empleo deliberado del *zoom*?, ¿qué es todo aquello que no aparece a cuadro?

Sonidos e imágenes: un asunto de vida o muerte

El sonido en el cine –y en particular el empleo de la música– produce en los espectadores la sensación de que lo que están viendo (y oyendo) es una experiencia con realidad emocional, precisamente porque el sonido no es una representación de algo que está ausente en la sala de proyección, sino que es un elemento que está presente y que el espectador percibe como algo real durante la proyección (Eliot, 2011).

En los últimos cinco años, este hecho ha generado el denominado giro sonoro en los estudios cine-

matográficos. Ocurre que durante más de 80 años se había prestado más atención al estudio de las imágenes en movimiento y los contenidos narrativos de las películas que al sonido. Pero ahora se ha tomado conciencia de que el sonido es responsable de crear eso que se llama “la magia del cine”; es decir, la sensación de tener una experiencia real, pero sin los riesgos que dicha experiencia puede implicar.

Esta naturaleza de la experiencia de ver y oír cine, provocada por la activación de las células espejo en nuestro cerebro al ver y oír una película, ha llevado a algunos teóricos, como Törben Grodal, de Noruega, a considerar que ver películas es necesario para la supervivencia de la especie humana, pues de esta experiencia puede depender nuestra capacidad para aprender todo aquello que necesitamos para sobrevivir como individuos y como especie (Grodal, 1997).

Montaje: provocar ideas y emociones

El montaje consiste en la relación que se establece entre las imágenes en una misma secuencia. Casi cada película crea su propia estrategia de montaje, pero, en términos muy generales, se pueden distinguir dos tipos de montaje: narrativo y metafórico.

El montaje narrativo sigue un orden de causa y efecto; es decir, respeta la secuencia que va del pasado al futuro: de un antes a un después. En cambio, el montaje metafórico (también llamado moderno, analógico, experimental o expresionista) se utiliza para crear un sentido alegórico, que no se encuentra en las imágenes por sí mismas, sino al presentarlas unas después de otras, ya sea por contraste, por asociación o por cualquier otro mecanismo de yuxtaposición sucesiva.

El montaje clásico, narrativo y secuencial es el dominante en la historia del cine, y tiende a producir emociones en el público (en conjunto con los otros elementos del lenguaje cinematográfico). En cambio, el montaje moderno, conceptual y fragmentario tiene el objetivo de producir ideas en los espectadores.

El montaje es el componente más específico del cine, y por eso los teóricos han elaborado modelos para su estudio, como es el caso de Sergei Eisenstein, André Bazin, Rudolf Arnheim, Béla Bálász, Sigfried Kracauer y Christian Metz. Así, el análisis del montaje permite entender la arquitectura de una secuencia; esto es, la manera en la que se nos ofrece

un espacio para habitar las imágenes y los sonidos de esa misma secuencia.

Puesta en escena: los procesos de identificación

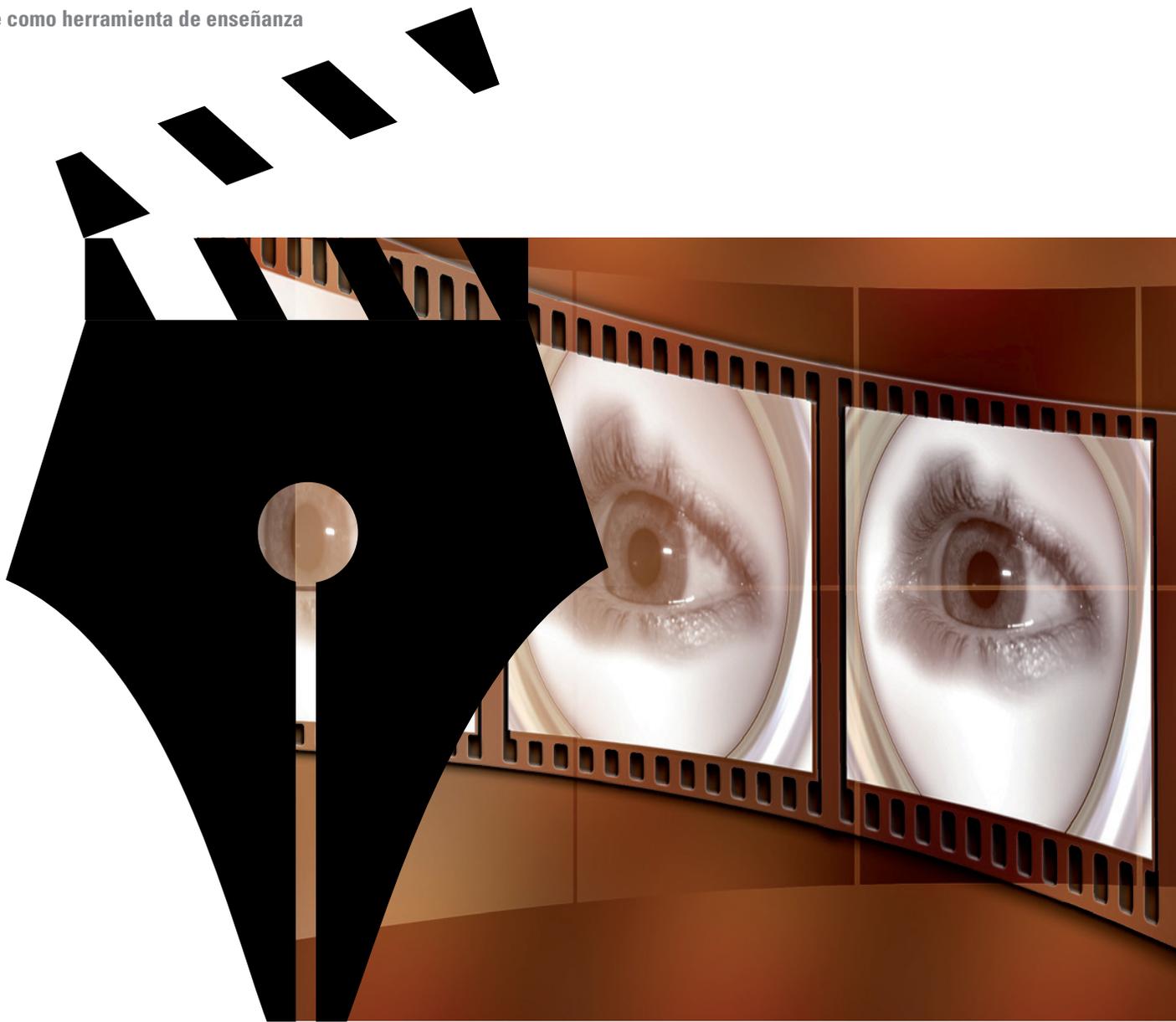
 Varias teorías del cine comparten la idea de que la puesta en escena (todo aquello que es registrado frente a la cámara), al activar nuestros mecanismos de identificación (con los personajes y sus experiencias y decisiones), nos permite reorganizar nuestra propia identidad durante el proceso de ver y oír una película (Guattari, 1975). Si tomamos esta idea como algo cierto, esta posibilidad terapéutica es muy útil para los espectadores como individuos y como parte de una comunidad, pues en el cine podemos experimentar los extremos de la experiencia humana (desde el amor hasta la violencia). En el abanico que se abre entre estos dos extremos se encuentran todos los géneros cinematográficos y las respectivas formas de ruptura de las convenciones genéricas.

La puesta en escena cinematográfica permite modificar los **agenciamientos** del deseo durante el proceso de ver y oír una secuencia. Por esa razón,

Agenciamiento

Mecanismo involuntario que establece una correspondencia entre un sujeto social y las consecuencias de su actividad.





muchos analistas consideran al cine como la herramienta más poderosa de la pedagogía social (Guattari, 1975).

■ **Narración cinematográfica: del principio al fin**

■ La narración es lo que da sentido a la experiencia de ver y oír una película. La narratología cinematográfica es el área de estudio del cine más desarrollada. Cuando hablamos de una película empezamos por preguntar: ¿de qué se trata?, ¿cuál es la historia? En el análisis narrativo, los dos elementos más importantes son el inicio y el final; la manera de llegar de uno a otro se construye con lo que se han llamado las estrategias de **seducción narrativa**.

■ **Seducción narrativa**

Efecto estético que produce el acto de leer un texto literario o ver un material audiovisual.

La narración es lo que da sentido a la experiencia humana, y también es lo que da sentido a una película. El inicio puede anunciar el final de manera implícita. Y el final suele resolver los enigmas narrativos planteados en la historia. Por eso siempre se pide a quien ya vio una película: “no me cuentes el final”. El final es la recompensa que recibe el espectador al concluir el recorrido narrativo del filme.

■ **¿Para qué sirve enseñar el análisis?**

■ El análisis cinematográfico es la herramienta más útil para aprender a hacer cine, así como para entender los recursos que el cine pone en práctica. Además, es la herramienta principal de lo que la Orga-



nización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (Unesco) considera como la **alfabetización audiovisual** que debe tener todo ciudadano en una sociedad democrática.

La enseñanza del análisis cinematográfico siempre se realiza mediante la proyección de secuencias cinematográficas seleccionadas para cumplir con ese objetivo. La mayor parte de las escuelas de cine, en todo el mundo, tiene como fundamento académico el estudio del lenguaje cinematográfico a partir de las teorías del cine y los métodos del análisis cinematográfico que se desprenden de ellas.

Podemos concluir que el conocimiento del lenguaje audiovisual a partir del análisis cinematográfico

co de secuencias es la herramienta fundamental de la alfabetización audiovisual de la ciudadanía, y es un conocimiento al que toda persona debe tener acceso.

Lauro Zavala

Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco.
zavala38@hotmail.com.

Lecturas recomendadas

- Aumont, J. y M. Marie (2012), *Análisis del film*, Barcelona, Paidós.
- Bordwell, D. y K. Thompson (2014), *El arte cinematográfico. Una introducción*, México, McGraw-Hill.
- Durand, P. (1979), *El actor y la cámara*, México, CUEC-UNAM.
- Eliot, P. (2011), *Hitchcock and the Cinema of Sensations. Embodied Film Theory and Cinematic Reception*, Londres, I. B. Taurus.
- Elsaesser, T. y M. Hagener (2015), *Introducción a la teoría del cine*, Madrid, Complutense.
- Gaudreault, A. y F. Jost (1995), *El relato cinematográfico. Cine y narración*, Barcelona, Paidós.
- Grodal, T. (1997), *Moving Pictures. A New Theory of Film Genres, Feelings and Cognition*, Oxford, Oxford University Press.
- Guattari, F. (1975), "El cine, el psicoanálisis y lo imaginario social", *La Cultura en México*, diciembre: 2-5.
- Larson, S. (2010), *Pensar el sonido. Una introducción a la teoría y la práctica del lenguaje sonoro cinematográfico*, México, CUEC-UNAM.
- Marimón, J. (2014), *El montaje cinematográfico. Del guión a la pantalla*, Barcelona, Universidad de Barcelona.
- Martin, M. (2013), *El lenguaje del cine*, Madrid, Gedisa.
- Martínez Roca, A. (2016), *El ojo desnudo. El fascinante viaje de la ciencia más allá de lo aparente*, Barcelona, Planeta.
- Stam, R. (2001), *Teorías del cine. Una introducción*, Barcelona, Paidós.
- Zavala, L. (2015), *Teoría y práctica del análisis cinematográfico*, México, Trillas.

Alfabetización audiovisual:

Proceso educativo que permite reconocer los recursos formales del lenguaje cinematográfico.

El cine y la puesta en escena

En este artículo se entiende la puesta en escena como una parte esencial de los procesos de creación en el cine. Se trata de aspectos materiales, expresivos y significantes —como las escenografías, los actores y los espacios— que revelan la concepción plástica, intelectual, social y cultural de la persona que dirige el filme y de su equipo creativo y técnico.

Introducción

El presente trabajo revisa la especificidad de la puesta en escena en el cine desde los procesos creativos y materiales, los cuales se sintetizan en este concepto clave. El objetivo es comprender los elementos primarios que participan en la puesta en escena, para destacar su importancia en el proceso de composición del filme como una experiencia lúdica y plástica en la cual —como lo observaremos— lo mismo participan equipos creativos que operativos y técnicos, los cuales forman parte relevante de lo que veremos en las escenas e imágenes de una película.

■ En dónde inicia la especificidad del lenguaje cinematográfico

■ Desde la puesta en escena y los elementos que participan en ella —como la iluminación, el vestuario, la música o el lugar donde se realizarán las escenas de una película—, ya se aprecia un modo de apropiación del mundo del artista (director) en la manera de recabar, fijar, estructurar y seleccionar el material que dará forma cinética, expresiva y humana al filme. En este sentido, la puesta en escena es, en sí misma, una postura creativa frente al mundo por parte de quien dirige y del equipo humano que participa en la creación de la cinta. Es ahí precisamente en donde el equipo creativo comienza a plasmar su imaginación, sus ideas, sus emociones y sus concepciones de lo humano, así como de lo social y lo artístico en el filme, por medio de objetos, decorados, luces, vestimentas, espacios, colores, sonidos, actores y actrices. Éstos son aspectos relevantes y constitutivos de la puesta en escena que se convertirán en las imágenes expresivas y significantes de una película.



En principio, para comprender la premisa de la puesta en escena, podemos decir que ésta se define mediante escenografías, iluminación, decorados, vestimentas, maquillajes y sonidos articulados, así como su organización plástica en un montaje. Es decir, se trata de un todo articulado en el que cada elemento constitutivo aparece como un recurso de sentido y expresión para el filme. Estos elementos constitutivos, materiales y humanos, concretan las concepciones plásticas y operativas de la puesta en escena con objetos, texturas, formas y colores que veremos en la imagen cinematográfica. A partir de la definición de los elementos constitutivos de la puesta en escena se establecen los criterios de registro de las imágenes, como los tiros de cámara, vistos como trazos imaginarios que van desde el lugar y el ángulo específico en donde se coloca la cámara a fin de encuadrar lo que se pretende registrar en la imagen (Magny, 1994); asimismo, se determinan los tiempos de la escena y los criterios de composición del cuadro, que darán como resultado las imágenes que vemos como una película en la pantalla.

■ La escena

■ Desde una concepción propia, la escena –y su consecuente puesta en escena– es:

una unidad espacial (un lugar) y temporal (continuidad de acciones físicas y dramáticas) configurada desde la lógica y el desarrollo de una acción humana estructurada para la representación. Una unidad caracterizada, ambientada y significada con recursos de naturaleza diversa: técnicos, sonoros, escenográficos y humanos que constituyen parte sustancial del contenido y la forma de y para una situación dramatizada en el filme. (Cabañas, 2019)

Ésta es una conceptualización genérica de lo que constituye la escena, misma que agrega una selección y articulación de elementos primarios que varían según las prioridades y necesidades de cada filme, de cada equipo creativo y de cada director. Lo anterior implica también variaciones y especificidades entre un concepto de escena y otro, de una puesta en escena a otra, y de una película a otra.

Desde esta perspectiva genérica, la puesta en escena se despliega ante sus espectadores desde la articulación de toda una gama de elementos constitutivos para el discurso visual y sonoro generado en imágenes y movimiento, la cual abarca desde elementos físicos y gestuales hasta los dispositivos técnicos o efectos especiales que permiten diversificar las propuestas y los formatos que se vinculan a todo tipo de acciones dramáticas representables en un filme. Esta concepción permite introducir toda clase de aspectos y objetos en el espacio seleccionado, incluidos la expansión experimental de los espacios de representación, como la calle, el solar, la comunidad, la escalera o cualquier sitio susceptible de ser transformado en un espacio escénico (Cabañas, 2008).

En este contexto, la escena permite a los creadores y directores de cine simplificar la realidad en un lugar y en un tiempo específicos, en una situación determinada y bajo una estructura de principio, desarrollo y final, a fin de esclarecer y ampliar las posibilidades de sentido, expresión y representación en el filme. Desde la concepción de la escena, ya se postula una configuración verosímil en su exposición, consistente en su continuidad y dinámica en su forma. En esta configuración del espacio, el tiempo y la situación de la escena, los elementos físicos y orgánicos –como la luz o los actores– aparecen como un modo de reelaboración de situaciones, sean éstas mitos griegos, historias espaciales o futuristas, o bien de épocas primitivas, conforme a las múltiples posibilidades de representación en el cine. Estas posibilidades materiales y plásticas de la escena y su correlación con la puesta en escena son las que impregnan de verosimilitud la representación de situaciones en cada filme (Cabañas, 2008).

■ La puesta en escena

■ Según los teóricos del teatro, el cine y la televisión, la premisa de la puesta en escena fundamentalmente alude a un montaje moderno que toma el texto dramático (el escrito) como referente del discurso escénico en el teatro, pero que escapa a la aplicación rígida y a la dictadura del libreto. El concepto de la puesta en escena pone especial atención en el proceso

creativo como una decisión estética y lúdica, a la vez que sistemática, de composición por parte de las personas responsables de la dirección artística o de la dirección de escena. Éste es un proceso de articulación de elementos que deviene en el montaje; un proceso que ya supone una síntesis de decisiones y elementos constitutivos que responden al momento de articulación de lo que se pretende ver en el escenario teatral, televisivo o cinematográfico (Cabañas, 2019).

En su texto “Los problemas de la significación en el cine”, Barthes (2001) nos dice que la puesta en escena está conformada por todo lo que aparece frente al espectador, previamente seleccionado y jerarquizado. Cada elemento puede devenir en signo y en unidades detonadoras de sentido y de forma. La puesta en escena por lo general responde a la pregunta: ¿qué se presenta y qué se representa? El diseño de un espacio imaginado, una fuente de iluminación, así como los sonidos diegéticos, programáticos e incidentales que aparecen en el escenario, deben estar conectados en todo momento conforme a una relación fondo-figura con los personajes que participan en la puesta en escena. Esta relación atiende no sólo a los participantes, sino también a los elementos constitutivos que intervienen dentro y fuera del campo visual y perceptual del espectador (Barthes, 2001). Todas éstas son decisiones creativas que se traducen en acontecimientos concretos elaborados desde su programación, como los escenográficos, coreográficos, sonoros, decorados y personajes, así como de iluminación, entre otros tantos componentes de la puesta en escena que culminarán en signos, señales, significados y símbolos propios del discurso cinematográfico.

En este contexto, la puesta en escena es un proceso de creación, lúdico y estético, que constituye la expresión artística de un discurso cinematográfico. Con base en los elementos constitutivos de ese discurso, el artista utiliza, compone, selecciona, jerarquiza, desecha o reafirma otros, con respecto al modo en el que buscará la elaboración y articulación de los elementos expresivos y significantes para el filme. La puesta en escena es el lugar donde el creador pretende transmitir algo más que una expresión mimética o mecánica del momento escénico: busca expresar sensaciones, emociones y sentimientos;

destacar aspectos diversos; componer el espacio para las imágenes cinematográficas con ayuda de la luz, el color o el vestuario de y para sus personajes.

En conclusión

 Podemos decir que la selección, la composición y el montaje de los elementos de la puesta en escena constituyen la creación del artista; es una expresión lúdica y artística de lo humano que sobrepasa lo físico de los elementos primarios del discurso para situarse en lo extrafísico y significativo del discurso cinematográfico, donde lo expresivo y lo significativo de la puesta en escena alude a un proceso de comunicación subjetiva para transmitir sensaciones, metáforas, sentimientos, emociones, imágenes o ideas, gracias a las decisiones tomadas por el equipo creativo respecto a los elementos componentes de la puesta en escena. En este sentido, lo creativo, lúdico y artístico de la puesta en escena revelará a su espectador un nuevo concepto, una idea o un sentimiento nuevo acerca de las cosas. En otras palabras, es un conocimiento y una verdad nueva de las cosas, una idea derivada del acto de crear, del estilo y de los objetivos del director para con su discurso, su espectador, su sociedad y su época.

Jesús Alberto Cabañas

Universidad Iberoamericana.

jesus.cabanas@ibero.mx

Lecturas recomendadas

Barthes, R. (1986), *Lo obvio y lo obtuso. Imágenes, gestos, voces*, Barcelona, Paidós.

Barthes, R. (2001), *La Torre Eiffel: textos sobre la imagen*, Barcelona, Paidós.

Cabañas Osorio, J. A. (2008), *La praxis de una experiencia* (tesis de licenciatura), CENART-INBA, México.

Cabañas Osorio, J. A. (2019), *La forma cinematográfica: una revisión de la forma en el cine a partir de la filmografía de Alberto Gout, 1938-1966*, México, Universidad Iberoamericana.

Catalá, J. M. (2001), *La puesta en imágenes. Conceptos de dirección cinematográfica*, Barcelona, Paidós.

Magny, J. (1994), *Vocabularios del cine. Palabras para leer el cine, palabras para hacer cine, palabras para amar el cine*, Buenos Aires, Paidós.

Cómo enseñar y aprender matemáticas con el cine

El cine admite una mirada matemática que, en el campo de la enseñanza, nos permite abordar conceptos desde situaciones y contextos muy variados. Se trata de un recurso didáctico adicional, el cual proponemos para conseguir que el estudiantado se apropie del conocimiento matemático por ser algo atractivo y útil.

Toda obra de arte –incluso cinematográfica– está inacabada hasta que la completan sus espectadores mediante su mirada. Esta última puede ser matemática. Por ejemplo, películas de cualquier género dan lugar a pensar en problemas, cálculos, análisis de errores, así como a “ir más allá”, a especular acerca de las variantes de una situación planteada, entre otras acciones. Desde la docencia podemos aprovechar el poder de seducción que tiene el cine para, a partir del análisis de escenas, impulsar en el alumnado la capacidad de enfocar matemáticamente todo tipo de situaciones y, en su caso, desarrollar nuevos conceptos. Al final de este texto se presentan algunas reflexiones para llevar a cabo esta propuesta.

■ Ver el cine con ojos matemáticos

■ Dice Johann Wolfgang von Goethe: “pensar es más interesante que saber, pero menos interesante que mirar”. Dado que contemplar el cine desde una mirada matemática conduce a pensar, y esto último puede generar conocimiento, ese particular punto de vista cierra el círculo del disfrute total del séptimo arte. En contra de quienes puedan opinar que dicha visión arruina el gozo del espectador, diremos que más bien lo amplía, pues no niega la emoción del primer impacto, sino que la completa con la razón. Se confirma así la opinión del director Alexander Mackendrick (1968): “el cine no es simplemente algo que sucede en la pantalla; es algo que sucede en la cabeza”.

Esa mirada matemática desvela, en todo tipo de películas, detalles ocultos en la producción, así como coherencias e inconsistencias del relato y otros errores frecuentes (en esto, el cine es fiel reflejo de la vida misma). Además, estimula la imaginación y la deducción lógica, pues una vez analizada la vertiente matemática de

una escena, cabe preguntarse qué pasaría si se hace variar alguna de las condiciones iniciales, para con ello abrir la puerta al razonamiento especulativo.

Todo lo anterior contiene un indudable potencial para la didáctica de las matemáticas, el cual, de forma inesperada, puede aparecer en un duelo de pistoleros, en una comedia romántica, en la más divertida escena de humor o en las danzas de un musical. Así, cuando admiramos en la pantalla el virtuosismo de la gran pareja de baile que formaron Fred Astaire y Ginger Rogers, podemos apreciar en sus coreografías la presencia de traslaciones, giros y simetrías: los tres tipos de movimientos de una figura en el plano que estudia la geometría, de cuya combinatoria surgen los 17 grupos de simetría clasificados por Yevgraf Stepanovich Fiódorov en 1891, que también están presentes en los lujosos mosaicos nazaríes de la Alhambra de Granada, realizados en el siglo XIII. Así, de la sorpresa nacen la curiosidad y la evidencia de que la repetida frase “las matemáticas están en todas partes” es algo más que un eslogan.

Sirvan los siguientes ejemplos como simples apuntes que admiten desarrollos más extensos, fuera del alcance de este artículo. Los veremos en orden ascendente de nivel de complejidad matemática.

Disputado reparto

La delirante comedia *El mundo está loco, loco, loco* (*It's a Mad, Mad, Mad, Mad World*; Kramer, 1963) comienza cuando cuatro vehículos paran en la carretera para auxiliar a alguien que se ha accidentado y quien fallece tras revelar el escondite de una fortuna. En un primer coche viajan tres personas, pero nada más ha bajado una en auxilio de la víctima. En un segundo coche hay dos ocupantes y sólo ha bajado uno. En un tercer coche van dos personas y las dos han bajado. En un camión viaja únicamente el conductor, quien también ha bajado. Se abre una acalorada discusión respecto a cómo repartir el dinero: hacerlo entre los vehículos, entre los viajeros o entre quienes bajaron a auxiliar. Hay diálogos como el siguiente:

—Llegamos en 4 coches. Podríamos repartirlo en 4 partes iguales.

—¡Todos sabemos contar! Allí nos reunimos 8.

—Mi mujer y yo nos conformaríamos.

—Se conformarían con $2/8$ en lugar de $1/4$. ¡Muy amable por su parte!

¿Cuál de los tres repartos es el mejor para los ocupantes de cada vehículo? Para saberlo, se deben obtener primero los datos necesarios, que antes hemos citado, pero que en general los estudiantes no reciben y deben depurar a partir de una confusa situación, para después organizar el análisis de casos mediante una **tabla de doble entrada** (según criterios de reparto y vehículos). Luego, habrá que comparar fracciones.

Los problemas de la vida real carecen de enunciado, así que la fase de “matematización” de la situación es más interesante que los cálculos finales, algo mecánico sin más.

Matemáticas zombis

En los últimos años han proliferado las películas y teleseries en las que maléficos experimentos degeneran en epidemias de zombis o de vampiros que, en terribles hordas, acechan a los pocos seres humanos supervivientes (*The Walking Dead*, *I Am Legend*, etcétera). En cada caso suele darse algún dato sobre el ritmo de propagación y eso puede motivar el estudio de diversos modelos de crecimiento. *Guerra mundial Z* (*World War Z*; Forster, 2013) nos habla de una epidemia de zombis provocada por un virus que en sólo 11 días ha alcanzado a 3 200 millones de



Tabla de doble entrada
Formato para recoger datos que dependen de dos variables, organizados en filas y columnas.



personas. ¿A cuántos humanos infecta cada zombi al día? ¿Cuánto tiempo pueden seguir creciendo a ese ritmo? Procede considerar primero el crecimiento exponencial y luego el modelo logístico, en cuyo caso el rápido crecimiento inicial se ve atenuado por la escasez de recursos hacia un límite **asintótico**.

Ahora del cine volvamos a la realidad. Por analogía entre aquellas ficciones y otras amenazas bien reales de vampirismo social, viene al caso analizar las estafas piramidales y su seguro colapso, catastrófico para los últimos incautos recién llegados al “negocio”, como se detalla en Sorando (2016).

■ ■ **Valoración del riesgo**

■ En *Misión rescate* (*The Martian*; Scott, 2015), la Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio (NASA) de los Estados Unidos de América se enfrenta al reto de rescatar al astronauta Mark Watney, accidentalmente abandonado en Marte por sus compañeros de la misión Ares 3. Surgen dos opciones: enviarle comida con una sonda espacial para que sobreviva hasta la siguiente misión Ares 4, o bien mandar de vuelta para el rescate a sus compañeros de la Ares 3, quienes aún no han regresado a la Tierra.

—Pero si algo falla, los perdemos a todos.

—Entonces, hay una gran probabilidad de matar a una persona o poca probabilidad de matar a 6 personas. ¿Cómo decidimos eso?

Para valorar opciones y tomar decisiones en situaciones de riesgo suele utilizarse la esperanza matemática, que consiste en el promedio de las posibles ganancias y pérdidas que puede acarrear cada opción, considerando en ese cálculo no las frecuencias de cada ganancia o pérdida (pues todavía no han sucedido) sino sus probabilidades. Si aún no se conoce, es una ocasión para introducir este concepto en el aula; si ya se conoce, para aplicarlo.

Supongamos que la primera opción (esperar a la Ares 4) tiene una probabilidad de fracaso de 95% (moriría Watney); mientras que la segunda opción (regreso de la Ares 3) tiene una probabilidad de fracaso de 20% (morirían los 6 tripulantes). ¿Cuál es la opción más favorable? ¿Hay otras probabilidades con las cuales ambas opciones tengan la misma esperanza? En este último caso, la decisión sería matemáticamente indiferente; humanamente nunca lo va a ser —desde luego— y esto puede dar lugar a la reflexión ética... en la clase de Matemáticas. ¿Por qué no?

■ ■ **Cine en la clase de Matemáticas**

■ Tras mi experiencia de 10 años utilizando el cine en clases de secundaria, he llegado a algunas conclusiones. No basta con que haya matemáticas para que una película sea apta para el aula; hay que estar seguros de que su aportación es pertinente para nuestros fines educativos y que no contiene elementos indeseados. No cultivemos los prejuicios antimatemáti-

Asintótico

Límite hacia el que se aproxima una serie de valores indefinidamente, sin alcanzarlo.

cos que demasiadas veces se fomentan en el cine; por ejemplo, los tópicos según los cuales “las matemáticas son para genios” y “sólo le gustan a gente rara, incluso algo loca”. Para transmitir el mensaje de que las matemáticas son necesarias para todas las personas y en cualquier etapa de la vida, tal vez no convenga mostrar películas en las que únicamente son utilizadas por especialistas o en ambientes escolares.

Adicionalmente, hay que escoger entre dos modalidades de uso: ver una película completa o mostrar escenas aisladas. Una película completa exige más tiempo y rara vez ofrece núcleos de interés matemático en todo su desarrollo. Una excepción notable es

La habitación de Fermat (Piedrahita y Sopeña, 2007), cuyos protagonistas se enfrentan a una sucesión de retos matemáticos que pueden ser propuestos también a nuestros estudiantes si detenemos la acción en cada uno.

La otra opción es la más común y consiste en utilizar fragmentos, lo cual debe aplicarse en el momento adecuado, con escenas que en sí mismas, sin explicaciones previas, tengan un significado comprensible y refuercen nuestros objetivos pedagógicos. Después, resulta necesario plantear cuestiones, por lo que es muy conveniente que de las conclusiones quede un registro por escrito.

El aprovechamiento que podemos dar a esas películas o escenas es variado. Fundamentalmente, hay cinco tipos de uso:

- Motivar conceptos.
- Repasar lo aprendido.
- Resolver problemas planteados o sugeridos.
- Detectar errores matemáticos.
- Plantear cambios de las condiciones y deducir las consecuencias.

Es posible aplicar esta propuesta en cualquier nivel educativo, siempre que haya concordancia entre la capacidad de comprensión del alumnado y el nivel de lectura que requiere la escena.

