



FORMAS INCLUYENTES PARA ENTENDER Y DIVULGAR LA CIENCIA

Volumen 1: Temáticas generales para la divulgación científica incluyente

Victoriano Gabriel Covarrubias Salvatori
Teresita del niño Jesús Carrillo Montoya
María Luisa Urrea Zazueta
Abel Antonio Grijalva Verdugo

Coordinación



Gobierno de Puebla
Hacer historia. Hacer futuro.



**Secretaría
de Educación**

CONCYTEP
Consejo de Ciencia
y Tecnología del Estado
de Puebla

FORMAS INCLUYENTES PARA ENTENDER Y DIVULGAR LA CIENCIA

Volumen 1:

Temáticas generales para la
divulgación científica incluyente



Gobierno de Puebla
Hacer historia. Hacer futuro.



**Secretaría
de Educación**

CONCYTEP
Consejo de Ciencia
y Tecnología del Estado
de Puebla

Estimadas y estimados:

La presente colección titulada “*Formas Incluyentes para entender y divulgar ciencia*” es resultado de la primera edición de la convocatoria la que lleva el mismo nombre de la obra y mediante la cual, en concordancia con el plan nacional y estatal de desarrollo, se convocó a investigadoras, investigadores, divulgadoras, divulgadores y profesionales de distintas áreas de conocimiento que buscan promover la construcción de redes interdisciplinarias en beneficio de la sociedad poblana. Al plasmar metodologías, reflexiones, experiencias e ideas desde la perspectiva incluyente se busca divulgar el conocimiento de las *humanidades*, la *ciencia*, la *tecnología* y la *innovación*.

A través de los 28 escritos presentados en dos tomos, se expone la importancia de explorar y fortalecer estrategias en torno a la comunicación pública del conocimiento con el fin de fomentar la Apropiación Social y el Acceso Universal del Conocimiento en los distintos sectores sociales. La publicación de este libro es de libre acceso, lo cual refleja el compromiso del Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Puebla de generar espacios y documentar estrategias para la difusión y divulgación de conocimiento con una perspectiva incluyente y derechos humanos en el estado.

A todas y todos los que participaron en esta importante dinámica, mi más sincero agradecimiento y reconocimiento, con la confianza que la publicación fomentará la divulgación del quehacer científico en el estado de Puebla, derivando en proyectos con un impacto interdisciplinario.

Dr. Victoriano Gabriel Covarrubias Salvatori

Miguel Barbosa Huerta

GOBERNADOR CONSTITUCIONAL DEL ESTADO DE PUEBLA

María del Rosario Orozco Caballero

PRESIDENTA DEL SISTEMA ESTATAL PARA EL DESARROLLO INTEGRAL DE LA FAMILIA

Ana Lucia Hill Mayoral

SECRETARIA DE GOBERNACIÓN DEL ESTADO DE PUEBLA

Melitón Lozano Pérez

SECRETARIO DE EDUCACIÓN DEL ESTADO DE PUEBLA

Sergio Salomón Céspedes Peregrina

PRESIDENTE DE LA JUNTA DE GOBIERNO Y COORDINACIÓN POLÍTICA
H. CONGRESO DEL ESTADO LIBRE Y SOBERANO DE PUEBLA

Héctor Sánchez Sánchez

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL SUPERIOR DE JUSTICIA DEL ESTADO DE PUEBLA

Victoriano Gabriel Covarrubias Salvatori

DIRECTOR GENERAL DEL CONSEJO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DEL ESTADO DE PUEBLA

Maricruz Vázquez Bañuelos

RESPONSABLE DEL ÁREA DE PUBLICACIONES

Teresita del niño Jesús Carrillo Montoya

María Luisa Urrea Zazueta

Abel Antonio Grijalva Verdugo

COMITÉ EVALUADOR

Luis Gerardo Aguirre Ridríguez

DISEÑO EDITORIAL

Abigaíl Ramírez Beltrán

DISEÑO DE PORTADA

Eduardo Jáuregui Sainz de Rozas

María Angélica Hernández Hernández

REVISOR DE ESTILO

ISBN OBRA COMPLETA: 978-607-8839-71-1

ISBN VOLUMEN: 978-607-8839-72-8

CÓDIGO IDENTIFICADOR CONCYTEP: C-L-2022-09-54

MÉXICO, 2022

Publicado por el Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Puebla (CONCYTEP) B Poniente de la 16 de Sept. 4511, Col. Huexotitla, 72534. Puebla, Pue.

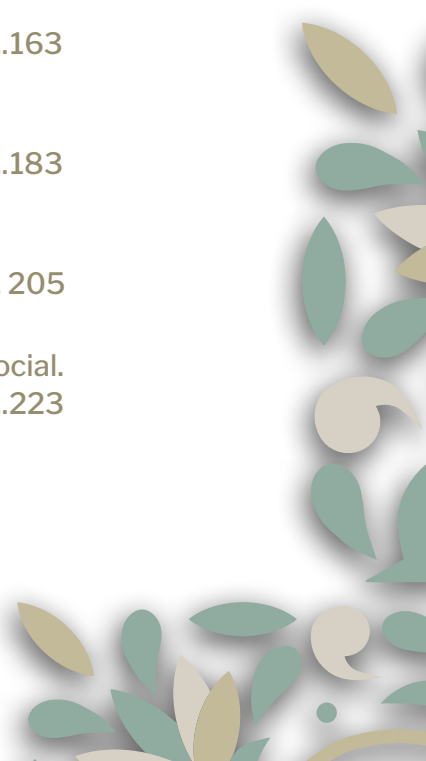
La presente obra es resultado de la primera edición de la convocatoria: Formas Incluyentes para Entender y Divulgar Ciencia realizada en agosto de 2021 por el Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Puebla (CONCYTEP).

La dictaminación previa de este trabajo fue realizada de manera externa por expertas y expertos en la materia.

La información contenida en este documento puede ser reproducida total o parcialmente por cualquier medio, indicando los créditos y las fuentes origen respectivas. Los artículos publicados son responsabilidad de las y los autores por lo que el contenido no refleja necesariamente el punto de vista del CONCYTEP.

Contenido

• Augusta Ada Byron y su contribución a la programación.....	1
• Características biológicas de los virus pandémicos	17
• Análisis de las estrategias para investigar y entender la educación mediática en el contexto educativo mexicano	31
• La divulgación científica: obstáculos del derecho humano a la ciencia en las comunidades rurales.....	47
• Del papel y la charla a la web 2.0: medios y formatos de divulgación del conocimiento en ciencias sociales y humanidades.....	61
• Fundamentos teóricos para integrar un modelo incluyente de divulgación científica	79
• Calidad en la educación o educación inclusiva de calidad.....	95
• Representación de las mujeres de la Cooperativa Tosepan Siuamej desde el enfoque de género para la divulgación agrícola ambiental y el desarrollo sustentable.....	113
• Vocaciones científicas en jóvenes y mujeres mexicanas	131
• Impacto del uso de los sensores de gas en la sociedad	145
• Hidroxiapatita: desde el hueso hasta el aire	163
• Metodología para implementar procesos de biorrefinería para el aprovechamiento integral de los recursos agrícolas	183
• Perspectiva de género para optimizar el desempeño de la comunidad universitaria en las ciencias naturales.....	205
• La producción y divulgación científica en las revistas mexicanas de Trabajo Social. Un análisis desde la mirada feminista y la perspectiva de género	223







AUGUSTA ADA BYRON Y SU CONTRIBUCIÓN A LA PROGRAMACIÓN

Claudia Gisela Espinosa Guia, Raciél Vásquez Aguilar

Introducción

La profesión de ingeniería tiene una historia de más de doscientos años de antigüedad. Con o sin instituciones de educación superior, las mujeres en la historia de la ingeniería lograron tener una formación enfocada, especializada, de calidad y con un objetivo específicamente profesional. Sin embargo, pocas fueron las que lograron destacar y que se les reconociera como ingenieras (Espinosa-Guia, 2021).

La intención de este capítulo es hacer visible a la primera programadora, segunda ingeniera y una de las mujeres más sobresalientes de la historia de las matemáticas. Así como mostrar las matemáticas y la programación desde otra perspectiva. Por ejemplo, fomentar la curiosidad, la importancia y el

origen de la programación en niñas y niños, teniendo como eje principal las aportaciones que dejó Ada Lovelace a la historia de la programación, la ingeniería y las matemáticas, mismas de las que aun no se le ha dado crédito.

El conocimiento de mujeres en la historia de las matemáticas es una alternativa positiva en los aprendizajes. La historia de las matemáticas, la ingeniería y las ciencias duras en general no se ha contado a través de las aportaciones de mujeres y solo han sido recordadas más por su posición social que como mujeres de ciencia, o peor aun, sus trabajos se atribuían a sus colegas varones, o publicaban bajo seudónimos como fue el caso de Ada King condesa de Lovelace.

Ada Lovelance fue encaminada al área de las matemáticas por su madre, una matemática

no reconocida. Entre las tutoras que recibió se encontraba la astrónoma y matemática Mary Somerville. Además del estudio con sus mentores, contaba con una gran biblioteca que le permitía la investigación de áreas de su interés. También estaba dotada en varias artes como la música; tocaba el arpa, el violín y el piano. Disfrutaba de las matemáticas y las cosas mecánicas. A los nueve años construyó sus propios barcos y botes de juguete.

A los dieciséis años, inspirada por el recién libro publicado de Mary Somerville en 1831 *The Mechanism of the Havens* sobre astronomía y matemáticas, Ada soñaba con convertirse en una matemática famosa como ella. A los 17 años estudiaba álgebra y astronomía por cuenta propia, así como ecuaciones diferenciales para lograr trabajar en la máquina de Babbage, la cual le abrió un lugar privilegiado en la historia de las computadoras.

El conocimiento que han dejado las mujeres a la ciencia sirve de modelo principalmente para niñas y mujeres que pudieran no tener motivación por estas áreas. Descubrir e investigar sobre la historia de las mujeres matemáticas es un buen pretexto para “hacer matemáticas en la clase de matemáticas”.

En este capítulo se proponen cinco temas. En los primeros cuatro: “Una breve historia”, “La primera programadora”, “Inspiración con Ada” y “Logros” se hace visible la vida académica, aportaciones y logros de Augusta Ada Byron, King, condesa de Lovelace. En el último tema “Hagamos destreza con Ada” se proponen cuatro actividades para trabajar en algún espacio educativo con la finalidad de mostrar las inspiraciones de Ada para la programación de la Máquina Analítica.

Una breve historia

Ada Lovelace, quien trabajó a partir de 1842 como autodidacta en el campo de la programación, nació en Inglaterra el 15 de enero de 1815. A los diecisiete años, inspirada por su amiga y mentora la también matemática Mary Somerville, que en ese entonces tenía treinta años, le aconsejó estudiar matemáticas. Cabe mencionar que la madre de Ada, Ana Isabel Milbanke, tenía una buena educación en matemáticas y astronomía y su intención fue que su hija no se interesara por el estudio de la literatura y las artes.

A los diecinueve años Lovelace se casó y en los siguientes años se convirtió en madre de tres hijos: Noel, Annabella y Ralph. Sin embargo, esto no la limitó para continuar con sus estudios. Consiguió con quién trabajar sobre sus ideas matemáticas y logró un reconocimiento en 1842 acerca de las ideas de Babbage, lo cual decía:

...las notas de la Condesa de Lovelace amplían unas tres veces la longitud de la memoria original ya que su autora conoce a perfección casi todas las cuestiones difíciles y abstractas relativas a este tema. Estas dos memorias conjuntamente proporcionan, a aquellos que son capaces de comprender el razonamiento, una demostración compleja de que todos los desarrollos y operaciones del análisis son ahora posibles de ser ejecutados por la máquina. (Tee, 1983, citado en Figueiras et al., 1998, p. 165)

...la característica que distingue a la máquina analítica es la inclusión de tarjetas perforadas, de los más complicados modelos de brocados. Al capacitar a los mecanismos para combinar entre sí símbolos generales en sucesiones de variedad y extensión ilimitadas, se establece un eslabón entre las operaciones materiales y los procesos mentales abstractos de la rama más teórica de la ciencia matemáticas. Se desarrolla un lenguaje nuevo, amplio y poderoso para su empleo futuro en el análisis, cuyas verdades se podrán manejar de modo que su aplicación sea más práctica y precisa para la humanidad de lo que hasta ahora han hecho las medidas a nuestro alcance (Silvan, 1994, citado en Figueiras et al., 1998, p. 165)

Ada publicó su aportación a la máquina de Babbage en 1843 en el *Taylor's Scientific Memoirs*. Sin embargo, murió el 23 de noviembre de 1952 a los treinta y seis años, y su memoria fue olvidada hasta que los ordenadores fueron reinventados durante la Segunda Guerra Mundial. Fue hasta 1977 que la historia la reconoció como la precursora de la programación de computadoras.

La primera programadora

De acuerdo a las ideas del siglo XVII, una máquina analítica capaz de almacenar mil números de cincuenta cifras tendría que ser enorme. En Londres, en plena Revolución Industrial (siglo XIX), con sus conocimientos en matemáticas y una gran mente creativa, Ada escribió un algoritmo que lograría

que la máquina de Babbage hiciera cálculos sin necesidad de la intervención humana, o sea, el primer programa informático de la historia.

Ada se convierte en la precursora de la informática al describir un lenguaje de programación en una época en la que aun no existían las computadoras, donde solo se imaginaban máquinas muy grandes para construir o hacer cosas. Sus aportaciones llevaron al desarrollo de instrucciones que permiten realizar cálculos en la versión rudimentaria de lo que hoy se conoce como computadora.

Los estudios previos en matemáticas le permitieron deducir y prever la capacidad de las computadoras, que en aquel entonces eran llamadas “máquinas analíticas”, para seguir más allá de los simples cálculos numéricos (Adelantado, 2011). La máquina analítica que podría programarse con tarjetas perforadas y dispondría de áreas separadas para el almacenamiento de números y para el cálculo tuvo grandes aportaciones de Ada Lovelace.

En 1843, Ada escribió un artículo en el que se incluían demostraciones de cómo calcular funciones trigonométricas con variables, y los programas necesarios para que la máquina analítica los hiciese funcionar. Lo que vio Lovelace fue que ese número podría representar cantidades distintas además de una cantidad. Por ejemplo, se podrían manipular números, y esos números representar otras cosas: letras, notas musicales. La máquina podía manipular símbolos, siendo por regla solo los números. Esto no es más que la transición fundamental del cálculo al cómputo, computación de propósito general y la informática moderna.

Lovelace enfatizó la diferencia entre el motor analítico y las máquinas del cálculo previas, en particular su capacidad de ser programado para resolver problemas de cualquier complejidad. En sus notas escribió: “La máquina analítica podría actuar sobre otras cosas además del número. Se encontraron objetos cuyas relaciones fundamentales mutuas podrían ser expresadas por las de la ciencia abstracta de las operaciones, y que también deberían ser susceptibles de adaptaciones a la acción de la notación operativa y el mecanismo del motor. Por ejemplo, si las relaciones fundamentales de los sonidos en la ciencia de la armonía y de la composición musical fueran susceptibles de tal expresión y adaptaciones, el motor podría componer piezas de música elaboradas y científicas de cualquier grado de complejidad o medida” (Museo Nacional de Ciencias Naturales, 2020).

Luigi Menabrea, matemático e ingeniero italiano, escribió un artículo en francés en la revista *Taylor's Scientific Memoirs*, en el que describe la máquina de Babbage. Ada al traducirlo comenzó al mismo tiempo a trabajar en un apéndice al que llamó “notas”. Decidió clasificarlas utilizando varias secciones identificadas por letras de la A a la G. La más destacada de sus notas fue la última. En ella describe un procedimiento que indicaba los cálculos que debería llevar la máquina analítica para obtener los *números de Bernoulli*: valores que forman una sucesión de números racionales importantes en la Teoría de números y especializada en el estudio de las características de los propios números. Creó una serie ordenada de pasos que permitían calcular cualquier número de Bernoulli valiéndose de la máquina de Babbage, aunque no se preocupó por la eficiencia del procedimiento, sino por su factibilidad. Sus notas fueron lo más importante de ese artículo, pues describían el funcionamiento y la programación de la máquina analítica. Fue capaz de idear que la máquina pudiera programarse y reprogramarse para ejecutar diversas funciones. En palabras de Ada, la máquina analítica borda patrones algebraicos, al igual que el telar de Jacquard borda flores y hojas (Navarro, 2011).

Inspiración con Ada

La idea de Lovelace acerca de la aplicación de la programación a cualquier proceso basado en símbolos lógicos surge a partir de la observación sobre textiles. Debido a la situación de auge que se vivía en la época, su madre quiso que Ada conociera las ciudades más industrializadas de Inglaterra. Ello condujo a que conociera una máquina que en su funcionamiento se basaba en una serie de tarjetas perforadas y acomodadas de acuerdo a un patrón de diseño: flores y hojas.

Una de las innovaciones más importantes de la Revolución Industrial fue el desarrollo de los telares. En 1801 fue introducido en Francia el Telar de Jacquard por Joseph Jacquard. Su telar consistía en un sistema de tarjetas perforadas que determinaban la posición, atrás-adelante, del hilo de trama con respecto a la maquinación (procedimiento). Estando en posición, permite el paso de las aguas conectadas a los hilos correspondientes a las perforaciones, elevándolos para permitir el paso del instrumento. Cuando se completaba el movimiento utilizaba la siguiente tarjeta y se repetía el

movimiento, con lo cual se lograba un movimiento continuo de diseños exactos (Galindo, 2008)

En la ciudad, al observar el trabajo en los telares (Telares de Jacquard), le recordó cómo la máquina de Babbage usaba tarjetas perforadas para hacer cálculos. Ada aplica la idea de estas tarjetas como método de entrada de información e instrucciones a la máquina analítica. El conjunto de tarjetas perforadas se encargaría de las operaciones elementales, mientras que otro conjunto decidiría el orden y el momento en el que se aplicaría a determinadas funciones de cálculo. Introdujo una notación para escribir programas sobre la existencia de “ceros o estado neutro” en las tarjetas perforadas, siendo que las tarjetas representaban para la máquina de Babbage números decimales y no binarios. Llegó a idear procedimientos para darle la vuelta a las tarjetas usadas y reutilizarlas en las operaciones más sencillas y repetitivas. Este procedimiento estará relacionado con los bucles de un programa, creando así el concepto de subrutina (Navarro, 2011).

Las aportaciones de Ada sirvieron de base para científicos como Alan Turing y John Vonnn Newmann, matemáticos en el desarrollo de la moderna computadora electrónica digital, creadores del lenguaje llamado ADA, mismo que es utilizado en la industria aeroespacial, militar y nuclear.

Logros

El lenguaje de programación ADA, creado por el Departamento de Defensa de Estados Unidos de Norteamérica, fue nombrado así en homenaje a Ada Lovelace. El manual de referencia del lenguaje fue aprobado el 10 de diciembre de 1980, y el lenguaje computacional catalogado como MIL-STD-1815 (por su año de nacimiento) por el Ministerio de Defensa estadounidense fue bautizado como ADA.

En 1981, la Asociación de Mujeres en Informática inauguró su Premio Ada Lovelace. Desde 1998, la *British Computer Society* (B.C.S.) ha otorgado la Medalla Lovelace, y en 2008 inició una competencia anual para mujeres estudiantes. BCS Women patrocina el Coloquio Lovelace, una conferencia anual para mujeres universitarias. Ada College es una Universidad de Educación Superior en Tottenham Hale, Londres, centrada en las habilidades digitales.

La británica Suw Charman-Anderson es una destacada científica, se dedica a la organización del Día de Ada Lovelace, desde sus inicios en el 2009. Con el propósito de encontrar mujeres en el área de la tecnología, creó en el 2008 un blog sobre mujeres y tecnología. Recibió aportaciones de un gran número de mujeres en las áreas de ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM). Todas las aportaciones coincidían en que las mujeres en estas áreas están o se consideran invisibilizadas, y fue por ello que en 2009 decidió crear el Día de Ada Lovelace, siendo ahora una celebración mundial. El Día de Ada Lovelace se celebra cada año el segundo martes de octubre.

Hagamos destreza con Ada

Acercar a las niñas, niños, adolescentes y docentes a las matemáticas a través de otra mirada fuera del contexto del aula, enriquece los saberes y motiva a la investigación y creatividad de cada persona. Es por ello que se proponen algunas actividades para completar, enriquecer y visualizar a Augusta Ada Byron, King, condesa de Lovelace.

Actividad 1. La máquina diferencial

La máquina diferencial se puede ver como un predecesor de la calculadora. Hace operaciones básicas de aritmética. Su propósito principal era calcular funciones polinomiales como cuadrados o cúbicos mediante métodos basados en el cálculo de diferencias finitas. En estas funciones se ponen de manifiesto pautas cuando se consideran las diferencias entre valores sucesivos (Stewart, 2019). El proceso de diseño de un programa consta, entre otras cosas, de pasos o etapas: análisis y construcción de un algoritmo para codificarlo y convertirlo en lenguaje inteligible para las computadoras. Ada adaptó un sistema de tarjetas perforadas similares a las que un telar reproducía patrones de diseño con hilo, de esta manera fue capaz de realizar un programa algorítmico. Se propone trabajar algoritmos mediante el siguiente ejercicio:

Concepto: un algoritmo es aquel que está compuesto de instrucciones precisas y secuenciadas de tal manera que permita resolver un problema.

Ejercicio 1

Se da comienzo con los cubos de los números del 0 al 10. Complete la tabla:

A1	0	1x1x1	2x2x2	3x3x3	4x4x4	5x5x5	6x6x6	7x7x7	8x8x8	9x9x9	10x10x10
B1	0	1	8	27	64	125					

Ahora se hacen las diferencias entre los resultados de la tabla anterior. Completa la tabla:

A2	1-0	8-1	27-8	64-27	125-64	216-125	343-216	512-343	729-512	1000-729
B2	1	7	19	37	61	91				

Se hace por segunda ocasión las diferencias (también llamadas segundas diferencias) respecto a la tabla anterior. Completa la tabla:

A3	7-1	19-7	37-19	61-37	91-61	127-91	169-127	217-169	271-217
B3	6	12	18	24	30	36			

Análogo a los procesos anteriores completa la siguiente tabla:

A4	12-6	18-12	24-18	30-24	36-30	42-36	48-42	54-48
B4	6	6	6	6	6			

Este patrón adquiere importancia al realizar el proceso inverso. Tal y como se muestra en la secuencia de flechas y direcciones de la siguiente figura, leyéndolo de abajo hacia arriba: de **B4** con **B3**; **B3** con **B2**; y **B2** con **B1**.

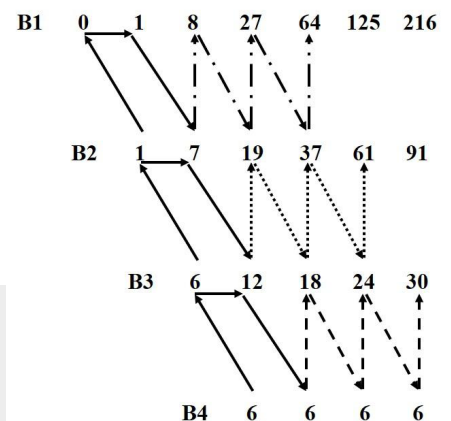


Figura 1

Elaboración propia con base en la observación de patrones de prendas elaboradas con telares.

Actividad 2. Encantadora de Números

Ada dominaba por intuición los más mínimos detalles. En 1843 Babbage la resumió así “Olvidad este mundo y todos sus problemas y a ser posible la multitud de: todo, en suma, menos la *Encantadora de Números*” (Stewart, 2019, p. 149).

Concepto: los números triangulares son una suma sucesiva de algunos números naturales. Por ejemplo:

$$2 + 1 = 3$$

$$3 + 3 = 6$$

$$4 + 6 = 10$$

Ejercicio 2

En términos de programación, los números triangulares se expresan como una secuencia. En cada nivel se agrega en la parte superior el resultado del nivel anterior, como se ilustra en la Figura 2.

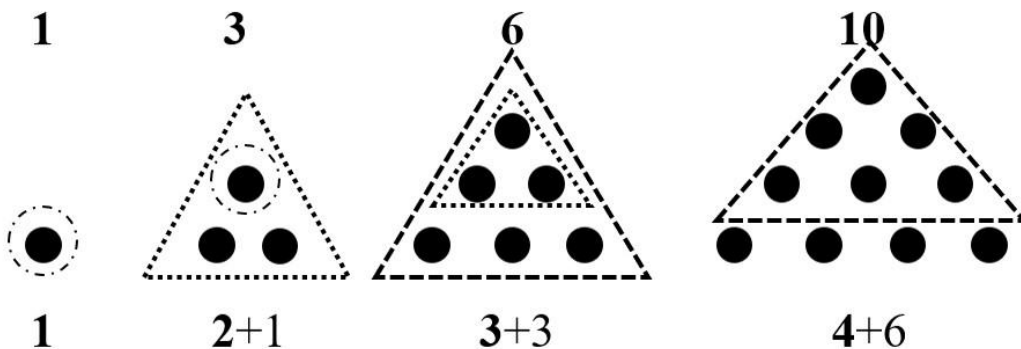


Figura 2. Elaboración propia con base en el análisis de la explicación previa.

Para calcular los números triangulares (T), se implementa la fórmula: $N + X = T$, donde N es un número natural.

El primer valor de X es 0, y en lo sucesivo tomará los valores de T. Por ejemplo:

$$1 + 0 = 1$$

$$2 + 1 = 3$$

$$3 + 3 = 6$$

Complete la tabla de los siguientes números triangulares y enseguida colóree, con colores primarios, el retrato de Ada Lovelace. La asignación de cada color se hace con base a la siguiente instrucción:

Números primos: color rojo

Números pares no primos: color azul

Números impares no primos: color amarillo

N	+	X	=	T	Número	Color
1	+	0	=	1	Impar	Amarillo
2	+	1	=	3	Primo	Rojo
3	+	3	=	6	Par	Azul
4	+	6	=	10	Par	Azul
5	+	10	=	15	Impar	Amarillo
6	+		=			
7	+		=			
8	+		=			
9	+		=			
10	+		=			
11	+		=			
12	+		=			
13	+		=			
14	+		=			
15	+		=			
16	+		=			
17	+		=			
18	+		=			

19	+		=			
20	+		=			

Cuadro 1. Secuencia de números triangulares

Los números que aparecen en el retrato y que no aparecen en la columna “T” pueden colorearse en color gris. Y los espacios en blanco que también aparecen en el retrato se mantienen igual.

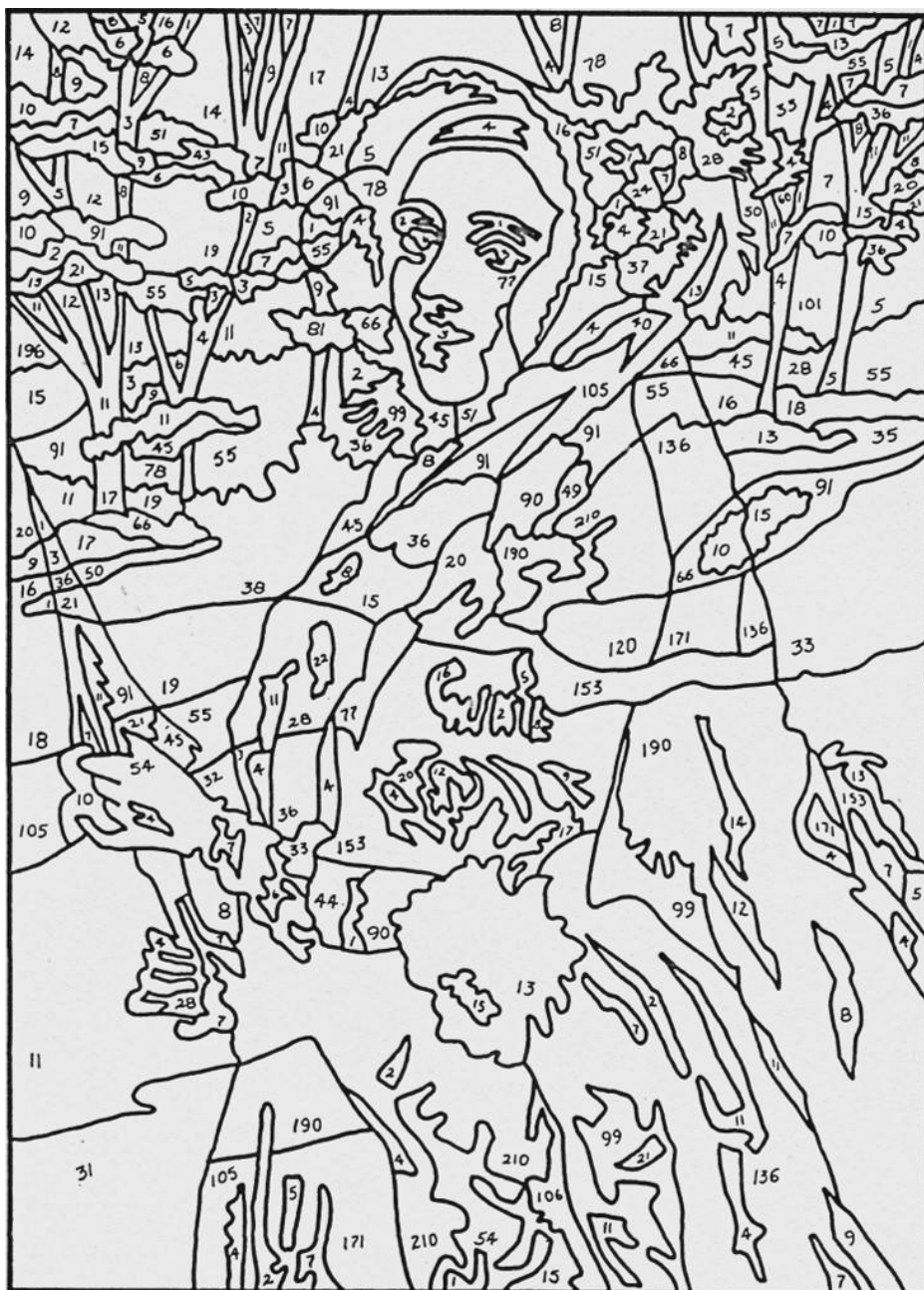


Imagen 2. Programación y arte con Ada.

Fuente: Dibujo de Analee Nunan, encontrado en Perl (1993).

Actividad 3 Puntos y líneas

Concepto: una ecuación en diferencias de primer orden es aquella que se genera al tomar la resta de dos valores consecutivos en una secuencia numérica.

Ejercicio 3.

Dado un conjunto de n puntos en una circunferencia hallar el número de segmentos que los unen sin importar si dichos segmentos se intersecan. Por ejemplo:

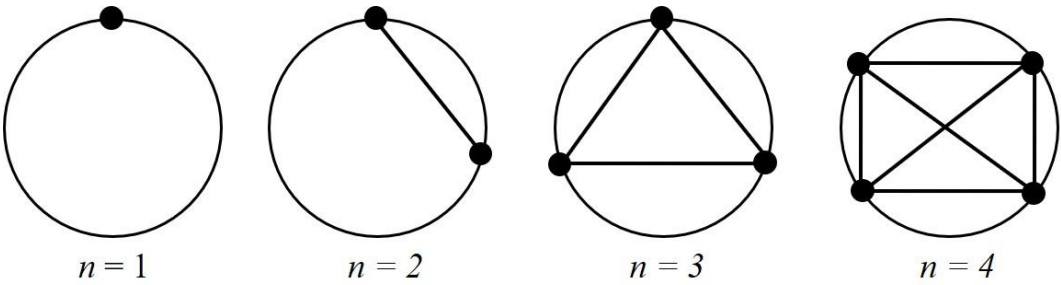


Figura 2. Elaboración propia con base en la creación de polígonos con secantes.

Complete la siguiente tabla *número de líneas*.

<i>N</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Líneas</i>	0	1	3	6						

Con los resultados de la tabla anterior completa la siguiente *tabla de diferencias*.

<i>Diferencia</i>	1 - 0	3 - 1	6 - 3			21 - 15			
<i>Resultado</i>	1	2	3						9

Con base en sus respuestas comente si encuentras alguna particularidad en los resultados de la *tabla de diferencias* con respecto a los resultados de la *tabla número de líneas*. ¿Existe un patrón de comportamiento en ambas tablas? ¿Cuál es el número de líneas si el número de lados es 20?

A continuación, se presenta una tabla de “segundas diferencias” que se construye con los resultados de la *tabla de diferencias*. Completa la tabla.

Segundas diferencias	2-1	3-2					8-7		
Resultado									1

¿Podría determinar un modelo que te ayude a calcular el número de líneas que se pueden trazar en la circunferencia para un número arbitrario (*natural*) de puntos sobre esta?

Después de haber completado las tres tablas, realice una conjetura de la forma analítica que genera la *Máquina de diferencias*.

Actividad 4. Un pasatiempo en *Solitario*

En 1803, el Solitario de 33 casillas formaba parte del catálogo de juegos de Bestelmeier, apellido de un vendedor alemán de juguetes de madera que se encajaban en forma de cruz, y durante el siglo XIX se extendió por todo el mundo. Ada Lovelace mantuvo con Babbage correspondencia hasta casi antes de su muerte en 1952 y en una de sus cartas le describe un juego de destreza (Navarro, 2011).

...Consta de un tablero octogonal, con 37 casillas y 37 fichas colocadas en cada casilla. Debe quitarse una ficha para poder comenzar, y entonces se salta y se come una ficha. Por ejemplo, si la ficha 19, la del centro, es la que quitamos en el primer momento, entonces la ficha 6 puede saltar sobre la 12 y colocarse en la casilla vacía 19, y la ficha 12 se retira del tablero. Las fichas solo se pueden mover saltando sobre otras, y siempre en ángulo recto, nunca en diagonal. El juego consiste en dejar únicamente una ficha en el tablero. Se puede jugar durante mucho tiempo, no tener éxito y dejar 3, 4, 5 o incluso más fichas que al no tener ninguna ficha vecina ya no pueden ni saltar, ni comer, ni retirarse del tablero...” (Figueiras et al, 1998, p. 169).

Ejercicio 4

Tome el tablero con tus fichas y sigue la instrucción que describe Ada Lovelace en su carta. Después, descubra que otros movimientos pueden lograrse para que sobre el tablero quede un mínimo de fichas.

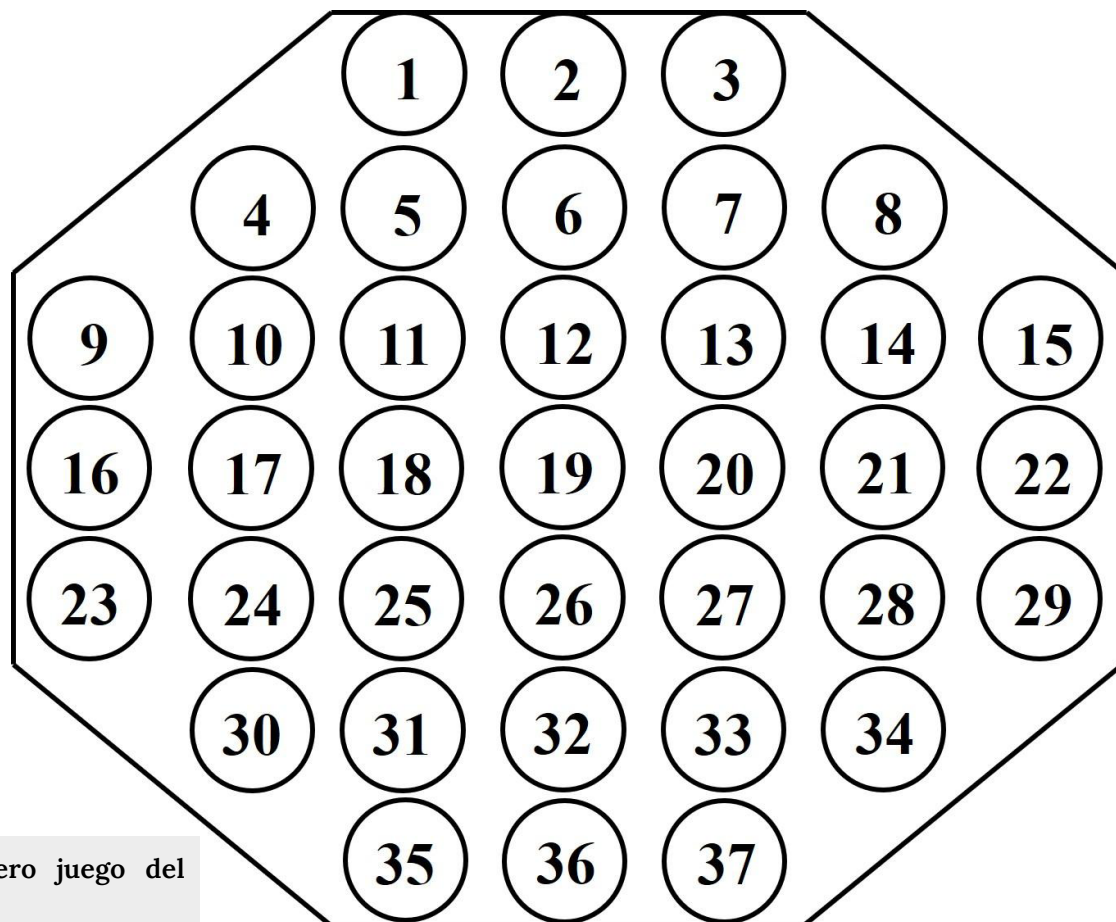


Figura 3. Tablero juego del solitario

Nota: Existen varias versiones del Solitario. Por ejemplo, en el solitario de 33 casillas se puede acabar siempre con una sola pieza al final, mientras que en el de 37 casillas ello no es posible (Las matemáticas del Solitario, 2020)

Reflexiones

La idea original que motivó a la creación de este capítulo, además de ser una herramienta para llevarla a espacios educativos, fue que las y los niños, adolescentes y adultos reconozcan que las mujeres en la historia de las ciencias dieron grandes aportaciones. Este capítulo está diseñado para contar

una historia de manera diferente sobre las mujeres, donde se resalten sus aportaciones y no solo contar fragmentos de su vida como anécdotas o datos curiosos. Augusta Ada Byron, King, condesa de Lovelace, nombres que recibe de acuerdo a cada capítulo de su vida personal, cultivó a la ingeniería de la programación junto a las matemáticas con hallazgos interesantes a través de la observación científica del funcionamiento de los telares de su época.

Referencias

- Adelantado, J. (2011). *Charles Babbage*. Consultado el 17 de septiembre de 2021. <https://histinf.blogs.upv.es/files/2011/11/Babbage.pdf>
- Espinosa-Guía, C. (2021). “45 mujeres ingenieras”. *Las Mujeres en la Enseñanza de la Ingeniería: relatos, reflexiones y experiencias en el ejercicio profesional*. (en prensa), México.
- Figueiras, L., Molero, M., Alcide, A. y Zuasti, N. (1998). *Género y Matemáticas*. Síntesis, España.
- Galindo, R. (2008). “La evolución tecnológica del telar”. *Revista Digital Universitaria*. 9(11). Pp. 1-13
- Museo Nacional de Ciencias Naturales. (2020). *Biografía de Ada Lovelace*. Consultado el 22 de julio de 2020. <https://www.mncn.csic.es/es/visita-el-mncn/biografia-de-ada-lovelace>
- Navarro, J. (2011). *Mujeres Matemáticas de Hipatia a Emmy Noether*. EDITEC, España.
- Perl, T. (1993). *Women and Numbers*. TETRA, EUA
- Stewart, I. (2019). *Mentes maravillosas*. CRÍTICA M.R., México.
- Las matemáticas del Solitario. (2020). <https://www.bbvaopenmind.com/ciencia/matematicas/mas-que-pasatiempo-matematicas-del-solitario/>

Semblanza autores

Claudia Gisela Espinosa Guia, es doctora y maestra en Ciencias con especialidad en Matemática Educativa por el Cinvestav-IPN. Especialista en Género en Educación por la UPN-Ajusco. Guía Montessori en Comunidad de Adolescentes por el Instituto Montessori Sin Fronteras-Chile. Pertenece al Registro de Especialistas en Estudios de Género y Feminismo REEGyF-UNAM y de la Sociedad Mexicana de Investigación y Divulgación de la Educación Matemática A.C. Sus líneas de investigación son Género, Educación y Matemáticas. Es investigadora y consejera en las instituciones: Wejen Kaje Indigenous Research Institute International A.C. y Potencializa Tu Capacidad De Aprender Sonriendo S.C.

Raciel Vásquez Aguilar es maestro en Ciencias con especialidad en Matemática Educativa por el Centro de investigación y estudios avanzados del Instituto Politécnico Nacional. Licenciado en matemáticas por la Universidad Veracruzana. Actualmente trabaja en la Coordinación de Matemáticas del Centro de Investigación y Docencia Económicas (CIDE). Dedicado a la docencia, impartiendo cursos de matemáticas para áreas de ciencias sociales a nivel licenciatura, maestría y doctorado.



CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS DE LOS VIRUS PANDÉMICOS

D. en C. William Toledo Rueda

Introducción

El 31 de diciembre del 2019 el Centro de Control de Enfermedades de China informó sobre la aparición de casos de neumonía atípica en la ciudad de Wuhan. Todas relacionadas con un mercado donde se comerciaba con especies marinas y silvestres. En enero del año 2020 se descubrió que el patógeno causante de esas infecciones era un virus hasta ahora desconocido para el humano. Fue llamado SARS-CoV-2 por su relación con un virus que había emergido 20 años antes llamado SARS-CoV. Este virus cambió la forma en que se ve al mundo, la forma en que las personas se relacionan unas con otras y con el medio ambiente. Este nuevo virus vino a desnudar las carencias políticas, sociales, económicas, científicas y médicas. Este capítulo tiene como finalidad

exponer las causas por la cual un patógeno desconocido puede infectar al humano; esas características biológicas fundamentales para que pueda saltar la barrera de la especie y transmitirse a una velocidad vertiginosa que complique su contención con medidas convencionales. Este capítulo también tiene como objetivo el incentivar la investigación de virus, ya que actualmente en el estado hay muy pocos científicos expertos en el campo. Igualmente para advertir que no va a ser la última pandemia que se va a experimentar como sociedad, aunque si se puede reducir el impacto de las pandemias futuras a través del poder de la información y su manejo responsable.

Las pandemias se definen como brotes a escala mundial de una enfermedad infecciosa, la cual puede estar causada por patógenos tan diversos como virus, bacterias,

parásitos y hongos. Dichas enfermedades infecciosas causan una alta tasa de morbilidad y mortalidad entre las personas susceptibles, se diseminan a diferentes zonas geográficas del planeta y tienen un impacto sanitario, social, económico y político. La aparición de pandemias en la historia de la humanidad no es algo nuevo (Pike *et al.*, 2010). Existen registros que las primeras civilizaciones de la historia sufrieron este tipo de eventos biológicos. La plaga de Antonino y Justiniano en la antigua Grecia (166-180 y 541-542 d. C, respectivamente) diezmaron la población del antiguo imperio romano. Por los relatos plasmados en documentos de la época y la descripción de los síntomas en algunas de las personas que padecieron esa plaga, se ha llegado a la conclusión que el patógeno causante fue la bacteria *Yersinia pestis*, causante de la peste bubónica o peste negra. Este último patógeno fue causante de la primera gran pandemia a escala mundial. Esta empezó en el año de 1346 y terminó en el 1352. Como las condiciones sanitarias en el siglo XIV no eran las más adecuadas, la población convivía con animales portadores de enfermedades como las ratas. Posteriormente, se descubrió que las pulgas que traían las ratas eran las portadoras de la letal bacteria. Actualmente se estima que en ese período fallecieron alrededor de cincuenta millones de personas solo en el continente europeo (Glatter *et al.*, 2021).

Otro patógeno que azotó a la humanidad fue el virus de la viruela. Este patógeno se conoce desde hace 10 000 años. Fue diseminado por los colonizadores europeos a todos los rincones del planeta. Este virus diezmo la población nativa del continente americano, ya que estos no tenían memoria inmunológica contra el virus. Este fue uno de los factores que influyó en la caída de las antiguas civilizaciones mesoamericanas. Con la aparición de las vacunas, este virus fue erradicado a finales de los años setenta (Riedel *et al.*, 2005).

A principios del siglo XX, en plena Primera Guerra Mundial (1914-1919), apareció una infección respiratoria que se conoce como gripe española. Aunque la primera infección apareció en Estados Unidos, la mayoría de la información sobre la enfermedad circuló en España debido a que era un país neutral en el conflicto bélico. El responsable de esta pandemia fue el virus de la influenza A, cuyas estimaciones indican que causó más de cincuenta millones de muertes a nivel mundial. No es la única pandemia causada por un virus de influenza. A través de la historia se han registrado tres pandemias causadas por este virus (1957, 1968 y 2009), aunque el número de muertes disminuyó drásticamente gracias a las medidas de contención adoptadas, como el uso de cubrebocas, vacunas, medicamentos, aislamiento, etcétera (Medina *et al.*, 2018).

Existen muchos factores que aumentan la probabilidad de que este tipo de eventos sucedan. El primero empezó cuando los humanos dejaron de ser nómadas y empezaron a crear asentamientos fijos. Con el tiempo, la migración de personas entre diferentes ciudades fue una constante en el desarrollo de las diferentes culturas. Actualmente el crecimiento de las manchas urbanas, la globalización, los viajes intercontinentales con fines turísticos y comerciales, la invasión de áreas naturales para la agricultura, el estrecho contacto con animales domésticos o de crianza como el ganado, la caza furtiva y el tráfico de animales silvestres, cambio climático y condiciones socioeconómicas son el detonante para la emergencia y reemergencia de enfermedades potencialmente infecciosas (Louten *et al.*, 2012).

La mayoría de las enfermedades infecciosas en humanos son de origen zoonótico, es decir, son patógenos que originalmente causan enfermedades en animales domésticos o silvestres, pero que, a través del contacto estrecho y continuo con el humano, cruzan la barrera de la especie, se adaptan y terminan causando enfermedades. Esto no significa que todos los patógenos de origen animal pueden infectar al humano. Tienen que cumplirse una serie de pasos para que la infección se mantenga por un tiempo prolongado (Figura 1).

El primero de estos pasos es la transmisión sostenida de humano a humano. Esto permite que el patógeno no sea reintroducido nuevamente por el animal portador. Un ejemplo de este tipo de procesos lo encontramos en el virus de la influenza A. Existen diversos subtipos del virus, pero actualmente solo tres se transmiten de humano a humano (H1N1, H1N1 pdm09 y H3N2), y son los causantes de las epidemias que se dan anualmente, mientras que los virus de influenza A de origen aviar (subtipos H5N1, H7N9, H6N1, H10N8, etc.) pueden transmitirse al humano a través del contacto cercano con aves migratorias o de corral, pero fallan al transmitirse de humano a humano; aunque estos últimos tienen una mayor virulencia y patogenicidad que los virus de origen humano (Rice P, 2009).

Existen otros patógenos que se han adaptado a humanos, pero no mantienen la transmisión de persona a persona. Para iniciar un ciclo infeccioso necesitan intermediarios secundarios. Estos pueden ser vectores artrópodos como las chinches, moscas, mosquitos, pulgas, garrapatas o algunos animales silvestres o domésticos como cerdos, aves de corral, roedores, primates, etc. En este grupo de patógenos se encuentran los protozoarios como *Leishmania spp.*, *Trypanosoma cruzi*, bacterias causantes de la peste bubónica y la tularia, virus como el dengue, fiebre amarilla y Nilo occidental (Beckham *et*

al., 2015). El siguiente paso importante es que el patógeno no se encuentre previamente circulando entre los humanos en condiciones normales, en palabras sencillas, que sea nuevo para el humano. Esto genera que el sistema inmunológico no tenga memoria del patógeno y la respuesta sea larga e ineficiente. En caso de que el patógeno haya estado circulando anteriormente, se denomina reemergencia, en este caso la respuesta del sistema inmune es más eficiente (Chaplin D, 2010).