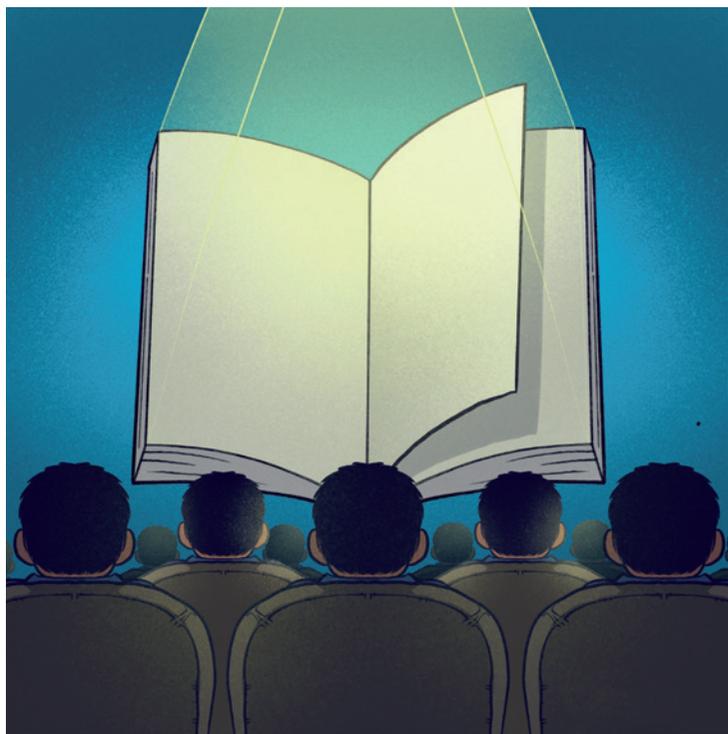
■ Nuestra experiencia

Desde 2004 han proliferado suficientes publicaciones que glosan y desarrollan esta propuesta (véanse las lecturas recomendadas). Con ellas los docentes pueden ver facilitada su puesta en práctica. Sin embargo, según la experiencia, resulta difícil evaluar su aplicación de otra forma que no sea la subjetiva.

A este respecto, cabe decir de forma inequívoca que los estudiantes la siguen con gran interés y motivación. Pero no ha sido posible hacer una evaluación objetiva, de tipo cuantitativo, que se refiera únicamente al uso del cine, dado que éste siempre ha sido un elemento que forma parte de una didáctica más amplia, que involucra a múltiples recursos más allá de la clase tradicional dictada desde el pizarrón.

Recuadro 1. ¿Cuándo y con qué frecuencia llevar el cine a la clase?

El comienzo o el final del periodo lectivo suelen ser los momentos idóneos, pero cada docente sabrá cuándo es posible y adecuado. No olvidemos que es un recurso más y, como tal, no se debe sobredimensionar. Por ejemplo, puede ser una vez al mes (aproximadamente) por grupo, con una duración de 5 a 30 minutos (contando la escena y la actividad posterior).



Este planteamiento (denominado matemáticas por todos los caminos) incluye, además del cine: juegos didácticos, análisis de noticias y de publicidad, videos educativos, simulaciones, resolución de problemas fuera del aula, concursos, fotografía matemática, materiales manipulables, exposiciones, lecturas, experiencias, efemérides, rutas matemáticas por la ciudad, etcétera. Cualquier material o recurso tendrá cabida en la clase —entre ellos el cine— de modo que las matemáticas no figuren nada más en los libros y en el pizarrón, sino (nuevamente) en todas partes. Esa didáctica global ha provocado un cambio positivo de actitud en el alumnado hacia las matemáticas, el cual se ve reflejado en unos mejores resultados académicos en comparación con otros grupos en los que se siguió el método “clásico”.

Conclusión

Dar entrada al cine en la clase de Matemáticas, además de ser un factor motivador, rompe prejuicios sobre la aspereza y lejanía del conocimiento matemático; lo vincula al universo de las aventuras y las emociones. A la vez, permite mostrar que, al igual que esas historias filmadas, nuestra propia realidad admite una mirada matemática eficaz para mejorar su comprensión y tomar las decisiones más convenientes.

Dicha mirada nos habilita para enfrentar los problemas sin miedo, como personas dignas. Antes que las rutinas de cálculo realizables por máquinas, ese es el principal legado que debiera quedar a cualquier estudiante tras tantas horas de su infancia y juventud pasadas en clase de Matemáticas. En palabras

de Hans Freudenthal (1973): “no preguntéis jamás cuánta matemática puede aprender un niño; preguntad, más bien, cuánta matemática, en la educación, puede contribuir a su dignidad humana”.

José María Sorando Muzás

Federación Española de Sociedades de Profesores de Matemáticas.

matematicasmundo@gmail.com

Lecturas recomendadas

Población, A. J. (2005-2019), “Cine y matemáticas”, *Divulgamat*. Disponible en: <www.divulgamat.net>, consultado el 4 de mayo de 2021.

Población, A. J. (2006), *Las Matemáticas en el Cine*, Granada, Proyecto Sur y RSME.

Polster, B. y M. Ross (2012), *Math goes to the movies*, Baltimore, The Johns Hopkins University Press.

Sorando, J. M. (2004-2014), “CineMATEca”, *Suma. Revista sobre la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas*. Disponible en: <<http://bit.ly/2HspK11>>, consultado el 4 de mayo de 2021.

Sorando, J. M. (2004-2019), “Matemáticas en el Cine y series de T.V.”, *Matemáticas en tu mundo*. Disponible en: <<http://matematicasentumundo.es>>, consultado el 4 de mayo de 2021.

Sorando, J. M. (2015), *Aventuras matemáticas en el cine*, Córdoba, Guadalmezán.

Sorando, J. M. (2016), *Cine y matemáticas: Resolviendo problemas*, Córdoba, Guadalmezán.

Sorando, J. M. (2018), *100 escenas de cine y T.V. para la clase de Matemáticas*, 2.ª ed., Badajoz, FESPM.

Sorando, J. M. (2020), *Matemáticas de cine*, Córdoba, Guadalmezán.

Rocío González de Arce

Cuando la pantalla se tiñe de verde

El objetivo de este texto es subrayar el potencial del cine como herramienta para la educación ambiental y mostrar sus posibilidades didácticas para detonar la reflexión y despertar la conciencia ecológica de los espectadores por medio del análisis de películas; es decir, a partir de la ecocrítica cinematográfica. Al final, se enumeran películas mexicanas que podrían utilizarse para programar ciclos de cine verde.

Fotogramas verdes

Ante la crisis ambiental que enfrentamos, es preciso desarrollar herramientas que generen cambios éticos de fondo en las mentalidades, los modos de vida, las visiones del mundo y las políticas públicas que subyacen a los modelos de sobreexplotación y de devastación que practicamos en los ecosistemas. Existen propuestas bioculturalistas recientes que plantean que el cine es una de estas herramientas de cambio, pues, al poner en funcionamiento las células espejo de nuestro cerebro —aquellas que nos permiten aprender por imitación—, las películas nos posibilitan asimilar nuevas maneras de vincularnos con el entorno. Así, el potencial del cine para conducir a sus espectadores a la conciencia ecológica radica, justamente, en su capacidad de presentarnos estos diferentes escenarios.

¿Cómo utilizar el cine de una manera efectiva para la educación ambiental en el salón de clases, las salas cineclubistas u otros espacios de reflexión? La respuesta se encuentra en una disciplina apenas emergente en México: la ecocrítica cinematográfica.

¿Ecocrítica cinematográfica?

La ecocrítica cinematográfica se dedica al estudio del cine ambientalista, o cine verde, como género. Para ello, analiza la función del entorno físico en las



producciones cinematográficas; los valores éticos que las películas expresan con relación al ambiente natural; la correlación entre lo que dice la cultura respecto a la naturaleza y el tratamiento fílmico que se hace de ello; la correspondencia entre la natura-

leza, el género, la clase social y el origen étnico; la forma en la que el cine afecta nuestra relación con el mundo natural; los cambios que, en una determinada cultura, ha sufrido el concepto de medioambiente y cómo éstos pueden rastrearse en las películas; así



como las representaciones de la crisis ambiental en el cine.

El amplio rango de preguntas que la ecocrítica cinematográfica puede contestar la convierte en una herramienta valiosa para la educación ambiental. Veamos cómo un análisis ecocrítico puede detonar la reflexión respecto a, por ejemplo, la manera en que imaginamos nuestra relación con la naturaleza.

■ Dos películas, dos modos de relacionarse con la naturaleza

■ En la película *Río Escondido* (Fernández, 1948), la cámara muestra a un grupo de mujeres y a un médico alrededor de la única fuente de agua potable del pueblo. Las mujeres hacen fila para llenar de agua sus cántaros. Entonces, una joven le dice al médico: “afigúrese, doctor, que aquí nunca cai agua. El cielo como asté ve siempre está lleno de nubes, pero nunca cai agua. ¿Verdad, mamá?” La madre responde: “Diosito no quere que caiga aquí, pos quién sabe por qué será”.

Corte a la película *Las grandes aguas* (González, 1980). La cámara recorre las montañas que rodean un lago mientras la voz de un hombre asevera: “mientras tenga fuerzas, mientras tenga energías, seguiré trabajando, cambiando paisajes como éste y ver cómo surge de la nada un monstruo de concreto convertido en presas, que riega cientos de hectáreas”.

Hay un marcado contraste entre las posturas frente a la naturaleza que adopta cada una de estas cintas. En *Río Escondido*, la sequía constituye una

suerte de castigo divino y la población está indefensa ante la naturaleza. En *Las grandes aguas*, en cambio, la naturaleza es susceptible de ser domesticada y conquistada por el ser humano, quien se imagina como un agente de cambio capaz de imponerse al medio natural. Se trata, pues, de dos imaginarios distintos: uno teofánico, en el que la naturaleza es una manifestación de Dios, y otro funcional, en el que la naturaleza es vista como un obstáculo a vencer.

Estas dos maneras de imaginar la naturaleza implican dos distintas posturas éticas. La primera se refiere a que la voluntad humana no busca imponerse sobre la divina, esta última expresada en la naturaleza; la segunda supone que, por medio del uso de la tecnología, la voluntad humana pretende sojuzgar el medio natural. Una presenta una resignación nostálgica ante una especie de Edén perdido; la otra, una búsqueda activa de la restitución terrenal de dicha suerte de Paraíso a partir de la modificación de la naturaleza.

Como muestran estos ejemplos, una breve secuencia contiene implícita muchísima información acerca de la manera en que nos posicionamos frente al medioambiente. Por esta razón, el cine, a partir de un análisis ecocrítico, puede mover hacia la reflexión respecto a un sinnúmero de temas ambientales.

■ Un género verde: el cine ambientalista en México

■ Ahora bien, cualquier película es susceptible de un análisis ecocrítico, pero el cine verde, como género, es un instrumento que posibilita una discusión aún más explícita de la problemática ambiental. *El*



Figura 1. Izquierda: fotograma de la película *Río Escondido* (Fernández, 1948); derecha: *Las grandes aguas* (González, 1980).

Tabla 1. Quince películas mexicanas verdes o ambientalistas.

<i>El cambio</i> (Alfredo Joskowicz, 1974)	<i>El ataque de los pájaros</i> (<i>Birds of Prey / Beaks: The Movie</i>) (René Cardona H., 1986)	<i>Basurero tóxico en territorio Pápago</i> (Nicolás Défossé, 2006)
<i>Las abejas</i> (<i>The bees / Abejas asesinas</i>) (Alfredo Zacarías, 1978)	<i>A propósito del humo, la contaminación y esas cosas</i> (Ángeles Sánchez y Claudio Valdez Kuri, 1992)	<i>Bacalar</i> (Patricia Arriaga-Jordan, 2011)
<i>Chapopote (Historia de petróleo, derroche y mugre)</i> (Carlos Mendoza, 1979)	<i>Utopía 7</i> (Leopoldo Laborde, 1995)	<i>Eskimal</i> (Homero Ramírez Tena, 2011)
<i>Patricio</i> (José Luis García Agraz, 1981)	<i>Tu basura es mi riqueza</i> (Rocío Salas, 1999)	<i>Axolote</i> (Andrés Pulido, Abdel Cuauhtli, Olivia Portillo, Tomomi Tamaki y Adriana Chávez, 2013)
<i>Laguna de dos tiempos</i> (Eduardo Maldonado, 1983)	<i>Defender los bosques: la lucha de los campesinos ecologistas de Guerrero</i> (Carlos Efraín Pérez Rojas y Alejandro Halkin, 2000)	<i>H₂Omx</i> (José Cohen y Lorénzo Hagerman, 2014)

Fuente: elaboración propia.

cambio (Joskowicz, 1974) es la cinta que inauguró en nuestro país este género, el cual, hasta 2018, contabilizaba casi 1 200 películas; en su mayoría, se trata de cortometrajes producidos después de 2010, cuando aparecieron los primeros festivales especializados en la exhibición de cine ambientalista. En la Tabla 1 se enlistan 15 películas mexicanas sobresalientes que pueden servir para armar ciclos de cine y cinedebates dentro de un programa de educación ambiental.

Conclusiones

Como hemos visto, el análisis ecocrítico de películas tiene un gran potencial didáctico en el ámbito de la educación ambientalista, pues, como medio de comunicación masivo, el cine es capaz de sumergirnos en diferentes escenarios ambientales y mostrarnos modos menos destructivos de relacionarnos con ellos, por lo que no resulta una exageración decir que el cine, como instrumento para la educación ambiental, es clave para la sobrevivencia de la especie humana y de la vida en nuestro planeta.

Rocío González de Arce

Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco.
chioglezarce@hotmail.com

Referencias específicas

- Amar-Rodríguez, V. M. (2013), "El cine por una educación ambiental", *Educação & Realidade*, 34(3):133-145. Disponible en: <https://www.miteco.gob.es/es/ceneam/articulos-de-opinion/2013-07-08-Victor-Amar_tcm30-163412.pdf>, consultado el 6 de mayo de 2021.
- Festival Internacional de Cortometrajes Ambientales (2021), *EcoFilm*. Disponible en: <<https://ecofilmfestival.org/>>, consultado el 6 de mayo de 2021.
- Fundación Todo por el Cine, A. C. (2019), *Festival Internacional de Cine en el Campo*. Disponible en: <<https://filmmakers.festhome.com/es/festival/festival-internacional-cine-en-el-campo>>, consultado el 6 de mayo de 2021.
- Padilla-Sobrado, R. A. (2017), "El cine de animación en defensa del medio ambiente", *Espacio Diseño*, 247:17-22. Disponible en: <<https://espaciodiseno-ajs.xoc.uam.mx/index.php/espaciodiseno/article/download/1695/1692>>, consultado el 6 de mayo de 2021.
- Ramírez-Beltrán, R. T., Meixueiro-Hernández, A. y O. Escobar-Uribe (2015), *Cine y educación ambiental*, México, La Zonámbula.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2007), *Educación ambiental y cinedebate*, México, Semarnat. Disponible en: <<https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/Libros2013/CD002778.pdf>>, consultado el 6 de mayo de 2021.

Rafael Tonatiuh Ramírez Beltrán y Armando Meixueiro Hernández

El cine denuncia problemas ambientales

El cine no sólo es entretenimiento. Las obras cinematográficas también nos motivan a la reflexión, al intercambio de ideas, al aprendizaje de nuevos conocimientos y al diálogo o la discusión. Por eso consideramos que el cine es educativo. Y sobre esta premisa queremos explicar cómo es que el séptimo arte está mostrando y denunciando hoy muchos de los problemas ambientales que afectan al planeta.

Introducción

Ya es común escuchar que la contaminación está haciendo estragos en la salud de los seres humanos, que el cambio climático está provocando serios problemas en todos los ecosistemas, que hay huracanes cada vez más temibles, inundaciones en múltiples ciudades, sequías que provocan el deterioro de la tierra y la pérdida de los cultivos, grandes migraciones humanas y de otras especies animales, etcétera.

Muy probablemente ya viste la cinta *Wall-E* (Stanton, 2008), que nos presenta un planeta Tierra devastado y en el que la vida parece estar terminando. Allí, un robot nostálgico que comparte su tiempo con una cucaracha, únicamente, se encarga de acomodar desperdicios humanos. En la segunda parte del filme aparece un grupo de personas vagando por el espacio en una gran nave que les ha permitido sobrevivir. Estos humanos han desarrollado una alta tecnología y no necesitan moverse por sí mismos; tienen vehículos que flotan dentro de la nave, y así van de un lugar a otro. Pero están obesos, no tienen contacto físico y se comunican por medio de pantallas. Ese es el escenario futuro que nos muestran los directores de Disney-Pixar. ¿No te parece catastrófico que la humanidad llegue a un punto así? ¿Te parece bien que sigamos acabando con la vida en el planeta?

Éste es el tipo de análisis y reflexiones que estamos tratando de explicar, con las cuales observamos que el cine es y puede ser un instrumento educativo, pedagógico y didáctico, para abordar los principales problemas ambientales que preocupan a las personas conscientes de esta realidad.



■ **¿Cómo es que el cine se interesó por los problemas ambientales?**

■ El cine nació a finales del siglo XIX, en el auge de lo que los historiadores llaman la Revolución Industrial, en medio del desarrollo científico y tecnológico, todo esto impulsado por la consolidación de lo que se denomina cultura moderna (Habermas, 1985). Pero también podemos describir esa época como la conformación de un tipo de sociedad conocida como burguesa o capitalista (Hobsbawm, 1994).

Por eso, para entender la evolución del cine y su preocupación por los problemas ambientales, debemos poner atención en los tres periodos que el historiador británico Eric Hobsbawm describe como determinantes en el dominio y desarrollo de las sociedades capitalistas en el siglo XX. El primer lapso va de 1914 a 1945, cuando las dos guerras mundiales marcaron la crisis de la modernidad. El segundo periodo, de 1946 a 1972, se caracterizó por la “guerra fría”, con la oposición de los modelos económicos triunfadores en la Segunda Guerra Mundial: el capitalismo y el comunismo, que se disputaban la ocupación y el dominio del mundo. Por último, en la tercera fase, de 1973 a 1991, el alza en la producción y los precios del petróleo y el fracaso del comunismo dieron lugar al dominio del capitalismo con la llamada globalización económica.

Gracias a la historia del cine que nos cuenta Román Gubern (2014), sabemos que la conformación del cinematógrafo fue fruto de un conjunto de hallazgos y experiencias tecnológicas que se cristalizaron en el ya famoso medio de comunicación masiva. También sabemos que los hermanos Lumière, hacia 1895, realizaron las primeras proyecciones de tomas que habían hecho en diferentes lugares; podemos decir que el cine documental inició así. Simultáneamente, Georges Méliès, en 1896, comenzaba a filmar con efectos especiales; fue quien innovó con el cine de ficción.

Con la constitución y el desarrollo del género documental y de ficción podremos distinguir algunas obras que mostraron aspectos ambientales. Sin duda, el primer documental en la historia del cine tuvo un sesgo ambiental. Nos referimos a la cinta *Nanuk, el esquimal* (1922), en la que Robert J. Flaherty muestra las costumbres y las condiciones de vida de una familia de esquimales en la Bahía de Hudson, en Canadá. Por otro lado, y de manera contemporánea a *Nanuk, el esquimal*, en Alemania se proyectó una cinta de ficción con interesantes elementos ambientales y con una crítica a la modernidad. Se trata de *Metrópolis* (1926), filme dirigido por el austriaco Fritz Lang, quien describe un futuro perturbador, desencadenado por el desarrollo tecnológico que



estaba experimentando la población humana. Así, en el arte cinematográfico comenzamos a vislumbrar denuncias y problemas de corte ambiental que estaban generando las nuevas sociedades modernas, aunque el tema o la historia central de estas películas no estuvieran enfocados a tal propósito.

De esta manera, existen diversas cintas que expusieron los efectos y las consecuencias que el desarrollo industrial y tecnológico estaba provocando, sobre todo en Europa y en Norteamérica. Sólo por citar algunos ejemplos, baste mencionar los famosos filmes del inolvidable Charles Chaplin: *La quimera del oro* (1925), *Luces de la ciudad* (1931) y *Tiempos modernos* (1936).

Durante el periodo de la “guerra fría”, en este lado del planeta se concentraron las fuerzas para utilizar el séptimo arte como un instrumento de ideologización, forjando así el dominio de una cultura y estilo de vida. En Estados Unidos de América se fue conformando el cine de Hollywood, constituido por las principales productoras cinematográficas, al tiempo que, por otra parte, en la Unión Soviética, la crisis de la posguerra y la tiranía de Iósif Stalin asfixiaron el desarrollo del cine.

En la Italia de la posguerra emerge un cine que describe las condiciones de crisis, pobreza, hambre, etc., en que había quedado el país. Así, el llamado neorealismo italiano tendrá ejemplos representativos, como *Ladrón de bicicletas* (De Sica, 1948), *Arroz amargo* (De Santis, 1948) o *La tierra tiembla* (Visconti, 1948).

En Japón, luego de la imborrable cicatriz que significaron las dos bombas atómicas en Hiroshima y Nagasaki, observamos una importante producción cinematográfica asociada a los problemas ambientales. Un ejemplo es la cinta *Vivir* (1952), realizada por el gran director Akira Kurosawa, en la que un funcionario de Tokio recibe la noticia de que le queda un año de vida, por lo que se replanteará su existencia y se dedicará a transformar una zona de aguas residuales en un parque sin contaminación.

En el tercer periodo del siglo xx, que transcurre de 1974 a 1991, ya vislumbraremos un cine más comprometido en sus argumentos con los problemas ambientales. Además, coincide con el origen, desarrollo e institucionalización de organismos oficiales,

organizaciones sociales o conferencias, internacionales y nacionales, que establecieron su compromiso con el cuidado del planeta.

■ ¿Qué problemas ambientales expone el cine del siglo XXI?

■ Desde el último decenio del siglo xx, y en lo que va del XXI, descubrimos un cine más comprometido con la denuncia y la exposición de los problemas ambientales en forma sistemática, intencional y reflexiva.

A partir del libro *Cine y educación ambiental* (Ramírez y Meixueiro, 2015), hemos encontrado que el cine del siglo XXI está mostrando al menos cinco ejes problemáticos con respecto al tema ambiental. En esta parte del artículo trataremos de establecer un desafío al lector, en el que sólo planteamos la pregunta, la describimos brevemente y le invitamos a responderlas después de ver cada una de las películas sugeridas en una breve lista de cintas imperdibles y que son obligadas para pensar en los problemas ambientales del siglo XXI.

1. ¿Cómo concibe a la naturaleza el cine del siglo XXI?

La especie humana vive y sobrevive en el planeta Tierra; esa es su casa común y su sustento.

Directores	Títulos	Países	Años
Nuridsany y Pérennou	<i>Microcosmos*</i>	Francia	1996
Attenborough	<i>Planeta Tierra*</i>	Reino Unido	2007

*Se pueden encontrar en YouTube.

2. ¿Cuál es la relación que el ser humano establece con la naturaleza según las películas del siglo XXI?

El proceso en el que la especie humana se ha ubicado con respecto al mundo y a la naturaleza es una aventura de dominio.

Directores	Títulos	Países	Años
Herzog	<i>Grizzly-Man*</i>	Estados Unidos de América	2005
Coixet	<i>Nadie quiere la noche</i>	España/Francia/Bulgaria	2015

*Se puede encontrar en YouTube.

3. *¿Cómo vislumbra el cine la relación entre la sociedad y la naturaleza en este siglo?*

Desde un punto de vista histórico, ubicamos sobre todo a las sociedades capitalistas. La relación entre la sociedad y la naturaleza está sobredeterminada por este hecho.

Directores	Títulos	Países	Años
Soderbergh	<i>Erin Brockovich</i>	Estados Unidos de América	2000
Varda	<i>Los espigadores y la espigadora</i>	Francia	2000

4. *¿Cómo está denunciando el cine la crisis ambiental que estamos experimentando?*

Se debe señalar que en este siglo ha emergido en el cine una consecuencia del modelo capitalista que

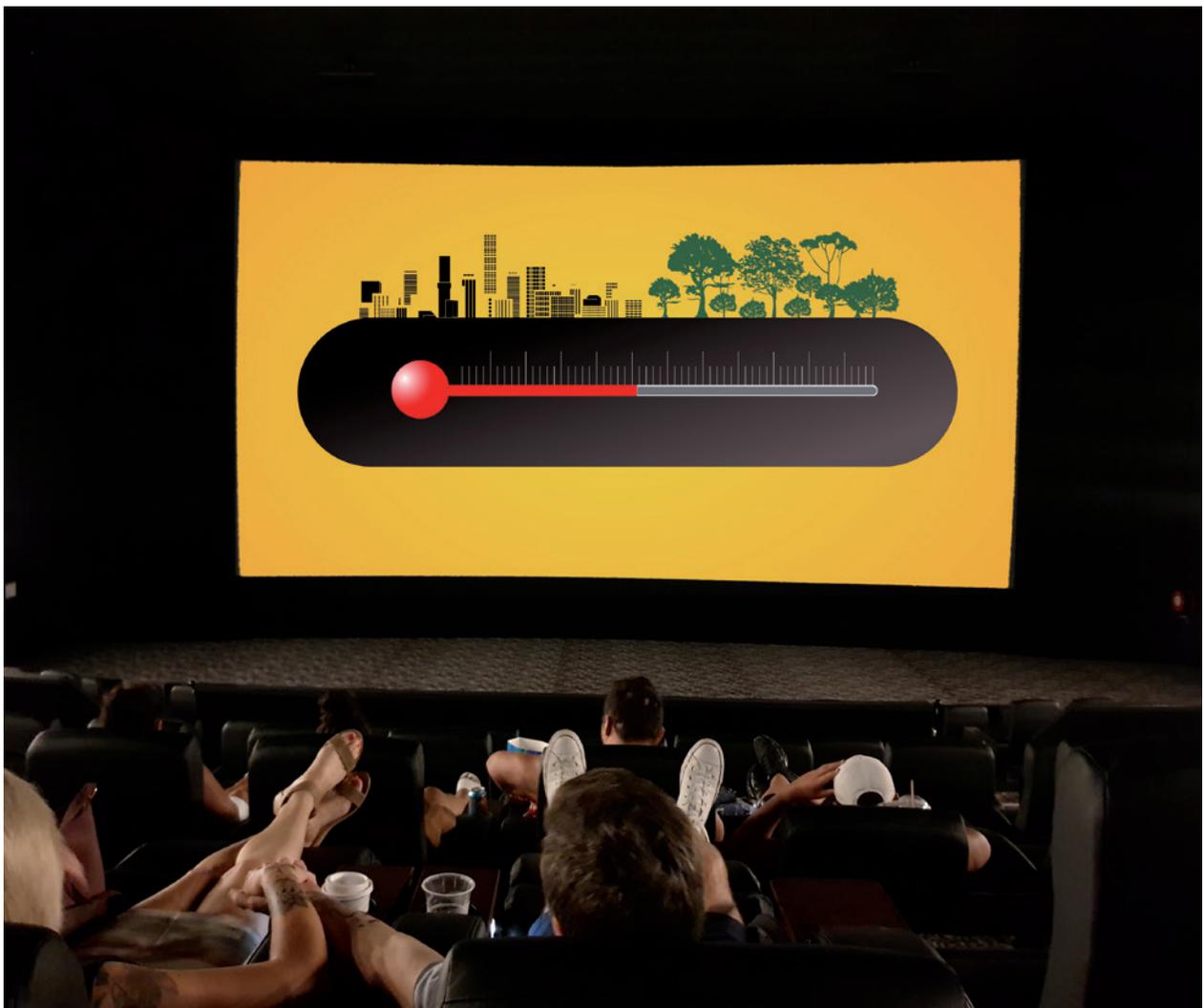
condensa los efectos de la crisis ambiental y que está en la discusión científica, ambiental y de política internacional: el cambio climático.

Directores	Títulos	Países	Años
Guggenheim y Gore	<i>Una verdad incómoda</i>	Estados Unidos de América	2006
Guggenheim y Gore	<i>La verdad incómoda 2</i>	Estados Unidos de América	2017
Fisher	<i>Antes que sea tarde*</i>	Estados Unidos de América	2017

*Se puede encontrar en YouTube.

5. *¿Qué futuro podemos esperar para la humanidad según el cine del siglo XXI?*

Aquí podemos pensar en escenarios de lo más distópicos, hasta alternativas esperanzadoras.



Directores	Títulos	Países	Años
Cuarón	<i>Niños del hombre</i>	Estados Unidos de América/Reino Unido/Japón	2006
Hillcoat	<i>La carretera</i>	Estados Unidos de América	2009
Dion y Laurent	<i>Mañana</i>	Francia	2015
Fasser	<i>Binta y la gran idea*</i>	España	2004

*Se puede encontrar en YouTube.

Recomendaciones finales

Igualmente, el cine iberoamericano ha tenido un interesante desarrollo en el siglo XXI. En particular, con respecto a los problemas ambientales, hemos encontrado películas que permiten analizar de una forma más compleja el tema y reflexionar para dar respuesta en su conjunto a las cinco interrogantes que hemos planteado anteriormente.

Directores	Títulos	Países	Años
Patricio Guzmán	<i>Botón de nácar</i>	Chile	2015
Wim Wenders y Juliano Salgado	<i>La sal de la tierra</i>	Brasil/Francia/Italia	2014
Alé Abreu	<i>El niño y el mundo*</i>	Brasil	2013
Icár Bollaín	<i>También la lluvia</i>	España/México/Francia	2010
Carlos Ruiz	<i>Cielo abierto*</i>	Argentina	2007

*Se pueden encontrar en YouTube.

Rafael Tonatiuh Ramírez Beltrán

Universidad Anáhuac, México Norte.
rramirez@anahuac.mx

Armando Meixueiro Hernández

Universidad Pedagógica Nacional.
ameix@yahoo.com

Referencias específicas

- Gubern, R. (2014), *Historia del cine*, Barcelona, Cátedra.
Habermas, J. (1985), *El discurso filosófico de la modernidad*, Madrid, Taurus.
Hobsbawm, E. (1994), *Historia del siglo XX*, Barcelona, Crítica.
Ramírez Beltrán, R. T. y A. Meixueiro (2015), *Cine y educación ambiental*, Guadalajara, La Zonámbula/Pávido Punto de Luz.



La creación literaria mediante el cine

Hablamos de las similitudes técnicas y estructurales del cine y la literatura. El cine nos sirve para ejemplificar aspectos que pueden ser abordados en la escritura ficcional, desde la estructura interna, como la historia, el argumento, los personajes y el espacio narrativo.

Cuando digo que soy profesor de escritura, muy a menudo me preguntan si es posible enseñar a escribir novela y cuento. Mi respuesta es sí, aunque inmediatamente después aclaro: pero esto no garantiza el éxito ni la calidad, porque hay cualidades innatas que no se enseñan, que tienen que ver con la cultura propia y la sensibilidad de cada uno de nosotros.

Sin embargo, los elementos de la narración, aquellos fundamentos que permiten que nos creamos como lectores la verdad que existe detrás de la mentira de la ficción, sí pueden ser transmitidos, lo cual se ha venido haciendo desde hace mucho tiempo, prácticamente desde *La poética*, de Aristóteles, hasta hoy; si bien la materia creada para agruparlos a todos ellos –es decir, la escritura creativa– parece muy nueva.

Más de una vez yo mismo, como escritor de novelas, me he preguntado si tiene algún sentido escribir una novela o un cuento para dirigirlo a todos los posibles lectores, dado que muchos asimilarán la información de manera distinta a como yo la he concebido y creado. Por extensión, ¿cómo se pueden enseñar normas que establezcan un canon si cada lector entiende lo que le permite su forma de ver, vivir y leer?