Posteriormente, se espera que dicho microorganismo no tenga una alta tasa de letalidad, ya que esto implica que el hospedador se muera antes de transmitir el patógeno a otro organismo susceptible. Si esto se mantiene a través del tiempo el patógeno se va a quedar sin organismos susceptibles y va a desaparecer. Esto se evita a través de la adaptación del patógeno al organismo susceptible. Dicha adaptación implica la infección y transmisión, pero una tasa de letalidad baja (Didelot *et al.*, 2016). Por último, no debe haber vacunas disponibles contra este nuevo patógeno, así como fármacos o tratamientos. El cultivo en el laboratorio debe ser difícil para el personal de salud. Esto retrasará el desarrollo de sistemas de diagnóstico rápido y sensibles, así como sus respectivas vacunas y estrategias sanitarias de contención (Pollard *et al.*, 2021).

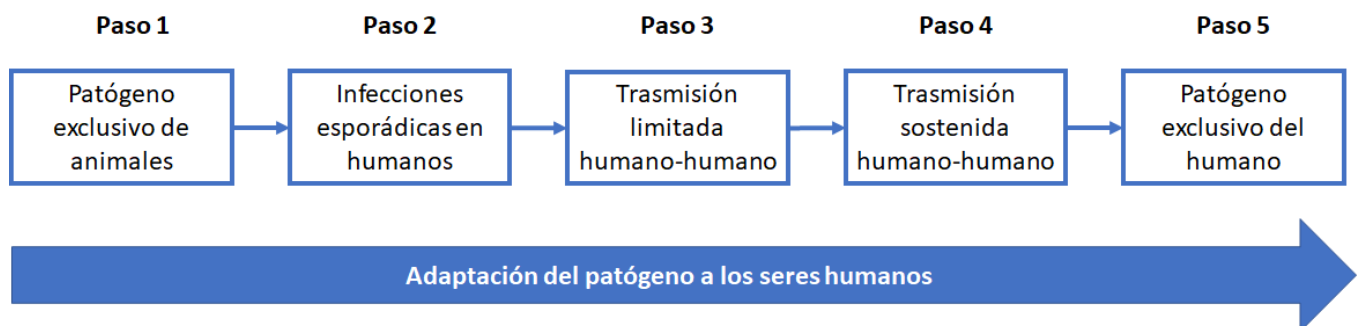


Figura 1. Pasos para la emergencia de patógenos zoonóticos y su adaptación a humanos. Se describe cuáles son los pasos que debe seguir un microorganismo para infectar al humano, adaptarse, mantenerse y transmitirse.

Patógenos

Históricamente las bacterias fueron los primeros patógenos en causar pandemias registradas por la humanidad. El ejemplo más representativo es la peste negra, causada por la bacteria *Yersinia pestis*. Con el advenimiento de la era de los antibióticos iniciada con el descubrimiento de las sulfonamidas

en 1935 y que estallara con el descubrimiento de la penicilina por parte de Alexander Fleming en 1942, se ha limitado el avance de este tipo de patógenos como amenazas de escala pandémica (Zaman *et al.*, 2017).

En comparación con los virus, las bacterias tienen una menor tasa de replicación, y por lo tanto una menor acumulación de mutaciones. Un ejemplo de lo anterior lo encontramos en el virus de la hepatitis C, el cual produce trillones de viriones a partir de una sola célula infectada, mientras que *Yersinia pestis* tiene una tasa de duplicación de 1.25 hrs (Tong *et al.*, 2016). No todo está en desventaja para las bacterias. Actualmente la sociedad se enfrenta a un problema sanitario serio. La aparición de bacterias multirresistentes a los antibióticos es una de las diez amenazas en este siglo para la humanidad según la Organización Mundial de la Salud. Por citar algunas superbacterias están las denominadas enterobacterias resistentes a carbapenémicos (CRE por sus siglas en inglés). Entre las causas de la emergencia de este tipo de patógenos se encuentran la falta de un diagnóstico puntual de la bacteria causante de la infección, esto lleva al abuso de los antibióticos denominados “de amplio espectro”, una dosificación de los mismos por debajo de la concentración terapéutica, y por último, y no menos importante, no terminar de manera correcta el tratamiento en los días establecidos. La diseminación de dichas bacterias para las cuales existen pocos antibióticos (como la colistina), amenaza la práctica de la medicina moderna, desde la quimioterapia para pacientes con cáncer, los trasplantes de tejido, las áreas de quirófano y medicina crítica, etc. Las desventajas de estas bacterias es que no pueden transmitirse de humano a humano a menos que sufran de algún tipo de inmunocompromiso o se encuentren hospitalizados, por lo que el riesgo al público en general es limitado (Peterson *et al.*, 2018).

Los hongos son los patógenos más exitosos fuera de las especies de mamíferos. Existen hongos como *Batrachochytrium dendrobatidis* causante de la fungemia quitrida, el cual ha puesto en riesgo a diferentes especies entre las que se encuentran las ranas, salamandras y serpientes. Una de las desventajas que tienen los hongos con respecto de otros patógenos es su restricción térmica, es decir, que no son capaces de proliferar a una temperatura de 37 °C (temperatura aproximada del cuerpo humano), aunque existen algunas especies que se han adaptado a la temperatura del cuerpo humano. Las infecciones fúngicas en humanos tienden a ser severas en pacientes con algún tipo de inmunocompromiso, estas entran dentro de un grupo de enfermedades llamadas “infecciones oportunistas”, a este grupo pertenecen *Candida albicans*, *Cryptococcus neoformans*, *Histoplasma capsulatum* y *Pneumocystis jirovecii*. El sistema inmune de una persona inmunocompetente responde

de manera efectiva a los hongos con los cuales tenemos contacto de manera diaria, esto por la innumerable cantidad de esporas que entran al sistema respiratorio a través del aire que respiramos. Es por esto que no hay rastro de una infección fúngica en este tipo de personas. En personas con algún tipo de inmunocompromiso, ya sea a causa de infecciones como el VIH, enfermedades crónicas como diabetes, o tratamiento con fármacos inmunosupresores, este tipo de fungemias pueden causar la muerte del paciente.

Uno de los brotes epidémicos más recientes causados por un hongo se dio en el año 2013 cuando la administración de metilprednisolona contaminada desde su producción industrial con el hongo *Exerohilum rostratum* resultó en casos de meningitis en personas que recibieron inyecciones de dicho medicamento. Sin la capacidad de adaptarse a esos cambios térmicos, los hongos no representan una amenaza directa al humano (Coonie *et al.*, 2008; Davis D, 2009).

Los priones, proteínas infecciosas potencialmente transmisibles, son responsables de diversas enfermedades en los humanos como la de Creutzfeldt-Jakob y Kuru, mientras que en otros mamíferos puede causar encefalopatía espongiforme bovina (mal de las vacas locas), *Scrappie* y enfermedad de desgaste crónico (enfermedad del ciervo zombi). Aunque suelen causar gran daño en las personas que sufren este tipo de enfermedades, su transmisión requiere condiciones específicas, algunas de ellas se asocian a consumo de carne contaminada, contaminación de material quirúrgico o canibalismo, por lo que tendría que haber una contaminación masiva del ganado para observar infecciones grandes por este tipo de proteínas (Scheckel *et al.*, 2016).

Los parásitos son un grupo de organismos dentro de los cuales se encuentran los protozoarios, los helmintos y los artrópodos, que por definición general necesitan de un huésped para poder sobrevivir, causándole daño a este último como resultado de esa relación de interdependencia. Los protozoarios, organismos eucariotas unicelulares, pueden jactarse de ser los únicos patógenos en causar la extinción de un mamífero: la rata de la navidad. El protozoario causante es el *Trypanosoma lewisi*. La mayoría de los protozoarios, helmintos y artrópodos están limitados geográficamente, otros son transmitidos por vectores. La mayoría de los parásitos pueden contenerse tomando medidas sanitarias relativamente simples y programas de erradicación de vectores, por lo que su potencial pandémico es limitado (Barret *et al.*, 2018).

Los virus en cambio, han sido catalogados dentro de los niveles más altos de riesgo pandémico. En primer lugar, los virus tienen una alta tasa de replicación, o sea, pueden producir millones y millones de partículas virales en cada ciclo replicativo (como en caso del virus de la hepatitis C), ¡en una sola célula! Otra de las “bondades” de los virus es su extraordinaria capacidad para mutar. Durante cada ciclo replicativo está generando mutaciones, algunas de las cuales les pueden conferir ventajas evolutivas como la adaptación a un nuevo huésped, evasión del sistema inmune o el salto de la barrera de la especie (Parvez *et al.*, 2017).

Dentro de todos los tipos de virus que se han descrito actualmente, existe un grupo que tiene atención especial por su potencial pandémico: los virus con material genético de ARN. Esta molécula es menos estable que el ADN, lo que le permite una mayor flexibilidad en términos genéticos. Esto no quiere decir que los virus de ADN no sean lo suficientemente peligrosos para el ser humano, siendo el caso más notable el virus de la viruela, causante de diversas pandemias a lo largo de la historia, así como de llevar al borde de la extinción a diversas poblaciones nativas. Lo que permitió la erradicación de este virus, en primera instancia, fue que su único hospedador es el humano, y en segundo, por la campaña mundial de vacunación organizada por la Organización Mundial de la Salud, lo que llevó a que el día 9 de diciembre de 1979 se declarara oficialmente erradicada la infección natural por este virus. Actualmente se encuentra en discusión si los ejemplares virales almacenados en laboratorios de máximo nivel de bioseguridad deben ser destruidos (Smith *et al.*, 2002).

Otra particularidad de los virus es su sitio de replicación. Algunos lo hacen en el citoplasma y otros en el núcleo de la célula que infectan. Los virus que se replican en el citoplasma tienen mayor probabilidad de generar pandemias, ya que al contrario de los virus que se replican en el núcleo de la célula, no tienen un tropismo específico por la célula. Aunque hay excepciones a la regla, el virus de la influenza A, aunque es un virus de ARN y se replica en el núcleo de la célula, eso no le ha impedido causar cuatro pandemias (tres en el siglo XX y una en el siglo XXI). Otro factor que puede incrementar el potencial pandémico de los virus es que algunos de ellos tienen genomas segmentados, lo que permite intercambiar segmentos entre virus diferentes. Esta ganancia de segmentos diferentes le puede conferir al virus ventajas evolutivas como la evasión del sistema inmune, la adaptabilidad a otro tipo de hospedadores, factores de virulencia, etcétera (Modrow *et al.*, 2013).

Transmisión

Los patógenos tienen diferentes vías de transmisión que van desde el contacto directo con un animal, persona infectada y/o sus fluidos corporales (sangre, semen, saliva), la ruta fecal-oral (maximizada por la falta de infraestructura sanitaria elemental como drenaje o agua potable entubada), vectores artrópodos (mosquitos, pulgas, garrapatas, chinches) y por último la vía aérea (*droplets*, partículas en aerosol, gotas de *flugge*) (Leung N, 2021) (Figura 2). Aunque las vías de transmisión son variadas y de todo tipo, estas varían en eficacia, ya que cada modelo cuenta con sus medidas de protección.

En el caso de los virus que se contagian a través de fluidos corporales como el VIH, el VPH y el VHB pueden ser contrarrestada con el uso de equipo de protección personal tales como guantes, lentes protectores, batas desechables, preservativos como los condones, así como evitar la reutilización de material punzocortante como agujas y navajas que haya estado en contacto con líquidos corporales de otras personas (Warnock *et al.*, 2011). Los virus que se transmiten por la ruta fecal oral como el virus de la hepatitis A, el virus de la poliomielitis y el enterovirus D68 pueden ser limitados con medidas higiénicas relativamente sencillas, entre las que se encuentran lavarse las manos con agua y jabón, desinfectar los alimentos antes de ser consumidos, hervir el agua antes de utilizarla, así como la implementación de infraestructura sanitaria mínima como el agua potable entubada y drenaje.

Los virus que utilizan vectores artrópodos para su transmisión como el virus del dengue, fiebre amarilla, Nilo occidental, Chikungunya y Zika se ven limitados por cuestiones medioambientales como la temperatura y la altura. La mayoría de los artrópodos vectores habitan en climas tropicales y subtropicales del planeta. En cuestión de altitud, algunos artrópodos voladores como los mosquitos (específicamente los géneros que transmiten estos virus como *Aedes aegypti*, *Anopheles spp* y *Culex pipiens*) no alcanzan más de los 2500 msnm, aunque cabe mencionar que el calentamiento global ocasionado por los humanos está expandiendo el territorio de estos artrópodos a zonas geográficas en la que hasta hace algunos años no se reportaban este tipo de infecciones (Warnock *et al.*, 2011).

Hasta el día de hoy solo hay un caso documentado en el que un mamífero haya sido llevado hasta la extinción por un patógeno transmitido por vectores. Es el caso de la rata de Maclear (*Rattus macleari*), un roedor de la isla de la navidad (situada en el Océano Índico). Estos fueron exterminados por un

protozoo del género *Trypanosoma*, el cual fue introducido a la isla por las ratas negras (*Rattus rattus*) que llegaron en los barcos de los primeros colonizadores europeos. Oficialmente, este roedor se declaró extinto en 1908 (Woinarski *et al.*, 2015).

Actualmente existen medidas de salud pública para controlar las poblaciones de vectores, entre las que destacan las fumigaciones de lugares de reproducción, el uso de repelentes, insecticidas, mosquiteros y campañas para evitar el almacenamiento de agua en los hogares. El método más eficiente para la transmisión de un virus con potencial pandémico es el que involucra las vías respiratorias, ya que las medidas de contención son más complejas y difíciles de implementar a nivel sanitario. El simple hecho de respirar, toser y estornudar representa una fuente de exposición importante. Existen muchos virus cuyo éxito radica en usar esta vía de transmisión. Entre ellos destacan los virus de la influenza A causante de diversas pandemias en el siglo XX (la gripe española de 1918, la gripe asiática de 1957, la gripe de Hong Kong de 1968) y XXI (gripe porcina del 2009); y los coronavirus causantes de brotes epidémicos (SARS-CoV y MERS-CoV) y pandémicos (SARS-CoV-2), el virus del sarampión, etc (Kutter *et al.*, 2018).

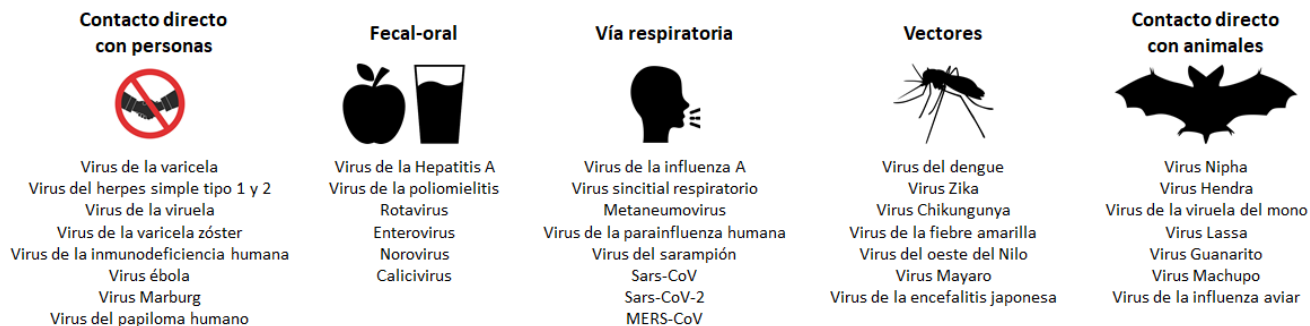


Figura 2. Formas de transmisión de los virus.

En la figura se esquematizan algunas de las vías de transmisión más utilizadas con los virus. Dentro del contacto directo con personas se incluyen, el contacto sexual, la transmisión vertical madre-hijo, contacto con fluidos corporales como sangre, acciones como saludar de beso, etc.

Patogenicidad

El inicio y la duración del periodo en el que una persona puede transmitir al patógeno es un determinante importante para su propagación. Existen algunos virus pertenecientes a la familia *Filoviridae* como los virus ébola y Marburg o a la familia *Arenaviridae* como los virus Lassa, Guanarito o

Machupo, en los cuales las personas son contagiosas en la etapa tardía de la infección, ya cuando se presentan los síntomas más graves de la infección, lo cual dificulta su transmisión (Osterholm *et al.*, 2015). Por otra parte, hay virus que pueden ser transmitidos durante el periodo de incubación días antes de que aparezcan los primeros síntomas. Tal es el caso del virus SARS-CoV-2 causante de Covid-19, o incluso, cuando se presentan síntomas leves, como el de los coronavirus causantes del resfriado común (HCov-NL63, HCov-229E, HCov-OC43 y HCov-HKU1). Las personas infectadas que presentan síntomas leves o incluso son asintomáticas no tienen restricción alguna para realizar sus actividades diarias. Este tipo de virus son los que tienen un potencial pandémico mayor, ya que las tasas de transmisión son mayores y el rastreo epidemiológico de personas que hayan estado en contacto con estas personas se dificulta drásticamente. El único virus que infecta a humanos y que se ha erradicado del planeta es el de la viruela, ya que no es capaz de transmitirse durante su periodo de incubación, sino hasta la aparición de las pústulas en la piel (Riedel *et al.*, 2005).

Otro de los determinantes patogénicos de estos nuevos virus pandémicos es la selección de un receptor en la célula a infectar. Este receptor es tejido-específico, el cual puede determinar la severidad de la enfermedad, que es el caso de los virus que tienen tropismo por el sistema respiratorio como los virus de influenza A, los coronavirus causantes de enfermedades severas (MERS, SARS, COVID19) o los virus que tienen tropismo por el sistema nervioso central, como el virus de Nilo occidental, la encefalitis equina venezolana entre otros (Wang *et al.*, 2021). Una vez que el virus se establece dentro del ser humano, la tasa de letalidad no debe ser necesariamente alta para que el virus pueda transmitirse a muchas personas antes de que el portador desarrolle la forma grave de la enfermedad.

Un ejemplo de lo anterior es que el subtipo H1N1 del virus de la influenza A causante de la pandemia de la gripe española en 1918, pues tuvo una tasa de letalidad del 2.5 %. En el caso del virus SARS-CoV-2 es entre el 3-5 %. En palabras sencillas, si un virus mata a la mayoría de sus hospedadores, en algún punto se va a quedar sin persona susceptibles, por lo que se va a extinguir. Esto aplica a virus que tienen un solo hospedador como el virus de la viruela, pero no es aplicable para aquellos virus con más de un hospedador, como el virus del ébola que tiene reservorios en animales selváticos, ya que si el hospedador se muere, este no supondría un riesgo para su supervivencia. La mortalidad no es la única consecuencia de un virus pandémico, debido a que puede influir en la tasa reproductiva de los hospedadores como el virus de la rubéola o el virus zika, los cuales resultan peligrosos en mujeres embarazadas.

Asimismo, existen otros virus que generan procesos cancerígenos como el virus del sarcoma de Kaposi, el virus de la leucemia de linfocitos T humanos 1 (HTLV-1) y VPH. En conjunto, estos impactarían en la esperanza de vida de las personas y en la tasa de natalidad, lo que a largo plazo generaría un colapso en la población. Aunque en la práctica, esto es poco probable.

Perspectivas a futuro

La pandemia ocasionada por el virus SARS-CoV-2 no va a ser la última que va a experimentar la humanidad. Por eso es muy importante incentivar en los hombres y mujeres de este estado la investigación en el campo de la virología y el proporcionarles el conocimiento y herramientas necesarias para que adquieran las habilidades necesarias para hacer frente a estas emergencias sanitarias globales. Estrechar las relaciones entre universidades, gobierno e iniciativa privada para incentivar y equipar los laboratorios existentes en el estado dedicados al diagnóstico de enfermedades infecciosas, así como la capacitación y actualización de su personal. Recordar que el estudio de los virus es un área inclusiva y multidisciplinaria en el que hay cabida para todos y todas las personas que así lo deseen. El SARS-CoV-2 llegó para quedarse, por lo que hay que concientizar a la población a que no baje la guardia, incentivar a que se vacune y que siga las medidas de protección básicas, como el uso de cubrebocas en lugares no ventilados y el distanciamiento social. Y todo esto se logra teniendo personal capacitado y entrenado en esta disciplina.

Referencias

- Barret, M, p., Kyle, D, E., Sibley, L, D., Radke, J, B., Tarleton, R, L (2018). Protozoan persister-like cells and drug treatment failure. *Nature Reviews Microbiology*, 17, 607-620. DOI <https://doi.org/10.1038/s41579-019-0238-x>
- Beckham J, D., Tyler K, L (2015). Arbovirus Infection. *Neuroinfection Diseases* (6), 1599-1611. DOI 10.1212/CON.0000000000000240
- Chaplin D, D (2010). Overview of the immune system. *Journal of Allergy on Clinical Immunology*, 125 (Suplemento 2), S3-S23. DOI 10.1016/j.jaci.2009.12.980
- Coonie, M, N., Klain, B, S (2008). Fungal daptation to mammalian host: it's a new world, after all. *Currenmt*

Opinion in microbiology, 11(6), 511-516.
DOI 10.1016/j.mib.2008.09.018

Davis, D, A (2009). How human pathogenic fungi sense and adapt to pH: the link to virulence. *Current Opinion in Microbiology*, 12(4), 365-370. DOI 10.1016/j.mib.2009.05.006

Didelot, X., Walker A, S., Peto, T. E., Crook, D, W., Wilson D, J (2016). Within-host evolution of bacterial pathogens. *Nature Review Microbiology* 14(3), 150-162.

Glatter K, A., Finkelman, p. History of the plague: An ancient pandemic for the age of Covid-19 (2021). *American Journal of Medicine*, (2), 176-181. DOI 10.1016/j.amjmed.2020.08.019

Leung, N, H, L (2021). Transmissibility and transmiión of Respiratory viruses. *Nature Review Microbiology*, 19, 528-545. DOI <https://doi.org/10.1038/s41579-021-00535-6>

Louten, J. Emerging and reemerging viral disease (2012). *Essential Human Virology*, 291-310. DOI 10.1016/B978-0-12-800947-5.00016-8.

McCrone, J, T., Lauring, A, S (2018). Genetic bottlenecks in intraspecies virus transmission. *Current Opinion in Virology*, 28, 20-25. DOI <https://doi.org/10.1016/j.coviro.2017.10.008>

Medina, R, A. 1918 influenza virus: 100 years on, are we prepared against the next influenza pandemic (2018). *Nature Reviews Microbiology*, 16, 61-62. DOI 10.1038/nrmicro.2017.174

Modrow, S., Falke, D., Truyen, U., Schatzl H (2013). Viruses with single-stranded, segmented, negative-sense RNA genomes. *En Molecular Virology* (1st Ed), 437-520).

Osterholm, M, T. Moore, K, A. Kelley, N, S. Brosseau, L, M. Wong, G. Murphy, F, A. Peters, C, J. Kobinger, G, P (2015). Transmission of Ebola viruses: What we know and what we do not know. *ASM Journals* 6(2), e00137-15.

Parvez, M, K., Parveen, S (2017). Evolution and emergence of pathogenic viruses: Past, present, and future. *Karger*, 60, 1-7. DOI <https://doi.org/10.1159/000478729>

Peterson, E, Kaur, P (2018). Antibiotic resistance mechanism in bacteria: relationships between resistance determinants of antibiotic producers, environmental bacteria, and clinical pathogens. *Frontiers in Microbiology*, 30, 2928. DOI 10.3389/fmicb.2018.02928

Pike, B, L., Saylor, K, E., Fair, J, N., LeBreton, M., Tamoufe, U., Djoko C, F., Rimoin, A, W. (2010). The origins and preventions of pandemics. *Emerging Infections*, 50(12), 1636-1640.

Pollard, A, J., Bijker E, M (2021). A guide to vaccinology: from basic principles to new developments. *Nature Reviews Immunology* 21, 83-100. DOI 10.1038/s41577-020-00479-7

Rice, p. (2009). Viral transmission: Infection acquired by all other routes (respiration, eye-nose- mouth inoculation and faeco-orally. *En Zuckermann, A, J., Banatvala, J, E., Schoub B. D., Griffiths P, D., Mortimer, P* (6th ed). *Principles and Practice of Clinical Virology* (pp. 44-68). E.U: Wiley-Blackwell.

Riedel, E. (20059). Edward Jenner and the history of smallpox and vaccination. *Baylor University Medical Center Proceedings*, (1), 21-25. DOI 10.1080/08998280.2005.11928028

- Scheckel, C., Aguzzi, A. (2018). Prions, prions and protein misfolding. *Nature Reviews Genetics*, 19, 405-418. DOI <https://doi.org/10.1038/s41576-018-0011-4>
- Smith, G. L., McFadden, G (2002). Smallpox: anything to declare? *Nature Reviews Microbiology*, 2, 521-527. DOI <https://doi.org/10.1038/nri845>
- Tong, S., Revill, P (2016). Overview of viral replication a genetic variability. *Journal of Hepatology* 64 (Suplemento 1), S4-S16. DOI [10.1016/j.jhep.2016.01.027](https://doi.org/10.1016/j.jhep.2016.01.027)
- Wang, C, C., Prather, K, A., Sznitman, J., Jiménez, J, L. Lakdawala, S, S., Tufekci, Z., Marr, L, C (2021). Airborne transmission of Respiratory viruses. *Science*, 374, 981. DOI [10.1126/science.abd9149](https://doi.org/10.1126/science.abd9149)
- Warnock, J, N., Daigre, C., Al-rubeai, M (2011). Introduction to viral vectors. *Methods in Molecular Biology*, 737, 1-25. DOI [10.1007/978-1-61779-095-9_1](https://doi.org/10.1007/978-1-61779-095-9_1)
- Woinarski, J, C, Z., Burbidge, A, A., Harrison, P, L (2015). Ongoing unraveling of a continental fauna: decline and extinction of Australian mammals since European settlement. *PNAS*, 112(15), 4531-4540. DOI <https://doi.org/10.1073/pnas.1417301112>
- Kutter, J, S., Spronken, M, I., Fraaij, P, L., Fouchier, R, AM., Herfst, S (2018). Transmission routes of Respiratory viruses among humans. *Current Opinion in Virology*, 28, 142-151. DOI <https://doi.org/10.1016/j.coviro.2018.01.001>
- Zaman S, B., Hussein, M, A., Nye, R. Meta, V., Mamun, K, T (2017). A review on antibiotic resistance: alarm bells are ringing. *Cereus*, (6), e1403. DOI [10.7759/cureus.1403](https://doi.org/10.7759/cureus.1403)

Reseña del autor

William Toledo Rueda es químico farmacobiólogo por la Facultad de ciencias Químicas de la BUAP, maestro en Ciencias por el CINVESTAV-IPN, doctor en Ciencias por la Facultad de Ciencias Químicas de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla en colaboración con el Centro de investigación Biomédica del IMSS. Actualmente se desempeña como profesor del Departamento de Agentes Biológicos de la Facultad de Medicina, así como del Departamento de Análisis Clínicos de la Facultad de Ciencias Químicas de la BUAP. Sus investigaciones se centran en el área de virología, especialmente en el análisis genético de marcadores de patogenicidad del virus de influenza A.



ANÁLISIS DE LAS ESTRATEGIAS PARA INVESTIGAR Y ENTENDER LA EDUCACIÓN MEDIÁTICA EN EL CONTEXTO EDUCATIVO MEXICANO

Abel Antonio Grijalva Verdugo

Introducción

La Alfabetización Mediática e Informacional (MIL, por sus siglas en inglés) es un objeto de estudio multidisciplinar enmarcado principalmente en los estudios de la comunicación y de la educación. Se refiere a la necesidad de aprender a leer críticamente los medios y las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) mediadas por el Internet. Para la UNESCO (2021) la calidad de la información con la que la población se relaciona es cualidad determinante para moldear las percepciones, creencias y actitudes del mundo, pues son contenidos con potencialidades socioeducativas inmersas en la cultura dinámica y vibrante de la digitalidad.

Para el Instituto Federal de Telecomunicaciones, la Alfabetización Mediática e Informacional tiene la finalidad de fortalecer la capacidad de análisis, comprensión y evaluación de los contenidos audiovisuales, ello para que se puedan ejercer los derechos de la audiencia (2021). Esto es, la necesidad de que las infancias, juventudes y ciudadanías del siglo XXI cuenten con fortalezas y saberes que les permitan utilizar de manera crítica los medios de comunicación y las TIC, en afán de que puedan aprovecharlas para desempeñarse en esferas personales, profesionales y educativas. En México, tales premisas se sustentan en el artículo 256 de la Federal de Telecomunicaciones como derechos:

- 1) Recibir contenidos que reflejen el pluralismo ideológico, político, social y cultural y lingüístico de la nación.
- 2) Recibir programación oportuna que incluya diferentes géneros que respondan a la expresión de la diversidad y pluralidad de ideas y opiniones que fortalezcan la vida democrática de la sociedad.
- 3) Que los concesionarios se abstengan de transmitir publicidad o propaganda presentada como información periodística o noticiosa. Se entenderá que se transmite publicidad o propaganda como información periodística o noticiosa, cuando un concesionario inserta dentro de su programación informativa un análisis o comentario editorial cuyo tiempo de transmisión ha sido contratado por un anunciante, sin que tal circunstancia se haga del conocimiento de la audiencia. En su Código de Ética, los concesionarios señalarán los elementos y prácticas que observarán para prevenir y evitar incurrir en la prohibición a qué se refiere esta fracción.
- 4) Que se respeten los horarios de los programas y que se avise con oportunidad los cambios a la misma y se incluyan avisos parentales.
- 5) Ejercer el derecho de réplica, en términos de la ley reglamentaria.
- 6) Que se mantenga la misma calidad y niveles de audio y vídeo durante la programación, incluidos los espacios publicitarios.
- 7) En la prestación de los servicios de radiodifusión estará prohibida toda discriminación motivada por origen étnico o nacional como el género, la edad, las discapacidades, la condición social, las condiciones de salud, la religión, las opiniones, las preferencias sexuales, el estado civil o cualquier otra que atente contra la dignidad humana y tenga por objeto anular o menoscabar los derechos y libertades de las personas,
- 8) El respeto de los derechos humanos, el interés superior de la niñez coma la igualdad de género y la no discriminación.
- 9) Los demás que se establezcan en otras leyes. (Ley Federal de Telecomunicaciones y Radiodifusión, 2017).

Como se percibe, la MIL es un compromiso que implica acciones del Estado, sectores privados y públicos para proveer a las audiencias de marcos que regulen el espectro radioeléctrico y que la calidad de contenidos mediáticos favorezca el respeto de los derechos humanos sin distinción de raza, sexo, religión creencias, orientación sexual, entre otras.

Sin embargo, más allá de contar con una infraestructura física, humana y legal para asistir la Alfabetización Mediática e Informativa, la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO)

insiste en la creación de planes de estudio, directrices y articulación de políticas públicas que favorezcan el desarrollo de competencias MIL en la población mundial. Por tanto, ha encabezado esfuerzos innovadores en ese sentido. Por ejemplo, la Alianza MIL con finalidades como:

- Articular asociaciones concretas para impulsar el desarrollo de MIL y su impacto a nivel mundial;
- Permitir a la comunidad MIL hablar con una sola voz sobre ciertos asuntos críticos, particularmente en lo que se refiere a las políticas;
- Profundizar aun más la estrategia para que MIL sea tratada como un concepto compuesto, proporcionando una plataforma común para las redes y asociaciones relacionadas con MIL en todo el mundo. (MIL Alliance citado en Lau et al, 2020).

Las mencionadas acciones se acompañan de la Semana Global por la Alfabetización Mediática e Informacional que tiene lugar a finales de octubre de cada año, de una conferencia global, del Foro de la Agenda Juvenil, así como diversos quehaceres y eventos regionales por instancias interesadas en la temática, incluidas algunas mexicanas.

Pero ¿cómo se entiende la Alfabetización Mediática e Informacional en el contexto nacional? ¿Cuáles son las acciones para producir, generar y divulgar conocimiento de la temática? Tales cuestionamientos implican examinar labores, políticas y estrategias en materia de las MIL en distintos sectores, por lo que aquí se propone una revisión del campo desde el ámbito internacional con la finalidad de establecer referenciales para el caso mexicano. Asimismo, se formulan preguntas complementarias para la organización de la discusión y los resultados.

De las MIL a la competencia mediática

Si educar desde el espacio formal o espacio áulico no es tarea sencilla, hacerlo desde y con los medios pareciera una tarea mucho más compleja, pues conlleva la reivindicación de las potencialidades pedagógicas de tales artefactos comunicativos desde el currículo escolar. Y es que, más allá del discurso educativo lleno de lugares comunes sobre el uso de las TIC y los medios para favorecer aprendizajes disciplinares, actitudinales o procedimentales, pareciera que, en su estructura, la escuela se concentra más en

favorecer una cultura dominada por el culto al texto escrito por encima de cualquier otra narrativa, como la audiovisual, por ejemplo.

Y es que hablar de la adquisición de competencias MIL implica un cambio de paradigma del propio sistema escolar, pero sobre todo de un cambio actitudinal para incorporar múltiples medios, artefactos y contenidos derivados de la cultura popular como estrategia de construcción socio-pedagógica:

Los individuos aprenden de los medios audiovisuales, aunque con frecuencia se niegue o se ignore este potencial. Desde pequeño se suelen evocar experiencias como telespectadores y se recurre a conocimientos en buena parte atribuibles a la televisión. Los medios de comunicación enseñan contenidos (sobre dinosaurios, la contaminación, conflicto mundial) y comportamientos de la vida cotidiana (portarse bien, comer con cuchillo y tenedor, defenderse, invitar a una chica a salir) (Barros-Bastidas & Barros-Morales, 2015 p. 27).

Es decir, aunque no se hable de una educación formal, la exposición que las personas tienen con tales dispositivos es muy alta, por lo que valdría la pena indagar sus implicaciones e incidencias no únicamente para la educación, sino para la generación de otro tipo de saberes cotidianos.

Para contextualizar, de acuerdo con IAB México (2020), las y los internautas mexicanos tienen un promedio de 4.9 dispositivos electrónicos, de los cuales usan 3.6 para conectarse a Internet. El 67% de estos siguen a una marca, principalmente, para mantenerse actualizados. Internet está presente en sus vidas cotidianas, los mantiene actualizados (89%), disfrutan utilizarlo (87%) y forma parte de su vida cotidiana (84%).

Este ecosistema mediático y digital marca consumos y prácticas comunicativas en crecimiento que naturalmente conllevan prácticas de riesgo, por ejemplo, la desinformación o las *fake news*. Un reciente estudio de la IMT School for Advanced Studies indica que “las redes sociales ayudan a que las teorías conspirativas persistan y crezcan en el espacio virtual al crear un ecosistema en el que la verdad de la información deja de importar” (Fernández-García, 2017 p. 269). Y es que, el asunto de la viralidad en redes conlleva componentes emocionales difíciles de detectar para quienes habitan los espacios digitales, pues la línea entre hechos comprobados y situaciones falsas “pro-likes” es cada vez más angosta.

En lo anterior, favorecer las competencias en MIL para dotar a las audiencias de saberes que les permitan cuestionar consumos, contenidos y orígenes de las fuentes es cada vez más apremiante, pues también son conocidos

fenómenos sociales graves respecto de violencias digitales, acoso y extorsión en tales espacios.

¿Cómo puede sistematizarse una Alfabetización Mediática e Informacional que proporcione a los individuos conocimientos para desenvolverse, gestionar y prevenir ciertos peligros propios de los ecosistemas mediáticos y digitales recientes? Ferrés y Piscitelli (2012) proponen una estrategia para alcanzar la MIL y le llaman competencia mediática.

La competencia mediática comporta el dominio de conocimientos, destrezas y actitudes relacionados con seis dimensiones básicas, de las que se ofrecen los indicadores principales. Estos indicadores tienen que ver, según los casos, con el ámbito de participación como personas que reciben mensajes e interaccionan con ellos (ámbito del análisis) y como personas que producen mensajes (ámbito de la expresión) (p. 136).

Para los autores, la ciudadanía debe alcanzar un nivel de competencia mediática que permita atender exigencias del mundo contemporáneo en lo laboral, el entretenimiento, la escuela, la salud, entre otras esferas. Esto desde las dimensiones: 1) Lenguajes, referente a la capacidad de interpretar y de valorar los diversos códigos de representación y la función que cumplen en un mensaje; 2) Tecnologías, manifiesta en la comprensión del papel que desempeñan en la sociedad las TIC y sus posibles efectos; 3) Procesos de interacción, concerniente a la selección, revisión y autoevaluación de la propia dieta mediática, en función de unos criterios conscientes y razonables; 4) procesos de producción y difusión; que tiene que ver con identificar diferencias básicas entre las producciones individuales y las colectivas, entre las populares y las corporativas; 5) Ideología y valores, dada la importancia de descubrir la manera en que las representaciones mediáticas estructuran nuestra percepción de la realidad, a menudo mediante comunicaciones inadvertidas; y 6) Estética, alusiva a la capacidad de extraer placer de los aspectos formales, es decir, no solo de lo que se comunica sino también de la manera cómo se comunica (Ferrés & Piscitelli, 2012 pp. 139-140).

En tal, la creación de capacidades para desarrollar planes de estudio vigentes, articular políticas en materia de educación y comunicación en afán de proveer a los ciudadanos del siglo XXI recursos, estrategias y redes para hacer posibles sociedades alfabetizadas en medios de comunicación e información, son elementos constitutivos para poder hablar de una verdadera educación en medios.

Como parte del método, se trabajó con los fundamentos de la *Grounded Theory* (Glaser y Strauss, 1967) o teoría fundamentada. Se parte de la formulación de preguntas, mismas que se conciben como una herramienta analítica que permiten el desarrollo de nuevos enfoques.

El caso específico proporciona guías (en cuanto a propiedades y dimensiones) para observar todos los casos, y permite a los investigadores pasar de la descripción a la conceptualización y de lo más específico a lo general o abstracto[...] Más bien, formulando preguntas teóricas sobre un caso y pensando de manera comparativa en cuanto a las propiedades y dimensiones de las categorías, abrimos se abre la mente al abanico de posibilidades, que a su vez se puede aplicar a otros casos y resulta evidente cuando se hace el muestreo de los mismos (Strauss y Corbin, 2016, p. 97) y la formulación de los cuestionamientos específicos como:

- P1. ¿De qué manera se ha estudiado la educación mediática en el contexto internacional y el mexicano?
- P2. ¿Cuáles son los retos a los que se enfrenta la educación mediática?
- P3. ¿Cuál es la geolocalización de las publicaciones y discusiones del campo?

Las preguntas permiten generar un capítulo de revisión sobre los aspectos nucleares del campo y ofrecer un panorama más claro sobre este proceso que se llevó a cabo a través de un análisis de contenido preliminar y secundario. Para ello, se recurrió a las bases de datos EBSCO y de la *Web of Science*, se delimitó el tiempo a publicaciones en revistas científicas de los últimos diez años y se eliminaron todos los registros que no tuvieran relación con el campo semántico de educación mediática. Sin embargo, se aceptaron aquellos que, aunque no tuvieran el descriptor, estuvieran relacionados. Si bien existen múltiples bases de datos, la visibilidad de las que se atiende es de mayor alcance pues ofrecen niveles rigurosos de arbitraje e indexación para las revistas que hacen parte de tales repositorios.

Hallazgos

Una de las premisas latentes para la comunicación de la ciencia es que exista cohesión, consistencia y amplitud de las publicaciones generadas en el campo, puesto que se hablaría de una frontera de conocimiento que ha empezado a madurar. Como bien se ha dicho, la Alfabetización Mediática e Informacional es un campo relativamente nuevo, por lo que la estrategia metodológica inicial efectuada en las bases EBSCO y WoS fue la de conocer en qué revistas internacionales se publica sobre el tema. Para ello se recurrió al booleano “Alfabetización Mediática e Internacional” con ampliadores, en otras palabras, recuperando todos aquellos descriptores que integran el objeto de estudio. Ver Tabla 1.

Publicación	Frecuencia
Comunicar	71
El profesional de la información	32
<i>Pixel-Bit</i> , revista de medios y educación	23
Revista Prisma Social	18
Icono 14	12
Zer: revista de estudios de comunicación	12
Profesorado: revista de currículum y formación del profesorado	10
Revista de Comunicación	9
Revista Latina de Comunicación Social	9
Teoría de la educación. Educación y cultura en la sociedad de la información	8
Apertura: revista de innovación educativa	6
Chasqui	6
Contextos educativos	6
Educación XX1	6
Revista complutense de educación	6
Teoría de la educación. Revista interuniversitaria	6
Historia y comunicación social	5
Revista mediterránea de comunicación	5
Revista interuniversitaria de formación del profesorado	5
Educatio Siglo XXI	4

Palabra Clave	4
Revistas con hasta 4 publicaciones	259
Total	518

Tabla 1. Booleano, alfabetización mediática e informacional con ampliadores

Elaboración propia. Fuente: EBSCO y WoS (2021).

Los resultados dan cuenta que quince revistas en Iberoamérica concentran la mayor carga de producción en el campo, encabezada por una publicación española que ha sido considerada pionera en el campo: la Revista Comunicar, misma que publica sus textos en español e inglés de manera simultánea. Asimismo, es una publicación JCR (*Journal Citation Report*) Q1, que es la clasificación más alta que cualquier revista puede obtener.

Si bien la producción es importante, aun es un objeto de estudio en construcción, pues la divulgación en el campo está lejos de acercarse a otras líneas de trabajo que alimentan disciplinas como la educación en sus esferas más tradicionales como la psicología o diversas ramas de las ciencias exactas.

Otro aspecto para considerar es que los operadores booleanos dan cuenta de intersecciones en donde puede estar alojado el trabajo de investigación; es decir, otros nombres o frases que pueden englobar el campo. A continuación se observa cuáles se identifican:

Temas	Frecuencia
Media Literacy	129
Alfabetización mediática	104
Information Literacy	65
Alfabetización informacional	46
Education	41
Media Education	40
Higuer Education	36
Competencia mediática	35

Tabla 2. Temas con los que se investiga la MIL

Elaboración propia. Fuente: EBSCO y WoS (2021).

Como era de esperarse, la producción se concentra en descriptores en inglés, pues es bien sabido que la producción y generación de conocimiento han tenido históricamente el inglés como idioma predilecto, situación que contrasta con la Tabla 3, que ubica al español o castellano como lengua con mayor número de producción científica, lo que refleja que independientemente de la revista o país donde se publique se prefiere utilizar descriptores como los arriba mencionados (*Media Literacy*), estrategia de la comunidad científica para posicionar y dar mayor visibilidad a sus trabajos.

Idioma	Frecuencia
Español	432
Inglés	63
Portugués	8
Indeterminado	6
Multi idiomas	5
Estonio	2
Italiano	1
Catalán	1
Total	518

Tabla 3. Idiomas en que se publica

Elaboración propia. Fuente: EBSCO y WoS (2021).

De alguna manera, los resultados dan cuenta que el tema de la difusión y divulgación científica implica intereses de quienes producen el conocimiento, de las revistas que les publican y de quienes hacen parte de tal conglomerado académico-científico que actualmente también despierta la discusión global por los beneficios económicos implicados.

Por otro lado, los hallazgos de la Tabla 4 dan cuenta de qué se ha publicado en los últimos diez años en el campo, qué autoras y autores lo han hecho, así como algunos datos de las editoriales o revistas que albergan tales proyectos. Así, es posible tener un análisis más claro en relación con las estrategias para investigar la educación mediática. Se debe decir que a la muestra inicial (N=518), correspondiente a las publicaciones del campo en las bases EBSCO y WoS de los años 2011 al 2021, se le aplicaron tres criterios más para su depuración:

- 1) Que fueran producciones de revistas científico-académicas, es decir, se excluyeron otro tipo de materiales arrojados en la primera criba
- 2) Que realmente hablaran de las MIL
- 3) Que no fueran libros o informes

Tal acción posibilita conocer de manera más detallada el campo y comprender cómo y en qué sentido se genera la producción de la MIL. Hay que recalcar que en esta parte de la investigación se realizó un análisis de contenido preliminar y secundario. Se encontró que el concepto que más refiere al campo es el que se asocia al descriptor “competencia mediática”, pues es más flexible e incluye diversos aspectos de la MIL. Ver Tabla 4.

Artículo	Datos bibliográficos
<i>Media competencies of university professors and students. Comparison of levels in Spain, Portugal, Brazil, and Venezuela</i>	Romero-Rodríguez, Luis M.; Contreras-Pulido, Paloma; Pérez-Rodríguez, M. Amor. In: <i>C&E, cultura y educación</i> . 31(2):326-368; Taylor & Francis, 2019.
<i>Validation of a self-perceived media competence instrument for pre-service teachers</i>	Mateus, Julio-César; Hernández-Breña, Wilson; Figueras-Maz, Mònica. In: <i>C&E, cultura y educación</i> . 31(2):436-464; Taylor & Francis, 2019.
<i>Service learning as a tool to enhance future teachers' media competence</i>	Ortega-Tudela, Juana-María; Cámara-Estrella, África-María; Díaz-Pareja, Elena-María. In: <i>C&E, cultura y educación</i> . 27(2):440-455; Taylor & Francis, 2015
<i>Avaliação de competências de literacia mediática: o caso português</i>	Lopes, Paula; Pareira, Sara; Moura, Pedro; Carvalho, Amália. In: <i>Revista Observatório</i> , 1, 2, 42-61; MISC, 2015. , Base de datos: SSOAR
<i>La competencia mediática en los criterios de evaluación del currículo de Educación Primaria</i>	Ramírez García, Antonia; Renés Arellano, Paula; Aguaded, Ignacio. <i>Aula Abierta</i> , July-December 2016, Vol. 44 Issue: 2 p55-62, 8p., Base de datos: Supplemental Index
<i>Giba duten pertsonen kolektiboa eta komunikabideak: gaitasun mediatikoaren bidezko esku-hartze proposamena eta praktika egokiak.</i>	Iturraspe, Garbiñe Polo; Bereziartua Etxeberria, Garbiñe. <i>Zerbitzuan</i> . Sep2018, Issue 66, p 33-47. 15p.

Innovación y alfabetización mediática e informacional (AMI) en bibliotecas. Recursos, propuestas y tendencias	Heredia-Sánchez, Fernando. <i>Boletín de la Asociación Andaluza de Bibliotecarios</i> . Ene-jun2021, Vol. 36 Issue 121, p 49-81. 33p.
Percepción de padres y madres españoles acerca de la alfabetización audiovisual familiar.	González-Fernández, Natalia; Salcines-Talledo, Irina; Maraver-López, Pablo. <i>Cultura y Educación</i> , Oct 2016, Vol. 28 Issue 3, p 468-499,
La confianza hacia el medio interactivo de los padres y su papel inhibitorio en el control de acceso a las pantallas de los menores.	Suárez-Álvarez, Rebeca; de Frutos-Torres, Belinda; Vázquez-Barrio, Tamara. <i>Zer: Revista de Estudios de Comunicación</i> . Nov 2020, Vol. 25 Issue 49, p 13-31. 19p.
Definición de estándares en competencias informacionales en comunicación científica y su aplicación en docentes universitarios mexicanos	Anchondo-Granados, Rocío; Tarango Ortiz, Javier; Cortés-Vera, Jesús; Machin Mastromatteo, Juan Daniel. <i>Anales de Documentación</i> , 2020, Vol. 23 Issue 2, p 1-15, 15p
La cuestión medioambiental en la educación mediática : un reto pendiente	Tucho, Fernando; Masanet, Maria-Jose; Blanco, Saúl. <i>Zer: Revista de Estudios de Comunicación</i> . May2014, Vol. 19 Issue 36, p205-219.
Empoderamiento social en contextos violentos mexicanos mediante la competencia mediática	Grijalva-Verdugo, Abel-Antonio; Moreno-Candil, David. In: <i>Comunicar</i> . Oct, 2017, Vol. 25 Issue 53, p 29, 10 p.; Grupo Comunicar, 2017
Competencias mediáticas en jóvenes universitarios. Análisis de saberes para producir contenido digital en una IES mexicana	Grijalva-Verdugo, Abel-Antonio; Lara-Rivera, José-Alejandro. In: <i>Educativa</i> , 67 (2019); Universidad de las Islas Baleares, 2019.
Aprendizaje-Servicio como estrategia favorecedora del desarrollo de la competencia mediática en futuros docentes	Ortega-Tudela, Juana-María; Cámara-Estrella, África-María; Díaz-Pareja, Elena-María. In: <i>C&E, cultura y educación</i> . 27(2):440-455; Taylor & Francis, 2015.