No, no se puede escribir para todos, pero sí es posible buscar un amplio espectro de lectores cuando se plasma algo en el papel. En mi caso, no pienso en un grupo concreto cuando escribo y no recomiendo a ningún escritor que cometa semejante desliz, pero sí debemos tener en cuenta que los lectores son tan disímiles como personas existen. ¿Cómo lo hacemos?

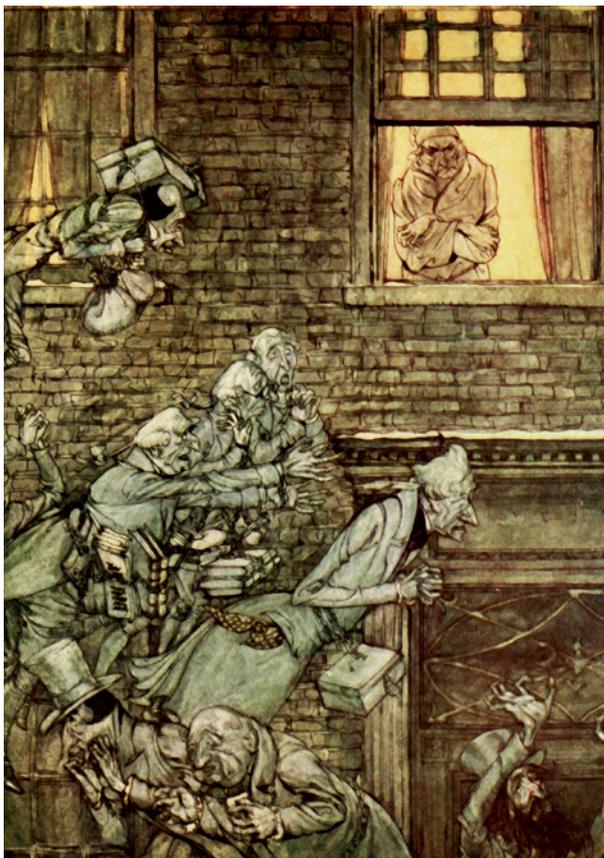
Lo primero que debemos entender es que no existen normas; si alguna vez te lo dijeron, te han mentado. Existen, eso sí, principios, y la diferencia es fundamental.



HOB
EL
J.R.R. TOL

No existen reglas invariables en la literatura. La literatura no es, y no puede ser, una ciencia exacta en donde la práctica del hecho repetitivo es el criterio valorativo de la verdad. Cuanto antes lo aprendamos, antes nos evitaremos muchos dolores de cabeza en el camino. Robert McKee, en su libro sobre el guion, nos asegura que “Las normas dicen: «Se debe hacer de esta manera». Sin embargo, los principios se limitan a decir: «Esto funciona... y ha funcionado desde que se recuerda»” (McKee, 2002).

Lo siguiente que debemos saber: se escribe para enseñar la realidad de otra manera. Sí, primero para entretener a un público, pero esto no es suficiente cuando se enfrenta la literatura como un arte. Hoy día las técnicas que nos permiten crear ficción han crecido. Además de los muchos buenos libros que nos enseñan cómo idear personajes, montar una escena, escoger el correcto uso del tiempo, definir el espacio y el nivel de realidad, existe una herramienta que nos hace mucho más atractivo el uso de todas estas herramientas: me refiero, sin dudas, al cine.



Pero aquí vienen otras preguntas: ¿tanto se parecen la literatura y el cine, desde el punto de vista técnico, como para enseñar a escribir novelas viendo cine? ¿Hay algo de posible en la idea de un texto que pretenda enseñar a escribir ficción con base en las muy recientes herramientas técnicas del cine?

En 1908, el director de cine David Griffith tuvo un enfrentamiento con los ejecutivos de Biograph Company, la productora de sus primeros filmes. El debate tuvo lugar a propósito de la adaptación de un poema en forma de película, porque los productores consideraban que el cine y la literatura eran dos cosas diferentes, y no entendían que el director hiciera un montaje paralelo para que las dos historias llegaran al espectador con la misma intensidad emocional:

—¿Cómo se puede contar una historia dando semejantes saltos? ¡Nadie entenderá de qué trata la historia!

—Bueno —dijo Griffith—, ¿acaso Dickens no escribe así?

—Sí, pero es Dickens, él escribe novelas y esto es distinto.

—Oh, no tanto, esto es contar historias en cuadros; no es tan diferente. (Arvidson, 1925)

La polémica sobre este recurso técnico de usar *flashbacks* y vasos comunicantes¹ entre historias diferentes —que hoy en el cine es tan familiar y nadie discute— quizá es la primera registrada sobre el largo conflicto que se suele citar cuando se habla de la literatura y su relación, siempre discutida, con el cine. Pero mi respuesta corta y simple a las dudas es: sí, se puede enseñar a escribir novelas por medio del cine, y aquí expongo las ideas del porqué.

¹ “Dos o más episodios [...] unidos en totalidad narrativa por decisión del narrador a fin de que esta vecindad o mezcla los modifique recíprocamente, añadiendo a cada uno de ellos una significación, atmósfera, simbolismo, etcétera, distinto del que tendrían narrados por separado. La mera yuxtaposición no es suficiente, claro está, para que el procedimiento funcione. Lo decisivo es que haya «comunicación» entre los episodios acerdados o fundidos por el narrador en el texto narrativo. En algunos casos, la comunicación puede ser mínima, pero si ella no existe no se puede hablar de vasos comunicantes, pues [...] esta técnica narrativa [...] hace que el episodio así constituido sea siempre algo más que la mera suma de sus partes” (Vargas Llosa, 1997).



Paralelismo gramatical

 El paralelismo gramatical y estructural entre la literatura y el cine es reconocible. El cine como ficción narrativa, y más allá de la escritura del guion, tiene una gramática: gramática de la puesta en escena, orientada al director, donde se toman en cuenta **planos cinematográficos**, que tienen un valor semejante al de la frase literaria, y que pueden ser manipulados para hacer una historia más lenta o rápida, de la misma forma que en la literatura se escriben oraciones largas para prolongar el tiempo o frases cortas para dar la sensación de inmediatez.

Por un lado, se debe prestar atención a los tiros de cámara que, como los epítetos, otorgan calidad a los objetos del cine según el enfoque que se use: picado, contrapicado, trávelin, entre otros. Cabe añadir que esta función se acrecienta con el uso de la música.

Asimismo, como en la novela, en el cine existen escenas —hechos que se suceden en el mismo lugar y tiempo—, y la unión de varias de ellas forma secuencias que semejan los capítulos de una novela.

Además, el director cinematográfico utiliza puntos de vista, narra una historia, define un argumento, caracteriza a sus personajes y —como en la narrativa de ficción escrita— se ve obligado a seguir la estructura aristotélica de un principio, un medio y un final, que es algo más que una simple organización lineal de la historia.

Así, por extensión, muchas de las figuras retóricas o de los recursos de la literatura son asimilables

en el relato cinematográfico. Un ejemplo son los mencionados *flashbacks* o escenas retrospectivas para plasmar los recuerdos de los personajes literarios, fundamentales en la película *Smoke* (Wang, 2004), versión de “El cuento de Navidad de Auggie Wren”, de Paul Auster. También se puede alterar el orden temporal o analógico de varias imágenes para semejar el hipérbaton, o bien sustituir algo que se pretende decir sin mostrarlo en pantalla, a modo de elipsis, como en las escenas de Celie leyendo las cartas de su hermana en *The Color Purple* (Spielberg, 2011).

En todos los casos, no es posible desconocer la importancia de la forma en una obra literaria o cinematográfica. Las técnicas y los recursos estilísticos no son más que instrumentos que se emplean para intentar alcanzar el objetivo que se pretende en la obra de ficción. Un carpintero cambia de instrumentos cada vez que necesita cortar, lijar o martillar. El creador de ficción, como el carpintero, tiene que ser consciente cuando debe usar la sierra, la lija o el martillo para dejar bien acabada su obra; a veces incluso reconocer cuándo pasar la yema del dedo por la superficie para notar las imperfecciones que no se aprecian a simple vista.

Es innegable la existencia de numerosos elementos formales, estéticos y estilísticos de la literatura que se repiten en cientos de obras de ficción alejadas en tiempo, lugar y temas, y que, según Robert McKee, permiten establecer principios —nunca nor-

Planos cinematográficos

Unidad mínima de un filme; consiste en cada uno de los fragmentos que se originan cuando se da motor a la cámara y después se detiene (Racionero, 2008).

Cuadro 1. Filmografía recomendada

Directores	Títulos	Años
Mark Cousins	<i>La historia del cine. Una odisea</i>	2014
Thierry Frémaux	<i>Lumière!: L'aventure commence</i>	2018
Abbas Kiarostami, Dariush G. Zadeh, Peyman Solhi, Delaram Delashob y Yousef Khoshnaghsh	<i>24 Frames</i>	2019
Stuart Samuels, Arnold Glassman, Todd McCarthy y Nancy Schreiber	<i>Visions of Light</i>	1992
Steven Spielberg	<i>The Color Purple</i>	2011
Chuck Workman	<i>What Is Cinema?</i>	2018
Wayne Wang	<i>Smoke</i>	2004
Paul Mariano y Kurt Norton	<i>These Amazing Shadows: The Movies That Made America</i>	2018

mas o fórmulas doctrinales— que funcionan para la mayoría de las narraciones y creaciones ficcionales (Cuadro 1).

Convencer desde la emoción

Además de las similitudes en el aspecto técnico, tenemos algo menos evidente pero igual de importante que tiene que ver con el objetivo fundamental de la ficción: el zarandeo de la emoción de los lectores y espectadores. Un autor de ficción quiere emocionar, pero, sobre todo, convencer con su historia al consumidor, para que se deje llevar por los

caminos emocionales que le permitan no dudar de lo que se le cuenta. Para lograrlo, debe usar todo lo que tenga a mano: un hecho, un personaje o alguno de sus rasgos, un detalle aparentemente intrascendente, como el vuelo de una mosca en el estiércol, la caída de una hoja en otoño o un par de zapatos viejos en una esquina de una habitación, hasta los elementos técnicos que ya contamos.

El autor de novelas y el director de cine escogen los recursos narrativos que son precisos para que esa mosca, aquella hoja o el par de zapatos dejen de ser objetos inanimados y se vuelvan palabras, imágenes y resortes emocionales que lleven a una reflexión o,



cuando menos, a un divertimento más o menos reflexivo. Ambos sintetizan la realidad para convencer emocionando. Y entiéndase esta síntesis no como resumen, sino como composición, a partir de un todo más amplio.

Es así como la literatura y el cine viajan en el mismo vagón de un tren. Porque hablar de cine es, casi por contrato, hablar de literatura. Y hoy día, hablar de literatura es, no pocas veces, remitirnos a algunas de las mejores ideas del cine.

■ Conclusión

■ Literatura y cine son dos eslabones fundamentales de ese “tren” emocional que es la ficción, y al que aguarda un mismo destino. Son dos formas de hacer reales los mundos inventados donde un creador debe

seleccionar recursos estructurales y técnicos que han trasvasado lenguajes para sacudir los resortes emocionales y persuadir al lector-espectador de la verdad de esa ficción que acaba de nacer.

Y aun no pretenda nadie aprender a escribir novelas sólo viendo películas y series. Para escribir, y en especial para hacerlo bien, hay que leer, y mucho. Pero a nadie se le escapa que el cine es un instrumento cada vez más necesario para hacer pedagogía sobre la literatura, o mejor, sobre la ficción; ese mundo amplio, esa materialización de un producto representado en palabras, o por medio de las imágenes.

Héctor García Quintana

Universidad de Tours, Francia.

hectorgarcia@hgquintana.com

Referencias específicas

Arvidson, L. (1925), *When the Movies Were Young*, Nueva York, E. P. Dutton & Company.

Cercas, J. y D. Trueba (2006), *Diálogos de Salamina: un paseo por el cine y la literatura*, Barcelona, Salvat.

King, S. (2002), *Mientras escribo*, Barcelona, Debolsillo.

McKee, R. (2002), *El guión: sustancia, estructura, estilo y principios de la escritura de guiones*, Barcelona, Alba.

Racionero, A. (2008), *El lenguaje cinematográfico*, Barcelona, Editorial UOC.

Rolet, S. (1996), *Enseigner la littérature avec le cinéma*, París, Nathan.

Sánchez Noriega, J. L. (2000), *De la literatura al cine: teoría y análisis de la adaptación*, Barcelona, Paidós.

Surmelian, L. (1968), *Techniques of Fiction Writing. Measure and Madness*, Nueva York, Doubleday.

Truffaut, F. (1974), *El cine según Hitchcock*, Madrid, Alianza Editorial.

Vargas Llosa, M. (1997), *Cartas a un joven novelista*, Barcelona, Ariel/Planeta.

Wolf, S. (2001), *Cine/literatura: ritos de pasaje*, Buenos Aires, Paidós.



Blanca Margarita Vázquez Rodríguez

Enseñar filosofía con el cine

El presente artículo se propone mostrar cómo se enseña filosofía con el cine. La relación de la enseñanza de la filosofía con el cine se vincula con el *concepto-imagen* y la reflexión que se puede propiciar en clase al activar las habilidades del pensamiento mediante el diálogo y las preguntas auténticas.

La filosofía en el aula

¿Cómo hacer que suceda la filosofía? La respuesta es: viendo cine. En las líneas que siguen se reflexiona al respecto del cine como una herramienta, un texto vivo, una forma de experimentar la vida, cuando se encuentra en la imagen un concepto o una idea que permite la apertura al cuestionamiento y a la problematización.

La filosofía que se debe poner en juego en el aula —y que aquí propongo— está viva y da luz a los problemas que enfrentan nuestros estudiantes. La filosofía como amor a la sabiduría es la ciencia primera que estudia los principios y las causas de todo lo que es; teoriza y conceptualiza universalmente con sistematización y objetividad; pero, además, es una práctica, un hacer, un filosofar. Reflexiona, pregunta, cuestiona, va a la raíz última, pone en duda, permite el asombro y la crítica, es universal, sistemática, racional, teórica, pero al mismo tiempo vinculada con los contextos y las situaciones del alumnado.¹

Los más pequeños tienen esa actitud natural de cuestionarse al mirar el mundo. Al relacionarse con éste preguntan: “¿Qué es eso?”, “¿Por qué?”, “¿Por qué?”... hasta el cansancio. Todo les asombra, de todo realizan una fiesta, celebran que están conociendo el mundo por primera vez: una fruta, una flor, una nueva vecina,

¹ La filosofía nace del asombro y permite que los estudiantes enfrenten el mundo. Un ejemplo de ello consiste en hacer una lectura de los presocráticos y preparar una exposición de sus tesis principales. Entonces hacemos el giro cuando primero indagamos: “¿Alguna vez se han preguntado cómo empezó todo? ¿Cómo se les ocurrió la pregunta por el origen de todo? ¿Podrían narrar su experiencia? ¿Cuál es el origen de todas las cosas?” Desde este enfoque por descubrimiento, los estudiantes primero enfrentan la pregunta de forma personal y luego comprenden los textos al activar las habilidades del pensamiento; esto sucede desde el nivel preescolar hasta la vida adulta.



cualquier cosa que se les pone enfrente. Son contempladores de todo lo que les rodea, y preguntan: “¿Quién eres, mamá?”, “¿Por qué la luna me sigue?”, “¿Creo que no sé cómo funciona todo!, ¿me explicas?”, “¿De dónde viene todo?”... Podríamos juntar un catálogo interminable. Se trata de un impulso natural que brota desde lo más auténtico; preguntas francas, valiosas, que muestran un gusto por enfrentar el mundo y por conocer.

Por otra parte, los adolescentes, por su propia condición centrada en el estadio de las operaciones formales (etapa metafísica por excelencia), refieren la necesidad de resolver problemas sobre su propia identidad, y de pensar en su futuro: “¿Quién soy?”, “¿A dónde voy?”, “¿Por qué el mundo es así?”, “¿Qué es el amor?”, “¿De dónde venimos?”, “¿Este es el mejor mundo en el que podemos vivir?”, “¿Qué es el tiempo?”, “¿Por qué tengo que seguir reglas?”, “¿Por qué nos hacemos preguntas?”, “¿Por qué tengo que venir a la escuela?”...

Y necesariamente los adultos también se cuestionan. “A veces nos olvidamos de que el ser humano es filósofo por naturaleza. Se hace preguntas a todas las edades y, a partir de ellas, descubre el mundo y poco a poco va apropiándose de él” (Zuleta, 2005).

Sin embargo, en las aulas no sucede este impulso natural. ¿Por qué los adolescentes dejan de asom-

brarse y preguntar? Quizá porque alguien les pidió, en algún momento: “¡Guarda silencio!” O les gritó: “¡Cállate!”, “¡No tengo tiempo para escucharte!”, “¡Mañana, por favor; ya estoy muy cansada!” O alguien descalificó su pregunta. Así, la cultura del silencio se ha apoderado de las aulas y de las casas.

Las posibilidades del cine en la enseñanza de la filosofía

Por otra parte, el culto a la imagen, la afición al video, produce una desmotivación en el aula tradicional porque el arribo masivo de los teléfonos inteligentes, las tabletas, las redes sociales digitales, los videojuegos y el internet, ha inaugurado una época inédita: la de la información instantánea que demerita lo que se hace en clase porque el bombardeo de imágenes deja en desventaja los recursos del profesor, por más que éste demanda la atención del alumnado.

Por ello, el cine tiene una potencia especial para hacer que la filosofía ocurra en el aula, al despertar las ideas y desencadenar el pensamiento. Cuando la experiencia del cine ocurre en el individuo, éste es tocado por una fuerza intelectual-sensible, no sólo racional, sino además significativa, que le sensibiliza. El cine muestra que “el mundo es”. Este hecho constituye el asombro primario y la fuente de toda interrogación ontológica; en otras palabras, fundamental. Va a la raíz de todo.

La increíble capacidad de aproximación a lo vivido, a partir de la imagen, hacia la verdad, así como la empatía con el personaje, por el infortunio del antagonista, permiten que el espectador imagine, fantasee y juegue con la posibilidad. Encuentra el *concepto-imagen*² en una escena, en un personaje, en una historia. Al final de la película, le queda una afectación, una pregunta, una idea. Por ello se sos-

² Concepto usado por Julio Cabrera en su texto *Cine: 100 años de filosofía* (2002). El autor explica que el *concepto-imagen* es la representación mental de un objeto, hecho o situación, que trata de abstraer, describir y organizar la realidad a partir de la razón. La cuestión es que estos *conceptos-imágenes* son al mismo tiempo afectivos y sensibles, porque impactan en la totalidad del ser que se deja afectar por el cine. Por ello, se habla de una filosofía filmada.



Figura 1. Estudiantes de segundo año de educación secundaria viendo el corto animado *Alike* (Martínez Lara y Cano Méndez, 2015) para abordar el tema de la alienación. Fotografía: profesor Víctor López Elías.

tiene que el cine es un texto en movimiento que se puede leer, vivir, comprender y experimentar.

El cine en toda su diversidad permite proponer temas, problemas y situaciones. De ahí la relevancia de la elección de la película o la escena para mostrar en el aula. No sólo debemos pensar en el tema o en si la película es de arte o no, sino en el horizonte de comprensión de nuestros estudiantes. Si les va a llamar la atención, si les va a afectar. Si es completa o sólo una escena, si es en el salón, si se les deja de tarea o si se presenta en el cineclub de la escuela. Luego, estarán en condiciones de comunicar el asombro que les dejó la película para dar respuesta a sus preguntas. De esta manera, el filosofar se da en comunidad.

¿Cómo hacer que suceda la filosofía?

El diálogo es una estrategia que acompaña al uso del cine en la enseñanza de la filosofía, especialmente cuando se establece un ambiente de confianza, respeto y cuidado del otro. De esta manera se inicia un intercambio de ideas espontáneas, al escuchar atentamente, preguntar de forma auténtica, solicitar la palabra y esperar cada quien su turno. Luego hay una transformación del individuo, desde lo cognitivo hasta el desarrollo moral y filosófico.

Por ejemplo, en una clase vimos *2001: Odisea del espacio*, de Stanley Kubrick (1968). Es una obra compleja, casi como cualquier tratado metafísico de la filosofía; sin embargo, para fines didácticos de la materia, sólo mostré los primeros 5 minutos: el amanecer del ser humano, que es el despertar de la conciencia, como el desenvolvimiento del espíritu absoluto de Hegel —nada más y nada menos—.

¿Cómo entienden los estudiantes la frase de Hegel: “Todo lo real es racional y todo lo racional es real”? Los alumnos escribieron la respuesta en su cuaderno. Luego solicité que la compartieran al grupo en plenaria. Recuperé sus ideas para presentar la película. Les solicité prestar mucha atención y mirar con nuevos ojos el fragmento. Después de verlo dos veces, invité a que formularan sus preguntas. Las pegaron en las paredes del salón y de entre ellas votaron por tres para dirigir el plan de discusión (éste debe ser propuesto por los mismos alumnos):



¿El mono es igual a la naturaleza o es diferente?, ¿Qué son los instintos y los deseos?, ¿Cómo toma conciencia el mono?, ¿La experiencia nos lleva al conocimiento?, ¿Cómo se relacionan conocimiento con el poder y tecnología actual?

Por último, entre toda la clase, llegamos a las conclusiones. El ser humano es un ser que es consciente de su propio desarrollo ontológico en el paso histórico del mundo.

Así, el cine nos da la posibilidad de abrir el horizonte de comprensión racional y afectivo de la realidad o la ficción, y el diálogo activa las habilidades del pensamiento que en sí mismas son filosóficas, por lo que juntos hacen que suceda la filosofía en el aula.

Blanca Margarita Vázquez Rodríguez

Facultad de Filosofía y Letras, Universidad Nacional Autónoma de México; Colegio de Bachilleres.
danzafil@yahoo.com.mx

Lecturas recomendadas

- Burbules, C. N. (1999), *El diálogo en la enseñanza, teoría y práctica*, Buenos Aires, Amorrortu.
- Cabrera, J. (2002), *Cine: 100 años de filosofía, una introducción a la filosofía a través del análisis d películas*, Barcelona, Gedisa.
- Cuevas Rodríguez, J. M. (2009), *Filmosofía, cine y filosofía: cuestionando la realidad*, Madrid, edición personal.
- Freire, P. (1986), *Hacia una pedagogía de la pregunta: conversaciones con Antonio Faúndez*, Buenos Aires, Ediciones la Aurora.
- Lipman, M. (1998), *La filosofía en el aula*, Madrid, Ediciones de la Torre.
- Zuleta, A. (2005), “La pedagogía de la pregunta. Una contribución para el aprendizaje”, *Revista Venezolana de Educación (Educere)*, 9(28):115-119.

Televisión y filosofía

La filosofía ha sido por tradición una disciplina en la que únicamente se requería un bolígrafo y un papel para formular los *Gedanken experiment* (experimentos mentales). No obstante, en los últimos años se ha estado desarrollando la filosofía experimental y se está tomando en cuenta el arte cinematográfico (además de las series de televisión y los cómics).

“La imagen sólo vendrá en el tiempo de la resurrección”.

SAN PABLO

Explicaba Immanuel Kant que la misión más elevada del arte es dar qué pensar. Esa conjunción del arte y la filosofía en el pensamiento es facilitada en el caso del cine debido a la narración de acontecimientos mediante la imagen y la palabra, lo que permite que los conceptos filosóficos sean explicitados con mucha más claridad, rigor y profundidad que en otros ámbitos artísticos. John Ford, Akira Kurosawa, Luis Buñuel y Alfonso Cuarón han planteado en sus películas conflictos políticos y éticos que no dejan indiferentes a sus espectadores, sino que suscitan preguntas y les obligan a ensayar posibles soluciones.

Las cintas que mejor se adaptan a la enseñanza de la filosofía en el cine son aquellas que corresponden al carácter radical, abierto y provocador de la reflexión intelectual. Por ello, las películas deben ser intempestivas más que políticamente correctas, también problemáticas en lugar de condescendientes para sus espectadores.



Suscitar el pensamiento

■ El cantautor Luis Eduardo Aute cantaba en la década de 1980:

Cine, cine, cine, más cine, por favor
Que todo en la vida es cine
Y los sueños cine son

CINE

ENSEÑANZA

FILOSOFÍA

causamiento
Filosofía

Social
¿?

crítica
reflexión intelectual
objetividad
contemporaneidad



SOBRE CINE Y FILOSOFÍA

Artista

pensamiento
¿ como me he desarrollado
¿ como me he desarrollado

PRINCIPIOS

Educación
CAUSAS

Conflictos políticos y sociales
criterio

Sin embargo, en los últimos años la televisión se ha ganado el respeto del público y los intelectuales. El ensayista Juan Cueto (2011) afirmaba en este sentido:

Sólo veo series. Soy un fanático de las series [...], al final de mi vida periodística, le declaré la guerra al cine comercial y me pasé a las series de televisión. *Mad Men* o *Los Soprano* son los mejores productos cinematográficos que existen en este momento.

Pero también existen los pensadores apocalípticos. Gianfranco Bettetini (1986) sostiene que:

Estamos asistiendo a la muerte de la televisión como tal, ya que, en vez de asistir a un nuevo modo de comunicación, estaríamos ante la desaparición de la comunicación y frente a su remplazo por un modelo epidérmico y energético, fundamentalmente asocial.

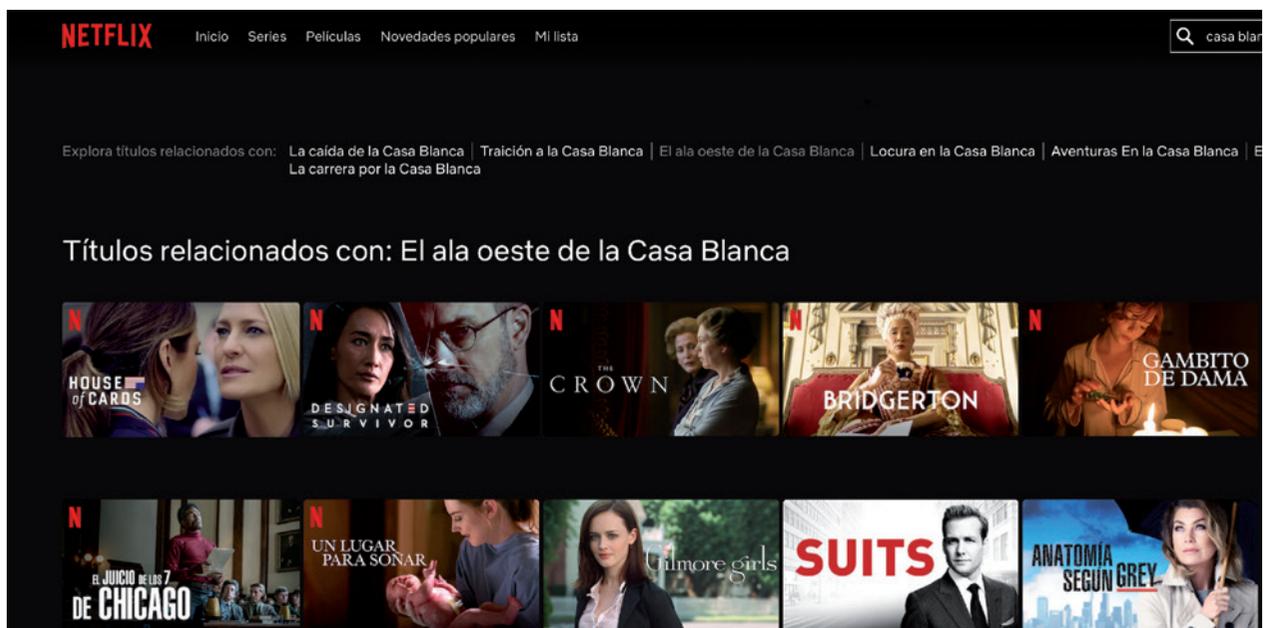
En esta senda, diversos pensadores —de derecha e izquierda—, desde Karl Popper hasta Giovanni Sartori, pasando por Ignacio Ramonet, han considerado que la televisión constituye uno de los peligros internos más poderosos para nuestras democracias y han propuesto diversas formas de censura. Por ejemplo, Ramonet sugiere no emitir series de televisión esta-

dounidenses que juzga alienadoras y peligrosas para la salud ideológica de la población europea, como *Kojak* y *Colombo*.

Por el contrario, considero que la televisión y el cine constituyen una gran oportunidad de educación visual. Por ello, una parte del deber del profesorado es enseñar su uso creativo, incluso al integrar la programación audiovisual dentro del currículo de las diversas asignaturas. Frente a la tesis dominante en el ámbito académico de que el cine y la televisión constituyen incluso un peligro para la democracia y un contrincante para la institución educativa, creo que deberíamos reconsiderar la instrumentalización de los medios audiovisuales y emplearlos como laboratorios de experimentación virtual.

Una propuesta para discusión

Los aficionados al cine y la política harían bien en echarle un vistazo a *El ala oeste de la Casa Blanca*. A partir de los guiones de Aaron Sorkin se nos describe al equipo más íntimo del presidente Bartlet, un demócrata centrista y pragmático, premio Nobel de Economía y máster en Teología; una mezcla irresistible de Kennedy, Truman y Clinton. Esta serie haría las delicias de Maquiavelo porque presenta un retrato realista, ni sardónico ni ingenuo, de lo que puede





ser una administración de Estado: el tira y afloja con diferentes grupos de presión, el duro golpe a la ideología que supone enfrentarse con la realidad, las ansias de poder, los conflictos personales, la importancia de la retórica, la influencia de la opinión pública reflejada en las encuestas. Además, formalmente es impecable. Un estilo rápido, con personajes perfectamente dibujados que destacan por su profesionalidad. Son especialmente brillantes los diálogos, inteligentes e indirectos. La serie gana mucho cuando se pone tensa y negra, cuando tiene que entrar en las cloacas del poder.

El cine y la televisión son una nueva caverna platótica. Podemos como Platón intentar huir horrorizados de ella, o bien convertirla en nuestra aliada. Puede llegar a ser el laboratorio de experimentación moral, política, ontológica... más cercano a la realidad que se tenga nunca en filosofía. Rechazar lo audiovisual en lugar de aceptarlo críticamente, negarse a ver su potencial educativo, es una de las taras del pensamiento cansado y reaccionario. De lo que se trata no es de liberar a nadie de sus “cadenas” y, contra su voluntad, obligarle a ser feliz, sino de aprender a vivir en el interior de la caverna asumiendo que la falsedad no reside en las imágenes sino en las presuntas verdades sobrenaturales.

Y es precisamente en el cine y la televisión, más que en ninguna parte, donde se encuentran los contenidos para realizar un debate a partir de las imágenes, hasta alcanzar las mejores conjeturas, en una discusión profunda, revisionista y sin falsos tópicos.

Santiago Navajas

Universidad de Granada.
santinavajas@correo.ugr.es

Referencias específicas

- Bettetini, G. (1986), *La conversación audiovisual. Problemas de la enunciación fílmica y televisiva*, Madrid, Cátedra.
- Bordwell, D. (2003), *La narración en el cine de ficción*, Barcelona, Paidós Comunicación.
- Deleuze, G. (1994), *La imagen-movimiento: estudios sobre cine*, Barcelona, Paidós Comunicación.
- Kant, I. (2001), *Crítica del juicio*, Madrid, Colección Austral.
- Navajas, S. (2011), *Manual de filosofía en la pequeña pantalla*, Córdoba, Berenice.
- Ramonet, I. (2000), *La golosina audiovisual*, Barcelona, Debate.
- Sartori, G. (2012), *Homo videns. La sociedad teledirigida*, Madrid, Taurus.