Tabla 4. Quiénes y qué se publica en MIL

Elaboración propia. Fuente: EBSCO y WoS (2021).

El análisis de la Tabla 4 permitió identificar acciones, procedimientos y políticas a nivel global, y para el caso mexicano sobre las MIL. Los resultados dan cuenta que la educación mediática en México resulta un camino lleno de oportunidades, como se ha advertido las principales publicaciones y agendas de investigación en el campo a nivel internacional que inciden en que lo que

se haga en el territorio nacional esté más enfocado a los marcos regulatorios mencionados anteriormente y no tanto en intervenciones que fomenten la adquisición de tales saberes o competencias.

De hecho, el 50% de las publicaciones provienen de España, 25% de Australia y solo un 25% de América Latina. Esto da cuenta que el campo se ha profesionalizado y consolidado en España por encima de otros países, lo que concuerda con el origen de quienes proponen las dimensiones y conceptualizaciones específicas sobre el término competencia mediática, y en este caso se refiere a los profesores Ferrés y Pisticelli.

Por último, se indagaron los aspectos en los niveles macro, meso y micro que se abordaron en la producción científica con el objetivo de saber particularidades del espectro investigativo. Ver Tabla 5.

Nivel dentro del proceso educativo abordado	Temáticas
Nivel macro	Política educativa, acceso a la educación, efectividad de programas públicos y/o gubernamentales, retos educativos y educación superior.
Nivel meso	Tecnología educativa, usos de ciertos artefactos tecnológicos, uso de medios.
Nivel micro	Métodos de enseñanza, actitudes de los estudiantes, programas de investigación dentro de los centros escolares, evaluación de saberes digitales, evaluación de casos de estudio y percepción de estudiantes en relación con la educación mediática.

Tabla 5. Aspectos que se estudian dentro de la educación mediática en el mundo.

Elaboración propia. Fuente: EBSCO y WoS (2021).

Uno de los antecedentes más relevantes de la educación mediática en la ciudadanía se centra en la Declaración de Grunwald de principios de los ochenta (Rodríguez, 2007), misma que habla sobre la importancia de los medios en la educación. Empero, en las publicaciones del área aparece únicamente en un sentido instrumental, lo que no genera, necesariamente, un pensamiento crítico en el estudiantado.

En cuanto al tipo de información que contienen, se clasificaron los datos en publicaciones o reportes de los gobiernos y agencias ocupadas en el diseño y evaluación de políticas públicas asociadas a educación mediática, donde

se encontró que las principales (N=142) publicaciones del área contenían información empírica, teórica o de indicadores o ambas.

Los hallazgos indican que poco más de la tercera parte de las publicaciones (77.5%) contienen información con datos empíricos; en otras palabras, trabajo de campo. Los informantes preferidos de las y los investigadores son los mismos estudiantes, por lo que hay una cantidad importante de estudios sobre percepción y actitud en relación a la educación mediática. Sin embargo, de la muestra de artículos, informes y tesis estudiados, únicamente el 51.4% se refieren a estudios de casos dentro de las Instituciones de Educación Superior.

Conclusiones

Los resultados de este trabajo dan cuenta que el campo de la educación mediática en México ha estado orientado a tres grandes dimensiones. La primera tiene que ver con la utilización de los medios en la educación con una visión funcionalista, o en otras palabras, cuidando la manera de cómo dichos artefactos comunicativos se introducen en diferentes sistemas escolares.

Una segunda visión contempla la utilización de los medios *a priori* con los problemas que ello conlleva, es decir, para avanzar hacia un entendimiento de la educación mediática en sentido crítico y con verdadera utilidad para la sociedad se requiere un enfoque pluridisciplinar e integrador, lo que remite al tercer grupo de trabajos e investigaciones del área, mismas que hacen referencia a la necesidad de que la educación mediática se articule desde diferentes campos y descriptores. Por ejemplo, la competencia mediática, educación mediática e informacional, saberes digitales, entre otros, tales como argumentan Grijalva-Verdugo y Moreno-Candil (2017).

En lo anterior, se requiere que la educación mediática sea incorporada al sistema educativo mexicano en sus diferentes niveles desde visiones multi y pluridisciplinarias con metodologías que involucren la participación de la sociedad con los medios y el Gobierno hacia la construcción de una verdadera alfabetización mediática. Esto si se quiere alcanzar lo que Ferres y Pisticelli (2012) y otros autores han denominado competencia mediática.

Referencias

- Alvarez, R. S., de Frutos Torres, B., & Vázquez-Barrio, T. (2020). La confianza hacia el medio interactivo de los padres y su papel inhibidor en el control de acceso a las pantallas de los menores. *ZER: Revista de Estudios de Comunicación= Komunikazio Ikasketen Aldizkaria*, 25(49).
- Anchondo-Granados, R., Tarango, J., Cortés-Vera, J., & Machin-Mastromatteo, J. D. (2020, June). Definición de estándares en competencias informacionales en comunicación científica y su aplicación en docentes universitarios mexicanos. In *Anales de Documentación* (Vol. 23, No. 2).
- Barros-Bastida, C., & Barros-Morales, R. (2015). Los medios audiovisuales y su influencia en la educación desde alternativas de análisis. *Revista Universidad y Sociedad*, 7(3), 26-31.
- Ferrés, J., & Piscitelli, A. (2012). La competencia mediática: propuesta articulada de dimensiones e indicadores [Media Competence. Articulated Proposal of Dimensions and Indicators]. *Comunicar*(38), 75-82. <https://doi.org/10.3916/C38-2012-02-08>.
- Fernández-García, N. (2017). Fake news: una oportunidad para la alfabetización mediática. *Nueva sociedad*, (269).
- González-Fernández, N., Salcines-Talledo, I., & Maraver-López, p. (2016). Spanish parents' perception of family media literacy/Percepción de padres y madres españoles acerca de la alfabetización audiovisual familiar. *Cultura y educación*, 28(3), 468-499.
- Grijalva-Verdugo, A. & Rivera-Lara, A. (2019). Competencias mediáticas en jóvenes universitarios. Análisis de saberes para producir contenido digital en una IES mexicana. *EduTec. Revista Electrónica De Tecnología Educativa*, (67), 16-30.
- Grijalva-Verdugo, A. A., & Moreno-Candil, D. (2017). Empoderamiento social en contextos violentos mexicanos mediante la competencia mediática= Social Empowerment in Mexican Violent Contexts through Media Competence. *Empoderamiento social en contextos violentos mexicanos mediante la competencia mediática= Social Empowerment in Mexican Violent Contexts through Media Competence*, 29-38.
- Heredia- Sánchez, F. (2021). Innovación y alfabetización mediática e informacional (AMI) en bibliotecas: recursos, propuestas y tendencias. *Boletín de la Asociación Andaluza de Bibliotecarios*, 35(121), 49-82.
- IAB México. (2020). *Estudio de Consumo de Medios y Dispositivos entre Internautas Mexicanos 2016*. Interactive Advertising Bureau. Ciudad de México: MillwardBrown.
- Iturraspe, G. P., & Etxeberria, G. B. (2018). GIBa duten pertsonen kolektiboa eta komunikabideak: gaitasun mediati-koaren bidezko esku-hartze proposmena eta praktika egokiak. *Zerbitzuan: Gizarte zerbitzuetarako aldizkaria= Revista de servicios sociales*, (66), 33-47.

- Lopes, p., Pereira, S., Moura, p., & Carvalho, A. (2015). Media literacy assessment: Portugal's situation.
- Lau, J., & Sayad, A. L. V. (2020). MIL Alliance–UNESCO: su relevancia en competencias mediáticas e informacionales. *Redes sociales y ciudadanía: hacia un mundo ciberconectado y empoderado* (pp. 41-45). Grupo Comunicar.
- Ley Federal de Telecomunicaciones y Radiodifusión Federal Artículo 256 (31/10/2017). Diario Oficial de la Federación. Recuperado de https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5503004&fecha=31/10/2017
- Mateus, J. C., Hernández-Breña, W., & Figueras-Maz, M. (2019). Validation of a self-perceived media competence instrument for pre-service teachers/ Validación de un instrumento de autopercepción de competencia mediática para docentes en formación. *Cultura y Educación*, 31(2), 436-464.
- Ortega-Tudela, J. M., Cámara-Estrella, Á. M., & Díaz-Pareja, E. M. (2015). Service learning as a tool to enhance future teachers' media competence/ Aprendizaje-Servicio como estrategia favorecedora del desarrollo de la competencia mediática en futuros docentes. *Cultura y educación*, 27(2), 440-455.
- García, A. R., Arellano, p. R., & Aguaded, I. (2016). La competencia mediática en los criterios de evaluación del currículo de Educación Primaria. *Aula Abierta*, 44(2), 55-62.
- Romero-Rodríguez, L. M., Contreras-Pulido, p., & Pérez-Rodríguez, M. A. (2019). Media competencies of university professors and students. Comparison of levels in Spain, Portugal, Brazil and Venezuela/Las competencias mediáticas de profesores y estudiantes universitarios. Comparación de niveles en España, Portugal, Brasil y Venezuela. *Cultura y educación*, 31(2), 326-368.
- Tucho Fernández, F., Masanet Jordà, M. J., & Blanco Fortes, S. (2014). La cuestión medioambiental en la educación mediática: un reto pendiente.

Reseña del Autor

Profesor investigador de tiempo completo del Departamento de Ciencias Sociales y Humanidades de la Universidad de Occidente (México). Realizó sus estudios de doctorado en la Facultad de Ciencias de la Educación de la Universidad Autónoma de Sinaloa en el área de educación y sociedad. Pertenece al Sistema Nacional de Investigadores (SNI) Nivel I. Es líder del Cuerpo Académico “Educación y procesos psicosociales”. Su línea de investigación se centra en asuntos de desarrollo educativo y comunicación para el empoderamiento social en contextos regionales.

En docencia imparte cátedras sobre metodología de las ciencias, educación y comunicación en licenciatura, maestría y doctorado. Fue acreedor de la Beca Postdoctoral de excelencia “Merit” del Gobierno de Canadá, a través del Fondo de Investigación del Ministerio de la Enseñanza Superior de Quebec (2017). Es editor del libro “Espacios en transición: educación y desarrollo social”. Ha coordinado programas de doctorado de PNPC. Es consultor de difusión y divulgación científica. Actualmente estudia un segundo doctorado en la Universidad Autónoma Metropolitana en Psicología Social (programa PNPC). Activista LGBT+.

LA DIVULGACIÓN CIENTÍFICA: OBSTÁCULOS DEL DERECHO HUMANO A LA CIENCIA EN LAS COMUNIDADES RURALES

Luz Mercedes Verdugo Araujo, Leonor Tereso Ramírez

Resumen

La divulgación tiene como objetivo hacer accesible los conocimientos especializados producto de los diversos estudios científicos. En este sentido es la vía para que la sociedad integre el conocimiento científico a su cultura. Sin embargo, existen obstáculos que limitan que algunas comunidades, como las rurales, puedan conocer los hallazgos que han conseguido las investigaciones científicas. El presente trabajo tiene como objetivo analizar los obstáculos que se presentan para poder divulgar los conocimientos científicos y que las comunidades rurales puedan acceder a ellos. Asimismo, se pretende, a partir de las limitaciones, puntualizar estrategias que permitan divulgar la ciencia en dichas comunidades. La metodología se aborda desde un estudio

teórico, de tipo exploratorio, realizada con técnica de revisión documental. Al finalizar se puntualiza una serie de estrategias de difusión y divulgación desde una perspectiva de derechos humanos, que fomente el respeto a la diversidad cultural, el desarrollo humano de las comunidades y el trabajo colaborativo interdisciplinario.

Introducción

La divulgación científica ha representado actualmente una estrategia que ha permitido acercar los resultados del conocimiento científico a las personas y con ello avanzar en el desarrollo de las sociedades, sobre todo en estos tiempos en que las tecnologías definen el progreso de toda la vida social.

No obstante, es necesario mencionar que difusión y divulgación son dos conceptos diferentes, aunque muchas veces se han interpretado como sinónimos. La difusión hace referencia a que, en este caso, el conocimiento científico se extienda, llegue, se propague, se disperse entre el público o la población en general incluso sin ningún fin específico, mientras que la divulgación consiste en hacer llegar cierto conocimiento a las personas ajenas al campo al que corresponde específicamente ese conocimiento, es decir, poner al alcance de la generalidad de la gente, algo que antes estaba reservado a una minoría y que tienen un fin específico (Vargas, 2018).

Desde este posicionamiento, para Briseño (2012) la divulgación de la ciencia pretende hacer accesible el conocimiento especializado. Se trata de tender un puente entre el mundo científico y el resto del mundo. Es el canal que permite al público la integración del conocimiento científico a su cultura. Es una noble tarea dar a conocer a las comunidades los hallazgos, que, con rigurosidad científica, se han conseguido producto de las investigaciones.

En este sentido la divulgación científica debe buscar que los conocimientos científicos lleguen a todas las comunidades. Sin embargo, esto no solo implica compartir notas científicas, sino también que la información esté redactada de una forma clara y entendible. Asimismo, se deben establecer estrategias para facilitar la divulgación científica y que todos puedan acceder a ella buscando la adquisición de conocimientos, habilidades, valores, entre otros. No obstante, la realidad muestra la existencia de algunos obstáculos que limitan que comunidades, como las rurales, accedan al conocimiento científico.

Las comunidades rurales se caracterizan por su territorio, que geográficamente se encuentra alejado de la urbanidad, lo que indica que en muchas ocasiones no cuenta con servicios y recursos necesarios para resolver la mayoría de sus necesidades sociales. El acceso a las comunidades rurales ha representado un obstáculo importante, no solo por el difícil trayecto, sino porque el término de accesibilidad va mucho más allá del simple camino. Es decir, el acceso implica también que las personas puedan comprender el conocimiento divulgado y aplicarlo para el desarrollo personal y desarrollo local de sus comunidades. Ahora bien, el acceso al mundo científico a veces resulta una utopía incluso para las personas que viven en los asentamientos urbanos, aun más para las comunidades rurales. Precisamente en estos espacios encuentran obstáculos o barreras culturales, políticas, sociales y económicas que limitan el acceso a los conocimientos brindados por la ciencia.

Debido a lo anterior, este capítulo de libro aborda el tema de la divulgación científica y los derechos humanos con objetivo de analizar los obstáculos que se presentan para poder divulgar los conocimientos científicos en las comunidades rurales. Partiendo de esta idea, el estudio visibiliza la importancia de desarrollar estrategias de divulgación científica en las comunidades que históricamente han sido excluidas y que presentan una serie de limitaciones para que la ciencia llegue a ella, como aspectos culturales, políticos, económicos y sociales. Este estudio está dividido en tres apartados: (i) la divulgación científica en las comunidades rurales: principales obstáculos, (ii) metodología y (iii) propuesta de estrategias para que la divulgación científica llegue a las comunidades rurales.

La divulgación científica en las comunidades rurales: principales obstáculos

Históricamente han existido estrategias y acciones sociales por parte de organismos formales o informales que han buscado el desarrollo de las localidades a través de generar procesos que potencialicen las capacidades y habilidades de los habitantes de las comunidades, sobre todo de aquellas que se encuentran en condiciones de exclusión. Ejemplo de lo anterior se encuentra en los mecanismos implementados por Paulo Freire con su método de alfabetización, que tenía como objetivo la educación popular de las clases oprimidas a través de programas de educación para adultos, educación no formal y capacitación campesina y así lograr procesos de liberación y autoconciencia.

Desde el enfoque anterior se consideraba que el sujeto social posee una conciencia ingenua sobre la realidad y la situación social, por lo que era necesario tener una conciencia crítica, vía educación activa y dialógica, que le permita participar en la transformación estructural. Precisamente Freire quería llevar los avances de la época a esas localidades que habían quedado excluidas. Actualmente en la era de la información se empiezan a diseñar nuevas estrategias que permiten difundir los conocimientos científicos a las comunidades más alejadas de las tecnologías. Una de estas estrategias es la divulgación científica, la cual se ha convertido en la vía que permite que toda la sociedad pueda acceder a los resultados científicos de las investigaciones.

En esta idea, es preciso señalar que el derecho humano a la ciencia sigue siendo desconocido u olvidado para muchas personas, incluso académicas y estudiosas de este ámbito. El derecho a la ciencia pertenece al grupo de los derechos culturales, al cual no se le ha dado la importancia necesaria siendo considerado como un derecho precario. Sin embargo, no debería ser así ya que está consagrado como un Derecho Internacional (Mancisidor, 2017). Este derecho fue reconocido en la Declaración Universal de Derechos Humanos de 1948, en el artículo 27, de la siguiente forma: “Toda persona tiene derecho a tomar parte libremente en la vida cultural de la comunidad, a gozar de las artes y a participar en el progreso científico y en los beneficios que de él resulten” (p. 6).

De igual manera, la Carta de la Organización de los Estados Americanos manifiesta en su artículo 38 que: “Los Estados miembros difundirán entre sí los beneficios de la ciencia y de la tecnología, promoviendo, de acuerdo con los tratados vigentes y leyes nacionales, el intercambio y el aprovechamiento de los conocimientos científicos y técnicos” (p. 10). Estas normativas internacionales representan por una parte la necesidad de trabajar en el ámbito científico y, por otra parte, la responsabilidad que se adquiere al tener acceso al conocimiento.

La divulgación de la ciencia es definida por Calvo (2006) como el proceso mediante el cual se transmite al gran público en lenguaje accesible y decodificado, informaciones científicas y tecnológicas. La divulgación científica es comprendida por Martín, Gorina y Sierra (2017) como el conjunto de actividades que interpretan y hacen accesible el conocimiento científico a la sociedad; es decir, todas aquellas labores que llevan el conocimiento científico a las personas interesadas en entender o informarse sobre ese tipo de conocimiento. Esta actividad se enmarca en la educación no formal y facilita el aprendizaje de la sociedad sobre el conocimiento científico (implica la adquisición de conocimientos, habilidades, valores, creencias y hábitos por diferentes grupos sociales).

Una de los objetivos de la divulgación es la difusión la cual busca aumentar y fortalecer la comunicación entre investigador y participantes, proveer de herramientas para trabajar en función de la modificación de políticas, ayudar a otros investigadores, científicos o tomadores de decisiones para comprender factores sociales, culturales, políticos o económicos que influyen en el área de estudio, empoderar a grupos marginados, proveer de información práctica para resolver problemas concretos, hasta mantener vivos temas importantes de reflexión en diversos entornos. Para Ledón y

Agramonte (2015) las vías a través de las cuales se realizan estas actividades pueden ser: grupos de discusión, reuniones, publicaciones, distribución de plegables, talleres, uso de diferentes medios de difusión (radio, televisión, teatro), entre otras.

Por lo anterior, la Agenda 2030 pone atención en este tema. En el objetivo 17, Alianzas para lograr objetivos, plantea la meta seis correspondiente al ámbito de la tecnología, considerando la necesidad de mejorar la cooperación regional e internacional y triangular en materia de ciencia, tecnología e innovación y el acceso a estas y todo lo que ello implique, y aumentar el intercambio de conocimientos en condiciones mutuamente convenidas para todas las sociedades, incluso mejorando la coordinación entre los mecanismos existentes, en particular a nivel de las Naciones Unidas, y mediante un mecanismo mundial de facilitación de la tecnología. De esta manera el Derecho Humano a la ciencia se ha convertido una realidad para muchas comunidades rurales que no tienen acceso a ella en cualquiera de sus modalidades.

Por otra parte, con respecto a la normativa nacional, en la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos en el artículo 3, fracción V, se establece que:

Toda persona tiene derecho a gozar de los beneficios del desarrollo de la ciencia y la innovación tecnológica. El Estado apoyará la investigación e innovación científica, humanística y tecnológica, y garantizará el acceso abierto a la información que derive de ella, para lo cual deberá proveer recursos y estímulos suficientes, conforme a las bases de coordinación, vinculación y participación que establezcan las leyes en la materia; además alentará el fortalecimiento y difusión de nuestra cultura. (p. 8)

Lo anterior permite ver que las leyes mexicanas se han reformado en concordancia con las leyes, tratados y convenios internacionales y que México ha estado ratificando su compromiso para salvaguardar los Derechos Humanos de todas las personas dentro y fuera del país. Sin embargo, una cosa es el discurso oficial donde se visualiza todas las normativas referentes al derecho de acceder a la ciencia y otra cosa, que en la realidad se pongan en práctica las disposiciones. Sobre todo porque actualmente se considera que para el desarrollo cultural de un pueblo es necesario, según Calvo (1997), contar con investigaciones, hallazgos, descubrimientos y experimentos, pero que a su vez exista la preocupación de los científicos y de los dirigentes sociales y culturales para que sean transmitidas a la sociedad, la cual en ocasiones paradójicamente sabe muy poco sobre la ciencia y la tecnología que están

cambiando al mundo y que transportan radicalmente la vida cotidiana de cada uno de nosotros. Uno de estos espacios son las comunidades rurales, lugares de difícil acceso en diversos sentidos donde existen limitaciones para que llegue el conocimiento científico.

Las comunidades rurales para Bonilla (2008) son afectadas por una serie de dificultades que limitan su desarrollo integral, como son: el aislamiento geográfico, vías de comunicación en mal estado, la calidad de los servicios básicos, problemas con el transporte, las pocas fuentes de trabajo y la falta de aplicación de programas comunitarios acordes con las necesidades reales de estos pobladores, lo que provoca grandes dificultades para obtener un mejoramiento de la calidad de vida. Estos aspectos han hecho que tradicionalmente sean concebidos como espacios de vulnerabilidad.

A las comunidades rurales, en el discurso político se ha agregado el precepto de vulnerabilidad. Pero ¿qué significa el término vulnerabilidad? ¿Las comunidades rurales son vulnerables en todos los aspectos? Los grupos vulnerables se encuentran en estado de indefensión porque, aunque tienen sus garantías, derechos y libertades vigentes, no se les reconoce; al contrario, sufren de violación de sus derechos. Son vulnerables por múltiples motivos tales como: género, edad, preferencias sexuales, discapacidad, origen étnico, nivel económico. Son marginados, lo cual los pone en desventaja con las demás personas integrantes de una comunidad social (Flores, 2010).

Si bien, el término de vulnerabilidad puede resultar ambiguo, lo que no se puede generalizar es que la vulnerabilidad no resta las capacidades intelectuales, ni disminuye la necesidad de aprender, sino que puede ser un motivador para buscar posibilidades y alternativas para sobrevivir. También es cierto que la vulnerabilidad social puede encaminar a la exclusión y si se persiste tanto en ello, las personas pueden llegar a creer que no son capaces de lograr ciertas cosas y pueden dejar de proponérselo.

El acceso y la participación en la ciencia pueden llegar a ser una alternativa para que las comunidades rurales logren exponer cómo son sus entornos y con ello acercar el conocimiento a sus propias comunidades. Desde este sentido, Calvo (1997) señala que esta sociedad debe estar centrada en la persona, integrada y orientada al desarrollo, de forma tal que todos puedan crear, consultar, utilizar y compartir la información y el conocimiento, para que las personas, las comunidades y los pueblos puedan emplear plenamente sus posibilidades en la promoción de su desarrollo sostenible.

Por lo anterior, es preciso señalar los obstáculos culturales, políticos, sociales y económicos que limitan que la divulgación científica pueda llegar a las comunidades rurales. En el ámbito cultural se encuentran barreras de lenguaje, en comunidades rurales en ocasiones hablan otros idiomas, lo que imposibilita la comprensión de la información proporcionada. Asimismo, aun existen en las localidades personas que no saben leer o escribir, por lo que se deben buscar estrategias para que la información llegue a ellas. Por lo que, la divulgación debe presentarse de forma accesible e inteligible para esa población, es decir, desde un lenguaje claro y conciso, sin términos especializados, sino de manera entendible y utilizando mecanismos para que en el idioma de los habitantes sea comprendido.

En el ámbito político se excluye a estas comunidades como espacios donde es necesario que llegue la difusión de los avances científicos. Ha existido un desarrollo desigual, esta vez no solo entre Norte y Sur, sino entre los segmentos y territorios dinámicos de las sociedades y los que corren el riesgo de convertirse en irrelevantes desde la perspectiva de la lógica del sistema (Castell, 1996). Los investigadores cuentan de su propia voz las experiencias de los otros y las otras que quedan callados porque no están en ese espacio de poder desde el cual se cuenta o se escriben sus saberes. Es importante que las comunidades rurales sean un sector importante para el Estado para que los conocimientos científicos lleguen hasta cada lugar de difícil acceso. Esto implica que forme parte de las políticas y estrategias gubernamentales a través de acciones que busquen la promoción de una cultura científica.

Por otra parte, en el ámbito económico muchas localidades no tienen los recursos necesarios y los conocimientos para el acceso a Internet y redes sociales lo que también los pone en una situación de exclusión, ya que estos se han convertido actualmente en un recurso valioso para que la información circule de manera rápida y se divulguen los resultados científicos que benefician a la sociedad en la vida cotidiana. En el ámbito social también se encuentra la resistencia cultural para integrar conocimientos nuevos y aplicarlos en las actividades diarias sobre todo a las personas adultas y de la tercera edad donde prefieren seguir aplicando en la toma de decisiones sus prácticas culturales.

Por lo tanto, es necesario realizar actividades de difusión y divulgación científica con una perspectiva social, cultural y educativa que permita la transmisión de conocimientos. Esto significa para Ledón y Agramonte (2015) que teorías y descubrimientos se hagan accesibles, permitan crear y fortalecer la imagen social de la investigación y del progreso científico, siendo una base

de conocimiento social equitativa que llega a los rincones más alejados de las distintas regiones, siempre que existan allí los insumos de tecnología necesarios. Precisamente es importante desarrollar una estrategia que posibilite llegar a dichas comunidades para garantizar el derecho al acceso a la ciencia.

Metodología

Se trata de un estudio teórico, de tipo exploratorio, realizado con técnica de revisión documental. Para Hernández-Sampieri, Fernández y Baptista (2006) los estudios exploratorios se efectúan, normalmente, cuando el objetivo es examinar un tema o problema de investigación poco estudiado o que no ha sido abordado antes y sirven para familiarizarnos con fenómenos relativamente desconocidos y obtener información sobre la posibilidad de llevar a cabo una investigación más completa sobre un contexto particular de la vida real. Precisamente este tipo de estudio permitió acercarse a explorar otros que se han realizado sobre divulgación científica, los cuales han sido las estrategias que se han utilizado para llegar a la sociedad, sobre todo a las comunidades rurales por lo que uso una revisión documental de las principales investigaciones desarrolladas en esta temática.

La revisión documental permite identificar los diversos estudios que se han realizado con anterioridad en un tema específico encontrando los alcances y limitaciones, metodologías implementadas, preguntas y objetivos utilizados que sirvan de base para generar nuevas investigaciones. En la revisión se encontró que existen pocos estudios que precisan con claridad qué acciones pueden emprenderse para que la ciencia llegue a las comunidades, trazando en la mayoría de los trabajos la importancia de divulgar, pero no delineando con claridad cómo hacerlo.

Propuesta de estrategias para que la divulgación científica llegue a las comunidades rurales

Es necesario desarrollar una estrategia de divulgación en comunidades rurales que tenga como objetivo la promoción de una cultura científica.

Para Duart (2014) es que la sociedad entienda el mundo que les rodea y los elementos científicos presentes en su vida cotidiana con el fin de facilitar la toma de decisiones del día a día sustentadas en el conocimiento científico. Esta estrategia debe visualizar el respeto de los derechos de hombres y mujeres, promover la participación activa de las comunidades y el trabajo en equipo interdisciplinario, orientándose al desarrollo humano. Desde esta mirada se debe realizar acciones que estén centradas en la realidad social y que integren la diversidad cultural.

Las actividades de difusión y divulgación científicas deben presentar la ventaja de que aumentan la cobertura de la función educativa y de transmisión de conocimientos. Para Ledón y Agramonte (2015) se agregaría a estas ventajas también el hecho significativo de que esta base de conocimiento e información creada a partir de la difusión cimienta las bases para aprovechar al máximo el potencial creador de innovación, solución de problemas y evaluación, en grupos y comunidades en sus contextos particulares, construyendo además un espacio ideal para el ejercicio de su derecho a participar en los asuntos (materiales y existenciales) que conciernen a sus procesos de vida.

La realización de talleres de ciencia en las comunidades es un medio importante que permite un acercamiento de los divulgadores con el público (quien recibe el mensaje o la divulgación científica). Los talleres de ciencia deben ir enfocados en capacitar en diversos temas actuales y los resultados de las investigaciones en materia de salud, educación, derechos humanos, violencia de género, entre otros.

Los talleres culturales deben incluir la capacitación mediante el uso de redes sociales y navegación en Internet, ya que se han convertido en el principal medio de comunicación y en una canal de divulgación. Por ejemplo, existen espacios virtuales donde circula información importante, bibliotecas en línea que dan acceso a contenido científico, plataformas digitales que difunden resultados de investigaciones, entre otros, trasladándose la ciencia a las redes sociales. Es necesario también promocionar las revistas científicas en las comunidades ya sea de manera física, u orientar cómo acceder a ellas a través de Internet (en caso que tengan acceso), ya que estas son un medio de divulgación que permite el intercambio de información con el conjunto de actores interesados en los temas investigados que contribuyen a enriquecer el conocimiento.

Es importante tener en cuenta que la divulgación científica requiere un doble proceso de adaptación. Para Solanas, Martorell y Serra (2013) por un lado,

es necesario traducir el lenguaje científico —de carácter especializado o técnico— al registro estándar, con el objeto de facilitar su comprensión al público en general. Por otro lado, el divulgador científico debe realizar una labor de simplificación donde opta deliberadamente por omitir cierta información en aras de lograr una mayor comprensión por parte de la audiencia.

En otras palabras, como lo dice Vargas (2018) se requiere tal conocimiento científico en forma de traducción sencilla, inteligible y directa o una versión asequible incluso coloquial de él, y así esté al alcance de la gente y sea comprensible. Otro de los aspectos que se deben proponer es que la divulgación sea en las diversas lenguas maternas que se hablan en México, debido a que eso beneficiaría en gran manera a quienes no tienen la oportunidad de acceso al conocimiento científico. Desde esta perspectiva se debe cuidar que el lenguaje e información trate de ser positivo, independientemente del tipo de información que se requiera divulgar. No debe de provocar incertidumbre, sino debe ser clara y propositiva.

En este sentido para Bonilla (2008) es necesario tener presente el diálogo y el intercambio de conocimientos para que todos se sientan útiles, mejoren su autoestima y vean lo que pueden lograr con una organización comunal que fomente el arraigo cultural y la transmisión de costumbres, valores y tradiciones del pueblo. Favorece a toda la comunidad el generar actitudes de identidad rural y aprecio por los recursos propios, utilizarlos adecuadamente, tomar conciencia ecológica, desarrollar un mayor apego a la diversidad natural de estas zonas y generar actitudes que promuevan el desarrollo sociocultural. El reto principal que deben asumir los habitantes de una zona rural es influir, positivamente, en la organización comunitaria, para un desarrollo en los educandos en sus comunidades. Cuanta más humana sea la organización, mejores y mayores serán los logros que se alcancen en éstas.

Para Ledón y Agramonte (2015) se debe potenciar la participación ciudadana en procesos científicos y de investigación, específicamente a través de la difusión de los resultados obtenidos. Se presenta como un proceso coherente con las demandas sociales actuales, a la vez que constituye un deber ético de los colectivos científicos, un derecho de los grupos involucrados y una necesidad científica en el proceso de aproximación a la realidad, así como un camino acertado desde el propósito de transformación social.

Conclusiones

Existen obstáculos culturales, políticos, económicos y sociales que limitan que el conocimiento científico pueda llegar a las comunidades rurales. Muchas comunidades no tienen los recursos necesarios ni el acceso a redes sociales e Internet para estar informados de los resultados de investigaciones en diversos temas que pueden aplicar en su vida cotidiana. Asimismo, aun siguen siendo consideradas espacios de poco interés en el ámbito político, existiendo acciones limitadas e incipientes de estrategias para difundir la ciencia. Por otra parte, en lo cultural existen barreras de lenguaje que limitan que se pueda comprender los avances científicos, y en lo social una resistencia cultural para incorporar nuevos conocimientos.

En este sentido, es necesaria una estrategia que fomente la promoción de una cultura científica basada en el respeto de los derechos humanos de hombres y mujeres y que busque el desarrollo humano. Lo anterior mediante el desarrollo de talleres culturales de equipos interdisciplinarios que busquen desarrollar actividades de difusión y divulgación científica despertando el interés de la población por conocer los avances de investigaciones y cómo poder aplicarlos a la vida diaria. Esto mediante un lenguaje claro y entendible, entendiendo las prácticas culturales y adaptándose a los idiomas maternos de las comunidades rurales.

Se propone realizar acciones de divulgación como talleres culturales que contemplen la realidad social de los contextos y la diversidad cultural. Todo conocimiento proporcionado pueda ser entendido y aplicado buscando ser proyectos de transformación social fomentando la participación activa de los involucrados. Desde esta perspectiva las personas de las comunidades deben ser los actores protagónicos donde ellos se sientan útiles y pueda lograr transformaciones para su localidad. Por lo tanto, divulgar la ciencia se convierte en una obligación por parte de los investigadores y un derecho para las personas. Por lo tanto, si el conocimiento no es compartido ni aplicado la ciencia carece de razón de ser y olvida el fin para el que fue creada para lograr avances sociales, tecnológicos, económicos y sociales que ayuden a mejorar las condiciones de la sociedad.

Referencias

- Bonilla, H. E. (2008). Realidad de las comunidades rurales de Costa Rica. *Revista Educare*, 12, 47-59. <https://www.redalyc.org/pdf/1941/194114584009.pdf>
- Briseño, B. M. (2012). La importancia de la divulgación científica. *Revista Visión Gerencial*, (1), 1-4. <https://www.redalyc.org/pdf/4655/465545892001.pdf>
- Calvo, M. (2006). Conceptos sobre difusión, divulgación, periodismo y comunicación. Artículo publicado en la web del periodista científico Manuel Calvo Hernando. <http://www.manuelcalvohernando.es/articulo.php?id=8> [Consulta: 15/09/2013].
- Calvo, M. (1997). Objetivos de la divulgación de la Científica. *Chasqui: Revista Latinoamericana de Comunicación*, (60), 38-40.
- Carta de la Organización de los Estados Americanos. (1948). Recuperado de: http://www.oas.org/dil/esp/afrodescendientes_manual_formacion_lideres_anexos.pdf
- Castell, M. (1996). *La era de la información. Economía, sociedad y cultura*. Vol. 1. <http://herzog.economia.unam.mx/lecturas/inae3/castellsm.pdf>
- Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (2021). Recuperado de: http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/1_280521.pdf
- Declaración Universal de los Derechos Humanos (1948). Recuperado de: https://www.cndh.org.mx/sites/all/doc/Programas/Discapacidad/Declaracion_U_DH.pdf
- Duart, J. (2014). Impact of the Knowledge Society in the University and in Scientific Communication. (English)" *RELIEVE-Revista Electrónica de Investigación y Evaluación Educativa*, 20(2), 1-12.
- Flores, L. L. (2010). Las personas discapacitadas como grupo vulnerable a la luz de la Constitución mexicana. *Revista del Instituto de Ciencias Jurídicas de Puebla A.C.*, IV (26), 113-125. <https://www.redalyc.org/pdf/2932/293222980007.pdf>
- Hernández-Sampieri, R., Fernández, C, y Baptista, p. (2006). *Metodología de la Investigación*. Cuarta edición. México: MacGraw-Hill/Interamericana
- La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible Una oportunidad para América Latina y el Caribe (2018). Recuperado de: https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40155/24/S1801141_es.pdf
- Ledón, L., y Agramonte, A. (2015). Difusión de resultados de investigación: reflexiones desde el ejercicio de una ciencia ética y responsable. *Revista Humanidades médicas*, 5(5), 1-19. Recuperado de: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1727-81202005000300003
- Martin, R. M., Gorina, S. A., y Sierra, T. G. (2017). *La divulgación científica para el desarrollo local orientada a profesores de centros universitarios municipales*. Santiago de Cuba: Ediciones UO.

Solanas, G. I., Martorell, C. C. y Serra, F. C. (2013) La divulgación científica en ciencias sociales a través de las exposiciones: un estudio de caso. *Historia y Comunicación Social*, 18, 815-826.

Vargas, R. (2018). *Introducción a la divulgación científica*. México: Fontamara. Recuperado de: http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/98777/Intro_Divulga_Cientifica.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Reseña de autoras

Luz Mercedes Verdugo Araujo

Doctora en Trabajo Social con Acentuación en Sistemas de Salud, Docente Investigadora de la Facultad de Trabajo Social de la Universidad Autónoma de Sinaloa, Miembro del Sistema Nacional de Investigadores, Líneas de investigación: sistemas de salud, política social, evaluación de programas sociales, empoderamiento comunitario y Trabajo Social comunitario.

Leonor Tereso Ramírez

Doctora en Trabajo Social con Acentuación en Estudios de Género, Docente Investigadora de la Facultad de Trabajo Social de la Universidad Autónoma de Sinaloa, Miembro del Sistema Nacional de Investigadores, Líneas de investigación: género, procesos de empoderamiento, jefaturas femeninas, pueblos indígenas y Trabajo Social comunitario.



DEL PAPEL Y LA CHARLA A LA WEB 2.0: MEDIOS Y FORMATOS DE DIVULGACIÓN DEL CONOCIMIENTO EN CIENCIAS SOCIALES Y HUMANIDADES

Jesús Guadalupe Villavicencio Ibarra, María Guadalupe Soto Decuir

Aspectos preliminares

El presente capítulo aborda los aspectos teóricos del estudio de la divulgación y comunicación del conocimiento, así como los medios y formatos de divulgación documentados en diferentes trabajos, analizados con la finalidad de considerar activamente estrategias para socializar los saberes gestados desde las ciencias sociales y las humanidades para poder hablar de formas incluyentes de realizar esta función social.

El capítulo tiene como objetivo identificar el marco teórico del estudio de la divulgación del conocimiento en ciencias sociales y humanidades, y los medios y formatos documentados mediante los que se desarrolla esta

función social, para esbozar una propuesta que permita dar paso a formas incluyentes de divulgación con perspectiva tecnológica, inclusiva, participativa y emancipatoria.

El capítulo se compone de un recorrido por los aspectos teóricos de la divulgación en estas dos disciplinas. Posteriormente, se abordan los trabajos desarrollados en materia de medios y formatos mediante los que se desarrolla esta función, después se hace un ejercicio de análisis y discusión donde se sintetizan los hallazgos y se da cuenta de los mismos, y finalmente se aportan las conclusiones sobre el tema y se esboza la propuesta para coadyuvar al cumplimiento del cometido del Gobierno del estado de Puebla.

De tal forma que este trabajo aporta una mirada histórica del abordaje de este tema, así como los medios y formatos a través de los que se realizan actividades de divulgación y comunicación de conocimiento, a partir de los cuales se desarrolla una propuesta en concordancia con la legislación vigente en materia de tecnología educativa, para dar paso a un esquema de gestión de la empresa de divulgación desde una perspectiva democrática, dialógica y participativa entre investigadores, así como entre estos e instituciones públicas, sectores sociales, estudiantes y el pueblo en general.

Divulgación del conocimiento construido en investigación social y humanidades

Según Pabón (2018), “la divulgación se refiere a todas aquellas labores comunicativas que se centran en la propagación de información por encima de otros objetivos; finalmente, la comunicación científica busca” (p. 125). No obstante, como sugiere Mariscal (2007) en este ámbito “se suele conceder mayor importancia a las ciencias exactas (que ahora se sabe que no son tan exactas) y a la biología, marginando a las ciencias sociales” (p. 38), al respecto plantea que:

El sesgo que acusan los programas de enseñanza y divulgación de la ciencia por privilegiar a las ciencias de la naturaleza, obedece a factores históricos, económicos y sociales. Una revisión rápida de la institucionalización de la ciencia como discurso de explicación del mundo muestra que las ciencias de la naturaleza poco a poco fueron legitimando sus métodos y, de ese modo, estableciendo su hegemonía (Mariscal, 2007, p. 45).

Los principales antecedentes de este tema se encuentran primero en el planteamiento de la idea de las dos culturas de Snow (1977), quien en su conferencia *The two cultures* sugiere una brecha cultural entre las ciencias naturales y las ciencias sociales y humanas. Al respecto, autores más recientes como Kagan (2009) plantean la idea de tres culturas, la de las ciencias naturales, la de las humanidades, y las que se relacionan mutuamente.

Al interior de las ciencias sociales y humanidades, dos grandes escuelas (anglosajona y francesa) han dado paso a los modelos de empresa de divulgación científica vigentes: deficitario y democrático, respectivamente. La primera de estas hunde sus raíces en una epistemología de corte positivista,

mientras que la segunda adopta los aires epistémicos de las disciplinas cualitativas que surgen en reacción u oposición al mismo.

¿Qué son las humanidades? A grandes rasgos, León (2006) señala que su campo de estudio comprende la trayectoria de los seres humanos sobre la tierra y sus creaciones, por lo que, a pesar de no ser rentables, contribuyen a revelar el sentido humano en lo concerniente a la vida de las personas. Por su parte, Cortina (2013) identificó a la filosofía, las filologías, la historia y la literatura como sus principales disciplinas.

A decir de Canterla (2007), los cambios socioculturales devenidos a partir del siglo XVIII y de los movimientos racionalistas, las humanidades quedaron relegadas hasta que los sucesos de la Segunda Guerra Mundial evidenciaron que toda la ciencia y el progreso europeo no habían sido capaces de evitar sucesos de exterminio como los acontecidos bajo doctrinas totalitaristas.

Por su parte, Pabón (2018) señala que el salto de la sociedad industrial a la postindustrial, aparejado a la acelerada generación y renovación del conocimiento que este cambio supone, trajo consigo cambios profundos que se extienden hasta los cimientos sociales fundamentales de forma transversal en las diversas esferas de la actividad humana, colocando en el horizonte la razón tecnológica que se expande a ritmo exponencial.

A partir de entonces esta forma de conocimiento tomó un ímpetu renovado orientado a depurar las ideologías de opresión, dominación y/o exterminio. Al respecto, Barrancos (2018) sugiere que es necesario rescatar el significado de estas disciplinas desde una cosmovisión “contrahumanista”, es decir, en oposición al sujeto occidental (u “occidentalizado” en los casos de colonialismo, sobre todo en nuestro contexto americano), señalando el para qué de las humanidades apuntando a las conquistas en materia de derechos humanos, igualdad, identidad de género, etc.

Por su parte, Cortina (2013), al reflexionar en torno al futuro de las humanidades, plantea que los conocimientos construidos a partir de estas pueden aportar a la sociedad elementos para comprender y gestionar: a) el fenómeno de la intersubjetividad humana; b) la auto comprensión, construcción de la propia identidad; y 3) la formación y cultivo de las humanidades, por lo que asevera que es un sinsentido desligarlas del quehacer social, incluso del económico.

De la mano de las ciencias sociales, las humanidades contribuyen a pensar y repensar el imaginario sociocultural a través de nuestro devenir histórico como “animales políticos”, para, digerirlas, asimilarlas y contextualizarlas, y dar paso a nuevos esquemas para comprender el presente y construir el futuro. De ahí la importancia de comunicar públicamente el conocimiento que se construye desde sus respectivas disciplinas y las interacciones entre estas y otras formas de conocimiento.

En ese sentido, a decir de Pabón (2018) “ninguna investigación, en ninguna disciplina, debería formularse sin tomar en cuenta los mecanismos de comunicación que se emplearán para dar a conocer sus resultados” (p. 118). En ese sentido, un aspecto que conviene tener en cuenta antes de buscar desarrollar estrategias para cumplir ese objetivo, es considerar qué se necesita para comunicarlo de forma didáctica y contextualizada.

No solo se trata de construir saberes y hacerlos públicos, sino de saber cómo dar cuenta de los avances y hallazgos de forma asertiva, comprensible para la audiencia, que suele ser variada en condiciones normales, situación que se puede extrapolar en ejercicios virtuales. Al respecto se muestra el concepto de “conocimiento didáctico del contenido” (Shulman, 1999), que si bien está pensado para la enseñanza de la naturaleza de la ciencia, comparte con el tema que ocupa la acción intersubjetiva orientada a la comprensión.

En tiempos contemporáneos, se asiste el desarrollo y consolidación de las llamadas “humanidades digitales”, a decir de Ziegler (2019) estas:

"Pueden ser definidas como una suerte de red virtual que sintetiza las Humanidades tradicionales con la tecnología digital, logrando tejidos que anteriormente habrían sido imposibles. En ellas se aplica a los tradicionales y bien conocidos problemas de las Humanidades las nuevas herramientas tecnológicas. Contrario a lo que pudiera pensarse, no pretenden sustituir el cúmulo de conocimiento que hemos acumulado a lo largo de muchos siglos y que, ciertamente, es y seguirá siendo fundamental para todos" (p. 31).

Al respecto, Ayala (2019) sugiere que las humanidades digitales juegan un papel importante en un mundo, como se describe, líquido en términos baumanianos, en el que las instituciones de educación superior ya no son las únicas entidades que producen, administran y divulgan conocimientos o la cultura, pero en el que están llamadas a: 1) configurar los modelos digitales del propio discurso académico para las esferas públicas emergentes, 2) modelar la excelencia e innovación en estos ámbitos, y 3) facilitar la formación de redes de producción de conocimiento, intercambio y difusión tanto global

como local. Todo ello con las herramientas digitales como eje vertebrador de esta empresa atendiendo a la complejidad, el contexto histórico, la profundidad analítica, la crítica y la interpretación.

Ahora bien, Sánchez (2010) en su trabajo de tesis problematiza la brecha entre el porcentaje que ocupan las ciencias sociales en la matrícula estudiantil de nivel superior y posgrado, así como en investigación; y el nivel de desinterés de la población en temas vinculados con las ciencias sociales basada en estudios oficiales, cuestionando “¿por qué las ciencias sociales no ocupan el mismo lugar preponderante dentro de la sociedad?, ¿es suficiente la difusión que se da a las investigaciones sociales?, ¿qué medios se pueden utilizar para que este tipo de ciencias tenga mayor impacto?” (p. 3). Asimismo, señala la poca construcción de conocimiento al respecto, analizando los trabajos de:

- a) Rodríguez y Tovar (1982), quienes señalaron que, si bien estas empleaban ya entonces de manera creciente sistemas simbólicos, existe una marcada tendencia a complementarlos con textos. Además, los canales de comunicación escritos utilizados eran principalmente libros.
- b) Salgado (1985) identificó como canales para la difusión popular de las investigaciones sociales a medios impresos (periódicos y revistas), formatos electrónicos de su tiempo (radio, televisión y cine), actividades como conferencias, mesas redondas, seminarios, audiovisuales y museos.
- c) Litvak (1982) sugirió la formación de series de grandes tirajes que diseminaron las transcripciones de las conferencias de ser necesario hasta en puestos de periódicos.
- d) García (2003) expuso que las investigaciones sociales eran consideradas como no susceptibles de ser divulgadas, que los investigadores sociales no eran convocados a hacerlo, ni para analizar los problemas actuales de la divulgación.