El debido proceso en *Sacco y Vanzetti*

La ejecución de Sacco y Vanzetti fue el crimen más impactante que se ha cometido en la historia estadounidense desde el asesinato de Abraham Lincoln.

UPTON SINCLAIR (1928)

La película *Sacco y Vanzetti* (Montaldo, 1971) ha contribuido de manera significativa a la revisión de un proceso histórico en particular y ha dado a conocer a la opinión pública, tanto dentro como fuera de los Estados Unidos de América, un caso olvidado por muchos. Asimismo, la historia da pie a una discusión y reflexión respecto al derecho de contar con un debido proceso legal.

Durante los años 1920, muchos gobernantes y jueces estadounidenses tenían un fuerte temor en contra del anarquismo, el comunismo y el sindicalismo. La historia que se relata en la cinta *Sacco y Vanzetti* (Montaldo, 1971) puso de manifiesto la franca violación al derecho fundamental de contar con un proceso apegado a la legalidad y a la justicia (un debido proceso legal). Se trata de una denuncia desgarradora por el trato desigual que recibían los inmigrantes y, por tanto, constituye una protesta en contra de la discriminación y la xenofobia.

El juicio de Sacco y Vanzetti

 Fue en la ciudad de Boston, Massachusetts, donde el juez Webster Thayer condenó a la silla eléctrica a Bartolomeo Vanzetti, un pescador, y a Nicola Sacco, un zapatero, ambos inmigrantes italianos anarquistas, a quienes se les acusó —sin prueba alguna— de haber colocado una bomba que hizo explotar una zapatería. El juicio en su contra inició el 31 de mayo de 1921. Durante siete semanas, en una sala repleta de gente, la defensa y el fiscal de distrito presentaron testimonios en contra de los acusados y pruebas balísticas completamente contradictorias. Sacco y Vanzetti admitieron haber mentado durante el interrogatorio, pues estaban convencidos de que fueron detenidos por anarquistas y deseaban protegerse.



Recuadro 1. El debido proceso legal en México

El principio del debido proceso está contemplado en los artículos 14, 16 y 17 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. Éste se refiere al derecho fundamental a ser oído en juicio, el derecho a contar con una defensa, el derecho a probar y el derecho a disponer de un proceso justo, transparente y equitativo.

Sin embargo, en junio de 1921, un año después de cometido el delito por el que se les acusaba, fueron condenados a la silla eléctrica.

Durante los siguientes seis años, el abogado defensor Fred Moore solicitó en ocho ocasiones que se anulara el juicio, pues alegaba las numerosas irregularidades que lo caracterizaron; sin embargo, jamás logró que el juez y los magistrados revocaran la sentencia condenatoria. Además, en 1925 un puertorriqueño llamado Celestino F. Madeiros confesó haber sido el autor del delito, al mismo tiempo que negaba la participación de Sacco y de Vanzetti, pero esta confesión ni siquiera se tomó en cuenta. Pese a las postergaciones, recursos, peticiones y

suspensiones solicitadas por la defensa, así como la acción valiente del Comité pro Sacco y Vanzetti, la sentencia no se modificó. Por todo lo anterior, se ha considerado que el juicio fue una verdadera farsa, ya que los testigos a favor de la fiscalía habían declarado de manera contradictoria, las pruebas balísticas no probaban nada en concreto y, por medio de chantajes, coacciones y presiones, se había impedido la declaración de los testigos presentados por la defensa.

Después de ser desoídas todas las peticiones de nulidad del juicio, se fijó la fecha en que Sacco y Vanzetti debían ser electrocutados: el 10 de julio de 1927. No obstante, 61 profesores de la escuela de Derecho en Boston solicitaron que se nombrara un comité para revisar el caso. El gobernador seleccionó al presidente de la Universidad de Harvard y al presidente del Instituto de Tecnología de Massachusetts para que lideraran el comité; sin embargo, el 27 de julio la sentencia de condena fue ratificada por éste. La defensa trató de aplazar la ejecución, pero fracasó nuevamente. En el trágico amanecer del 23 de agosto de 1927, fueron injustamente electrocutados Sacco y Vanzetti.

Felix Frankfurter, ministro de la Suprema Corte de los Estados Unidos de América, al impartir una conferencia en la Universidad de Columbia en 1950, denunció al entonces director de la Universidad de Harvard, Lawrence Lowell:

¿Qué clase de hombre es el presidente de la Universidad de Harvard, Lawrence, por haber escrito un reporte que revisó la legalidad del proceso de Sacco y Vanzetti y concluyó que había sido un proceso justo? ¡Inaudito!

Pese a que durante la tramitación del proceso el juez tuvo la evidencia de quiénes eran los verdaderos culpables, el gobernador de Boston tenía la consigna de ejecutar a los italianos. Muchos intelectuales de la época se manifestaron abiertamente en contra del proceso judicial y, al saberse la noticia de la ejecución, realizada el 23 de agosto de 1927 en la prisión de Dedham, las revueltas populares no se hicieron esperar, en especial en Londres, París y Berlín.



Figura 1. Miles se manifestaron, marcharon, protestaron y organizaron comités pro Sacco y Vanzetti no sólo en Nueva York, Boston, Chicago y San Francisco, sino también en Londres, París, Buenos Aires y ciudades del mundo entero. Fuente: <www.todoporhacer.org/sacco-vanzetti>.



Figura 2. Bartolomeo Vanzetti y Nicola Sacco pocos meses antes de morir. Fuente: <www.todoporhacer.org/sacco-vanzetti>.

Invitación a reflexionar

Este caso paradigmático ha quedado clavado en la memoria de todos los grandes operadores jurídicos por sus condiciones propias: un juez corrupto, un fiscal ruin, los testigos falsos y las fallas en el sistema de administración de justicia, con evidencias claras de la no aplicación del principio de presunción de inocencia. Asimismo, dudas acerca de las pruebas en balística, poca credibilidad en el testimonio del cónsul italiano y desconfianza de los testigos ofrecidos por la fiscalía.

La historia de Sacco y Vanzetti, tal como es presentada en la película, no fue solamente un caso de mero error judicial, sino todo un ejemplo de la instrumentalización del sistema de justicia en defensa de los intereses políticos de la mayoría conservadora que entendió la condena como un escarmiento. Los dos anarquistas fueron ejecutados por ser representantes de un “peligro social”, por ser inmigrantes y pobres, por ser italianos (extranjeros) y para servir como advertencia para otros.

Carina Gómez Fröde

Facultad de Derecho, Universidad Nacional Autónoma de México.
freude.carina@gmail.com

Referencias específicas

- Díaz, L. M. (2005), *Manejo de conflictos desde la sabiduría del cine y las canciones. Más Chaplin y menos Platón*, México, Pax.
- Félix Cárdenas, R. y R. A. Reyna Reyna (2015), *Presunto culpable*, México, Tirant Lo Blanch.
- Gómez Fröde, C. X. (2013), *El arte cinematográfico como herramienta para la enseñanza del derecho y de la teoría general del proceso*, México, Tirant Lo Blanch.
- Gómez Fröde, C. (dir.) (2015-2016), *Cine Qua Non. Revista Mexicana de Cine y Derecho*, México, Facultad de Derecho-UNAM.
- Gómez Fröde, C. (coord.) (2018), *El cine relacionado con el ejercicio de la medicina y el derecho fundamental a la protección de la salud*, México, Tirant lo Blanch.
- Gómez Fröde, C. y E. de la Parra Trujillo (coords.) (2015), *Cine y derechos humanos*, México, Porrúa.

La ética en el cine

Aquí se parte de un recorrido por la relación entre el cine y la educación para después observar lo que diferentes pensadores han definido como lo ético. Al final se proponen dos estrategias para usar el cine con fines de aprendizaje de los valores, los principios, las certidumbres y la toma de decisiones orientadas hacia el bien común.

Cine y educación, tres relaciones

La relación entre el cine y la educación es multirreferencial. Uno de nuestros primeros hallazgos al trabajar este objeto de estudio fue encontrar por lo menos tres niveles de vinculación:

1. Una relación cinematográfica: experiencias educativas que docentes y estudiantes viven y recrean como prácticas educativas manifiestas en las cintas. El cine ha documentado lo educativo, que también en las últimas décadas salió del salón de clases y fue a describir los aprendizajes en la vida social de las personas.
2. Una relación comunicativa: profesores y alumnos como espectadores activos. Estos actores del hecho educativo se convierten en una audiencia de cine, en la multiplicidad de proyecciones desde la sala oscura tradicional hasta las modernas plataformas. Nos preguntamos si lo aprendido por el profesorado y el alumnado en este divertimento aparecía en las clases, si era significativo, si se evitaba, si ilustraba, si irrumpía en forma espontánea o si era contundente y transformaba. Encontramos que el cine es un elemento importante de la educación actual.
3. Una relación pedagógica: el uso didáctico del cine en el salón de clases, donde el arte cinematográfico deja de ser sólo un entretenimiento o una diversión ajena a los sistemas educativos y gana terreno en la educación formal (desde preescolar hasta posgrado). El acceso se logró por los dispositivos electrónicos, pero sobre todo por un cambio cultural en los colectivos escolares, que tímidamente se inició con cine foros o cine debates hasta ser parte de los materiales



y las estrategias didácticas de los ámbitos escolares, incluso en el momento actual en distintas licenciaturas, donde con el apoyo de los dispositivos móviles los estudiantes presentan trabajos de investigación con el uso del lenguaje cinematográfico.

El cine es una experiencia creativa, ética y estética, mundial e histórica. La contundencia de la gramática de las imágenes cinematográficas ha documentado de muy diversas formas e ideologías los sucesos de la humanidad.

La ética o el aglutinante social con sentido de vida

Algunos elementos fundamentales de la ética, asegura Alberto Montoya (2018), tienen que ver con la concreción del ejercicio de la libertad humana, dominada por reflexiones y acciones hacia el bien común y por el pensamiento crítico, así como por el desarrollo de la conciencia de la responsabilidad individual y colectiva.

Además, en este siglo XXI, como lo hemos visto en muchas movilizaciones, la ética es el principal aglutinante social (Attali, 2007); es una apuesta por la vida, por la centralidad y dignidad de la persona y por la toma de decisiones (Agejas, 2007; Dussel, 2007a). La ética es un campo de conocimiento científico, racional, práctico, normativo y centrado en los actos cotidianos (Gutiérrez, 1981), que tiene como esencia el significado de la existencia humana (Fromm, 1947).

La ética pone en el centro al ser humano en su complejidad multidimensional; impulsa un sentido hacia la vida, en particular la vida humana y su permanencia. La ética es mucho más que la diferencia de un acto entre bueno o malo, “sino en las honestas posibilidades de la pretensión de bondad de un acto” (Dussel, 2007a) y esto lo será si el acto es verdadero, válido y factible.

Cine y ética: dos métodos

De cualquier película se puede extraer un conjunto de representaciones, valores, creencias y formas de



ver el mundo que intentan imponerse como patrón de una conformación social y que, por lo mismo, convergen con el discurso educativo.

El cine puede ser entendido como el arte que toca los pensamientos profundos, el corazón y los sentimientos, como lo que hace percibir un mundo impensado, como lo que permanece en la mente mucho tiempo después de tener contacto con la belleza y el mensaje o lo aprendido.

Para aterrizar los principios y valores humanos universales, con respeto a la dignidad humana, la justicia social y el bien común, y que hagan del bien una opción, hemos desarrollado dos métodos didácticos para el trabajo de la ética por medio del cine:

El trabajo por escenas

Lo importante es hacer una buena selección de la película que se verá, preferentemente sobre un tema polémico. Es recomendable que no sea comercial, sino del llamado cine de arte, y que someta a una constante toma de decisiones al protagonista.

Lo ideal es que la película se proyecte en forma grupal, en el salón o en el espacio que se considere que reúna los elementos mínimos. La primera pro-

yección debe ser un culto al arte; se sugiere correrla sin cortes ni comentarios.

El trabajo consistiría en hacer una segunda visita al filme estudiando por escenas qué decisiones se tomaron y por qué, así como cuáles fueron sus consecuencias. Es muy importante que el estudiante se ponga en la circunstancia (histórica, contextual y personal) del protagonista, y que comprenda que las decisiones están orientadas por principios, y que cada decisión determina el futuro (Ramírez, 2009).

El método de caso

El estudio de casos es un tipo de abordaje cinematográfico que sirve para investigar y comprender situaciones, hechos o problemas actuales, a partir de la consulta a múltiples fuentes y empleando muy distintos recursos. Así, el cine puede resultar una fuente idónea para problematizar realidades locales o regionales según lo que muestra cada película de ficción o documental. Se trata de adoptar una película de cualquier género para ser usada como caso que haga pensar y reflexionar éticamente a los jóvenes (Ramírez, Meixueiro y Escobar, 2015).

Conclusiones

 El cine nació y evolucionó asociado a la diversión y el entretenimiento. Sin embargo, se ha incrustado de forma irreversible en los procesos educativos de aprendizaje, culturales y éticos. El cine educa de muy diversas maneras y sobre los más distintos objetos de conocimiento. La ética es un ingrediente fundamental en las tramas cinematográficas, por lo que es necesario hacerla emerger con estrategias que apunten hacia su análisis y reflexión. La ética y el cine pueden ser poderosos vasos comunicantes en la formación de cualquier estudiante.

Rafael Tonatiuh Ramírez Beltrán

Universidad Pedagógica Nacional.
rramirez@anahuac.mx

Lecturas recomendadas

- Agejas, J. A. (2007), *La tarea de ser mejor. Curso de ética*, Madrid, Editorial Universidad Francisco de Vitoria.
- Attali, J. (2007), *Diccionario del siglo XXI*, España, Paidós.
- Dussel, E. (2007a), *20 tesis de política*, México, Siglo XXI.
- Dussel, E. (2007b), *Materiales para una política de la liberación*, México, Plaza y Valdés.
- Fromm, E. (1947), *Ética y psicoanálisis*, México, Fondo de Cultura Económica.
- Garzón Bates, M. (1997), *La ética*, México, Consejo Nacional para la Cultura y las Artes.
- Gutiérrez, S. (1981), *Introducción a la Ética*, México, Editorial Esfinge.
- Meixueiro, A. y R. T. Ramírez (2000), *Educación y cine. Maestra vida*, México, Sociedad Cooperativa Taller Abierto.
- Meixueiro, A. y R. T. Ramírez (2003), *Globalización, cine y educación*, México, Sociedad Cooperativa Taller Abierto.
- Meixueiro, A. y R. T. Ramírez (2012), *Mentes peligrosas. Sujetos, miradas y contenidos de educación en películas del siglo XXI*, México, Caminos Abiertos/UPN095.
- Montoya, A. (2018), *Estrategia de reindustrialización acelerada de México*, México, Limusa.
- Ramírez, R. T. (2009), *Manual de cine y ética para el siglo XXI. Estos ojos y esta palabra también son míos*, México, Universidad Anáhuac/Cineteca Nacional/UPN095/Universidad de la Sustentabilidad.
- Ramírez, R. T. y A. Meixueiro (2019), *Cine contemporáneo: comunicar identidades, cultura y poder*, Guadalajara, La Zonábula/Universidad Pedagógica Nacional 095/Maestría en Educación Ambiental.
- Ramírez, R. T., A. Meixueiro y O. Escobar (2015), *Cine y educación ambiental*, Guadalajara, Universidad Pedagógica Nacional 095/UdeG/La Zonábula.

Sociología en *El chico* de Charles Chaplin

Dice Pierre Bourdieu que “la sociología es un deporte de combate porque se usa para defenderse, pero no debe utilizarse para dar golpes bajos” (2001). Este artículo se trata de entender qué es la sociología y cómo se puede aprender y enseñar por medio del cine; ¡claro!, sin dar golpes bajos, pues como dijo el niño buscapleitos de *El chico* (*The Kid*; Chaplin, 1921): todo se trata de bailar.

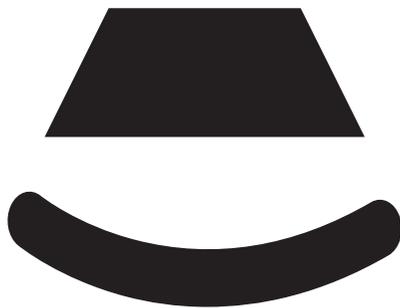
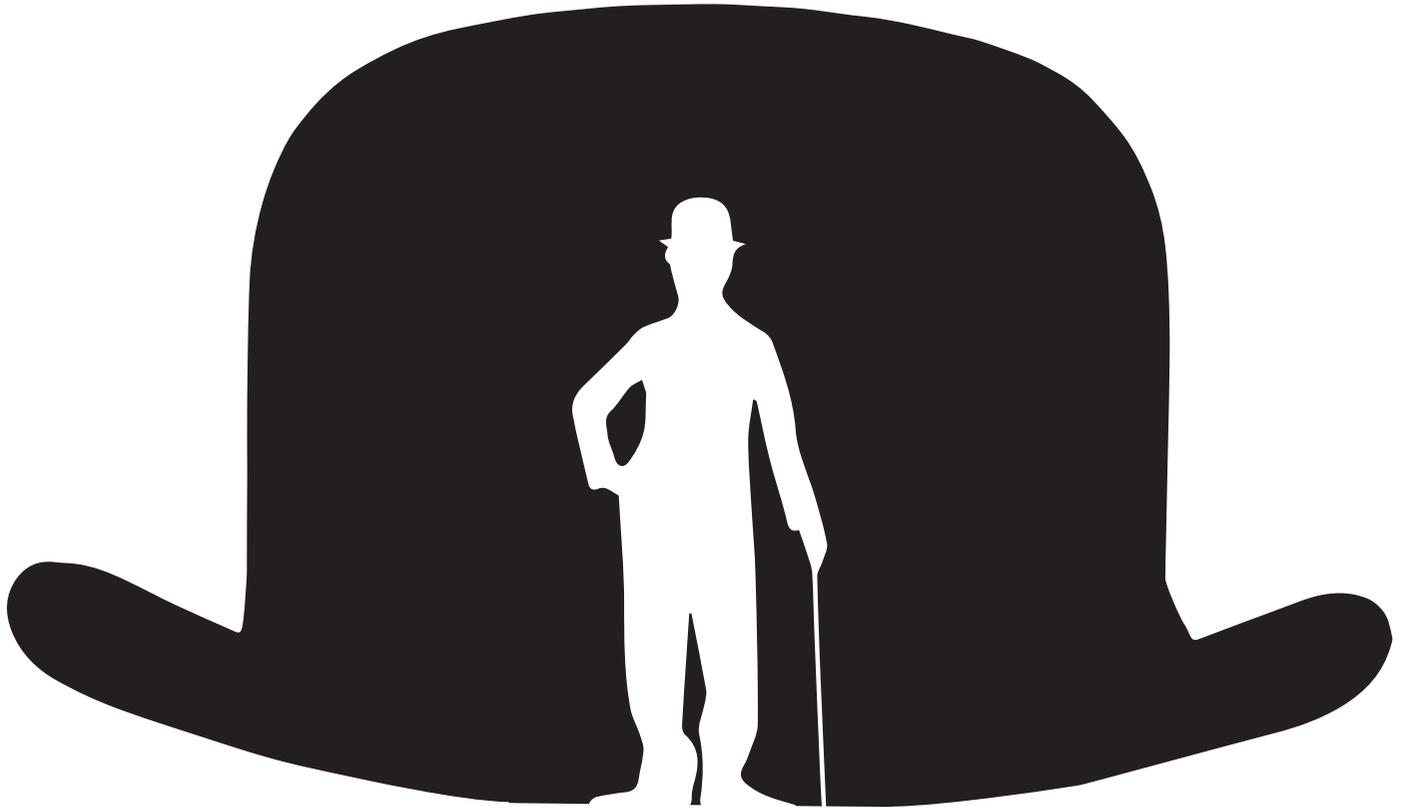
Introducción

¿Cómo puede ser que bailen el cine y la sociología? Pues sí, la relación entre ambos campos de conocimiento se utiliza en este texto a manera de analogía, como una pelea de niños que están bailando, en donde una disciplina se explica por medio de la otra.

Hay diferentes tipos de danzas. Una es cuando alguien que se dedica a la sociología intenta entender un tipo de problema social; entonces, hace una investigación sociológica sobre un tema determinado; es decir, busca entender por qué la gente hace lo que hace, por qué las cosas son de un modo, por qué si hay ciertas situaciones que no nos gustan, siguen pasando durante décadas y décadas. En ese momento pareciera que estuviese bailando con las personas a las cuales entrevista, con los libros que consulta, con las estadísticas que debe analizar, con las encuestas que tiene que crear o, incluso, con las películas, historietas o fotografías que tiene que ver. Todo le sirve para hacer una danza con la sociología. Todas ellas son herramientas, fuentes o instrumentos de investigación que le ayudan a entender estas regularidades o inercias que afectan la vida de las personas y de sus comunidades.

Cine y sociología

■ “Bailar” en sociología también es sumergirse en otros mundos, relacionarse con otras personas, entender cómo piensan en otros países y en otras épocas y –sobre todo– por qué. En el documental que mencionamos, *La sociología es un deporte de combate* (Carles, 2001), Pierre Bourdieu es seguido durante tres años por su amigo documentalista en conferencias, mítines, presentaciones de libros, universidades,



centros sociales; se puede decir que de debate en debate –¿o de combate en combate?–. Su objetivo era hablar con la gente, conocer sus puntos de vista, explicarles sus trabajos, intercambiar ideas, retroalimentarse y entender sus problemáticas de viva voz.

En todos esos encuentros Bourdieu también intentaba explicar la relevancia de la sociología, pues hoy día, en un mundo en el que lo más importante es la tecnología, el mercado y las transacciones financieras, pareciera que la profesión de la sociología no sirve de mucho; pero es exactamente al revés, pues, por ejemplo, los problemas como la pobreza y la desigualdad han alcanzado niveles que en ninguna otra época se habían visto, y es precisamente la sociología una de las profesiones que busca explicar dichas situaciones y, de ser posible, encontrar soluciones.

Otra forma de danzar es por medio del cine. Volviendo a la película de *El chico* (*The Kid*; Chaplin, 1921), debemos decir que las cosas no son como en el documental de Pierre Bourdieu. Aquí no podremos debatir con los personajes; no obstante, hay otras formas de interrogarles, tanto a ellos como a su mundo y al propio Chaplin (en su calidad de director), pues otra cosa es el personaje del vagabundo. El cine tiene su propio ritmo y si se lo encontramos puede decirnos muchas cosas.

Para empezar, la película fue estrenada en 1921, es decir, en plena posguerra. ¿Qué significa esto? En ese entonces había una crisis económica generalizada: la guerra duró de 1914 a 1918 y tan sólo en Gran Bretaña se murió una generación de jóvenes que participaron en ella. Y el cine, por su parte, que se había inventado hacía apenas 25 años, ya podía hablar de lo que sentía y vivía la sociedad de esa época, de sus conflictos sociales, morales, económicos, y de cómo los enfrentaba.

Si nada más ves el principio de la película –la parte de los créditos–, Chaplin se refiere a los personajes como: “el hombre”, “la mujer”, “el niño”, “el vagabundo”; esto puede significar que cualquier persona puede ser uno de estos personajes, lo que crea vínculos entre cada personaje y los espectadores. Quizá de ahí también proviene una de las razones por las que sea una película que crea tanta empatía, aunque se haya filmado hace casi 100 años. También advierte que “será una película con una sonrisa y quizá una lágrima”. A partir de ahí comienza la historia.

Desde un análisis puramente sociológico, se puede hablar de las instituciones: el hospital de caridad, el orfanato, la policía, y cómo funcionaban en esa época. A partir de lo que les sucede a los personajes, podemos ver el tipo de sociedad de aquellos tiempos, sus prejuicios sociales, su forma de ver el mundo. Por ejemplo, el chico que da nombre a la película es un pequeño niño abandonado que tiene la suerte de ser rescatado por el vagabundo.

Lo interesante en el cine es que existe una relación directa entre la sociedad de su época y el lenguaje cinematográfico, que es la forma como las imágenes y la técnica comunican las historias. En la década de 1920, los avances técnicos eran incipientes, por lo que había que usar mucho la imaginación para causar impacto y hacer que las imágenes hablaran, además de que todo era invento y experimentación. Chaplin fue un genio en ese aspecto; por ejemplo, hay quien dice que los objetos lo ayudaban y al mismo tiempo jugaban con él. El biberón, la cuna del niño e incluso la bacinica muestran una casa pobre, pero también un inmenso afecto y cuidado. El vagabundo vive al margen de las instituciones, pero resuelve sus problemas, de alguna manera, con actos que parecen



Figura 1. Raymond Lee, el niño que pelea con *El chico*, en una ocasión contó que fue fácil hacer esa escena: “todos los chicos pelean –dijo–, si bien, lo que en realidad hacíamos, es bailar” (Lee, 1972).



Figura 2. Charle Chaplin y Jackie Coogan en la famosa escena de los *pancakes*, en la película *El chico* (*The Kid*; Chaplin, 1921). Su amigo, Raymond Lee, recuerda cómo les espantaba el hambre: “la más fea de todas las torturas” (Lee, 1972).

ingenuos, pero que hacen fuertes críticas, lo que nos hace ver que de ingenuo no tiene nada.

Conclusiones

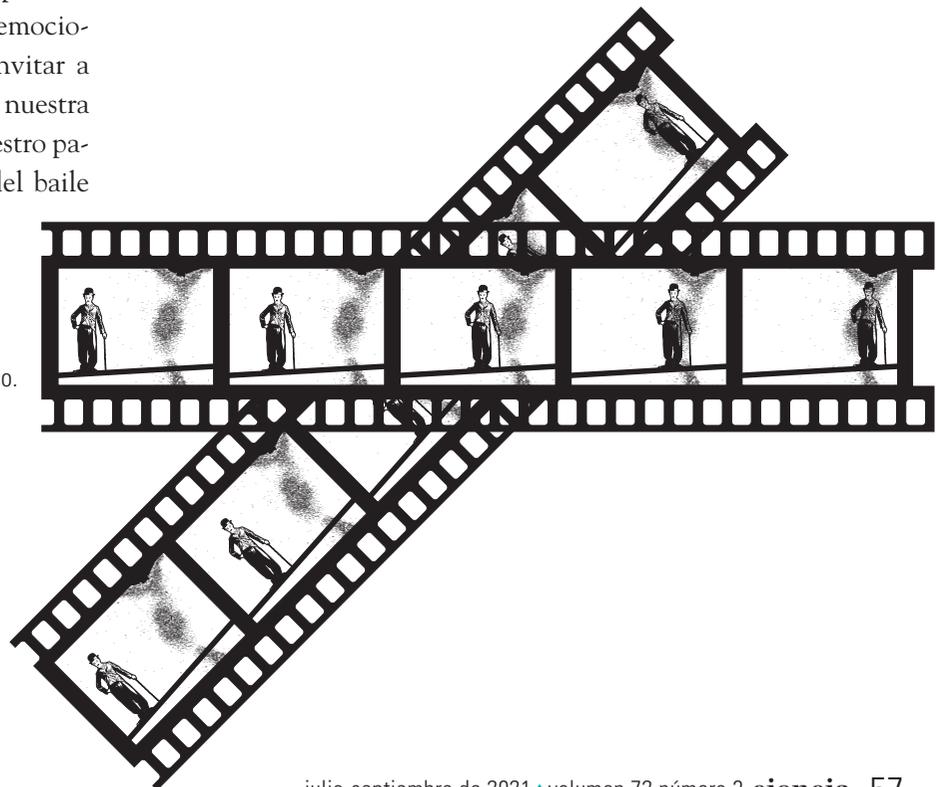
■ No es bueno contar las películas porque pierden emoción y una de las funciones del cine es emocionarnos, pero lo que sí podemos hacer es invitar a comprender el mundo en que vivimos desde nuestra experiencia y a partir de la conexión con nuestro pasado. Una forma de hacerlo es por medio del baile entre el cine y la sociología.

Isis Saavedra Luna

Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco.
isis.saavedra@gmail.com

Lecturas recomendadas

- Carles, P. (2001), *La sociología es un deporte de combate* [documental], Francia. Disponible en: <<https://youtu.be/xkkDSSRYpWw>>, consultado el 31 de octubre de 2019.
- Chaplin, C. (1921), *The Kid* [largometraje], Estados Unidos de América. Disponible en: <<https://youtu.be/4Uc5wG75des>>, consultado el 31 de octubre de 2019.
- Lee, R. (1972), “I was a Chaplin Kid”, *Movie Digest*, sept.: 36-46.
- Rueda Laffond, J. C. y M. M. Chicharro Merayo (2004), “La representación cinematográfica: una aproximación al análisis sociohistórico”, *Ámbitos, Revista Internacional de Comunicación*, 12:427-450. Disponible en: <<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=16801224>>, consultado el 31 de octubre de 2019.
- Saavedra Luna, I. (2016), *Cuando el western cruzó la frontera. Un acercamiento transdisciplinario*, México, UAM. Disponible en: <www2.xoc.uam.mx/cultura-difusion/ceux/spe/cuando.htm>, consultado el 31 de octubre de 2019.
- Santelice, F. (2017), “Reseña del libro: ¿Para qué sirve realmente un sociólogo? de Zygmunt Bauman (2014), España, Paidós, 160 pp.”, *Cultura y Representaciones Sociales. Un espacio para el diálogo transdisciplinario*, 12(23):133-137.
- Sorlin, P. (1977), *La sociología del cine*, México, FCE. Disponible en: <https://www.academia.edu/35796655/Sorlin_Pierre_-_Sociologia_del_cine_1_>, consultado el 31 de octubre de 2021.



Cine y relaciones internacionales

Un mexicano lee en promedio tres libros al año, mientras que un japonés, 47. En contraste, México ocupa el cuarto lugar mundial de asistencia al cine, lo que muestra que las películas son una de nuestras principales fuentes de aprendizaje. El cine refleja los valores e intereses de una parte de la sociedad, por lo que permite reconocer aquellos fenómenos que pueden ser estudiados en el campo de las relaciones internacionales.

Las relaciones internacionales en el cine

La riqueza del cine presenta un abanico de acontecimientos muy variados, los cuales reflejan desde visiones de los Estados en conflictos internacionales hasta alternativas complejas sobre la percepción de la realidad; esto implica una infinidad de posibilidades de análisis en el campo de las relaciones internacionales (RRII). Por lo general, el cine muestra un fragmento de la realidad internacional desde una visión particular en un momento y un espacio determinados. Esto permite identificar un objeto de estudio, algo que es de gran utilidad para las relaciones internacionales, ya que una de sus grandes dificultades se centra en delimitar aquello que se va a estudiar.

El presente artículo explica la importancia de las relaciones internacionales y su complejidad, así como las aportaciones del cine para su estudio, seguido de un apartado de conclusiones y lecturas recomendadas que permitirán profundizar en el tema abordado.

¿Por qué estudiar relaciones internacionales?

El estudio de las relaciones internacionales consiste en abstraer los diferentes fenómenos de la realidad internacional para su análisis; sin embargo, dicha tarea resulta demasiado compleja debido a que no existe una sola perspectiva sobre un acontecimiento. El mundo se convierte en un espacio con un sinnúmero de interpretaciones, lo que hace que choquen las diferentes ideologías que contienden en su

explicación de la realidad. Esto puede conducir al conflicto entre los diversos agentes que conforman el mundo, debido a que cada uno buscará demostrar que su interpretación es la más valiosa.

En este contexto, el estudio de las relaciones internacionales permite conocer la realidad y comprender las múltiples aristas de los hechos que suceden, a la vez que se estudian las interacciones entre los Estados del sistema internacional, las empresas, los organismos y las actividades de la sociedad civil, principalmente, para entender las acciones y decisiones de los actores del sistema internacional, pero, sobre todo, porque al conocer los procesos globales, es factible influir en sus líderes para la construcción de un mundo menos conflictivo.

La complejidad de la realidad internacional actual

 En un mundo globalizado como en el que vivimos, las decisiones que toman los actores del sistema internacional trascienden las fronteras nacionales e impactan en diferente medida al resto del mundo. Al mismo tiempo, estas decisiones tienen efectos en el orden individual; es decir, lo que sucede en otros países afecta en la vida cotidiana de las personas. Por ejemplo, una guerra comercial entre dos países puede incrementar los precios de los productos, o bien llegar a provocar la escasez de éstos, lo que repercute de manera directa en la sociedad. Esto sugiere la necesidad de analizar los procesos que están presentes en la construcción de la realidad global con el fin de impulsar acciones que conduzcan



Recuadro 1. Cine y relaciones internacionales

El cine resulta útil en el aprendizaje de las relaciones internacionales en la medida en que se utilice la capacidad crítica para analizar y refutar el contenido que se observa. Esto nos exige utilizar más sentidos para abstraer la realidad, simplificarla y, por ende, comprenderla.



al bienestar de la ciudadanía en las diferentes regiones del mundo.

La complejidad internacional no sólo radica en el análisis de los acontecimientos económicos o políticos, sino que también se deben estudiar fenómenos intangibles que se relacionan con aspectos culturales, religiosos o identitarios, cuyos efectos se materializan en la práctica social. Por ejemplo, una persona que vive en una ciudad fronteriza puede sentir menor identificación cultural hacia su país de origen que una que habita en la región del centro; esto tendrá efectos en su preferencia sobre la adquisición de ciertos bienes, el consumo de alimentos o su elección de películas o música. Estos aspectos que se originan en el ámbito individual adquieren impor-

tancia en la medida en que sus efectos se cristalizan y trascienden las fronteras nacionales.

A partir de estos ejemplos, podemos decir que el estudio de las relaciones internacionales consiste en reconocer aquellos fenómenos que deben ser estudiados e interpretados para la transformación de la realidad que vivimos en el mundo.

¿Cómo nos ayuda el cine?

La industria cinematográfica genera más de 40 000 millones de dólares anuales en el ámbito global. Tan sólo en México, en los últimos 10 años su crecimiento ha sido tres veces mayor al incremento del producto interno bruto (PIB). En 2018, nuestro país ocupó la cuarta posición global en boletos vendidos, superado solamente por India, China y Estados Unidos de América. Esto significa que el cine está presente en la vida de la mayoría de las personas y, por eso, puede influir en las relaciones internacionales.

Desde la óptica de este campo de conocimiento, el cine es un elemento de poder blando; es decir, un medio por el que los actores internacionales pueden incidir en otros, ya que el cine es un reflejo de la cultura popular de un espacio geográfico y temporal determinado, en el que se muestran los valores e intereses de una sociedad. En el estudio de la realidad internacional es fundamental conocer la cultura, identidad, forma de vida, mentalidad e intereses de las naciones, por lo que el cine se presenta como la herramienta idónea para acercarse a una sociedad distinta a la propia.

Adicionalmente, en el cine se retratan fenómenos históricos, conflictos o acontecimientos que permiten un acercamiento didáctico a la realidad, y esto facilita la comprensión de hechos en el campo de estudio de las relaciones internacionales. El cine permite encuadrar fenómenos específicos que se pueden abordar con el uso de distintas herramientas propias de la profesión.

Conclusión

Una película involucra la representación de un fragmento de la realidad desde una perspectiva es-

pecífica, lo que ayuda a entender cómo se perciben los acontecimientos desde diferentes enfoques. El cine facilita la comprensión de una gran variedad de dinámicas y fenómenos que se relacionan con aspectos históricos y sociales, por lo que las películas pueden utilizarse como escenarios de análisis de las relaciones internacionales. Además, al usar películas para estudiar la realidad internacional, se

cumple un doble propósito: por un lado, se aprende y, por el otro, se disfruta de la gran oferta del séptimo arte.

Almendra Ortiz de Zárate Béjar

Facultad de Estudios Globales, Universidad Anáhuac.
almendra.ortiz@anahuac.mx

Lecturas recomendadas

Blanton, R. G. (2013), "Zombies and international relations: A simple guide for bringing the undead into your classroom", *International Studies Perspectives*, 14(1):1-13.

Doucet, M. G. (2005), "Child's play: The political imaginary of international relations and contemporary popular children's films", *Global Society*, 19(3):289-306.

Engert, S. y A. Spencer (2009), "International Relations at the Movies: Teaching and Learning about International Politics through Film", *Perspectives: Central European Review of International Affairs*, 17(1):83-104.

Gregg, R. (1998), *International relations on film*, Boulder, Lynne Rienner Publishers.

Meara, D., A. Macleod, F. Gagnon y D. Grondin (2016), *Movies, myth, & the national security state*, Boulder, Lynne Rienner Publishers.

Nexon, D. H. e I. B. Neumann (eds.) (2006), *Harry Potter and international relations*, Oxford, Rowman & Littlefield.

Ortiz de Zárate, A. y Y. Shubich (2018), *Teorías de las relaciones internacionales en el cine*, México, Siglo Veintiuno Editores/Universidad Anáhuac/Universidad Autónoma de Baja California.

Rosas, M. (2017), *Los Simpson: sátira, cultura popular y poder suave. Ninguna serie de TV debería durar 30 años... ¿o sí?*, México, Centro de Análisis e Investigación sobre Paz, Seguridad y Desarrollo Olof Palme/UNAM/Australian National University/Columbia University.

Weber, C. (2014), *International relations theory: a critical introduction*, Londres y Nueva York, Routledge, Taylor & Francis Group.





Novedades científicas

De actualidad

Reseña

Desde las redes

Eneas Aguirre von Wobeser, Jorge Rocha Estrada y Rosina Cabrera Ruiz

Bacterias del suelo, aliadas de las plantas

Las bacterias y otros microorganismos ayudan a las plantas reciclando sus desechos, proveyéndolas de nutrientes, promoviendo su crecimiento y combatiendo plagas y enfermedades. Estos microorganismos benéficos son utilizados como biofertilizantes, para mejorar la agricultura sin utilizar agroquímicos. Mediante análisis de ADN, buscamos bacterias benéficas en los suelos de milpas tradicionales.

Los ecosistemas en la Tierra permanecen estables en el tiempo

Nuestro planeta tiene características únicas en el Sistema Solar, ya que está lleno de vida y sus continentes están cubiertos de grandes extensiones de vegetación. Para mantenerse sanos, estos sistemas vivos requieren una constante renovación de los organismos que los habitan; esto significa que los individuos que mueren deben ser sustituidos por nuevas generaciones mediante la reproducción. Así, los ecosistemas de la Tierra permanecen estables en el tiempo, por miles o hasta millones de años. Cuando un sistema tiene cambios internos, como entradas de nuevos individuos (nacimiento de plantas, en nuestro caso) y salidas (por ejemplo, muerte de árboles), pero sus características generales permanecen estables, se trata de un estado estacionario. Los estados estacionarios se dan cuando las entradas y las salidas están equilibradas (véase la Figura 1).

¿Cómo se mantiene el estado estacionario en los ecosistemas naturales? Pensemos en la semilla de un árbol. Al principio, crece utilizando sustancias almacenadas en la propia semilla, pero después tendrá que obtener recursos de su ambiente. ¿De dónde vienen esos recursos? Probablemente aquí pensemos en la fotosíntesis. En efecto, las plantas utilizan la luz solar para obtener la energía que les permite crecer; asimismo, el dióxido de carbono (CO_2) del aire lo convierten en azúcares, que son transformados para construir raíces, troncos, hojas, flores y otros tejidos que necesitan para vivir.

Ahora, imaginemos un planeta parecido a la Tierra, pero poblado únicamente por plantas que crecen y se reproducen indefinidamente, al tiempo que utilizan el CO_2 de la atmósfera. En algún momento las plantas se apilarían sobre el suelo y

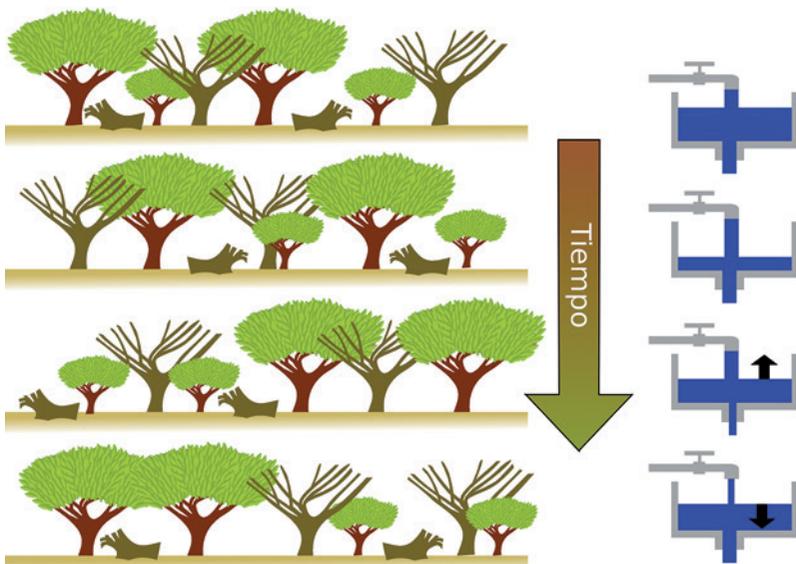


Figura 1. Concepto de estado estacionario. Izquierda: los árboles que mueren son reemplazados por nuevos individuos, pero el número total de árboles jóvenes, maduros y troncos caídos se mantiene aproximadamente constante. Derecha: otro ejemplo de estado estacionario; en una tarja, si la entrada de agua iguala la salida, el nivel permanece constante (dos primeras tarjas), pero si la entrada de agua es diferente que la salida, el nivel cambia, y no hay un estado estacionario (dos tarjas de abajo).

se acumularían varias capas de vegetación muerta, hasta que se agotara todo el CO_2 de la atmósfera. Entonces, se perdería el estado estacionario y llegaría la extinción de la vida en ese planeta imposible. Como sabemos, esto no sucede en nuestra Tierra, ya que las plantas no están solas: hay animales que las consumen y regresan parte del CO_2 a la atmósfera mediante la respiración. Pero esto es sólo una pequeña parte de la historia. Los grandes consumidores de la materia vegetal que se produce en la Tierra son tan pequeños que no podemos observarlos a simple vista: los microorganismos.

Los microorganismos son aliados de las plantas

La diversidad de microorganismos en el suelo incluye a especies procariontes (bacterias y arqueas) y eucariontes (hongos, protozoarios y algas, entre otros). En este ecosistema, son de especial interés las bacterias que se asocian a las plantas, así como los hongos (por ejemplo, los micorrícicos arbusculares o etomicorrícicos; Berendsen y cols., 2012). Muchos de estos microorganismos consumen los tejidos vegetales muertos y utilizan el carbono para crecer;

también respiran y regresan a la atmósfera grandes cantidades de CO_2 . Aunque no todo el tejido vegetal es consumido por los microorganismos del suelo —ya que una parte se acumula y termina como yacimientos petroleros o de carbón—, es precisamente la degradación por parte de los microorganismos la que renueva el carbono en la atmósfera, con lo cual se completa el ciclo del carbono.

Regresemos a nuestra semilla, que ya se convirtió en una plántula y que se volverá un robusto árbol. Ésta no sólo requiere carbono para su crecimiento; otro componente importante es el nitrógeno. El ciclo del nitrógeno es mucho más complicado que el del carbono. En la atmósfera se almacena la mayor parte del nitrógeno; el gas más abundante de la atmósfera es el nitrógeno molecular (N_2), pero las plantas no pueden utilizarlo de forma directa. El N_2 consiste en dos átomos de nitrógeno unidos por un triple enlace, que es tan difícil de romper que ninguna planta puede hacerlo. Afortunadamente, existen bacterias que lo hacen y producen moléculas con un sólo átomo de nitrógeno, las cuales sí son utilizables para la vida, en forma de amonio (NH_4). Este proceso es conocido como fijación del nitrógeno y lo llevan a cabo bacterias que se encuentran asociadas a las plantas, así como por algunas de vida libre.

El proceso de fijación del nitrógeno resulta en asociaciones estrechas entre estas bacterias y algunas plantas; de manera notable, las leguminosas, incluido el frijol. En las raíces de estas plantas se desarrollan estructuras especializadas para adquirir nitrógeno, llamadas nódulos, que crean un ambiente propicio para la vida de las bacterias fijadoras de nitrógeno. En los nódulos, las bacterias proporcionan nitrógeno utilizable a las plantas, mientras que las plantas les dan energía y carbono en forma de azúcares, para sostener su crecimiento y proporcionar la energía necesaria para la fijación de nitrógeno (véase la Figura 2). El ciclo del nitrógeno tiene muchos otros pasos, como la nitrificación y la desnitrificación, que son realizados por bacterias y que contribuyen al funcionamiento sostenido de los ecosistemas en la Tierra.

En la actualidad sabemos que la asociación entre plantas y bacterias es mucho más compleja, más allá

de los intercambios de nutrientes y energía. Existe una gran variedad de mecanismos de comunicación entre plantas y bacterias que han evolucionado durante millones de años. Como resultado, los microorganismos pueden comunicarse directamente con las plantas mediante un lenguaje basado en señales químicas.

Si bien hay microorganismos que causan enfermedades vegetales (fitopatógenos), también hay otros que ayudan a proteger a las plantas (benéficos). Esta actividad de protección es la base del concepto de suelos supresivos a enfermedades. La presencia de dichos microorganismos en el suelo limita el desarrollo de una enfermedad, incluso cuando el agente causal se encuentre presente y las condiciones ambientales sean favorables para la enfermedad. Estos microorganismos por lo general interfieren con el desarrollo del patógeno, por ejemplo, mediante la liberación de químicos que impiden su crecimiento. Algunas bacterias producen hormonas vegetales que influyen en el crecimiento de las plantas; por otro lado, las plantas producen moléculas, como azúcares, que inducen la colonización bacteriana en la superficie de las raíces.

Los microorganismos del suelo son esenciales para la agricultura

La capacidad del suelo para producir grandes cantidades de material vegetal de forma acelerada es muy notable en los ambientes agrícolas. Basta observar un cultivo de caña o de maíz para apreciar cómo en pocos meses se transforma un terreno labrado en un espacio cubierto por plantas de altura considerable. Para sostener este crecimiento, la agricultura moderna recurre a tecnologías de la llamada revolución verde, como el uso de fertilizantes químicos, que cuando son utilizados en exceso, o por mucho tiempo, pueden degradar el suelo y contaminar el agua. Por ejemplo, los problemas de plagas son combatidos por los agricultores modernos mediante el uso de pesticidas químicos, y las malezas son controladas con herbicidas.

Una opción sustentable para evitar los problemas relacionados con la agricultura moderna es aprove-

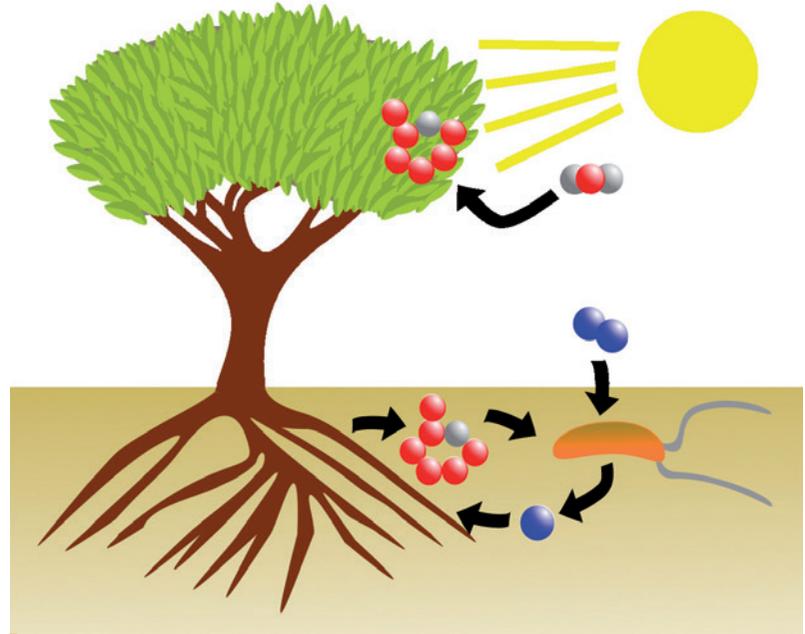


Figura 2. Las plantas obtienen el carbono (esferas rojas) del CO_2 de la atmósfera (las esferas grises representan el oxígeno). El carbono se utiliza para formar azúcares que se utilizan para construir todos los tejidos de la planta. A su vez, algunas moléculas son excretadas en las raíces y alimentan a los microorganismos del suelo. A cambio, muchos microorganismos benefician a las plantas. Aquí se ejemplifica una bacteria que puede tomar el nitrógeno (esferas azules) de la atmósfera y convertirlo en una forma utilizable por la planta.

char las interacciones planta-bacteria que encontramos en la naturaleza para aislar del suelo a las bacterias que tienen un uso agrícola. Los microorganismos benéficos pueden emplearse para el control de enfermedades causadas por hongos y bacterias nocivas, sin el uso de sustancias químicas que puedan contaminar el ambiente (Cabrera y cols., 2020). Algunos microorganismos, llamados biopesticidas, pueden incluso utilizarse para el control de plagas, incluidos los insectos como la mosquita blanca, gusanos barrenadores, escarabajos que se alimentan de hojas y muchos otros. También pueden utilizarse microorganismos como biofertilizantes, y con ello reducir la aplicación de fertilizantes químicos. Aunque el uso de microorganismos en la agricultura ha permitido reducir el empleo de agroquímicos, el problema todavía no está resuelto, pues aún es necesario utilizar productos químicos para mantener la productividad agrícola moderna a gran escala.

En contraste, en los sistemas agrícolas tradicionales, los suelos funcionan de forma natural y los microorganismos son responsables de reciclar la materia

orgánica, proveer de nutrientes a las plantas y ayudar a combatir las posibles plagas y enfermedades. Aunado a esto, en los sistemas de cultivo tradicionales coexiste una gran diversidad de plantas, que proveen hábitat para muchas especies de insectos, entre ellos depredadores de insectos nocivos. Entonces, esta forma de trabajar la tierra produce agroecosistemas más diversos y sanos, como los que han alimentado a la humanidad durante miles de años. Un ejemplo de este tipo de agricultura es la milpa (véase la Figura 3), que se cultiva aún en gran parte de Mesoamérica y genera alimentos variados y de alta calidad para las familias rurales. Por ello, esta tradición milenaria es un elemento central de las culturas de la región.

Mesoamérica es el centro de domesticación de muchas plantas, como maíz, frijol, calabaza y otras especies cultivadas en milpas. Como todas las especies agrícolas, estas plantas fueron domesticadas gradualmente por medio de la selección de semillas para sembrar las plantas con mejores características para los agricultores. En este proceso de selección es posible que se hayan seleccionado, de manera inadvertida, algunos microorganismos del suelo, lo cual guió su evolución hacia especies mejor adaptadas para convivir con las plantas domesticadas y brindarles más beneficios, sin la necesidad de usar productos químicos. Por ello, hoy día varios grupos de investi-

gación estamos buscando en los suelos de las milpas microorganismos que puedan ser aprovechados para una agricultura más sustentable y productiva.

¿Cómo estudiamos a los microorganismos del suelo?

La forma tradicional de estudiar a los microorganismos de un ambiente como el suelo consiste en cultivarlos primero en el laboratorio. Este proceso es complicado, ya que la mayoría de ellos se rehúsan a crecer en nuestros medios de cultivo. Además, aislar y cultivar microorganismos es lento y laborioso, por lo que en general estos trabajos se limitan a cultivar una pequeña proporción de toda la comunidad microbiana de interés. A pesar de ello, se han logrado grandes avances mediante el cultivo de microorganismos y esta técnica es todavía una de las principales herramientas de la microbiología ambiental.

Hoy día contamos con una herramienta poderosa, la cual ha revolucionado en los últimos 20 años nuestra visión de la diversidad microbológica de prácticamente cualquier ambiente en la Tierra. La metagenómica consiste en obtener el ADN de las bacterias directamente del ambiente, como en este caso el suelo (véase la Figura 4). El punto más importante para entender esta técnica es que el ADN contiene información distinta para cada organismo; por ejemplo, para cada una de las especies de bacterias en el suelo. El ADN nos dice a qué grupos de bacterias pertenecen, cómo se relacionan entre ellas, cuáles son las más abundantes, y qué funciones pueden llevar a cabo en el suelo. Con esta información, podemos tener una visión general de las comunidades microbianas, aun sin contar con cultivos puros de cada uno de sus miembros.

La información en el ADN está codificada mediante cuatro diferentes moléculas llamadas bases nitrogenadas, que se enlazan una detrás de otra formando cadenas de miles y hasta millones de éstas. Hay cuatro diferentes bases nitrogenadas: adenina, timina, citosina y guanina (representadas como A, T, C y G). Lo importante en estas cadenas es el orden en que se encuentran las bases, al que llamamos secuencia. Esto funciona de manera muy parecida a



Figura 3. Milpa tradicional de la comunidad de El Boxo, Hidalgo, México.

las letras en un texto. Por ejemplo, la palabra “huitlacoche” tiene nueve letras diferentes, dos de ellas aparecen dos veces. Si revolvemos las letras al azar, por ejemplo, en “caohechtiul” o “uiccoetlhha”, ya no sabríamos que estamos hablando de un hongo comestible que crece entre los granos del maíz. Es decir, la información sólo se obtiene si las letras están en el orden correcto. De la misma manera, la información en el ADN se puede obtener cuando conocemos el orden en el que se encuentran las cuatro diferentes moléculas que lo componen.

Las células de todos los seres vivos —incluidas bacterias, plantas, hongos, animales, entre otros— tienen mecanismos para leer la información del ADN y utilizarla para construir los componentes que necesitan para funcionar. Además, todos los seres vivos —desde una bacteria hasta un elefante— utilizan mecanismos casi idénticos para hacerlo; es decir, todos hablamos el mismo “idioma molecular”.

Así, el ADN se puede considerar como un manual de instrucciones para construir una célula. Los científicos hemos aprendido a leer este manual mediante tecnologías avanzadas y una gran cantidad de recursos computacionales. Con esta información tratamos de predecir qué puede hacer una célula. Por ejemplo, si en el ADN de una bacteria encontramos las instrucciones para las proteínas que introducen moléculas de azúcar a su interior, y además están las instrucciones para las proteínas que degradan y obtienen energía del azúcar, podemos predecir que esa bacteria puede alimentarse de azúcar. No obstante, nuestro conocimiento sobre la información contenida en el ADN es incompleta, pero avanza día con día. Es probable que en un futuro podamos cargar en un programa de computadora toda la información del ADN de una bacteria y obtener una célula virtual completa, con todo y respuestas realistas a estímulos ambientales, como cambios de temperatura o la presencia de otros organismos en su entorno. Por lo pronto, tenemos el privilegio de conocer de forma parcial lo que los microorganismos del ambiente pueden hacer, lo cual es un gran avance.

La metagenómica también permite clasificar a cada microorganismo de un ambiente en grupos conformados de acuerdo con su origen evolutivo.

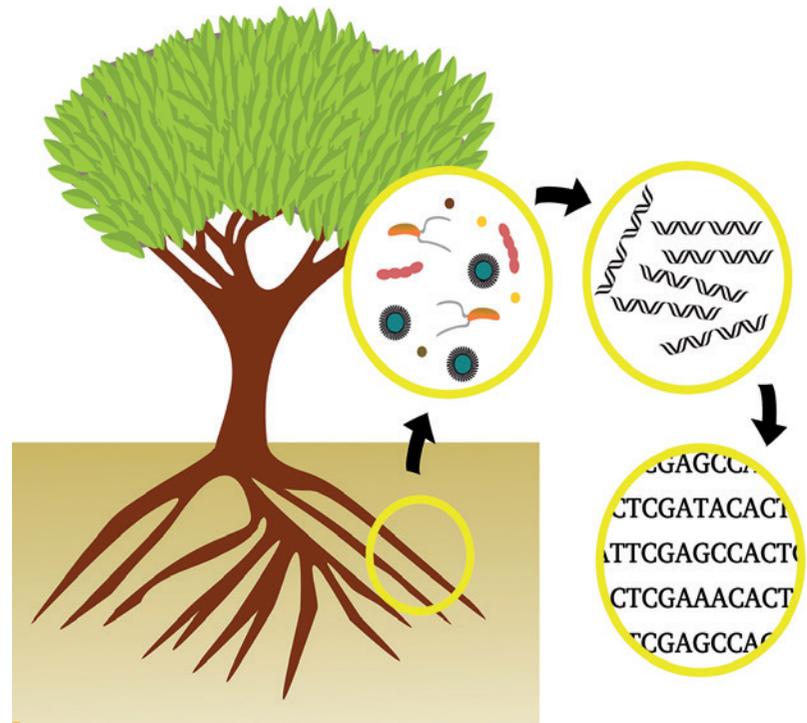


Figura 4. La metagenómica permite estudiar a los microorganismos del suelo; para ello, extraemos el ADN directamente del ambiente y obtenemos sus secuencias, las cuales nos dan información sobre qué microorganismos hay y qué capacidades biológicas tienen.

Para entender esto, hay que considerar que distintas versiones de una maquinaria pueden cubrir la misma función. Por decir, un coche de cualquier tipo puede ser utilizado para transportarse, independientemente de su marca o modelo. De manera análoga, las bacterias de diferentes especies tienen distintas versiones de maquinarias que desempeñan la misma función. Estas diferentes versiones también varían en su secuencia de ADN. La estrategia que seguimos consiste en buscar una maquinaria muy esencial en la vida de las bacterias y que esté presente en todas las especies, para utilizarla como un marcador molecular o identificador de especies. En la década de 1970, algunos científicos escogieron parte de la maquinaria de las células para leer el ADN —llamada ribosoma— que es esencial para cualquier célula. Entonces, con técnicas de laboratorio bien establecidas, buscamos estas secuencias y las comparamos con otras muestras de nuestro experimento, así como con las secuencias encontradas por otros colegas en miles de experimentos. Las secuencias más parecidas comparten un ancestro común más reciente, por lo

que esta comparación nos permite agrupar a los microorganismos de acuerdo con su origen evolutivo. En algunos casos, estos grupos de microorganismos también comparten características y funciones ecológicas, por lo que es un primer paso para entender a las comunidades microbianas.

■ **Estamos empezando a entender los suelos de las milpas**

Las investigaciones que se han hecho sobre las comunidades bacterianas de los suelos de las milpas sugieren que existen interacciones muy complejas, tanto entre las bacterias como con las plantas (Rocha y Gastélum, 2020). En un estudio de la Universidad Nacional Autónoma de México realizado en milpas de Tlaxcala se encontró que las interacciones entre microorganismos van cambiando durante el ciclo de cultivo (Rebollar y cols., 2017). Ello sugiere una gran flexibilidad de los microorganismos para interactuar con otras especies. Hay que considerar que las condiciones ambientales cambian conforme avanza el año, desde la siembra con las primeras lluvias, durante la temporada de lluvia de verano y en el otoño, relativamente seco y frío. Por otro lado, la influencia de las plantas en el suelo podría variar en el tiempo, desde las plántulas pequeñas hasta las grandes plantas con flores y posteriormente con mazocas. Entonces, parece que las bacterias modifican

la manera en la que interactúan, como respuesta a todos estos cambios ambientales.

En otro estudio, realizado por nuestro grupo de investigación en el Centro de Investigación y Desarrollo en Agrobiotecnología Alimentaria, nos enfocamos en el efecto de las plantas de milpas (véase la Figura 3) sobre las comunidades bacterianas del suelo (Aguirre-von-Wobeser y cols., 2018). Encontramos que, en presencia de plantas de maíz, el suelo se enriquece de ciertos microorganismos que pertenecen a grupos de bacterias conocidas como benéficas, llamadas Actinobacterias y Burkholderiales (véase la Tabla 1). Además, encontramos que un grupo de bacterias, llamadas Verrucomicrobia, están enriquecidas cerca de las raíces; este grupo es abundante en el suelo, pero aún poco estudiado. Pensamos que estas bacterias podrían también tener interacciones benéficas con las plantas, con potencial de ser aprovechadas para aplicaciones en agricultura. Los estudios realizados en milpas reafirman nuestra noción del suelo como un sistema vivo, con alta complejidad y un gran potencial para su manejo en el futuro, en pro de una agricultura más sustentable.

■ **¿La milpa como fuente de bacterias benéficas?**

■ En este artículo hemos aprendido que las bacterias son una parte fundamental de la vida de las plantas y, por lo tanto, son esenciales para el equilibrio de los

Tabla 1. Grupos de bacterias enriquecidas en las raíces de maíz en una milpa tradicional.

Actinobacterias	Burkholderiales	Verrucomicrobia
Actividades benéficas: <ul style="list-style-type: none"> • Fijación de nitrógeno. • Supresión de enfermedades vegetales mediante producción de antibióticos. • Supresión de enfermedades vegetales mediante estimulación de las defensas de las plantas. • Incremento de la disponibilidad del hierro para las plantas. • Incremento de la disponibilidad de fósforo para las plantas. • Incremento de la resistencia a estrés por desecación. 	Actividades benéficas: <ul style="list-style-type: none"> • Fijación de nitrógeno. • Supresión de enfermedades causadas por hongos. Actividades nocivas: <ul style="list-style-type: none"> • Algunas especies pueden hacer enfermar a las plantas. 	Este grupo casi no se ha estudiado, por lo que desconocemos si tienen actividades benéficas o nocivas para las plantas.

ecosistemas en la Tierra, por ejemplo, para los ciclos del carbono y del nitrógeno. Además, las interacciones planta-bacteria se dan mediante un lenguaje químico que otorga a las plantas la capacidad de crecer mejor y protegerse de enfermedades, mientras que provee a las bacterias de hábitats para sobrevivir. Un punto muy importante para recordar es que estas asociaciones planta-bacteria pueden estar alteradas en los campos agrícolas donde se utilizan agroquímicos; por ello, la milpa tradicional puede presentar una mayor abundancia y diversidad de bacterias que establecen interacciones benéficas con las plantas.