Piña (2013) esboza una propuesta de marco teórico para el estudio de la divulgación en ciencias sociales a partir de la crítica a la empresa clásica de divulgación de la ciencia que hace Roqueplo (1983) y de la crítica que el pensamiento postcolonial hace al paradigma dominante de las ciencias sociales.

Además, Piña (2013) señala que las principales escuelas de pensamiento desde las que se reflexiona teóricamente la ciencia son la anglosajona y la francocanadiense, mismas que se remontan sus inicios de la divulgación científica en

el siglo XVII y cuyas versiones contemporáneas son la *public understanding of science* (Comprensión Pública de la Ciencia) y la *communication scientifique publique* (Comunicación Científica Pública), respectivamente. Ambos surgidos en un clima social de rechazo y escepticismo hacia la ciencia de la posguerra (Segunda Guerra Mundial) a decir de Sánchez (2010).

La primera de estas promovió el hoy conocido modelo de déficit (simple o complejo), con una comunicación unidireccional “experto -> público”, que promueve una idea de ciencia como cuerpos de conocimientos certeros y seguros sobre el mundo producidos por la comunidad científica al margen de la sociedad, y cuya práctica de la divulgación se orienta a lograr que la sociedad valore y apoye la ciencia mediante la búsqueda de formas para cubrir el déficit en la correcta comprensión y uso de la ciencia por parte del pueblo, misma que se desarrolla a través de medios de comunicación masiva mediante contenidos enfocados en los resultados de la ciencia y los procesos de “producción” de conocimiento científico (Piña 2013).

Mientras que la segunda dio paso al modelo democrático, el cual concibe una interacción horizontal, con una comunicación de doble vía “experto <-> público”, parte de la idea compleja de la ciencia, cuyos productos son parciales, provisionales, en algunos casos controversiales e incluso potencialmente riesgosos se fundamenta en lograr la participación activa del pueblo en la resolución de problemas sociales y se realiza a través de medios de foros, debates, grupos de consenso, entre otros, mediante contenidos contextualizados, críticos y con orientación emancipatoria.

Lo anterior trae el planteamiento de Roqueplo (1983), quien hace una crítica al modelo deficitario, cuyo proyecto de divulgación considera epistemológica y pedagógicamente inviable, y se posiciona por una idea de divulgación como actividad y explicación de los conocimientos, la cultura y el pensamiento científico y técnico fuera de la enseñanza oficial o equivalente dirigidos al público más vasto posible, y sin la finalidad de formar especialistas o perfeccionar a quienes ya lo son, e integra de forma explícita por los medios de comunicación de su tiempo (televisión, radio, cine, prensa y edición).

Piña (2013) señala acertadamente que esta teoría se inscribe en el ámbito de la divulgación de las ciencias naturales, por lo que considera necesario desarrollar uno para las ciencias sociales y las humanidades. No obstante, los planteamientos de Roqueplo constituyen una de las principales críticas al modelo deficitario. Esto es relevante porque a partir de este se funda la empresa de divulgación de la ciencia en México, que consideraba operando

hace casi diez años. Esta autora también identificó un modelo de divulgación “experto <-> experto” mediante artículos, libros y revistas.

En cuanto a la crítica que el pensamiento postcolonial hace al paradigma dominante de las ciencias sociales, para Piña (2013) los planteamientos de Boaventura de Sousa Santos (2009) sobre lo que representa el postcolonialismo; Wallerstein (1996) y Castro-Gómez (2011), sobre las características comunes de las corrientes que lo integran; Mignolo (2011) y sus reflexiones sobre el papel del Estado-nación en el orden mundial de la postguerra; Dussel (2007) y su señalamiento del carácter periférico de occidente respecto a oriente antes del descubrimiento de América, hecho que constituyó uno de los principales motivos de su acenso; Quijano (2019) y sus aportaciones sobre los patrones de discriminación social que han regido en las sociedades occidentales (y occidentalizadas agregaría); Escobar (2000) y sus aportes sobre la colonización de la realidad por el discurso; y Lander (2000) con sus reflexiones en torno a la concepción instrumental del cuerpo y el mundo como consecuencia de la subjetivación de la mente; en refuerzo a la crítica al paradigma de divulgación vigente en México.

A partir de estos esquemas teóricos, Piña (2013) advierte los riesgos de divulgar las ciencias sociales desde los esquemas de la empresa de divulgación de la ciencia vigente en América Latina, de corte anglosajón (modelo deficitario) y con unos conocimientos sociales colonizados y estructurados a partir de la negación del vínculo modernidad-colonialidad, los lenguajes evolucionistas y las múltiples separaciones de occidente, ya que es difícil construir conocimiento de forma participativa y con sentido emancipatorio.

Formatos de divulgación y comunicación de las ciencias sociales y las humanidades

En cuanto a los diversos formatos para el desarrollo de esta práctica, se encuentra el trabajo de Salgado (1985) y los canales para la difusión popular de las investigaciones sociales que identifica en su trabajo: 1) periódicos, 2) revistas, 3) radio, 4) televisión, 5) cine, 6) conferencias, 7) mesas redondas, 8) seminarios, 9) audiovisuales y 10) museos.

Situados en el Siglo XXI, se ubica el trabajo publicado por Solanas *et al.* (2013), en el que reflexionan sobre aspectos importantes del proceso de divulgación específicamente en ciencias sociales a partir de un evento de exposición divulgadora derivado de un trabajo de investigación doctoral. Al respecto, abordan el proceso de transformación de un trabajo académico en un producto de interés sociocultural.

En su trabajo, Castro y Olmos (2014) identifican como medios de intercambio y transferencia del conocimiento en las ciencias sociales y las humanidades en España: 1) publicación de textos en libros y revistas, 2) conferencias, 3) mesas redondas, 4) eventos temáticos de puertas abiertas, 5) “Semanas de la ciencia”, 6) publicación de artículos en prensa, 7) elaboración de contenidos de divulgación para páginas, 8) cursos o conferencias en centros educativos, 9) participaciones en y programas de radio, 10) participaciones en y programas de televisión, y 11) documentales u otros videos científicos.

En tanto que González y González (2014) apuntan a la utilización de la web 2.0 (web social) la divulgación de publicaciones en español a través de: 1) recursos de comunicación en la web tales como: a) blogs, b) microblogging y c) redes sociales; 2) difusión en la web a través de: a) sindicación de contenidos RSS y agregadores, b) podcasts y c) videocasts; 3) colaboración en la web mediante: a) wikis y b) marcadores sociales; y 4) multimedia en la web como alojamiento y compartición de: a) vídeos, b) fotografías y c) documentos.

Por su parte, Benítez *et al.* (2015) señalan que, si bien es cierto que en Argentina cada colectivo científico tiene su estilo de comunicación, también existen diferentes modos de producción y divulgación, transformando las dinámicas tradicionales, e identifican un fenómeno consistente en cómo una comunidad científica construye vías alternativas a las formales, dando paso a un nuevo formato de edición y socialización de la ciencia entre las que destaca la creación de repositorios web que funcionan como catálogos automatizados de acceso público en los que se publican: 1) artículos de revistas científicas; 2) tesis y disertaciones; 3) libros, partes de libros y secciones de éstos; 4) colección de ponencias y disertaciones; 5) materiales multimediales y audiovisuales; 6) informes y documentos de trabajo de investigaciones; 7) objetos de aprendizaje; y 8) referencia bibliográficas, entre otros como talleres participativos y bibliotecas digitales.

Perrotta y González (2019) plantean que en el contexto argentino las iniciativas de divulgación científica son emprendidas por: 1) organizaciones intermediarias que proveen una plataforma a los académicos, más que

por esfuerzos individuales de estos últimos. Estas se desarrollan predominantemente a través de medios de comunicación alternativos como: a) *blogs*, b) agencias periodísticas independientes, c) revistas, y d) radio; 2) iniciativas de extensión universitaria a través de: a) charlas, b) conferencias, c) seminarios, d) mesas redondas, y e) jornadas y escuelas populares; y 3) patrocinios y financiamientos para: a) libros, b) manuales y c) cartillas para la divulgación gratuita.

En el trabajo “El proceso educativo durante la pandemia Covid-19 en la Universidad Autónoma de Sinaloa”, Villavicencio *et al.* (2020) plantean la idea de crear una comunidad digital de aprendizaje colaborativo para gestionar la movilización de conocimientos sobre las diferentes áreas del saber a través de una plataforma digital mediante la que se gestionen aspectos académico curriculares y administrativos de los estudiantes así como actividades académicas virtuales interactivas, dinámicas y flexibles entre estudiantes cursantes de diferentes grados y programas de estudios superiores a través de: 1) conferencias, 2) foros virtuales, 3) conversatorios, 4) *webinars*, 5) proyectos de investigación, innovación y desarrollo interdisciplinarios e 6) implementación de un sistema de otorgamiento de créditos académicos en los diferentes tipos y modalidades educativas (la universidad en mención, imparte diferentes tipos y modalidades) tengan que contar con cierto número de estos para titularse.

Diversos autores (Zaragoza, 2020; Escalante y Sainz, 202; Catela y Pérez, 2021) identifican a la divulgación de YouTube como herramienta para la educación de las ciencias sociales y las humanidades. Mientras que Martín y Catela (2021) identifican a las plataformas podcast como medio que ofrece oportunidades para la divulgación de las humanidades, mediante el análisis de un caso específico.

Por su parte, Padilla y Degli (2021) señalan que los investigadores de las diferentes áreas del conocimiento comunican sus resultados a sus pares y al público en general a través de diversos medios y formatos, como: 1) eventos, entre los que incluyen: a) conferencias, b) festivales, y c) cafés científicos; 2) canales tradicionales como publicaciones de artículos y estudios en revistas y diarios; y 3) medios 2.0, tales como: a) *blogs*, b) *vlogs*, c) podcasts, d) webs y e) redes sociales.

En tanto que Román y Losada (2021) identifican las redes sociales científicas como medios digitales para la divulgación del conocimiento, incluido el construido desde las ciencias sociales y las humanidades. En sentido

similar, Agüero y Ricardo (2015) señalan las bondades de la web 2.0 tanto para “compartir información tanto de ciencias experimentales (ciencias naturales y tecnología) como de ciencias sociales, humanidades y literatura” (p. 402). Al respecto, Vizcaíno *et al.* (2020) sugieren que “esta tendencia se entiende como la distribución pública de los resultados de investigación de forma deliberada, para que el público acceda libremente a los conocimientos universales” (p. 283).

Un ejemplo de divulgación en redes se encontró en España, a través de la plataforma “YouTube” (en reciente migración a otras redes como “Instagram” por cuestiones de monetización). Al respecto Macho y Bermúdez (2020) se plantea el dilema de si este formato permite hablar de divulgación propiamente dicha, difusión, comunicación o simple polémica, concluyendo, entre otras cosas, que “la mayor parte del contenido que se presenta es de carácter expositivo-divulgativo y didáctico, lo cual hace que los vídeos con contenido científico puedan llegar a funcionar como una suerte de «videoteca» para diversos fines” (p. 420).

Según Vizcaíno *et al.* (2020), siguiendo a Sugimoto *et al.* (2013) y Chomon y Busto (2018), en la red social YouTube se pueden encontrar diversos formatos de divulgación del conocimiento científico, tales como 1) demostración científica; 2) difusión científica; 3) educación; 4) coloquio académico; 5) información sobre científicos; y 6) comedia científica. Estos formatos pueden ser asimilables a la empresa de divulgación del conocimiento en las ciencias sociales y las humanidades.

Respecto al empleo de “Instagram” para fines divulgativos, Sidorenko *et al.* (2021) plantean que, en el contexto mexicano, en este medio digital la ciencia “tiene una notable visibilidad hasta ser un contenido estrella. Paralelamente, también las ciencias sociales tienen otro gran peso en tan ingente producción de contenidos” (p. 159), lo que da pie a pensar en las potencialidades de otras redes sociales como “TikTok”, por poner un ejemplo.

En ese sentido, se observa una tendencia a buscar convertir al conocimiento construido en las ciencias sociales y las humanidades en contenidos de divulgación, más que bienes de consumo como sugiere Cicogna (2016), para lograr fomentar su desarrollo en el horizonte de las generaciones futuras. Para ello, resulta fundamental “tratar de prestar atención y pensar la posibilidad de aunarlas a las “nuevas tendencias” para revitalizarlas y reposicionarlas para que sean atractivas” (p. 92), es decir, lograr su divulgación, pero mediante canales diferentes a los habituales. No obstante, se considera

necesario trabajar en gestionar espacios que cumplan esta función desde ámbitos institucionales orientados al trabajo colaborativo y el desarrollo de competencias digitales a escala escolar y social.

Análisis y discusión.

Si bien es cierto que la empresa de divulgación y comunicación del conocimiento construido en las ciencias sociales y las humanidades se funda bajo los modelos aplicables al de las ciencias naturales. No obstante, en su devenir estas se han abierto paso a través de diversos medios, formatos y estrategias. Además, dada la naturaleza de estos tipos de saberes, el modelo deficitario es incompatible para gestionar la comunicación de los mismos tanto entre pares, como entre investigadores y el pueblo, quien en última instancia financian los proyectos y programas de investigación auspiciados por instituciones públicas a través de sus contribuciones al erario público y a cuyo desarrollo y emancipación debería contribuir.

A partir de las diferentes aportaciones, se establece la siguiente categorización:

- 1) Actividades y eventos de divulgación como: a) conferencias, b) mesas redondas, c) seminarios, d) exposiciones, e) cursos, f) charlas g) cafés científicos, h) jornadas y escuelas populares, i) talleres participativos, j) eventos temáticos, k) festivales, y l) “Semanas de la ciencia”.
- 2) Publicaciones en medios impresos como: a) prensa, b) revistas, c) libros, d) manuales y e) cartillas para la divulgación gratuita.
- 3) Publicación de recursos y contenidos en medios de comunicación masiva audiovisuales convencionales tales como la radio, televisión e incluso el cine
- 4) Publicación de recursos y contenidos en medios digitales como: a) blogs, b) microblogging, c) YouTube y otras redes sociales, d) elaboración de contenidos de divulgación para páginas, e) sindicación de contenidos RSS y agregadores, f) *podcasts*, g) *videocasts*, h) *wikis*, i) marcadores sociales, j) *blogs*, k) *podcast* y l) redes sociales científicas,
- 5) Repositorios web y plataformas institucionales para gestionar la publicación y desarrollo de: a) artículos de revistas científicas, b) tesis y/o disertaciones, c) libros, partes y secciones de éstos, d)

colección de ponencias, e) materiales multimedia y audiovisuales f) informes y documentos de trabajo de investigaciones, g) objetos de aprendizaje, h) referencia bibliográficas, i) bibliotecas digitales, j) foros virtuales, k) webinarios y l) proyectos de investigación, innovación y desarrollo interdisciplinarios, entre otros recursos y actividades.

En la literatura revisada aparecen además las agencias periodísticas independientes y los museos como medios para el desarrollo de actividades de divulgación. Respecto a este último punto, la pandemia y el distanciamiento social dieron paso a museos virtuales, lo que puede facilitar más el espectro de alcance.

Actualmente se puede encontrar canales de divulgación del conocimiento (tanto en ciencias naturales como en tecnología y en las ciencias sociales y las humanidades) en diversas plataformas y redes sociales como “YouTube”, “Instagram” o “Facebook”, donde se gestionan contenidos sobre filosofía, historia, educación y demás temáticas relacionadas con estas áreas del saber.

Conclusiones

Las perspectivas epistemológicas que subyacen a los modelos de divulgación de la ciencia desplegados por las escuelas anglosajona y francesa, mismos que han sido exportados al mundo académico y han permeado en las ciencias sociales y las humanidades, corresponden con los fenómenos suscitados en el mismo sentido en lo atinente a las revoluciones paradigmáticas del siglo pasado. Estas han evolucionado y han incorporado elementos de corte conectivista, interaccionista simbólico y cognitivista, dando paso a un mosaico de medios y formatos de divulgación.

La situación de la pandemia invita a pensar en formatos que permitan el acceso ubicuo, asincrónico y flexible a estos contenidos de divulgación. De igual manera, es necesario “digerir” los conocimientos construidos desde las ciencias sociales para su presentación en términos comprensibles para la mayoría del pueblo, promoviendo cada vez una mayor comprensión de estos, pero sobre todo, sentando las bases para la consolidación de las competencias digitales de las personas que permitan el florecimiento de vocaciones

investigadoras, ideas e iniciativas de investigación y demás proyectos con perspectivas interdisciplinarias basadas en el diálogo y el trabajo colaborativo.

En ese sentido, se considera que crear una comunidad digital de aprendizaje colaborativo y divulgación social del conocimiento en humanidades, ciencia, tecnología e innovación a cargo del Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Puebla, y debidamente vinculado con las instituciones de educación superior, centros de investigación y demás entidades de construcción de conocimiento financiadas con recursos públicos, para la articulación de una red social gestionada como una comunidad virtual de aprendizaje colaborativo y orientación académico científica, con acceso a repositorios institucionales donde se ponga a disposición del pueblo los recursos textuales, multimedia y audiovisuales que den cuenta, tanto de manera formal como divulgadora sobre los conocimientos construidos y los avances tecnológicos desarrollados en formato abierto y socializado con la ciudadanía mediante estrategias para la difusión de contenidos que permitan el desarrollo de la función social de extensión de la cultura.

Con ello, el Gobierno del estado de Puebla estaría generando un espacio mediante el que, por una parte se atienden las disposiciones en materia de tecnología educativa establecidas en la Ley General de Educación y la Ley General de Educación Superior, al mismo tiempo que se establecen las bases para la formación de colectivos, redes y demás organizaciones de personas interesadas en determinadas disciplinas, temas y/o problemáticas, al seno de las que se pueden gestar procesos de construcción cooperativa e interdisciplinar de nuevo conocimiento situado, contextualizado y con carácter transversal, orientado a la solución de los problemas que aquejan a la sociedad poblana y al país.

También, contribuye al desarrollo de una cultura de trabajo colaborativo y ubicuo basado en el diálogo, el respeto, interacciones horizontales y en condiciones de accesibilidad para personas con diversos tipos de discapacidad, en concordancia con el modelo democrático de empresa de divulgación, de la que nuestros jóvenes harán parte hoy y nuestros niños mañana cuando se incorporen a la educación superior, incluso tal vez desde niveles previos mediante formatos destinados a personas menores de edad y atendiendo plenamente las disposiciones aplicables en materia de derechos de niñas, niños y adolescentes, sentando las bases para la gestión sostenible de habilidades digitales, sobre todo en tiempos donde aparecen conceptos como etnografía virtual, cartografía digital o humanidades digitales.

Es necesario tener en cuenta el papel fundamental que juegan las humanidades para este proceso, puesto que constituyen la semilla para la formación de la episteme del pueblo, y representa la oportunidad para la construcción de horizontes de sentido compartido en torno al conocimiento construido a partir de problemáticas de personas, familias y comunidades reales para la solución de los mismos mirando en todo por la lucha contra las formas de opresión, las desigualdades y los esquemas de dominación que chocan de manera frontal con la cosmovisión de las libertades, igualdad y dignidad humana esbozados en el proyecto democrático nacional plasmado en nuestra Constitución.

Si bien es cierto que en la entidad es amplio el margen de personas que carecen de acceso a Internet y recursos digitales, también lo es que al tiempo que se gestiona esta problemática social, es necesario proporcionar un andamiaje para la consolidación de las habilidades digitales de las personas, mediante espacios de encuentro, diálogo y construcción cooperativa del conocimiento en condiciones de accesibilidad para los diversos tipos de discapacidad.

De hecho, trabajar en este sentido abona al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (Naciones Unidas, 2015), específicamente en la meta 9.1, puesto que la propuesta implica el desarrollo de una infraestructura fiable, sostenible, resilientes y de calidad de carácter regional para fomentar el desarrollo económico y el bienestar humano mediante la creación de espacios ubicuos para la construcción cooperativa del conocimiento, su divulgación y extensión para la sociedad con especial hincapié en el acceso asequible y equitativo para todos.

Referencias

- Agüero, G., y Ricardo, J. E. (2015). Las redes sociales de la llamada web 2.0 para la divulgación científica. *Santiago*, (137), 392-408.
- Ayala Pérez, T. (2019). Algunas consideraciones sobre las humanidades desde la era digital. *Universum (Talca)*, 34(1), 39-64.
- Barrancos, D. (2017). ¿Para qué sirven las Humanidades? [Sesión de conferencia]. En “Las humanidades ayer y hoy”, Argentina: Universidad de Moron. https://www.academia.edu/download/61497287/Las_humanidades_ayer_y_hoy20191212-124820-12f1x9.pdf#page=10

- Benítez, B., Gómez, A., y Prevosti, M. (diciembre 10-12, 2015). Nuevos caminos para la divulgación científica. En *Jornadas de Investigadores 2015*, Argentina: Universidad Nacional de Misiones. <http://www.fhycs.unam.edu.ar/jinvestigadores/wp-content/uploads/2015/12/BENITEZ-et-al-Ponencia-Jornadas-SINVyP-2015.pdf>
- Canterla, C. (2007). ¿Qué son las humanidades? *Ilustración y libertades: revista de pensamiento e historia de las ideas*, (1), 11-18.
- Castro, E., y Olmos, J. (2014). Características de las interacciones con la sociedad de los investigadores de humanidades y ciencias sociales a partir de estudios empíricos. *Revista iberoamericana de ciencia, tecnología, sociedad e innovación*, 9(27), 113-141.
- Castro-Gómez, S. (2011). La historia natural en el orden clásico y geopolítico del saber. En L. Montenegro, M. (Ed.), *Cultura y naturaleza. Aproximaciones a propósito del bicentenario de la independencia de Colombia* (pp. 337-354). Colombia: Alcaldía Mayor de Bogotá.
- Catela, I. y Pérez, M. (2021). ¿La banalidad de YouTube? Una aproximación al pensamiento de Hannah Arendt a través de los youtubers. En *De la filosofía digital a la sociedad del video-juego. Literatura, pensamiento y gamificación en la era de las redes sociales* (pp. 253-266). Dykinson.
- Chomon, J. y Busto, L. (2018). Science and transmedia: A binomial for scientific dissemination. The Atapuerca case. *El Profesional de la Información*, 27(4), 938-946. <http://doi.org/10.3145/epi.2018.jul.22>
- Cicogna, M. (2016). Las Humanidades del siglo XXI en Argentina: desafíos y nuevas fronteras. Análisis. *Revista Colombiana de Humanidades*, 48(88), 85-104.
- Cortina, A. (2013). El futuro de las humanidades. *Revista chilena de literatura*, (84), 207-217.
- De Sousa Santos, B. (2009). *Una epistemología del sur: la reinención del conocimiento y la emancipación social*. México: CLACSO/Siglo XXI.
- Dussel, E. (2007). *Política de la liberación: historia mundial y crítica*. Madrid: Editorial Trotta. https://enrique-dussel.com/txt/Textos_Libros/58.Politica_liberacion_historia_Vol1.pdf
- Escalante, A. y Sainz, I. (2021). La divulgación youtuber como herramienta para la educación literaria: Una propuesta didáctica para la creación de un canon femenino. En *De la filosofía digital a la sociedad del video-juego. Literatura, pensamiento y gamificación en la era de las redes sociales* (pp. 695-719). Dykinson.
- Escobar, A. (2000). El lugar de la naturaleza y la naturaleza del lugar. En Lander, E. (comp.) *La colonialidad del saber: eurocentrismo y ciencias sociales. Perspectivas latinoamericanas*. CLACSO: Argentina.
- García, V. (2003). *Las ciencias sociales en la divulgación*. México: UNAM.
- Kagan, J. (2009). *The three cultures: Natural sciences, social sciences, and the humanities in the 21st century*. Cambridge University Press.
- Lander, E. (2000). Saberes coloniales y eurocéntricos. En Lander, E. (Ed.), *La colonialidad del saber: Eurocentrismo y Ciencias Sociales. Perspectivas Latinoamericanas* (pp. 11-40). Buenos Aires: CLACSO.