Gracias a los avances tecnológicos de las últimas décadas, en particular para el estudio del ADN, hemos empezado a descifrar la complejidad de las comunidades bacterianas del suelo y sus funciones, tanto en ecosistemas naturales como en campos agrícolas o en milpas. Es notable cómo la diversidad y las funciones bacterianas encontradas en milpas sugieren que las interacciones planta-bacteria en estos agroecosistemas son únicas. Entonces, la milpa podría ser la fuente donde encontremos microorganismos para mantener nuestros campos agrícolas saludables y, a

la larga, eliminar el uso de productos químicos. Más allá del empleo de la metagenómica para conocer estas comunidades bacterianas de la milpa, es necesario desarrollar estrategias para utilizarlas a nuestro favor, para crear productos amigables con el ambiente, que nos permitan mantener una alta productividad agrícola y eliminar el uso de productos químicos nocivos para el planeta y la salud.

Eneas Aguirre von Wobeser

Centro de Investigación y Desarrollo en Agrobiotecnología Alimentaria.

eneas.aguirre@ciad.mx

Jorge Rocha Estrada

Centro de Investigación y Desarrollo en Agrobiotecnología Alimentaria.

jorge.rocha@ciad.mx

Rosina Cabrera Ruiz

Centro de Investigación y Desarrollo en Agrobiotecnología Alimentaria.

rosina.cabrera@ciad.mx

Referencias específicas

Aguirre-von-Wobeser, E., J. Rocha-Estrada, L. R. Shapiro y M. de la Torre (2018), "Enrichment of Verrucomicrobia, Actinobacteria and Burkholderiales drives selection of bacterial community from soil by maize roots in a traditional milpa agroecosystem", *PloS One*, 13:e0208852.

Berendsen, R. L., C. M. J. Pieterse y P. A. H. M. Bakker (2012), "The rhizosphere microbiome and plant health", *Trends in Plant Science*, 17:478-486.

Cabrera, R., H. García-López, E. Aguirre-von-Wobeser, J. A. Orozco-Avitia y A. H. Gutiérrez-Saldaña (2020), "Amycolatopsis BX17: an actinobacterial strain isolated from soil of a traditional milpa agroecosystem with

potential biocontrol against *Fusarium graminearum*", *Biological Control*, 18:104285.

Rebollar, E. A., E. Sandoval-Castellanos, K. Roessler, B. S. Gaut, L. D. Alcaraz, M. Benítez y A. E. Escalante (2017), "Seasonal changes in a maize-based polyculture of central Mexico reshape the co-occurrence networks of soil bacterial communities", *Frontiers in microbiology*, 8:2478.

Rocha J. y G. Gastélum (2020), "La milpa como modelo para el estudio de la biodiversidad e interacciones planta-bacteria", *TIP Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, 23:1-13.

Materiales termoeléctricos: clave para la cogeneración energética

Las máquinas y los dispositivos que empleamos actualmente en diversas actividades cotidianas consumen grandes cantidades de energía. No obstante, estos aparatos no aprovechan toda la energía que se les suministra, ya que parte de ella se pierde en forma de calor. Una solución a este problema es el uso de materiales termoeléctricos, que convierten el calor en energía eléctrica de una manera limpia.

Introducción

Desde el descubrimiento del fuego comenzó una nueva era para la humanidad. La leña se convirtió en el primer combustible empleado para obtener la tan anhelada forma de energía. Esta fuente de energía permitió a las personas calentar, cocinar, iluminar y transformar. Gracias a la leña, así como al calor y la luz generados por su combustión, la calidad de vida humana mejoró. No obstante, con el crecimiento poblacional se requirieron otras fuentes de energía que fueran de fácil acceso y, sobre todo, que estuvieran disponibles en cualquier momento. De esta manera, se descubrieron nuevas fuentes de energía: algunas no renovables, como los combustibles fósiles, y otras renovables, como la energía solar, entre otras.



En especial, los combustibles fósiles, como el carbón y el petróleo, se convirtieron en las principales fuentes de energía; el empleo de estos combustibles trajo consigo revoluciones en la industria y la tecnología. Sin embargo, su uso excesivo ha creado problemas de escasez, debido a su naturaleza no renovable, y sobre todo problemas ambientales, como son la mala calidad del aire y el efecto invernadero. Todo esto ha impulsado el desarrollo y la aplicación de nuevas fuentes de energía, que en un pasado ya habían sido consideradas, pero que por razones económicas o de accesibilidad se habían dejado en el olvido. Así, hoy día ya es común ver aplicaciones de energías limpias y renovables; no obstante, existe un problema que no ha sido resuelto, y es que, sin importar el tipo de fuente de energía empleada, los artefactos que utilizamos en la actualidad no son totalmente eficientes.

Todas las máquinas y los dispositivos tienen pérdidas, y una buena parte de la energía que se les suministra se desperdicia (aproximadamente 60% o más); en gran medida, se pierde en forma de calor que se disipa al ambiente, por lo que es conocido como calor residual. Imaginemos un automóvil en el que por cada litro de combustible tan sólo 250 ml sirven para mover el vehículo, mientras que 400 ml se desperdician en forma de calor en el motor, y el resto (350 ml) se pierde por efecto de la fricción y el aire acondicionado. Adicionalmente, hay un sinnúmero de sistemas con el mismo problema; incluso cuando hacemos ejercicio, la temperatura corporal aumenta y se desprende energía en forma de calor, el cual no es empleado para otro fin. No obstante, no todo está perdido, pues hoy existen dispositivos que permiten

recuperar parte de ese calor residual y convertirlo en energía eléctrica, a partir del uso de los materiales termoeléctricos.

Los materiales termoeléctricos son tema de interés en el presente artículo porque representan una alternativa para reutilizar el calor residual. Entre sus características principales se encuentran: un tamaño razonablemente pequeño, la facilidad de instalación y empleo, así como un tiempo de vida amplio. Asimismo, éstos por lo general se producen con materiales amigables con el ambiente y que, además, no son tóxicos para las personas. Tan sólo imaginemos todos los beneficios que pueden aportar estos materiales; incluso algunos de ellos han sido utilizados en el espacio, y gracias a otros, más económicos, podríamos cargar la batería de nuestro teléfono celular con el calor de una taza de café, o bien con el calor que desprendemos al movernos o, mejor aún, al ejercitarnos. En la siguiente sección, definiremos qué es un material termoeléctrico y, más adelante, abordaremos sus ventajas, desventajas, aplicaciones y perspectivas a futuro.

¿Qué es un material termoeléctrico?

Como ya mencionamos, un material termoeléctrico es aquel que tiene la capacidad de convertir el calor en energía eléctrica, y su funcionamiento se debe al efecto del mismo nombre. Imaginemos un alambre de metal que contiene electrones, los cuales pueden moverse libremente y de manera aleatoria; mientras no se caliente o se haga pasar una corriente por el alambre, los electrones no tendrán una dirección definida. Ahora pensemos que se calienta el



alambre por uno de sus extremos; entonces, los electrones comenzarán a moverse del lado caliente hacia el extremo frío, derivado de que los electrones del lado caliente poseen una mayor energía. Esta vez imaginemos que se une otro alambre de un diferente metal al extremo caliente; lo que ocurrirá es un movimiento de electrones derivado de los diferentes coeficientes Seebeck de los materiales. El coeficiente Seebeck es un indicador que sirve para caracterizar a los materiales termoeléctricos y que permite cuantificar la corriente eléctrica que se produce entre los extremos de un material cuando están a diferentes temperaturas (Cornaglia, 2018). Derivado de esto, un metal se comportará como positivo y el otro como negativo, y se creará una corriente de electrones; dicho de otra manera, se producirá una corriente eléctrica. Este fenómeno, descubierto por Thomas J. Seebeck, consiste en generar un voltaje cuando hay una diferencia de temperatura a cada lado de dos metales unidos por el extremo caliente.

El efecto termoeléctrico se describe por medio de tres efectos en conjunto: el efecto Seebeck (que ya describimos), el efecto Peltier y el efecto Thomson. De manera resumida, el efecto Peltier consiste en el efecto inverso del efecto Seebeck; en este caso, se puede suministrar una corriente eléctrica a uno de los extremos de los materiales y liberar calor en uno de los extremos mientras que se enfría el otro extremo. Por otra parte, el efecto Thomson relaciona a los efectos Seebeck y Peltier, y consiste en que un conductor por el que circula una corriente libera calor, que es proporcional a la corriente. Ahora bien, el sentido del flujo de los electrones —es decir, la corriente— se puede modificar; esto se logra mediante el cambio de polaridad de la corriente, lo cual altera la dirección del flujo y permite absorber calor en vez de liberarlo. Este fenómeno es de mucha utilidad para enfriar. Así, se absorbe calor si la corriente eléctrica y el calor fluyen en direcciones opuestas, y se libera calor si fluyen en la misma dirección (Medrano, 2002).

Estos efectos se producen también en los materiales semiconductores (elementos o compuestos que se comportan como conductores o como aislantes dependiendo de factores como el campo eléctrico y el campo magnético). Los materiales semiconductores

tipo n tendrán como portadores mayoritarios a electrones y los materiales tipo p se caracterizarán por la ausencia de electrones, también llamados huecos, por lo que se producirá una corriente de electrones (electricidad) del semiconductor con mayor número de electrones hacia el que tiene deficiencia de éstos (huecos). De esta manera se puede generar electricidad, en el caso del efecto Seebeck, y se puede enfriar mediante el efecto Peltier, como se observa en la Figura 1.

La aplicación de los tres efectos permite generar electricidad, calentar y enfriar, aunque no al mismo tiempo. No obstante, no cualquier metal o semiconductor puede ser un material termoeléctrico, ya que debe cumplir con dos características: ser un buen conductor de electricidad y un mal conductor de calor. Estas características se integran en un factor llamado ZT , el cual representa la eficiencia y es conocido como figura de mérito. La figura de mérito divide la conductividad eléctrica de un material entre su conductividad térmica, y multiplica el cociente por su temperatura de operación y por su coeficiente de Seebeck al cuadrado. Entonces, entre mayor sea la conductividad eléctrica y menor sea la conductividad térmica de un material, mayor será el valor de ZT y, por lo tanto, tendremos un mejor material termoeléctrico.

Algunos de los compuestos que se emplean actualmente para producir materiales termoeléctricos incluyen aleaciones de bismuto y antimonio, bismuto y telurio, así como antimonio y telurio para temperaturas bajas (hasta 823 °C). Por otra parte, las aleaciones con estaño se emplean para temperaturas intermedias (973 °C), mientras que las aleaciones de silicio y germanio se usan en temperaturas altas (1273 °C).

Para poder emplear los materiales termoeléctricos se requiere que se estructuren en módulos. En la Figura 2 se muestra un módulo termoeléctrico, que se construye con los materiales termoeléctricos como las aleaciones anteriormente mencionadas. El módulo consiste en un soporte —que puede ser de vidrio, cerámica o un polímero— sobre el cual se colocan los materiales termoeléctricos, positivos y negativos, y se unen con contactos metálicos. Por último, se instala otro soporte para proteger a los ma-

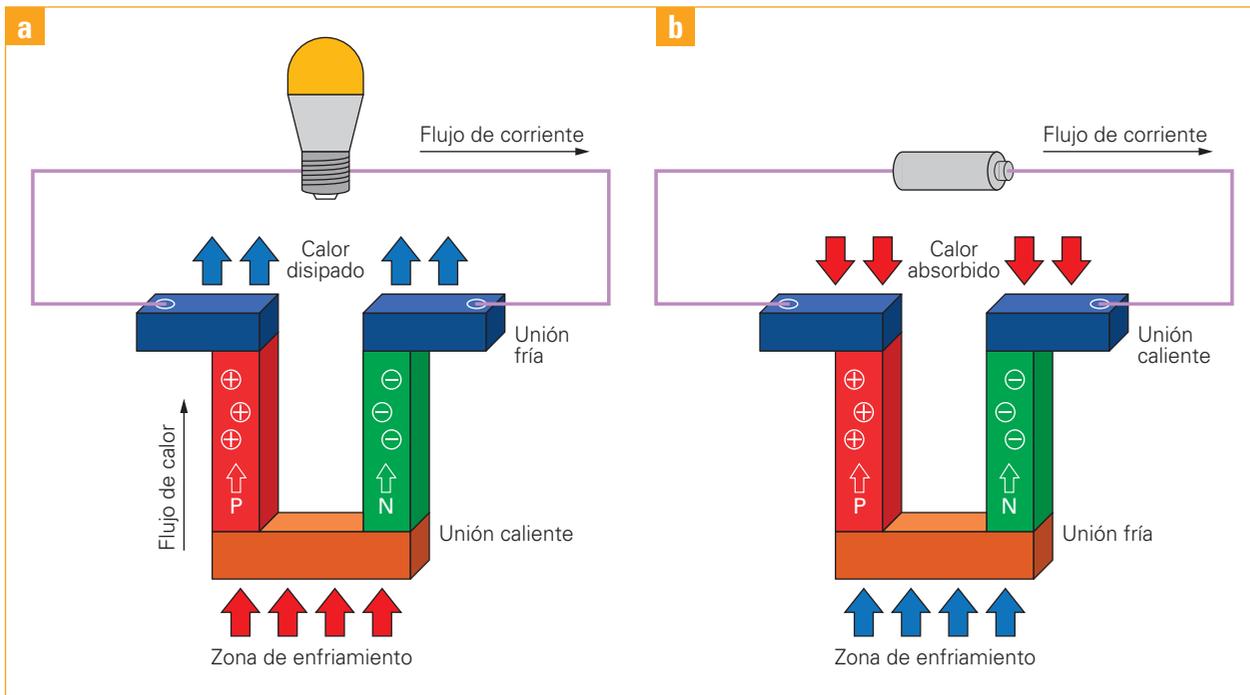


Figura 1. Esquema del a) efecto Seebeck; y b) efecto Peltier, en materiales semiconductores.

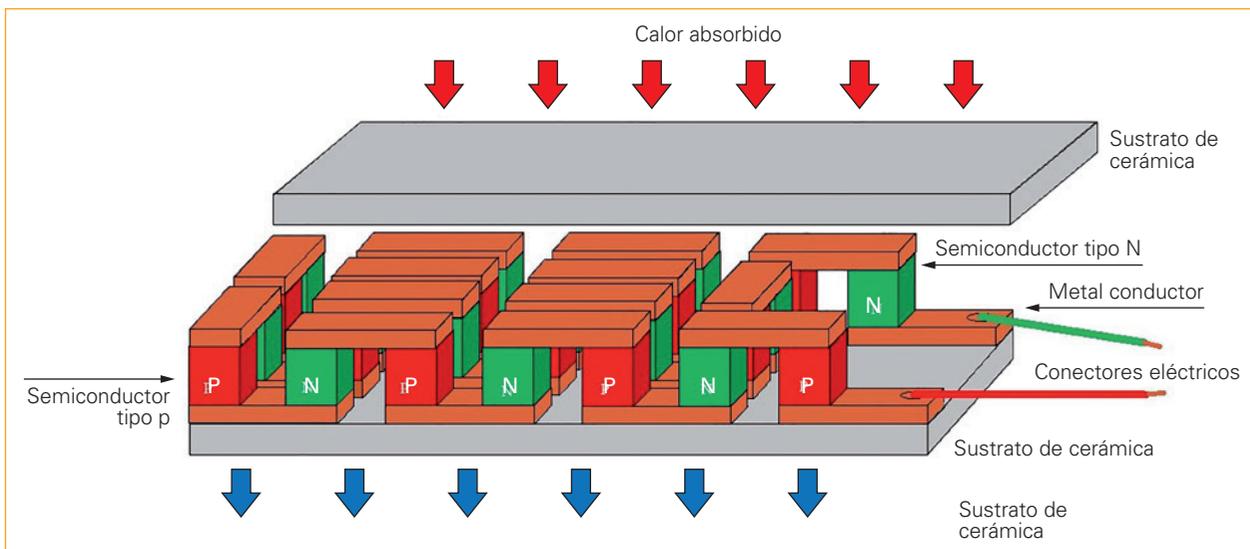


Figura 2. Módulo termoeléctrico sobre un sustrato rígido de cerámica.

teriales y contactos (en forma de emparedado) y se conectan los cables que permiten transmitir la energía eléctrica que se genera. Estos módulos pueden ser rígidos o flexibles, dependiendo de la temperatura de operación y de los materiales empleados; por ejemplo, un módulo rígido estaría construido sobre soportes de cerámica.

Con ayuda de los módulos termoeléctricos es posible suministrar energía a dispositivos celulares, e incluso a las sondas espaciales. Además de las aplicaciones mencionadas anteriormente, existen muchas otras con potencial para ser utilizadas en nuevos procesos y dispositivos. No obstante, las aplicaciones comerciales se han visto limitadas debido a que

los materiales termoeléctricos presentan algunos inconvenientes, sobre todo por los costos y eficiencias, como se explica en la siguiente sección.

■ Ventajas y desventajas

■ Entre las ventajas de los materiales termoeléctricos se encuentran su bajo costo, sus tamaños relativamente pequeños, así como su capacidad de generar electricidad de manera “limpia”, esto es, sin la emisión de gases de efecto invernadero. Además, algunos de los materiales con los que se fabrican son amigables con el ambiente y no son tóxicos para las personas, como lo son algunos óxidos metálicos. Los materiales termoeléctricos, así como los módulos, no requieren de un combustible para producir electricidad, ya que aprovechan el calor que desechan otras máquinas y dispositivos. En cuanto a las aplicaciones en refrigeración, dichos materiales no requieren de gases altamente tóxicos, tuberías ni compresores, en comparación con los refrigeradores tradicionales. Además, los módulos fabricados con materiales termoeléctricos no poseen partes móviles, por lo que no existe desgaste por fricción ni es necesario usar lubricantes. Tampoco emiten vibraciones ni ninguna clase de ruido, como los generadores mecánicos empleados para aprovechar la energía eólica. Esto deri-

va en otra ventaja: el amplio tiempo de vida útil que tienen, ya que pueden operar a altas temperaturas sin la necesidad de un refrigerante y, por lo regular, son resistentes al impacto.

Las ventajas presentadas anteriormente nos harían pensar que los materiales termoeléctricos podrían ser fácilmente comercializables; sin embargo, también existen algunas desventajas. Por ejemplo, en la fabricación de estos materiales se utiliza el telururo de plomo, compuesto de plomo y telurio, dos elementos tóxicos y de difícil reciclaje. Por otro lado, algunos materiales termoeléctricos, aunque no son tóxicos, presentan una baja eficiencia, por lo que sus aplicaciones en refrigeración y generación de electricidad están limitadas actualmente.

Cabe mencionar que la principal desventaja es la eficiencia. Algunos investigadores consideran que la eficiencia más alta de estos materiales hasta el momento es de 6%; es decir, de toda la cantidad de calor que reciben, 94% lo desperdician. Además, los materiales con las mayores eficiencias son más costosos, como los empleados en las sondas espaciales. Si bien las eficiencias son relativamente bajas en comparación con otros tipos de generadores eléctricos, las aplicaciones actuales son diversas; no obstante, con ayuda de nuevas investigaciones se pretende ampliar la gama de estos materiales y dispositivos, como se discutirá a continuación.

■ Aplicaciones

■ La aplicación más importante de los materiales termoeléctricos es la generación de energía eléctrica, a partir del efecto Seebeck. Por ejemplo, algunos vehículos aprovechan el calor residual de los escapes y motores para generar electricidad, al igual que algunos aviones; además, existen sistemas que pueden aprovechar el calor de una taza de café o incluso el calor corporal para cargar dispositivos como un teléfono celular. En México existen aplicaciones en estufas ecológicas para aprovechar el calor de las chimeneas y las paredes de las mismas estufas. Otras aplicaciones incluyen calderas, chimeneas de incineradores, intercambiadores de calor, calentadores y paneles solares. Por esta razón, un material termoeléctrico puede ser



Sonda New Horizons.

un complemento a otras fuentes de energía para generar electricidad de una manera limpia y renovable.

Respecto a la generación de electricidad, los materiales termoeléctricos tienen una aplicación muy interesante: la generación de electricidad para dispositivos de exploración espacial, ya que se aprovecha el calor derivado de los materiales fisibles presentes en las sondas espaciales (por lo general, plutonio). Su uso permite que las sondas espaciales no dependan de paneles solares en regiones del Sistema Solar donde la radiación emitida por el Sol no es suficiente. Ejemplos de estas aplicaciones son la sonda New Horizons y el robot Curiosity (Cornaglia, 2018).

Otra aplicación es la medición de temperatura con materiales termoeléctricos llamados termopares, los cuales aprovechan el efecto Seebeck. Éstos tienen dos metales, en forma de alambres, que se unen por uno de sus extremos, como se observa en la Figura 3. La unión de ambos metales produce una diferencia de potencial (es decir, una tensión eléctrica) en el orden de los milivoltios (como referencia, una pila AA genera 1 500 mV) en función de la temperatura, por lo que se conoce como unión caliente. En cambio, la unión fría se encuentra en los extremos no unidos de los materiales, y es donde se mide el potencial generado en la unión caliente mediante un instrumento que convierte dicho potencial en una lectura de temperatura, en unidades como °C, °F, K o R. Los termopares son ampliamente utilizados en la industria debido a que son baratos, son fáciles de instalar, usan conectores estándar y tienen un amplio intervalo de medición; sin embargo, cuando se requieren precisiones por debajo de 1 °C, son poco exactos.

Por último, otra de las aplicaciones es la refrigeración. Los materiales termoeléctricos son útiles para enfriar, dado que aprovechan los efectos Peltier y Thomson. Este tipo de refrigeración es empleada en procesos que requieren precisión y estabilidad, como en las pruebas de vida de anaquel de medicamentos y alimentos (pruebas de estabilidad). Además, los equipos emiten menos cantidad de ruido y vibraciones, al no tener componentes como los compresores de los equipos de refrigeración tradicional; también se evita el uso de gases refrigerantes, los cuales dañan la capa de ozono. Por lo general, los equipos de

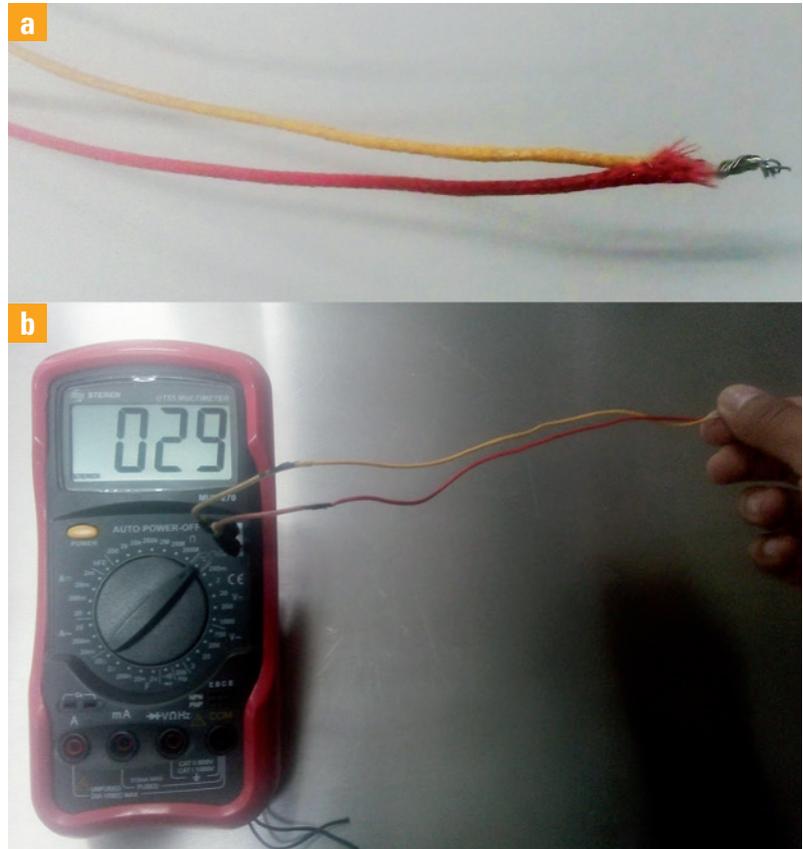


Figura 3. Esquema de un termopar: a) unión caliente; y b) medición de temperatura en °C.

refrigeración que se basan en efectos termoeléctricos cuentan con varios módulos en la parte trasera, lo cual permite enfriar o calentar dependiendo de la dirección del flujo de corriente eléctrica, que les confiere su exactitud.

Perspectivas a futuro

El principal inconveniente de los materiales termoeléctricos es la eficiencia. Se considera que un buen material termoeléctrico debe tener la conductividad eléctrica del oro, la plata o el cobre, y una conductividad térmica como la del bismuto (el peor conductor térmico). Sin embargo, hasta el momento no existe ningún material que cumpla con estas características. Los semiconductores son los materiales más propicios para aplicaciones termoeléctricas, así como algunos polímeros.

Si recordamos la figura de mérito ZT , ésta debe tener un valor de 1 para que un material se consi-

dere “bueno” y pueda tener aplicaciones en la vida cotidiana. Sin embargo, los materiales con valores de $ZT = 3$ son los más atractivos para competir con la refrigeración tradicional, lo cual permitirá su uso como material de construcción en refrigeradores domésticos. En cuanto a la generación de electricidad, es necesario contar con materiales con valores de $ZT = 2$, para lograr competir con los generadores de electricidad convencionales.

Por lo anterior, tanto en universidades como en centros de investigación se trabaja en la síntesis de materiales con los que se puedan construir módulos termoeléctricos para aplicaciones de generación de electricidad, calor y refrigeración. Algunos países con investigaciones en este campo son: Estados Unidos de América, Japón, Alemania, China, Corea del Sur e India, entre otros. En el caso de México, los esfuerzos de investigación se han centrado en la búsqueda de nuevos materiales termoeléctricos, entre ellos algunos polímeros. En particular, en la Universidad Autónoma de Querétaro se trabaja con óxidos metálicos a los cuales se agregan impurezas con elementos como el bismuto, así como con compuestos a base de cobre.

Conclusiones

Los materiales termoeléctricos son una alternativa a las bajas eficiencias que tienen las máquinas y los dispositivos empleados actualmente; en ellos, las eficiencias se ven mermadas por las pérdidas de energía en forma de calor, el cual podría aprovecharse para generar energía eléctrica por medio de los materiales termoeléctricos. Las ventajas de estos materiales incluyen: cero emisiones de gases de efecto invernadero, amplios intervalos de vida, bajo costo, tamaño reducido, así como fácil instalación. No obstante, el principal problema es su baja eficiencia, por lo que se realizan esfuerzos para resolver este problema y permitir su empleo en la generación de electricidad y refrigeración comercial.

Los materiales termoeléctricos tienen un futuro prometedor; sin embargo, es necesario que surjan más investigaciones que se centren en la búsqueda de materiales más eficientes, baratos y amigables con

el ambiente. Tal vez alguien que está leyendo este artículo, en un futuro, se dedique a realizar investigación sobre los materiales termoeléctricos.

Los autores agradecen al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por la beca proporcionada a Daniel Trejo Zamudio para la realización de sus estudios de posgrado.

Daniel Trejo Zamudio

Universidad Autónoma de Querétaro.
dteza15d.t@gmail.com

José Santos Cruz

Universidad Autónoma de Querétaro.
jsantos@uaq.edu.mx

Referencias específicas

- Cornaglia, P. S. (2018), “En busca del calor perdido: efecto Seebeck y materiales termoeléctricos”, *Ciencia Hoy*, 160:20-25. Disponible en: <<https://cienciahoy.org.ar/en-busca-del-calor-perdido-efecto-seebeck-y-materiales-termoelectricos/>>, consultado el 9 de septiembre de 2019.
- Fitriani, R. Ovik, B. D. Long, M. C. Barma, M. Riaz, M. F. M. Sabri, S. M. Said y R. Saidur (2016), “A review on nanostructures of high-temperature thermoelectric materials for waste heat recovery”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 64:635-659.
- Guarneros-Aguilar, C., F. López-Huerta y F. Caballero-Briones (2018), “Dispositivos termoeléctricos: generando electricidad usando el calor residual”, *Materia, Ciencia y Nanociencia*, 1:27-36. Disponible en <<https://www.uv.mx/veracruz/microna/files/2019/06/A4.-Dispositivos-Termoelectricos-Generando-Electricidad-Usando-el-Calor-Residual.pdf>>, consultado el 9 de septiembre de 2019.
- Medrano Guerrero, S. (2002), “Termopares”, *La Guía MetAs*, 7:1-4. Disponible en: <<http://www.metas.com.mx/guiametas/La-Guia-MetAs-02-07-TC.pdf>>, consultado el 9 de septiembre de 2019.
- Zhang, X. y L. D. Zhao (2015), “Thermoelectric materials: Energy conversion between heat and electricity”, *Journal of Materiomics*, 1:92-105. Disponible en: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jmat.2015.01.001>>, consultado el 9 de septiembre de 2019.

Alonso Vaca González y Mario Alberto Flores Valdez

¿Qué hace la celulosa en las bacterias que causan tuberculosis?

Además de causar enfermedades como la tuberculosis o la lepra, de manera muy peculiar, las micobacterias tienen la capacidad de producir celulosa y celulasas. Estas últimas son proteínas que degradan la celulosa, un compuesto estructural encontrado principalmente en plantas. Luego entonces, cabe preguntarse: ¿para qué producen celulosa las micobacterias si son patógenos exclusivos de los animales?

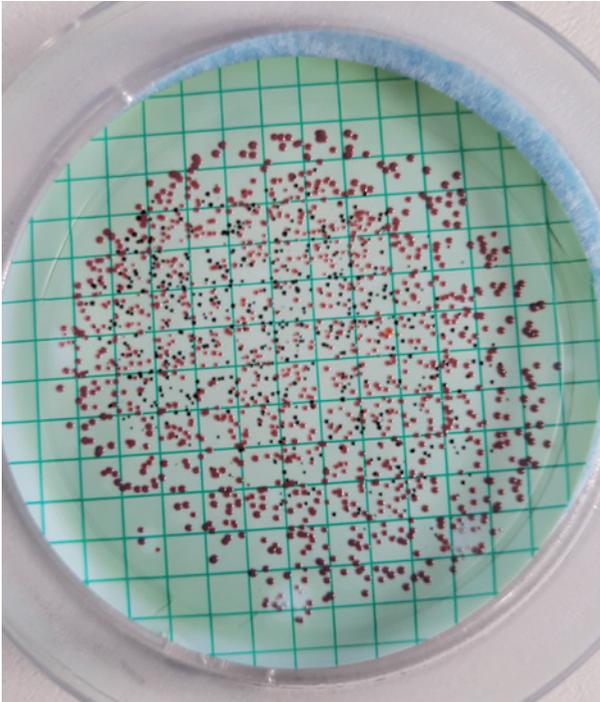
Micobacterias

Las micobacterias son una clase de bacterias con forma de bastones que miden de 2 a 10 micras (una milésima parte de un milímetro). Algunas se multiplican cada 12 o 24 horas, lo cual se considera como lento crecimiento en comparación con otras bacterias que lo hacen cada 20 minutos; para otras, no se han podido hacer crecer artificialmente (en el laboratorio), como es el caso de *Mycobacterium leprae* y de *M. lepromatosis*, lo que ha dificultado los avances en la ciencia para el diagnóstico y tratamiento de la lepra, enfermedad causada por estas especies.

Otra característica más específica que diferencia a las micobacterias es su resistencia a ser desteñidas en tinciones microbiológicas, por los ácidos y alcoholes comúnmente empleados en dichas técnicas. Esto se debe a la gran complejidad de su pared celular, la cual es una capa exterior con un alto contenido de grasas y aceites, que son importantes para provocar enfermedades en los organismos animales. En este grupo de bacterias se encuentran y destacan las que producen la tuberculosis, la lepra y otras infecciones en la piel.

Biopelículas en micobacterias

Ciertas micobacterias, en ambientes específicos, producen una capa o película que las recubre en su exterior (llamada biopelícula), la cual está formada por muchos componentes que la bacteria excreta para protegerse (compuestos extracelulares), como son lípidos, proteínas y carbohidratos. De nueva cuenta, los lípidos



(grasas) son fundamentales en la formación de esta cubierta, ya que tienden a repeler el agua presente en el medio y, en consecuencia, favorecen que las micobacterias puedan autoagregarse.

En un laboratorio microbiológico, el crecimiento de esta biopelícula puede verse como una nata o pasta en la superficie de los medios líquidos (caldos) que contienen nutrientes específicos para que las bacterias puedan crecer en ellos (medios de cultivos). Esta nata puede incluso extenderse a las paredes de los recipientes que contienen dichos medios de cultivo.

Se ha estudiado la producción de biopelículas en micobacterias y se ha relacionado con su capacidad de tolerar y sobrevivir a circunstancias de estrés (condiciones del medio y factores externos), como la radiación ultravioleta (UV) de la luz solar o la falta de humedad; incluso, pueden resistir más a los antibióticos, sustancias químicas que utilizamos para matarlas y curar las enfermedades que ocasionan. Adicionalmente, se especula que las micobacterias podrían formar biopelículas en aquellas lesiones pulmonares que generarían charcos de sangre dentro de los alveolos pulmonares, en forma de cavernas (una característica importante de la enfermedad tuberculosa pulmonar), lo que propiciaría un ambiente de

aire-líquido en el cual se ha logrado obtener *in vitro* este tipo de crecimiento.

■ **Micobacterias productoras de celulosa**

■ En los últimos años se ha identificado que algunas micobacterias, incluidas *Mycobacterium tuberculosis* y *M. bovis*, que son agentes causales de la tuberculosis en humanos, tienen la capacidad de producir celulasas. Las celulasas son proteínas que rompen a la celulosa en fragmentos más pequeños, de dos o un solo azúcar, llamada glucosa. Por lo general, la celulosa forma parte de la estructura principal de las plantas.

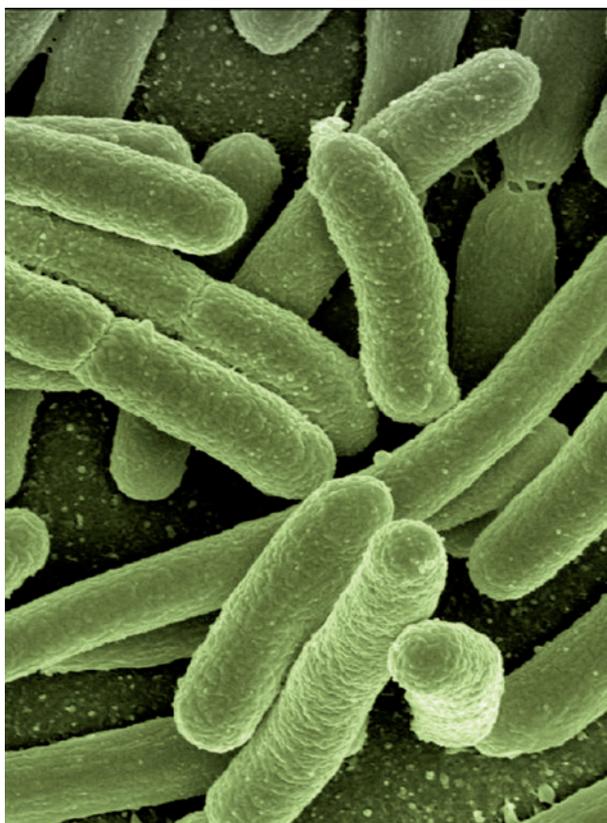
Muchos animales herbívoros (que únicamente consumen plantas como alimento) obtienen energía gracias al consumo de plantas que tienen celulasas, con las cuales pueden romper la celulosa en partes más fácilmente digeribles, como el azúcar simple. Ejemplo de esto son los mamíferos rumiantes, algunos insectos e incluso las bacterias y hongos. En cambio, los seres humanos no contamos con celulasas y, por ello, la función de la celulosa en nuestro organismo no es como fuente de energía, sino como fibra, que es aprovechada por bacterias benéficas y residentes de nuestro intestino, en algunos casos, o simplemente para facilitar la expulsión de desechos de la digestión.

Las bacterias y hongos que producen celulasas son especies parasitarias que afectan a diversas plantas; con ayuda de las celulasas, destruyen la celulosa presente en las paredes vegetales y, con ello, se abren paso entre las hojas y tallos para penetrar en las partes más profundas de la planta y aprovechar los nutrientes. No obstante, hasta lo que se conoce hoy en día, las micobacterias no son parasitarias de plantas, aunque contienen genes que dan lugar a celulasas. Siendo así, cabe preguntarse: ¿qué utilidad tiene la celulosa en ellas si producen enfermedades en animales, los cuales carecen de celulosa? Además, ¿para qué utilizarían las micobacterias la celulosa?

■ **La celulosa en las micobacterias**

■ La celulosa se ha encontrado en cultivos de micobacterias que crecen en el laboratorio ante ciertos

estímulos químicos, con los cuales forman biopelículas; sin embargo, no se ha descrito que esté presente en cultivos sin presencia de biopelículas. Esta celulosa la encontramos dentro del biofilm, que es una capa intermedia fina entre los diferentes componentes de la biopelícula y que tiene apariencia de red. Por lo tanto, la producción de celulosa como sustrato de las biopelículas podría funcionar como un tipo de soporte o anclaje, con ayuda de la interacción con otros azúcares, de manera que pueda formarse la biopelícula y resistir a los estímulos externos que puedan dañar a las micobacterias.



El hecho es que, hasta hoy, sólo se ha encontrado celulosa cuando las micobacterias crecen en biopelículas, así como también sucede con las proteínas que desempeñan la función de las celulasas, las cuales podrían ser necesarias para mantener un equilibrio entre la producción y la degradación de celulosa cuando ésta ya no es requerida. Esto podría sugerir que existe un posible blanco para terapias contra la tuberculosis, al identificarse los factores que influyen este tipo de crecimiento, para evitarlos y, con ello, reducir la tolerancia a antibióticos y la completa eliminación de las micobacterias en los organismos afectados.

Alonso Vaca González

Biotecnología Médica y Farmacéutica, Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, A. C.
alonso.avg@hotmail.com

Mario Alberto Flores Valdez

Biotecnología Médica y Farmacéutica, Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, A. C.
floresv@ciatej.mx

Lecturas recomendadas

- Kenneth, J. R. y C. G. Ray (2011), *Sherris. Microbiología médica*, 6.^{ta} ed., México, McGraw Hill.
- Madigan, M. T. y D. P. Clark (2009), *Brock. Biología de los microorganismos*, 12.^a ed., España, Pearson Educación.
- Trivedi, A., P. S. Mavi, D. Bhatt y A. Kumar (2016), "Thiol Reductive Stress Induces Cellulose-Anchored Biofilm Formation in Mycobacterium Tuberculosis", *Nature Communications*, 48(7): 829-834.

Leopoldo Santos Argumedo



Vacunas contra la COVID-19 en México

A quien de verdad sabe de vacunas y de quien he aprendido lo poco que sé.

Este artículo aborda brevemente el panorama actual de las vacunas que están aprobadas en México. De los diferentes tipos disponibles, se describe cuáles son sus características principales, cuál es su efectividad y cuáles pudieran ser los riesgos de recibir cualquiera de estos biológicos. Cabe destacar que, aunque cada vez más personas estén vacunadas, no deben eliminarse las demás medidas para prevenir el contagio de la COVID-19.

Hace más de un año, el 27 de febrero de 2020, se registró el primer caso de COVID-19 en México, la primera gran pandemia del siglo XXI, que tomó al mundo por asalto y que ha causado enfermedad y muerte en muchos países. La pandemia llegó a nuestro territorio después de presentarse de forma dramática en Europa, particularmente en Italia y España, por lo que no podría argumentarse que nuestro país fue cogido por sorpresa, pues ya había indicios muy claros de la forma de transmisión de esta nueva enfermedad.

No obstante lo anterior, en poco tiempo los casos fatales se fueron acumulando principalmente entre la gente de mayor edad y entre personas con diversas comorbilidades, sobre todo hipertensión y diabetes, que son dos factores de riesgo muy elevados en nuestra población. Así, de acuerdo con una nota del periódico *El Universal* (Miranda y Ortiz, 2021), México tardó 19 días en responder adecuadamente ante la amenaza del virus, y las acciones iniciales fueron un tanto tímidas. Esta falta de respuesta, a pesar de los datos provenientes de Europa y otros lugares, favoreció que la magnitud de la pandemia se viera exacerbada en nuestro país, al igual que ocurrió en otros dos gigantes de la región: Estados Unidos de América y Brasil.

El control de la pandemia en México ha sido un asunto complicado, mediante diversas estrategias de salud, e incluso económicas y sociales, pero aquí solamente me refiero al tema de las vacunas, pues varios aspectos de la pandemia ya han sido abordados en un número reciente de la revista *Ciencia* (vol. 71, número especial, septiembre de 2020).

De acuerdo con el comunicado 80 de la Secretaría de Relaciones Exteriores (16 de febrero de 2021):

el Secretario Marcelo Ebrard Casaubón informó sobre los contratos firmados que tiene nuestro país para la adquisición de vacunas contra COVID-19 a través de mecanismos internacionales, así como acuerdos directos con farmacéuticas, entre las que se encuentran AstraZeneca, CanSino Biologics, Covax, Pfizer BioNTech, Sinovac y el Centro Nacional Gamaleya de Epidemiología y Microbiología.

Según se ha detallado para la estrategia nacional de vacunación, “los contratos establecidos hasta hoy permitirían la inmunización de hasta 116.69 millones de personas al término de 2021” (Secretaría de Salud, 2021e). Para ello, se estima que al menos 14 millones de mexicanos deberían haber recibido la vacuna durante el primer trimestre del año, aunque al momento de escribir este artículo (durante la última semana de mayo de 2021), apenas hay alrededor de 12 millones de personas con el esquema completo. Con estos datos oficiales, pareciera difícil llegar a las metas propuestas, al menos en los tiempos establecidos.

En este sentido, cabe analizar el origen del problema, así como sus posibles soluciones. A la fecha, el principal obstáculo —que no es exclusivo de México— es el déficit del suministro de las vacunas contra la COVID-19. La demanda mundial es excesiva y difícilmente las compañías farmacéuticas podrán abastecer a todos los países con la misma velocidad. Una posible solución, propuesta tanto por el Consejo de Seguridad de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) como por el director general de la Organización Mundial de la Salud (OMS), es buscar acciones que disminuyan el acaparamiento inhumano que una decena de naciones ricas han hecho de estos biológicos. En tanto, una segunda acción, igualmente difícil de cumplir, es que las compañías farmacéuticas liberen las patentes de los procesos de producción (renunciando con ello a sus muy onerosas ganancias), con el objetivo de que otros productores puedan tener acceso a la tecnología y ayudar en el suministro de las vacunas. Ambas situaciones se ven

poco realistas, pero no son imposibles si se mantiene la presión internacional.

Con base en elementos técnicos, este documento pretende describir brevemente la situación de las vacunas que actualmente están disponibles en México, cuáles son sus características principales, cuál es su efectividad y cuáles pudieran ser los riesgos de recibir cualquiera de estos biológicos. Desgraciadamente, la **infodemia** ha logrado infiltrar una serie de malentendidos —algunos inocentes y otros francamente maliciosos— que, aunados al temor existente sobre la pandemia, han abonado para acrecentar los temores de la población hacia las vacunas.

■ Comencemos por definir qué son las vacunas

■ De acuerdo con la OMS:

Se entiende por vacuna cualquier preparación destinada a generar inmunidad contra una enfermedad estimulando la producción de anticuerpos. Puede tratarse, por ejemplo, de una suspensión de microorganismos muertos o atenuados, o de productos o derivados de microorganismos. La ruta más habitual para administrar las vacunas es la inyección, aunque algunas se administran con un vaporizador nasal u oral. (OMS, 2021c)

◀ Infodemia

Una cantidad excesiva de información —en algunos casos correcta, en otros no— que dificulta que las personas encuentren fuentes confiables y orientación fidedigna cuando las necesitan (Organización Panamericana de la Salud, 2020).



Las vacunas disponibles hoy día contra la COVID-19 pueden englobarse perfectamente en esta definición general, aunque algunos nuevos desarrollos con certeza requerirán una actualización, respecto a su composición y formulación. En cuanto a su mecanismo de acción, la estimulación de **anticuerpos** es una de las consecuencias de la aplicación de cualquier vacuna, pero de ninguna manera es la única, pues la respuesta inmune también se induce de otras maneras. La cuestión es que no todas las vacunas actúan de la misma manera ni son igualmente efectivas en la protección contra las enfermedades.

Cuando contraemos algún agente infeccioso, generamos anticuerpos para defender a nuestro organismo; no obstante, esa infección puede poner en riesgo nuestra vida. Las vacunas mimetizan la infección, ya que ayudan a inducir la producción de dichos anticuerpos, pero sin causar daño; por eso es preferible vacunarse que arriesgarse a morir por la infección natural. Casi todos los enfermos de la COVID-19 desarrollan anticuerpos, aunque con una gran diversidad en cuanto a calidad y cantidad. Aquellas personas que no los desarrollan son casos especiales, que no discutiremos aquí, pero que he tenido la oportunidad de describir en otro artículo de la revista *Ciencia* (Santos, 2015).

Los gérmenes infecciosos y las vacunas no sólo estimulan la producción de anticuerpos, sino que también inducen otro mecanismo de respuesta, conocido como inmunidad mediada por linfocitos (o inmunidad celular). Estos linfocitos son de la estirpe denominada T (pues maduran en el **timo**). Los linfocitos T se especializan en aquellos ayudadores (T CD4) y los citotóxicos (T CD8). Los primeros, como su nombre lo indica, ayudan a las células a combatir la infección por medio de proteínas solubles denominadas citocinas (por ejemplo, los interferones), que se producen en respuesta a la infección (o a la vacuna). Los linfocitos T citotóxicos, por su parte, destruyen a las células infectadas con el virus.

Tanto la infección natural como las vacunas generan una respuesta de anticuerpos y de linfocitos T de memoria que impide que nos enfermemos nuevamente; o bien, en caso de infectarnos, el curso de

la enfermedad será más leve y los casos fatales serán menos. Sin embargo, cabe mencionar que no todas las infecciones ni todas las vacunas son igualmente eficientes para generar memoria de la respuesta inmune, como se puede leer en un número de *Ciencia* dedicado a la inmunología (vol. 66, núm. 2, abril-junio de 2015).

En el caso de la COVID-19, el virus que causa esta enfermedad (denominado SARS-CoV-2) pertenece a la familia de los coronavirus y se une a las células susceptibles del ser humano mediante un receptor llamado ACE-2 (enzima convertidora de la angiotensina 2) gracias a su proteína de espiga o espícula (denominada proteína S) presente en la superficie. Así, las respuestas protectoras en los individuos infectados van encaminadas a la producción de anticuerpos contra la proteína S del virus. Si dichos anticuerpos impiden la unión del virus (y por lo tanto bloquean la infección) les llamamos neutralizantes. Así, todas las vacunas contra la COVID-19 tienen como meta la inducción de anticuerpos neutralizantes. Por esta razón, todas las vacunas que actualmente están en uso, o aquellas que aún se encuentran en desarrollo, incluyen a la proteína S (o fragmentos de ésta) como elemento central de su formulación.

Las vacunas disponibles en México

De acuerdo con la información oficial (Secretaría de Salud, 2021e), en México existen cinco vacunas autorizadas para uso en emergencia y tres vacunas que cuentan con un protocolo autorizado para **estudios de fase III**. En todo el mundo las vacunas contra la COVID-19 están siendo sometidas a un riguroso proceso de desarrollo que incluye estudios con decenas de miles de participantes para generar los datos no clínicos, clínicos y de fabricación necesarios para demostrar su calidad, eficacia y efectividad (véase el Recuadro 1).

La autorización para uso en emergencia es un mecanismo que facilita la disponibilidad y la aplicación de estos nuevos biológicos durante las emergencias de salud pública, como la actual pandemia. Las agencias reguladoras sanitarias que emiten dicha autorización determinan que los beneficios conocidos y poten-

Anticuerpos

Una proteína producida por el sistema inmunitario del cuerpo cuando detecta sustancias dañinas, llamadas antígenos. Los ejemplos de antígenos abarcan microorganismos (tales como bacterias, hongos, parásitos y virus) y químicos.

Timo

Glándula endocrina de los vertebrados que participa en la función inmunitaria a través de los linfocitos T (Real Academia Española, 2021).

Estudios de fase III

Las vacunas candidatas que tienen éxito en la fase II avanzan a ensayos más grandes, que involucran de miles a decenas de miles de personas. Las pruebas de fase III son aleatorias y de doble ciego, e involucran la vacuna experimental que se prueba contra un placebo (como una solución salina, una vacuna para otra enfermedad o alguna otra sustancia).

ciales superan los riesgos conocidos y potenciales de una vacuna, con base en el análisis final de un estudio clínico de eficacia de la fase III o un análisis provisional de dicho estudio (*interim analysis*), siempre y cuando los datos cumplan exitosamente con los criterios preestablecidos.

Como un ejemplo de los requisitos que se consideran para aprobar el uso en emergencia, la Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA) de Estados Unidos de América evalúa los procesos de fabricación y considera todas las pruebas de control analítico llevadas a cabo durante cada etapa. Al momento de analizar la aprobación, se deben tener datos suficientes para asegurar la calidad y la consistencia de producción de la vacuna. La FDA utiliza todas las herramientas e información disponibles, incluyendo revisiones de registros y visitas al sitio de fabricación para verificar el cumplimiento de buenas prácticas de manufactura, así como la implementación de sistemas de calidad, entre otros aspectos (FDA, 2020). Estos criterios son semejantes a los utilizados por la OMS como guía para las agencias reguladoras sanitarias de los países. En México, esta función le corresponde a la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (Cofepris).

Como indica el documento “Política nacional rectora de vacunación contra el SARS-CoV-2 para la prevención de la COVID-19 en México, versión 6.0”, publicado el 11 de mayo de 2021 por la Secretaría de Salud, citando al Diario Oficial de la Federación:

El proceso de desarrollo de la vacuna contra COVID-19 debe pasar por tres fases de ensayos clínicos antes de obtener su autorización de uso de emergencia, y ser aprobada por instancias nacionales e internacionales para garantizar que tenga un perfil correcto de eficacia y seguridad. Este perfil se actualiza con la farmacovigilancia y los estudios pos-mercado de la vacuna. Si bien hay varias vacunas que se encuentran en la etapa final de ensayos clínicos, aún se evalúan posibles riesgos. La prioridad de toda nueva vacuna es garantizar su seguridad de uso y su eficacia y efectividad. (Secretaría de Salud, 2021f)

Recuadro 1. Eficacia y efectividad de las vacunas

En los estudios de las vacunas se consideran dos parámetros relevantes: la eficacia se evalúa de forma experimental, en el laboratorio, mientras que la efectividad se determina a partir de la evaluación en condiciones reales.

La eficacia de una vacuna se refiere a un estudio que se lleva a cabo en condiciones ideales; por ejemplo, durante un ensayo clínico. En dicho ensayo se mide el porcentaje de reducción de la incidencia de una enfermedad en personas que fueron vacunadas. Esto ocurre en circunstancias muy controladas para el manejo y la administración de la vacuna (por ejemplo, con la cadena de frío); es decir, no es el reflejo perfecto de la situación real. En general, el análisis de los resultados del ensayo para calcular la eficacia incluye solamente a los individuos que recibieron el número correcto de dosis de la vacuna o del placebo y se consideran criterios de exclusión bien definidos; por ejemplo, no se incluye a grupos vulnerables, como población infantil, mujeres embarazadas, personas bajo medicación, pacientes con comorbilidades, etcétera. En otras palabras, en esta etapa de la evaluación sólo se incluyen adultos sanos y fuertes.

La efectividad, en cambio, es la capacidad que tiene la vacuna de proteger contra la enfermedad cuando ya está disponible para su uso masivo. Así, la efectividad se refiere al desempeño general en condiciones del mundo real, donde las personas podrían, por ejemplo, tener una o más afecciones de salud, estar distribuidas en un rango de edad más amplio, recibir medicaciones que actúan sobre el sistema inmune y que podrían interferir con la protección de la vacuna. La efectividad se mide en población abierta (estudios de fase IV) y se usa para un estudio bajo condiciones ambientales típicas, es decir, menos controladas. En resumen, la vacuna se evalúa a partir de comparar los beneficios a la salud por la intervención aplicada a la población objetivo en condiciones reales, contra los costos de los recursos utilizados para su implementación.



■ **Vacuna de ARN mensajero:**
 ■ **BNT162b2, de Pfizer/BioNTech**

■ En México, la primera vacuna que obtuvo la aprobación para uso en emergencia fue la BNT162b2, desarrollada por los laboratorios Pfizer y BioNTech (Secretaría de Salud, 2020), la cual en un inicio fue aplicada al personal de salud en la primera línea de atención de pacientes con COVID-19. Junto con la vacuna de Moderna —aún no disponible en el país—, este biológico representa una plataforma novedosa para la producción de vacunas, debido a que está constituida por ácido ribonucleico mensajero (ARNm) que contiene información que será “traducida” para producir la proteína S una vez que se haya incorporado dentro de las células de la persona vacunada. Esto promoverá en el organismo la producción de anticuerpos neutralizantes para impedir que, en caso de infección, el virus SARS-CoV-2 pueda unirse a su receptor (ACE-2) en las células susceptibles.

En el caso de esta formulación, el ARNm codifica (contiene la información) para la proteína S del nuevo coronavirus, por lo que las células que incorporan este material únicamente producirán dicha proteína, la cual será reconocida por las células de la respuesta inmunológica. Cabe mencionar que esta vacuna no contiene al virus SARS-CoV-2, por lo que es imposible que cause una infección. Sin embargo, se han documentado algunas reacciones alérgicas en personas susceptibles, que en la mayoría de los casos se resuelven en pocas horas.

Al ser una vacuna de nueva generación, contamos con información limitada sobre su seguridad y su efectividad, por lo que se generaron muchas dudas acerca de su uso; no obstante, la mayoría de los cuestionamientos se han ido despejando conforme se ha reunido más información con su uso masivo. Durante la elaboración de este manuscrito, en todo el mundo se habrán administrado más de 1 710 millones de dosis de este tipo de vacunas (entre Pfizer/BioNTech y Moderna), con resultados que avalan los estudios de fase III; esto es, se ha mostrado que ambas vacunas son seguras y efectivas.

La vacuna BNT162b2 se aplica en dos dosis. La indicación original era que entre la primera y la segunda dosis debería existir un periodo de 21 días; sin



embargo, dados los problemas de producción y de distribución mundial, el periodo ha tenido que alargarse. Hasta el momento, los resultados preliminares han mostrado que este retraso no afecta de manera significativa la efectividad de la vacuna, pero debemos seguir prestando atención al desarrollo de la vacunación para hacer los ajustes necesarios. Hoy sabemos que la vacuna es segura y tiene una eficiencia de 95% en la inducción de anticuerpos neutralizantes. Sin embargo, el ARNm es una molécula muy lábil, por lo que requiere estar protegida por una envoltura de lípidos que debe mantenerse en temperaturas de ultracongelación ($-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$) y sin exponerse a la luz. Una vez que la vacuna ha sido diluida, se tiene que utilizar en las siguientes horas, lo que ha dificultado mucho la logística de su aplicación. Por sus características de conservación y distribución, el biológico se aplica sobre todo en grandes áreas urbanas que cuentan con la infraestructura necesaria.

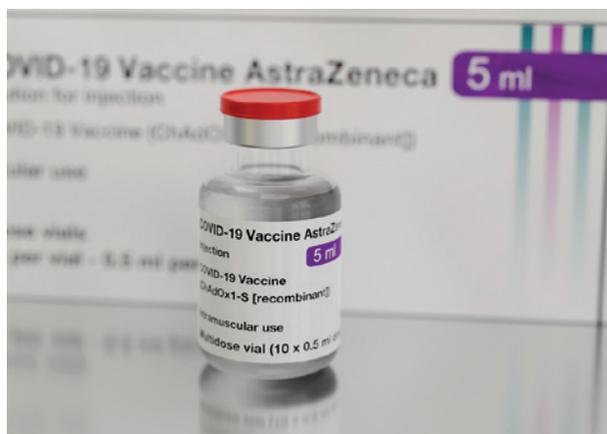
Una de las muchas historias falsas que han circulado con respecto a la seguridad de la vacuna BNT162b2 se refiere a la posibilidad de que el ARNm se integre al genoma de la célula, para con ello inducir mutaciones y cáncer. Cabe destacar que es altamente improbable que esto ocurra, debido a que el ARNm se traduce en una proteína y es rápidamente degradado. Para que el evento descrito fuera posible, se necesitaría que la célula contara con un mecanismo eficiente de retrotranscripción (esto es, el ARNm tendría que copiarse en ácido ribonucleico o ADN). Enseguida se requeriría que el ADN alcanzara el núcleo de la

célula y, una vez allí, que se pudiera integrar en el genoma. Todos estos pasos son muy improbables y al observarlos como un conjunto podríamos asegurar que son prácticamente imposibles. Por ello, ésta no debe ser una preocupación para las personas que recibieron o estarán recibiendo esta vacuna.

Vacunas de adenovirus

AZD1222, de AstraZeneca/Oxford

La segunda vacuna que obtuvo la aprobación de la Cofepris para su uso en emergencia fue la desarrollada por la compañía farmacéutica AstraZeneca y por la Universidad de Oxford (Secretaría de Salud, 2021a). La vacuna hace uso de un **adenovirus** del resfriado común del chimpancé (ChAdOx1-S); el cual ha sido modificado genéticamente para que no le sea posible replicarse y, por lo tanto, no provoque ninguna enfermedad. Mediante procedimientos de ingeniería genética se ha insertado en este virus la información para la expresión de la proteína S del SARS-CoV-2. Para su propagación, durante la producción de la vacuna, se utiliza una línea celular que contiene los elementos faltantes de esta versión debilitada del virus, de tal suerte que, una vez producida la partícula viral madura, ésta ya no podrá replicarse. Cuando la vacuna es administrada, el ChAdOx1-S penetra e instruye a las células para que produzcan la proteína S, que a continuación será reconocida por las células del sistema inmunológico para empezar a generar anticuerpos neutralizantes.



Según la información de la OMS (2021b), la vacuna AZD1222 tiene una eficacia de 63% contra la enfermedad sintomática por la infección de SARS-CoV-2. La vacuna se administra en dos dosis; de acuerdo con los hallazgos preliminares, se requiere un intervalo de tres semanas, pero estudios posteriores han demostrado que esperar periodos más amplios entre la primera y la segunda dosis (4-12 semanas) incrementa su efectividad. Como con cualquier otra vacuna, la administración de la AZD1222 debe hacerse con precaución en personas con antecedentes de hipersensibilidad (alergias) y en personas con problemas de autoinmunidad.

Una de las ventajas de esta vacuna es que, a diferencia de la BNT162b2, no requiere de condiciones especiales para su almacenamiento y distribución. Es una vacuna que utiliza las cadenas de frío comunes para muchas otras vacunas, lo cual facilita su distribución incluso en sitios muy apartados. Por otro lado, de las controversias que han surgido con esta vacuna, quizá la que más ha acaparado la atención de los medios se refiere a que para su producción se estaba empleando material de fetos humanos. Esta información es totalmente falsa, pues la vacuna se produce en una línea celular renal de embrión que fue obtenida hace más de 50 años y que ha sido modificada genéticamente para permitir la replicación del ChAdOx1-S durante la producción de éste y otros biológicos.

Gam-COVID-Vac (Sputnik V), del Centro Nacional Gamaleya de Epidemiología y Microbiología

La tercera vacuna autorizada por Cofepris es la Gam-COVID-Vac, mejor conocida como Sputnik V, desarrollada por el Centro Nacional Gamaleya de Epidemiología y Microbiología, de Rusia (Secretaría de Salud, 2021b). Sputnik V utiliza una estrategia semejante a la vacuna de AstraZeneca/Oxford: como vectores virales tiene dos adenovirus que fueron modificados para hacerlos inofensivos (en este caso, Ad5 y Ad26). Ambos vectores, al igual que ChAdOx1-S, contienen la información genética para la producción de la proteína S, la cual será reconocida por las células de la respuesta inmunológica.

Adenovirus

Miembro de una familia de virus que pueden causar infecciones en las vías respiratorias, los ojos y el tubo gastrointestinal. Existen formas de adenovirus que no producen enfermedad y se usan para la terapia génica enfocada a reparar defectos en las células o destruir células cancerosas (Instituto Nacional del Cáncer, 2021).



Esta vacuna también se administra en dos dosis, espaciadas por tres semanas; se utiliza Ad26 en la primera y Ad5 en la segunda. En especial, no se recomienda utilizar el mismo vector en ambas dosis, ya que se reduce importantemente la efectividad. Aparentemente, el éxito de esta vacuna reside en el uso de dos vectores distintos. Su administración en la población humana ha generado una eficacia mayor de 90% contra la enfermedad sintomática por la infección de SARS-CoV-2. Además, Sputnik V tiene la ventaja, al igual que la AZD1222, de no requerir condiciones especiales de almacenamiento, por lo que se aprovechan las mismas cadenas de frío establecidas para otras vacunas, lo cual facilita su distribución y administración.

Dada la secrecía con que se hicieron los primeros ensayos de esta vacuna, los hallazgos iniciales de su eficacia fueron tomados con mucho escepticismo; sin embargo, desde su publicación en la prestigiosa revista *Lancet* (Logunov y cols., 2021), la percepción se ha ido modificando. Otra historia falsa, derivada de la infodemia, fue que junto con la vacuna se estaría administrando un microchip mediante el cual se podría rastrear a las personas que la habían recibido. Este rumor, además de absurdo e infundado, no sólo se utilizó para Sputnik V, sino en general para todas las vacunas contra la COVID-19.

Ad5-nCoV (Convidicea), de CanSino

La siguiente vacuna con aprobación por parte de la Cofepris fue la Ad5-nCoV, que se comercializa con el nombre Convidicea, desarrollada por CanSino

Biologics, Inc., de la República Popular China (Secretaría de Salud, 2021c). Al igual que las anteriores, está constituida por un adenovirus modificado incapaz de replicarse (en este caso, Ad5), al cual le fue insertada una secuencia genética de la proteína S del SARS-CoV-2, que será producida en el organismo para impulsar la generación de anticuerpos.

Esta vacuna está formulada para usarse en dosis única, lo cual puede representar una ventaja para las campañas masivas de vacunación. Por ejemplo, la vacuna Convidicea fue recientemente seleccionada para inmunizar al personal docente en México. La meta es, al 28 de mayo de 2021, vacunar a alrededor de 3 millones de docentes en todo el país. En dicha estrategia se excluye al personal mayor de 50 años que ya hubiera recibido una vacuna.

El análisis de los datos preliminares indica que este biológico tiene una eficacia de 65% contra la enfermedad sintomática por la infección de SARS-CoV-2 (CanSinoBIO, 2021) después de la administración de una sola dosis. No obstante, existen evidencias de que esa eficacia se reduce después de 6 meses, por lo que muy probablemente será necesaria la aplicación de un refuerzo en noviembre de 2021.

Vacuna de virus inactivados: CoronaVac, de Sinovac

Al momento de escribir estas líneas, la vacuna contra la COVID-19 que más recientemente ha recibido aprobación de la Cofepris para su uso en emergencia es CoronaVac, desarrollada por Sinovac Research and Development Co., de la República Popular China (Secretaría de Salud, 2021d). CoronaVac es una vacuna tradicional, del estilo de la vacuna Salk contra la polio. La vacuna consiste en virus SARS-CoV-2 (cepa CN02) que se propagan en células WHO/Vero 10-87. Los virus se recuperan del cultivo y se inactivan con β -propiolactona. Finalmente, los virus inactivados se concentran, se purifican y se adsorben en hidróxido de aluminio. La preparación final del biológico se esteriliza por filtración y se envasa para preparar la inyección.

Los datos publicados a la fecha respecto a esta vacuna indican que es bien tolerada por las personas y no tiene efectos adversos. También se administra en



dos dosis, con un intervalo de 28 días. CoronaVac tiene una eficacia de 50.6% contra la enfermedad sintomática por la infección de SARS-CoV-2 y demostró protección contra casos graves en un 83.7% (Zhiwei y cols., 2021).

Otras vacunas

Existen otras tres vacunas que todavía no han recibido aprobación en México para su uso en la emergencia de la COVID-19, pero que cuentan con protocolos autorizados para realizar estudios de fase III en nuestro país. Una es Ad26.COV2.5, de los laboratorios Janssen y Johnson & Johnson, la cual está diseñada en una plataforma de adenovirus 26, parecida a las descritas arriba. Esta vacuna tiene la ventaja de ser de dosis única, y los estudios publicados en Estados Unidos de América han demostrado que es segura y eficaz, con buenos resultados de **seroconversión** (Sadoff, y cols., 2021). Otro biológico es CvnCoV, de los laboratorios CureVac AG, que es una vacuna de ARNm con una tecnología semejante

a las desarrolladas por Pfizer/BioNTech y por Moderna. Una gran ventaja, según el fabricante, es que el producto permanece estable y mantiene las especificaciones definidas durante al menos tres meses cuando se almacena a una temperatura estándar de refrigeración (5 °C); además, puede durar hasta 24 horas como vacuna lista para usar cuando se almacena a temperatura ambiente. Por otra parte, la vacuna NVX-CoV2373, desarrollada por Novavax, Inc., es una tecnología diferente porque utiliza proteínas recombinantes, razón por la cual su efectividad se vio mejorada con el uso de sustancias adyuvantes. Los resultados provisionales muestran que la vacuna es segura y tiene buenos índices de seroconversión (Keech y cols., 2020); asimismo, una ventaja adicional es que permanece estable a temperaturas de refrigeración.

En estos tres casos, habrá que esperar los resultados definitivos para determinar si las vacunas recibirán la autorización de la Cofepris para su uso en emergencia, aunque los datos preliminares auguran que así ocurrirá.

Seroconversión

Transición a la presencia detectable de anticuerpos contra un antígeno en la sangre. Por lo general, ocurre seroconversión a las pocas semanas de iniciada una infección o de la aplicación de una vacuna. Así, el resultado de una prueba de detección de anticuerpos contra un antígeno (agente infeccioso o vacuna) cambia de seronegativo a seropositivo.

Panorama actual

Las cinco vacunas descritas arriba ya se aplican a la población mexicana. Aun cuando la efectividad de estas vacunas es variable, todas ellas han demostrado prevenir los casos fatales en más de 95%, así que la recomendación directa es vacunarnos en cuanto nos toque, con la vacuna que esté disponible.

Para la última semana de mayo de 2021, la vacuna BNT162b2 es la más usada en México, con poco más de 13 millones de dosis aplicadas; le siguen CoronaVac, con 7 millones de dosis; AZD1222, con poco más de 6 millones de dosis; Convidicea, con poco más de 4.5 millones de dosis; y Sputnik V, con 2.4 millones de dosis aplicadas. A pesar de las peculiaridades de cada una de estas vacunas, para todas ellas se recomienda tomar precauciones en el caso de personas con hipersensibilidad y en algunos casos de autoinmunidad.

De las cinco vacunas que están autorizadas para su aplicación en el país, ninguna está autorizada para su uso en la población infantil; sin embargo, es posible que esta situación se modifique pronto, pues ya existen estudios que indican que su aplicación es segura y efectiva en personas de 12 años y más (CDC, 2021). Adicionalmente, se acaba de aprobar el uso de cualquiera de las cinco vacunas en el embarazo (Secretaría de Salud, 2021g); al 25 de mayo, según datos oficiales, se habían aplicado 66 134 dosis a mujeres embarazadas.

No hay que olvidar que existe una plataforma de la OMS con 285 candidatos de vacunas contra la COVID-19 en desarrollo: 101 en estudios clínicos y 184 en estadio preclínico (OMS, 2021a). Tristemente, este listado no tiene a la fecha un solo registro de desarrollos por parte de México, lo que refleja la falta de apoyo a las iniciativas de los científicos de nuestro país. Muy probablemente, un porcentaje considerable de estas 285 vacunas alcanzará la autorización para su uso en emergencia, lo que ayudará a paliar la gran escasez de biológicos que se observa en el mundo, particularmente en los países menos desarrollados. Por otro lado, con la creciente evolución de los virus, entre los cuales han surgido variantes que no son eficientemente neutralizables con las vacunas disponibles, se necesitará el desarrollo de

vacunas mejoradas. Aunque, por lo pronto, lo más urgente es alcanzar la máxima cobertura de vacunación en el menor tiempo posible.

Haciendo referencia nuevamente al documento “Política nacional rectora de vacunación contra el SARS-CoV-2 para la prevención de la COVID-19 en México, versión 6.0”, el objetivo de la vacunación es “disminuir la carga de enfermedad y defunciones ocasionada por la COVID-19” (Secretaría de Salud, 2021f), además de que los objetivos específicos son:

1. Inmunizar como mínimo al 70% de la población en México para lograr la inmunidad de rebaño (o de comunidad, como prefiero llamarla) contra el virus SARS-CoV-2.
2. Inmunizar al 100% del personal de salud que trabaja en la atención de COVID-19.
3. Inmunizar al 95% de la población a partir de los 16 años cumplidos.

El programa nacional describe diversas etapas que están planeadas para concluir en marzo de 2022. Por todo lo enumerado, se puede percibir que el reto es mayúsculo y que el obstáculo más importante corresponde a la poca disponibilidad de los biológicos. En este sentido, es deseable que la emergencia sanitaria haga reflexionar a nuestros líderes acerca de la importancia que tiene invertir en ciencia y tecnología. También es fundamental rescatar a la industria nacional de vacunas, que por muchas décadas permitió la autosuficiencia del país en la producción de



las vacunas usadas por el Programa Nacional de Inmunizaciones; no obstante, hoy casi todas las vacunas (con alguna excepción) se importan del extranjero. Mientras no se comprenda que la producción nacional de las vacunas es un asunto de seguridad nacional –como es la producción de alimentos o la industria energética–, seguiremos dependiendo de las veleidades del mercado y veremos las consecuencias que todos, sin excepción, estamos padeciendo.

Una última reflexión: todas las vacunas aprobadas a la fecha han mostrado, en mayor o menor medida, disminuir la gravedad de los síntomas de la COVID-19 y, lo más relevante, reducir de forma importante la mortalidad. Sin embargo, hasta ahora ninguna vacuna ha demostrado de manera contundente reducir o detener el contagio o la transmisión del virus SARS-CoV-2. Este aspecto se debe seguir cuidadosamente durante los próximos meses, porque significa que no deben eliminarse las medidas de contención, como la distancia segura, el lavado de manos y el uso correcto del cubrebocas, mientras no se tenga certeza de la eficacia de las vacunas para detener la transmisión de la infección.

Aunado a esto, es fundamental enfatizar que la protección no se consigue al día siguiente de aplicada la vacuna; tanto en las de una dosis como en las de dos dosis, la protección se alcanza después de al menos dos semanas de tener el esquema completo de vacunación. Por esta razón, las personas que han recibido la vacuna deben mantener todas las medidas de precaución desde el día cuando recibieron la primera dosis hasta al menos dos semanas después de haber completado su esquema. La percepción falsa de seguridad que tienen las personas vacunadas puede costarles una enfermedad grave, o incluso la muerte, si no toman todas las precauciones y siguen al pie de la letra las indicaciones del personal de salud. No sólo es por su bienestar personal, sino en beneficio de toda la comunidad.

Leopoldo Santos Argumedo

Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional.

lesantos@cinvestav.mx

Referencias específicas

- CanSinoBIO (2021), “NMPA Accepts the Application for Conditional Marketing Authorization of CanSinoBIO’s COVID-19 Vaccine Convidencia™”. Disponible en: <<http://www.cansinotech.com/html/1///179/180/651.html>>, consultado el 1 de junio de 2021.
- CDC (2021), “Vacunas contra el COVID-19 para niños y adolescentes”. Disponible en: <<https://espanol.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/vaccines/recommendations/adolescents.html>>, consultado el 31 de mayo de 2021.
- FDA (2020), “Explicación de la Autorización de Uso de Emergencia para las Vacunas”. Disponible en: <<https://www.fda.gov/vaccines-blood-biologics/vaccines/explicacion-de-la-autorizacion-de-uso-de-emergencia-para-las-vacunas>>, consultado el 31 de mayo de 2021.
- Instituto Nacional del Cáncer (2021), “Adenovirus”. Disponible en: <<https://www.cancer.gov/espanol/publicaciones/diccionarios/diccionario-cancer/def/adenovirus>>, consultado el 1 de junio de 2021.
- Keech, C. *et al.* (2020), “Phase 1-2 trial of a SARS-CoV-2 recombinant spike protein nanoparticle vaccine”, *N. Engl. J. Med.*, 383:2320-2332. Disponible en: <<https://doi.org/10.1056/NEJMoa2026920>>, consultado el 31 de mayo de 2021.
- Logunov, D. Y. *et al.* (2021), “Safety and efficacy of an rAd26 and rAd5 vector-based heterologous prime-boost COVID-19 vaccine: an interim analysis of a randomised controlled phase 3 trial in Russia”, *Lancet*, 397(10275):671-681. Disponible en: <[https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(21\)00234-8](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(21)00234-8)>, consultado el 1 de junio de 2021.
- Miranda, P. y A. Ortiz (2021), “México tardó 19 en responder ante coronavirus”, *El Universal*. Disponible en: <<https://www.eluniversal.com.mx/nacion/mexico-tardo-19-dias-en-responder-ante-coronavirus>>, consultado el 30 de mayo de 2021.
- OMS (2021a), “Draft landscape and tracker of COVID-19 candidate vaccines”. Disponible en: <<https://www.who.int/publications/m/item/draft-landscape-of-covid-19-candidate-vaccines>>, consultado el 1 de junio de 2021.
- OMS (2021b), “Recomendaciones provisionales sobre el uso de la vacuna AZD1222 (ChAdOx1-S [recombinante]) contra la COVID-19 desarrollada por la Universidad de Oxford y AstraZeneca”. Disponible en: <<https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/340943/WHO-2019-nCoV-vaccines-SAGE-recommendation-AZD1222-2021.1-spa.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>, consultado el 1 de junio de 2021.

- OMS (2021c), “Vacunas”. Disponible en: <<https://www.who.int/topics/vaccines/es/>>, consultado el 30 de mayo de 2021.
- Organización Panamericana de la Salud (2020), “Entender la infodemia y la desinformación en la lucha contra la COVID-19”. Disponible en: <<https://iris.paho.org/handle/10665.2/52053>>, consultado el 30 de mayo de 2021.
- Real Academia Española (2021), “Timo³”, *Diccionario de la Lengua Española*. Disponible en: <<https://dle.rae.es/timo?m=form>>, consultado el 30 de mayo de 2021.
- Sadoff, J. et al. (2021), “Interim Results of a Phase 1-2a Trial of Ad26.COV2.S Covid-19 Vaccine”, *N. Engl. J. Med.*, 384:1824-1835. Disponible en: <<https://doi.org/10.1056/NEJMoa2034201>>, consultado el 30 de mayo de 2021.
- Santos Argumedo, L. (2015), “¿Qué ocurre cuando el sistema inmune no funciona adecuadamente?”, *Ciencia*, 66(2):42-49. Disponible en: <<https://www.revista-ciencia.amc.edu.mx/index.php/vol-66-numero-2/613-que-ocurre-cuando-el-sistema-inmune-no-funciona-adecuadamente>>, consultado el 30 de mayo de 2021.
- Secretaría de Salud (2020), *Guía técnica para la aplicación de la vacuna BNT162b2 Pfizer/BioNTech contra el virus SARS-CoV-2*, México, Secretaría de Salud. Disponible en: <https://coronavirus.gob.mx/wp-content/uploads/2021/01/GuiaAplicacionVx_BNT162b_08Ene2021.pdf>, consultado el 1 de junio de 2021.
- Secretaría de Salud (2021a), *Guía técnica para la aplicación de la vacuna AZD1222 AstraZeneca contra el virus SARS-CoV-2*, México, Secretaría de Salud. Disponible en: <http://vacunacovid.gob.mx/wordpress/wp-content/uploads/2021/05/GTApp_AstraZeneca_110521.pdf>, consultado el 1 de junio de 2021.
- Secretaría de Salud (2021b), *Guía técnica para la aplicación de la vacuna Gam-COVID-Vac (SPUTNIK V), contra el virus SARS-CoV-2*, México, Secretaría de Salud. Disponible en: <http://vacunacovid.gob.mx/wordpress/wp-content/uploads/2021/05/GTApp_SputnikV_110521.pdf>, consultado el 1 de junio de 2021.
- Secretaría de Salud (2021c), *Guía técnica para la aplicación de la vacuna recombinante contra el nuevo coronavirus (Vector de Adenovirus tipo 5) de CanSino Biologics, contra el virus SARS-CoV-2*, México, Secretaría de Salud. Disponible en: <http://vacunacovid.gob.mx/wordpress/wp-content/uploads/2021/05/GTApp_CanSino_110521_.pdf>, consultado el 1 de junio de 2021.
- Secretaría de Salud (2021d), *Guía técnica para la aplicación de la vacuna Sinovac “SARS-CoV-2 (Células Vero) inactivada”, contra el virus SARS-CoV-2*, México, Secretaría de Salud. Disponible en: <http://vacunacovid.gob.mx/wordpress/wp-content/uploads/2021/05/GTApp_Sinovac_110521.pdf>, consultado el 1 de junio de 2021.
- Secretaría de Salud (2021e), “Información de la vacuna”. Disponible en: <<http://vacunacovid.gob.mx/wordpress/informacion-de-la-vacuna/>>, consultado el 30 de mayo de 2021.
- Secretaría de Salud (2021f), “Política nacional rectora de vacunación contra el SARS-CoV-2 para la prevención de la COVID-19 en México, versión 6.0”. Disponible en: <<http://vacunacovid.gob.mx/wordpress/documentos-de-consulta/>>, consultado el 30 de mayo de 2021.
- Secretaría de Salud (2021g), “Vacuna COVID-19 y embarazo”. Disponible en: <<http://vacunacovid.gob.mx/wordpress/vacuna-covid-19-y-embarazo/>>, consultado el 30 de mayo de 2021.
- Zhiwei, W. et al. (2021), “Safety, tolerability, and immunogenicity of an inactivated SARS-CoV-2 vaccine (CoronaVac) in healthy adults aged 60 years and older: a randomised, double-blind, placebo-controlled, phase 1/2 clinical trial”, *The Lancet Infectious Diseases*, 21(6):803-812. Disponible en: <[https://doi.org/10.1016/S1473-3099\(20\)30987-7](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(20)30987-7)>, consultado el 31 de mayo de 2021.



Luis Enrique Cabrera Quio, un joven estudiante de doctorado, investiga la función de una proteína para el **desarrollo embrionario**

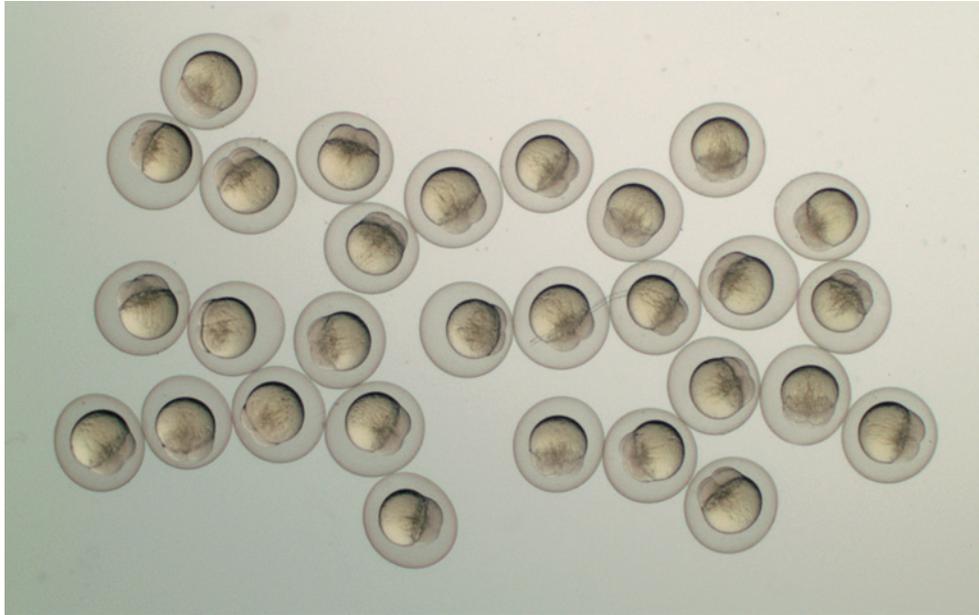
Desde mis inicios en la ciencia, he tenido una profunda fascinación por entender los mecanismos que controlan las etapas del desarrollo embrionario. ¿Cómo una sola célula, producto de la unión entre un óvulo y un espermatozoide, puede generar un organismo completo y tan complejo?

Mi interés por resolver esta pregunta me llevó a estudiar el doctorado en el Research Institute of Molecular Pathology (IMP), con el grupo de la doctora Andrea Pauli,¹ en Viena, Austria. Finalmente podría poner en práctica todo lo aprendido durante mi formación previa: estudié Ciencias Genómicas en la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), hice mi tesis de licenciatura en el Laboratorio Nacional de Genómica para la Biodiversidad (Langebio) con el doctor

¹ Véase: <<https://www.imp.ac.at/groups/andrea-pauli/>>.



Luis Enrique Cabrera Quio.



Ski7 mutante, 10X.

Stewart Gillmor y realicé una estancia de investigación en el Reino Unido. Luego, en el IMP, tuve la fantástica oportunidad de estudiar el desarrollo de embriones animales (en mi caso, del pez cebra, aunque el proceso es común para muchos más organismos). Aun cuando diversos estudios han intentado explicar lo que ocurre a nivel molecular durante la

embriogénesis, todavía quedan muchos mecanismos por descubrir.

Durante el doctorado, me enfoqué en el estudio de una proteína antes no descrita en los organismos vertebrados: superkiller 7 (Ski7). A partir de estudios en levaduras (organismos frecuentemente usados en la investigación) se ha revelado que Ski7 remue-



Ski7 mutante, 50X.

ve moléculas que ya no se necesitan en las células. Dichas moléculas, denominadas ARN, sirven como intermediarias entre el ADN (información genética) y las proteínas (las encargadas de la función). De esta manera, los ARN sirven como una plantilla para producir proteínas, y la función de Ski7 es asegurar que dichos ARN dejen de existir y, por lo tanto, las proteínas provenientes de ellos dejen de producirse.

A pesar de su importancia a nivel molecular, poco sabíamos sobre la existencia de Ski7 en diversos organismos. No obstante, con la ayuda de Alex Schleiffer, un experto en análisis de datos en el IMP, pudimos encontrar que Ski7 también está presente en el pez cebra y en muchos otros animales. Para nuestra sorpresa, la cantidad de Ski7 durante la embriogénesis era muy alta, en comparación con los niveles en otras etapas de la vida del pez cebra. Así, nos dimos a la tarea de investigar su función durante los estadios tempranos del desarrollo (Cabrera y cols., 2021).

La manera más efectiva para encontrar cuál es la actividad de un gen es removiéndolo del ADN y observando qué funciones dejan de realizarse en el organismo. Gracias a las tecnologías de edición genética, como CRISPR/Cas9, logamos remover parte del gen que codifica para Ski7 en el pez cebra, y así eliminar su función. De manera interesante, los embriones genéticamente editados (mutantes) no presentaron ningún defecto durante su desarrollo embrionario; sin embargo, descubrimos que muchos huevos producidos por las hembras mutantes no lograban desarrollarse ni formaban ningún embrión.

Por ello, dedujimos que la función de Ski7 en los peces cebra podría ser necesaria durante la formación de los huevos. Para resolver esta cuestión, aplicamos un enfoque de secuenciación masiva (secuenciación de ARN), que nos permitió identificar

los ARN presentes durante la formación de huevos y embriones, para hacer comparaciones entre embriones mutantes y no mutantes. Este experimento nos sirvió para mostrar que los huevos y embriones sin Ski7 acumulaban cientos de ARN y proteínas que normalmente están ausentes en embriones no editados genéticamente.

Por otra parte, una vez que identificamos los ARN afectados, decidimos averiguar por qué permanecían en los embriones mutantes y descubrimos que varios de estos ARN ayudan a la creación de proteínas que funcionan en respuesta al estrés. Entonces, sometimos a los embriones a pruebas de estrés (no, no con exceso de trabajo, sino con tratamientos de sustancias que afectaran el agua donde crecían). Para nuestra sorpresa, los embriones mutantes sobrevivieron mejor a las condiciones de estrés, en comparación con los embriones no mutantes, posiblemente debido a la contribución de los ARN acumulados en ausencia de Ski7 (huevos y embriones mutantes).

En resumen, durante el doctorado tuve la grata experiencia de identificar que Ski7, una proteína previamente “escondida” en el genoma de los organismos vertebrados, es muy importante en la generación de huevos y para el desarrollo embrionario. Aun así, muchas preguntas siguen en espera de ser resueltas y yo estoy ansioso por descubrir nuevos mecanismos que controlan la función de seres tan diminutos durante el desarrollo embrionario.

Referencia

Cabrera Quiro, L. E., A. Schleiffer, K. Mechtler y A. Pauli (2021), “Zebrafish Ski7 tunes RNA levels during the oocyte-to-embryo transition”, *Plos Genetics*. Disponible en: <<https://doi.org/10.1371/journal.pgen.1009390>>, consultado el 20 de junio de 2021.

José Eduardo González Reyes

Desde las redes

Un nuevo dinosaurio mexicano



Figura 1. *Tlatolophus galorum*. Crédito: Luis V. Rey.



Figura 2. Cráneo del *Tlatolophus galorum*. Crédito: INAH.

Más información

Ramírez-Velasco, A. A. *et al.* (2021), “*Tlatolophus galorum*, gen. et sp. nov., a parasaurolophini dinosaur from the upper Campanian of the Cerro del Pueblo Formation, Coahuila, northern Mexico”, *Cretaceous Research*, 126:104884.

En un cuerpo de agua lleno de sedimentos murió un dinosaurio herbívoro y fue cubierto rápidamente por la tierra. Este evento ocurrió hace 72 millones de años en la actual región del Ejido Guadalupe Alamos, en Coahuila, México. En 2013, los vestigios de este acontecimiento fueron encontrados por un grupo de investigadores del Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH) y de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

Durante la excavación fue posible recuperar la cola semiarticulada, el cráneo y otros restos óseos del ejemplar, que tendría un largo de entre 8 y 12 metros. Con ello se ha definido un nuevo género y una nueva especie de dinosaurio mexicano, bautizada con el nombre científico *Tlatolophus galorum*.

El nombre del género viene del nahuatl *tlahtolli*, que significa “palabra”, y del griego *lophus*, “cresta”, por lo que su traducción es “cresta palabra”. Esta composición hace referencia a la forma de la cresta de este dinosaurio, que es similar a la vírgula, un símbolo usado por los pueblos mesoamericanos para representar la comunicación y el saber.

Se cree que la cresta pudo haber sido usada para emitir sonidos, ya que tiene numerosos pasajes internos y conexiones con la nariz y la tráquea, por lo que habría funcionado como una especie de trompeta integrada. De esta manera, al emitir sonidos de baja frecuencia, los dinosaurios de esta especie podrían comunicarse entre ellos y producir sonidos fuertes para ahuyentar a sus depredadores o usarlos con fines reproductivos. Esto último sugiere que además las crestas podrían haber tenido colores vistosos.

Por otra parte, el nombre de la especie, *galorum*, hace homenaje con el vocablo *ga* al filántropo Jesús Garza Arocha, enlace entre la comunidad y los investigadores del INAH y la UNAM; y *lorum*, designado para reconocer el apoyo que la familia López brindó al equipo de paleontólogos durante todo el trabajo de campo.

¿Adiós a los arrecifes?

En 2016, la Organización de las Naciones Unidas informó que 70% de los arrecifes de coral de la Tierra estaban amenazados: 20% ya estaba destruido sin esperanza de recuperación, 24% corría riesgo inminente de colapso y 26% estaba en riesgo por amenazas a largo plazo.

Además de ofrecer un hogar y ser parte crucial en los ciclos de vida de cientos de especies marinas, los arrecifes de coral brindan múltiples beneficios a la humanidad, como ser barreras naturales durante tempestades como huracanes o ciclones.

Un grupo de investigadores del Centro Nacional de Ciencias Marinas de la Universidad de Southern Cross, en Australia, realizó un estudio de revisión con el fin de calcular la posible fecha en la que podríamos ver un crecimiento nulo de estos ecosistemas. La estimación se basó en los diversos cambios a los que se enfrentan los arrecifes en la actualidad, así como en los registros que se han acumulado en el pasado.

Para ello, analizaron 116 estudios que cuantificaban la calcificación de los arrecifes de coral en diversos lugares del mundo entre 1971 y 2019. La calcificación es el proceso por medio del cual los arrecifes incorporan carbonato de calcio a sus estructuras para crecer. Una tasa positiva de calcificación indica que los corales continúan creciendo, mientras que una tasa negativa es señal de que los corales se están disolviendo. De acuerdo con el análisis, al ritmo actual de disminución de las tasas de calcificación –que en promedio es de 4.3% cada año– los arrecifes de coral dejarán de calcificarse alrededor de 2054.

Más información

Davis, K. L. *et al.* (2021), “Global coral reef ecosystems exhibit declining calcification and increasing primary productivity”, *Communications Earth & Environment*, 2:105.



Gran Barrera de Coral en Australia. Crédito: Pixabay.

Ciudadanos descubren exoplanetas

Dieciséis científicos ciudadanos se unieron como coautores en un reciente artículo publicado en el *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, tras haber descubierto patrones en los datos recopilados por el Satélite de Sondeo de Exoplanetas en Tránsito (TESS, por sus siglas en inglés). Éstos indican la presencia de dos exoplanetas que orbitan la estrella enana HD 152843, ubicada a 352 años luz de distancia de la Tierra. Los coautores participan en el proyecto de ciencia ciudadana Planet Hunters, liderado por la Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio (NASA) mediante el portal Zooniverse desde 2018, cuando TESS comenzó a enviar sus primeros datos.

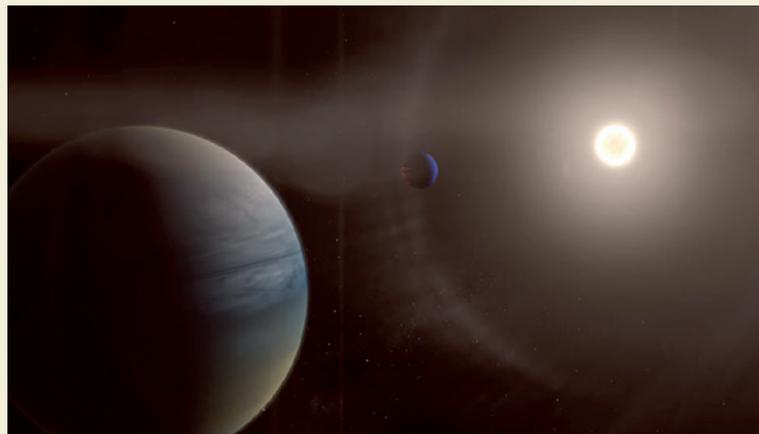
Los proyectos de ciencia ciudadana son iniciativas en las que personas no especializadas en temas científicos pueden aportar datos a investigaciones científicas, pero también analizarlos e incluso poder participar en la elaboración de los protocolos de investigación y en la publicación de los resultados. En este proyecto en particular, los voluntarios observaron gráficos que muestran el brillo de diferentes estrellas a lo largo del tiempo. El objetivo es detectar cuál de esas gráficas muestra una breve caída en el brillo de la estrella y luego una oscilación hasta el nivel original. Esto puede suceder cuando un planeta cruza frente a su estrella, por lo que bloquea un poco la luz; este fenómeno es conocido como tránsito planetario.

En el caso de la estrella del estudio, los científicos ciudadanos observaron un diagrama que mostraba su brillo durante un mes de observaciones del TESS. La curva de luz enseñó tres caídas distintas, lo que significa que al menos un planeta podría estar orbitando la estrella. Los dieciséis científicos ciudadanos que observaron esta curva de luz señalaron tránsitos de al menos dos planetas diferentes. Luego de varios análisis realizados por astrónomos de la Universidad de Oxford, se confirmó que estas observaciones corresponden a dos exoplanetas, y se pudo definir que ambos son gaseosos y demasiado calientes para que existan posibilidades de vida tal y como la conocemos. El primero es del tamaño aproximado de Neptuno y completa una órbita alrededor de su estrella en unos 12 días. El segundo es 5.8 veces más grande que la Tierra y su periodo orbital es de entre 19 y 35 días.

En el futuro próximo, gracias a la puesta en órbita del telescopio espacial James Webb de la NASA, se podrá estudiar con gran precisión la composición de las atmósferas de éstos y otros exoplanetas. Para participar en este proyecto de ciencia ciudadana se puede visitar el siguiente sitio web: <www.zooniverse.org>.

Más información

Eisner, N. L. *et al.* (2021), "Planet Hunters TESS III: two transiting planets around the bright G dwarf HD 152843", *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 505(2):1827-1840.



Representación artística de los dos planetas gaseosos que orbitan la estrella brillante HD 152843. Crédito: Scott Wiessinger/NASA.

En nuestro próximo número
octubre-diciembre de 2021:

Desastres



Coordinación de la
Investigación Científica UNAM