- León, M. (2006). Las humanidades. *Anales del Instituto de Investigaciones Estéticas*, 28(89), 23-25. Instituto de Investigaciones Estéticas.
- Litvak, J. (1982). *La difusión de la investigación de las humanidades*. Universidad Nacional Autónoma de México, Coordinación de Humanidades, Centro de Estudios Sobre la Universidad. (Pensamiento Universitario, 55).
- Macho, R., y Bermúdez, M. (2020). La comunicación de la ciencia en Youtube España, ¿divulgación, difusión, comunicación o solo polémica? *Revista Prisma Social*, (31), 410-422.
- Mariscal, J. (2007). Políticas culturales de divulgación de la ciencia: sesgos y retos. *Apertura, Revistas de innovación educativa*, (7), 36-45. https://issuu.com/joseluismariscalorozco/docs/divulgacion_ciencia
- Martín, L. y Catela, I. (2021). Las narrativas transmedia como oportunidad para la divulgación de las humanidades: el caso del podcast” videodrome. En *De la filosofía digital a la sociedad del video-juego. Literatura, pensamiento y gamificación en la era de las redes sociales* (pp. 695-719). Dykinson.
- Mignolo, W. (2011). El pensamiento decolonial, desprendimiento y apertura. En Dussel, E., et al. (Eds.), *El pensamiento filosófico latinoamericano, del caribe y latino* (pp. 659-673). México: Crefal/Siglo XXI.
- Naciones Unidas, Asamblea General (25 de septiembre de 2008). “Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible”. Resolución A/70/1, disponible en: https://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/70/1&Lang=S.
- Pabón, R. (2018). Apropiación social del conocimiento: una aproximación teórica y perspectivas para Colombia. *Revista Educación y Humanismo*, 20(34), 116-139. <http://dx.doi.org/10.17081/eduhum.20.34.2629>
- Padilla, M., y Degli, E.S. (2021). *Mecanismos para impulsar la comunicación científica*. Madrid, España: Instituto de Políticas y Bienes Públicos (IPP). https://digital.csic.es/bitstream/10261/232396/1/2021_02_wp_lola_padilla_sara_degli.pdf
- Perrotta, D. y González, I. (2019). Investigadores sociales, divulgación y construcción de una agenda política en problemáticas de género en Argentina: el caso de la Campaña Nacional por el Derecho al Aborto Legal, Seguro y Gratuito. *Universidade Nove de Julho. Programa de Pós-Graduação em Educação; Eccos*, 49(6), 1-22
- Piña, J. (2013). *Producción de ausencia de las ciencias sociales en la empresa de divulgación científica en México: reflexiones epistemológicas y sociopolíticas*. (Tesis de maestría) Universidad Michoacana San Nicolás de Hidalgo. http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/xmlui/bitstream/handle/DGB_UMICH/95/IIF-M-2013-1136.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Quijano, A. (2019). Colonialidad del poder, eurocentrismo y América Latina. *Espacio Abierto*. 28(1), 255-301.
- Rodríguez, M. y Tovar, A. (1982). *El científico como productor y comunicador: el caso de México*. México: UNAM.
- Román, A., y Losada, A. V. (2021). Estrategias de divulgación en la construcción

- del consenso científico. *Revista Neuronum*, 7(3), 23-35.
- Roqueplo, p. (1983). *El reparto del saber. Ciencia, cultura, divulgación*. Buenos Aires: Gedisa.
- Salgado, E. (1985). Difusión popular de las ciencias sociales. *Secuencia*, (01), 130.
- Sánchez, A. M. (2010). *Introducción a la comunicación escrita de la ciencia*. Xalapa: Universidad Veracruzana.
- Shulman, L. S. (1999). Foreword. En J. Gess-Newsome y N. G. Lederman (Eds.) *Examining pedagogical content knowledge: the construct and its implications for science teaching* (pp. ix-xii). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Sidorenko, p., Cabezuelo, F., y Herranz, J. (2021). Instagram como herramienta digital para la comunicación y divulgación científica: el caso mexicano de @ pictoline. *Chasqui: Revista Latinoamericana de Comunicación*, (147), 143-162.
- Snow, C. P. (1977). *La Conferencia Rede, 1959. Las dos culturas y un segundo enfoque. Versión ampliada de "Las dos culturas y la revolución científica"*. Madrid: Alianza.
- Solanas, I., Martorell, C., y Serra, C. (2013). La divulgación científica en ciencias sociales a través de las exposiciones: un estudio de caso. *Historia y Comunicación Social*. 18, 815-826. http://dx.doi.org/10.5209/rev_HICS.2013.v18.44285
- Sugimoto, C., Thelwall, M., Larivière, V., Tsou, A., Mongeon, p., y Macaluso, B. (2013). Scientists popularizing science: characteristics and impact of TED talk presenters. *PloS one*, 1-8. <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0062403>
- Villavicencio, J. Martínez, A. y Soto M. (2020). El proceso educativo durante la pandemia COVID19 en la Universidad Autónoma de Sinaloa. En Ruíz y Bárcenas (Coords.), *Movilidad Virtual de Experiencias Educativas*. México: SOMECE.
- Vizcaíno, A.; De Casas, p. y Contreras, p. (2020). Divulgación científica en youtube y su credibilidad para docentes universitarios. *Educación XXI*, 23(2), 283-306, doi:10.5944/educXXI.25750
- Wallerstein, I. (1996). *Abrir las ciencias sociales: informe de la Comisión Gulbenkian para la reestructuración de las ciencias sociales*. México: Siglo XXI.
- Zaragoza, J. C. (2020). *El movimiento youtuber en la divulgación científica española*. (Tesis de Grado). España: Universidad de Murcia.
- Ziegler, M. M. (2020). El tiempo de las Humanidades Digitales: entre la Historia del Arte, el Patrimonio Cultural, la ciudadanía global y la educación en competencias digitales. *Revista de Comunicación de la SEECI*, 52, 29-47.

Jesús Guadalupe Villavicencio Ibarra

Tiene estudios de Licenciatura en Formación Docente del Tipo Medio Superior con Énfasis en Ciencias Sociales. Es estudiante del programa de Maestría en Educación de la Facultad de Ciencias de la Educación de la Universidad Autónoma de Sinaloa. Cuenta con experiencia laboral como asesor del Grupo Parlamentario en el H. Congreso del Estado de Sinaloa. Ha participado en investigaciones publicadas, simposios y foros académicos de consulta en materia de liderazgo y tecnología educativa. Desarrolla el trabajo de tesis «El impacto del liderazgo en la formación democrática de los estudiantes del bachillerato universitario».

María Guadalupe Soto Decuir

Tiene estudios de posdoctorado en Innovación, Cultura y Tecnología por el Centro de Estudios e Investigaciones para el Desarrollo Docente y Doctorado en Educación por la Universidad Autónoma de Sinaloa. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores en la modalidad de Candidato. Maestra de asignatura de dicha universidad con antigüedad de 20 años. Colaboradora del CA UAS 252 Sujetos y Procesos Escolares para el Desarrollo Regional. Dirige tesis de maestría y ha publicado artículos en revistas nacionales e internacionales.

FUNDAMENTOS TEÓRICOS PARA INTEGRAR UN MODELO INCLUYENTE DE DIVULGACIÓN CIENTÍFICA

Mariana Castro Azpíroz

Introducción

Para formar una sociedad incluyente es necesario que las personas puedan apropiarse de la ciencia y asimilarla como una parte fundamental de su cotidianidad, ya que de este modo contarán con herramientas que les permitan tomar decisiones informadas y se facilitará su acceso a otros derechos universales como la salud y la educación. Este capítulo parte de la idea de que la ciencia es un derecho universal y una adecuada divulgación de la misma permite la construcción de una cultura científica, sumamente necesaria en la actualidad. Aborda los fundamentos teóricos a considerar para el diseño de estrategias que permitan llevar a cabo una divulgación científica incluyente, con perspectiva de género y derechos humanos.

Analiza los modelos teórico-metodológicos existentes para rescatar las características deseables a integrar en la construcción de un nuevo modelo de comunicación pública de la ciencia que se alinee a los Objetivos de Desarrollo Sostenible y derive en actitudes y valores con un verdadero impacto social.

El objetivo del capítulo es plantear un enfoque para divulgar la ciencia a través de un discurso incluyente, fundamentado en las herramientas y lineamientos descritos en los modelos pedagógicos de Piaget, Bruner y Ausubel, así como algunos modelos de comunicación pública de la ciencia, principalmente el de relación conceptual, el de participación pública y el glocal. Se destaca la importancia de llevar a cabo una estimulación simultánea de los dominios cognitivo, motor y psicoafectivo para lograr

la apropiación del conocimiento. Así, se establece un marco para generar una serie de estrategias que funjan como base y permitan replicar este nuevo modelo de divulgación científica incluyente e implementarlo de forma óptima en el estado de Puebla. De este modo, se pretende hacer el proceso de comunicación pública de la ciencia más efectivo para democratizar el conocimiento al tener un mayor alcance, resaltando la importancia de considerar que el público proviene de contextos diversos y tomando en cuenta las características particulares de la población en cuestión.

A lo largo de la historia se han propuesto diversos modelos pedagógicos que se han ido modificando conforme surgen nuevas concepciones sobre la relación maestro-alumno. De igual modo, la relación entre el público y las personas que hacen divulgación científica ha pasado por una serie de cambios, desde el modelo de déficit, donde se asume que el público es un receptor pasivo de la información sin conocimiento alguno del contenido a presentar y el divulgador es un experto, hasta los modelos más recientes, que buscan un diálogo y reconocen la diversidad de conocimientos en distintas áreas tanto de las personas que hacen divulgación como del público no especializado, en un intercambio horizontal. Tras hacer una revisión de los distintos modelos teórico-metodológicos que históricamente se han propuesto, en este capítulo se abordan aquellos de los cuales se pueden rescatar estrategias para integrarlas en un modelo de divulgación científica incluyente.

El capítulo se desarrolla en tres secciones. La primera, “Derecho a la ciencia”, considera el concepto de ciencia, no solamente como un medio para generar conocimiento y productos que de este se deriven, sino como un derecho humano fundamental y una manera de percibir y experimentar el entorno. Se mencionan también las implicaciones de promover una cultura científica en la sociedad, así como los objetivos de la Agenda 2030 que pueden atenderse a través de la divulgación científica. La segunda sección: “Características deseables en el nuevo modelo de comunicación pública de la ciencia” rescata los puntos clave a considerar que se encuentran dentro de modelos pedagógicos y de comunicación pública de la ciencia, resaltando las características que sería recomendable integrar en la construcción de un modelo de divulgación científica con pertinencia y vigencia en la actualidad. Finalmente, en la sección: “Consideraciones generales para una divulgación incluyente” se enlistan las diferentes brechas que es necesario cerrar y los sesgos existentes. Se discute la importancia de la diversidad y algunos elementos clave a incorporar dentro del ejercicio de la divulgación para lograr la inclusión de los variados grupos de la población, acotando características particulares de

la demografía del estado de Puebla. De este modo, este capítulo aportará al contenido general de la publicación estableciendo el contexto, antecedentes y fundamentos teóricos básicos ante la necesidad de construir un nuevo modelo de divulgación de la ciencia efectivo e incluyente.

Derecho a la ciencia

La ciencia es un derecho humano fundamental reconocido en diferentes declaraciones, tales como el Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales, la Declaración Americana de Derechos y Deberes del Hombre y el Protocolo de San Salvador sobre Derechos Económicos Sociales y Culturales. En el artículo 27 de la Declaración Universal de los Derechos Humanos, la ONU (1948) establece que “Toda persona tiene derecho (...) a participar en el progreso científico y en los beneficios que de él resulten” (p. 6). Por su parte, la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (1917) menciona que “Toda persona tiene derecho a gozar de los beneficios del desarrollo de la ciencia y la innovación tecnológica” (p. 19). Sin embargo, la ciencia es más que un simple medio para generar conocimiento y productos benéficos para la sociedad. Es una manera de percibir y experimentar el entorno. La ciencia abierta democratiza el conocimiento y promueve la participación de la sociedad. A través de la comunicación pública de la ciencia se puede construir un diálogo inclusivo entre los tomadores de decisiones, la ciudadanía, los centros de investigación y la comunidad científica. De este modo, se pueden definir agendas pertinentes para todas las partes involucradas.

La Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) promueve el derecho a la ciencia como medio para acceder a otros derechos y buscando que el conocimiento basado en evidencia científica se utilice para generar políticas públicas alineadas a los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030. Con una divulgación científica incluyente es posible colaborar para el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible número 5 “Igualdad de género” y número 10 “Reducción de las desigualdades”. Asimismo, aporta indirectamente al objetivo número 3 “Salud y bienestar”, por sus implicaciones para la toma de decisiones informadas que le permitan al público llevar una mejor vida; y finalmente, aunque no se encuentra dentro del ámbito de la educación formal, sí fomenta una cultura científica y puede tener implicaciones para el

objetivo número 4 “Educación de calidad”. Debido a lo anterior, la comunicación pública de la ciencia se alinea a la Agenda 2030 y permite construir una sociedad más equitativa y justa.

Características deseables en el nuevo modelo de comunicación pública de la ciencia

Ana María Sánchez Mora (2002) define a la divulgación de la ciencia como “Una labor multidisciplinaria cuyo objetivo es comunicar, utilizando una diversidad de medios, el conocimiento científico a distintos públicos voluntarios, recreando este conocimiento con fidelidad, contextualizándolo para hacerlo accesible” (p. 24). De esta definición es importante resaltar dos puntos clave. En primera instancia, el público es voluntario, a diferencia de la educación formal, por lo que sería un error intentar instruir de forma obligatoria. El objetivo no es enseñar *per se*, sino acercar la ciencia al público, incentivar la curiosidad, promover una cultura científica, etc. Sin embargo, es posible rescatar herramientas de modelos pedagógicos para la implementación de estrategias efectivas para la divulgación científica. En este respecto, vale la pena mencionar los modelos constructivistas (Piaget, 1950), de aprendizaje por descubrimiento (Bruner, 1961) y de aprendizaje significativo (Ausubel, 2000).

Del constructivismo se puede tomar la idea de que el conocimiento se construye a través de la relación de una persona con su entorno, de acuerdo a sus capacidades, esquemas previos y a la etapa de desarrollo cognitivo en la cual se encuentre (Piaget, 1950). Esto se refiere al segundo punto crucial de la definición antes presentada: la importancia de contextualizar el conocimiento para hacerlo accesible al público. Como se observa en la siguiente sección, no existe un público general, sino que la población se compone de un gran número de grupos muy diversos y diferentes entre sí, cada uno con sus particularidades. Para acercar la ciencia a cualquier persona, se debe entender primero su situación individual, sus intereses y la situación que vive. Su contexto define sus prioridades y es con base en esto que se puede adecuar el lenguaje para ajustarlo a lo que le será cercano y pertinente. Sin lo anterior, será imposible que se apropie del conocimiento, ya que no se generará el vínculo empático necesario para una comunicación efectiva.

El modelo pedagógico de aprendizaje por descubrimiento (Bruner, 1961) indica que el aprendizaje es un proceso activo, que requiere de dinámicas participativas que permitan asociar el conocimiento previo con la nueva información. Esto da paso a la creación de soluciones y la transferencia del conocimiento. Para el caso de la divulgación científica, es importante que el público sea un agente activo y no un receptor pasivo. El modelo de aprendizaje por descubrimiento también aporta tres formas para adquirir conocimiento: mediante acción e interacción (por ejemplo, en un taller), empleando elementos visuales reconocibles (infografías, videos, etc.) y a través del discurso oral y escrito (podcasts, artículos). Esto se aplica a los diferentes productos de divulgación que pueden generarse y que se adecúan a las diferentes formas de aprendizaje que existen (cinestésica, visual y auditiva). De este modo se puede utilizar una diversidad de herramientas en conjunto, o bien, emplear la más apropiada para el público objetivo, para lograr un ejercicio óptimo de la actividad divulgativa.

A mediados de la década de los setenta, el Panel Nacional de Ciencia de Estados Unidos diseñó una serie de encuestas que pretendían medir el conocimiento público y las actitudes hacia la ciencia y la tecnología de su población. Los resultados reflejaron una grave falta de comprensión de temas científicos por parte de la población y esto derivó en estrategias para intentar corregir el problema que utilizaban un enfoque en el cual se consideraba al público como receptor pasivo y carente de información (Lewenstein, 2003). Para 1994, se reconocían dos modelos para el entendimiento público de la ciencia: el modelo de déficit antes mencionado, que utiliza una forma de comunicación unidireccional, y el modelo contextual, que utiliza el análisis retórico para reconstituir los datos científicos de interés público (Gross, 1994). El modelo de déficit no permite establecer una conexión con vivencias pasadas y experiencias que pueden crearse en el futuro, ya que es un mero acto de recepción de la información, derivado del modelo pedagógico conductista.

El modelo contextual reconoce que los individuos procesan la información de acuerdo a sus experiencias previas, contexto cultural y circunstancias personales, de manera que hay que tomar en cuenta esquemas sociales y psicológicos (Lewenstein, 2003). Esta concepción también forma parte del modelo pedagógico de aprendizaje significativo, que busca generar una apropiación del conocimiento a través de las interconexiones de saberes pasados y futuros (Ausubel, 2000). Esta clase de modelos se han implementado en ciencias de la salud, ya que se considera el entendimiento de los especialistas y profesionales de la salud, el de los pacientes y el de la población a nivel de

campañas de salud públicas más amplias para la comunicación de la ciencia (Lewenstein, 2003).

Todos los individuos poseen cierto conocimiento que no solo es válido, sino valioso. Para la construcción del conocimiento colectivo se debe llevar a cabo un diálogo con un público activo y una labor interdisciplinaria. Por otra parte, todas las personas entran dentro de la categoría de público no especializado en los temas en los que no sean expertas. Es por ello que se debe aprender del otro, escuchar y colaborar para que, utilizando las herramientas que proporciona la ciencia para verificar la veracidad de la información, se aproveche el conocimiento que proviene de diferentes fuentes y contextos. Sumado a esto, tratar al público como inferior es contraproducente debido a que fomenta la idea de la ciencia como algo ajeno y complejo y presenta a la comunidad científica como personas que se consideran superiores, cuando lo que se busca a través de la divulgación es formar una comunidad colaborativa entre las distintas esferas de la sociedad. Es necesario estrechar vínculos y formar alianzas, no crear divisiones.

A continuación, se discuten otros modelos más recientes de comunicación pública de la ciencia que presentan directrices más pertinentes para desarrollar un modelo adecuado y vigente en la actualidad, que permita la inclusión de los distintos grupos de la sociedad y su acercamiento a la ciencia. Para comenzar, una interesante aportación proveniente del campo de la ecología es el modelo Cabeza, mano y corazón, propuesto por Orr en 1992 y expandido por Sipos, Battisti y Grimm en 2008. Su nombre hace referencia a los dominios cognitivo (cabeza), para la reflexión crítica; psicomotor (mano) y afectivo (corazón) para relacionar el conocimiento a la experiencia mediante una percepción y valor agregados, así como promover una aplicación práctica de los conceptos asimilados. Resalta la importancia del contexto de aprendizaje, ya que este permite una reflexión más profunda, un sentido de pertenencia y una estimulación sensorial que derivan en una verdadera experiencia transformativa.

Las relaciones afectan los pensamientos, emociones y comportamientos debido a la necesidad de pertenencia del ser humano. Así, un sentido de comunidad y arraigo promueven experiencias significativas. Los estudios destacan la importancia de la conexión con la naturaleza y la eco-literacidad (conocimientos en materia de sustentabilidad) para desarrollar valores ecológicos. Esto es relevante dentro del contexto de la Agenda 2030, debido a que la situación ambiental concierne a todas las personas, pero a su vez, la metodología puede trasladarse a cualquier otro campo del conocimiento,

destacando la importancia del territorio y el arraigo local de cada persona y su relación con su entorno para la construcción social del conocimiento y la apropiación personal de la ciencia. Para lograr una mayor participación pública es necesario comunicar en un contexto donde al público le queden claras las implicaciones a gran escala del tema a tratar y se promueva una reflexión profunda (cabeza). Deben resaltarse sus repercusiones y aplicaciones en la vida cotidiana, para fomentar la toma de acciones y cambio de hábitos (mano). Para lograr lo anterior, es necesario añadir el componente afectivo para formar una relación con el entorno y con la comunidad que le aporte significado y derive en un interés y apropiación (corazón), construyendo una cultura científica.

La palabra japonesa *dochakuka*, que se refiere a adaptar una técnica agrícola a las condiciones locales, derivó en una popular estrategia de mercado para crear productos y servicios para el mercado global, acoplados a las necesidades de cada cultura. Esta idea dio paso al término glocal, que fue introducido al discurso de las ciencias sociales occidentales por Roland Robertson y cobró popularidad a finales de los años ochenta (Khondker, 2004). Aplicado a un modelo de comunicación pública de la ciencia, esto implica tomar en cuenta el contexto local de las personas para la aplicación de conocimientos globales para que cobren relevancia y pertinencia, a la vez que se consideran las implicaciones globales de la situación local en cuestión, con el objetivo de fomentar actitudes y valores basados en una relación positiva con el entorno natural y social. Un modelo glocal contribuye al sentido de pertenencia a través de la inclusión y parte de los elementos culturales, históricos y socioeconómicos para divulgar el conocimiento científico.

A mediados de los noventa, Alan Irwin propuso el concepto de ciencia ciudadana para construir modelos de participación social en ciencia y tecnología. El modelo de participación pública pretende involucrar a la ciudadanía en el proceso de construcción de conocimiento y proposición de soluciones para que intervengan y contribuyan dentro del diseño de la agenda política y la toma de decisiones, que finalmente tienen impacto en la misma sociedad. Este modelo también implica un diálogo e interrelación entre las diferentes esferas y se traduce a la generación de actitudes y acciones tangibles, el cual es un efecto deseable de la actividad divulgativa. Algunos proyectos que se pueden tomar como referentes dentro de este modelo se mencionan a continuación. En México, la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) impulsa la participación ciudadana a través de programas como el Sistema Nacional de Monitoreo y la plataforma Naturalista, que recauda información sobre

la biodiversidad y contribuye al enriquecimiento de una base de datos y a la construcción de conocimiento colectivo.

El Programa de Aprendizaje y Observaciones Globales para Beneficiar al Ambiente (GLOBE) es un programa internacional que involucra a cien países, donde la comunidad científica y la ciudadanía colaboran para comprender mejor la situación medioambiental y construir conocimiento científico. La misión que establece GLOBE (1994) es “Incrementar la conciencia de los individuos alrededor del mundo acerca del ambiente global, contribuir a un mayor entendimiento científico de la Tierra y apoyar a un rendimiento estudiantil mejor en ciencia y matemáticas” (recuperado de <https://www.globe.gov/about>). Este proyecto es una alianza entre instituciones gubernamentales y científicas, como la Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio (NASA), la Oficina Nacional de Administración Oceánica y Atmosférica (NOAA) y la Fundación Nacional de Ciencia de Estados Unidos (NSF), que une a estudiantes, maestros y ciudadanos del mundo para aportar a la investigación y al conocimiento científico. Un último ejemplo es la organización peruana *The Millenials Movement*, que, en alianza con la ONU, tiene el programa de Embajadores Ciudadanos Agenda 2030, con el objetivo de:

"Facilitar la participación adecuada de las Organizaciones de la Sociedad Civil en el proceso de difusión, sensibilización, implementación y monitoreo ciudadano de la Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible en el país, a fin de involucrar a las y a los ciudadanos de las diferentes regiones del Perú, como actores clave en el desarrollo sostenible de su comunidad." (Díaz, 2017, p. 8).

Finalmente, Lourdes Patiño Barba y Jorge Padilla González (2020) presentan un modelo de relación conceptual entre cuatro términos importantes para el campo de la divulgación de la ciencia. El alfabetismo científico implica la comprensión de los conceptos científicos básicos, los métodos de la ciencia y las herramientas tecnológicas para el desarrollo de un pensamiento crítico. La cultura científica se refiere a la aplicación del pensamiento crítico, la comprensión del mundo a partir de una perspectiva científica y la concepción de la ciencia y la tecnología como parte de la cultura.

La percepción pública de la ciencia y la tecnología abarcan la imagen de las mismas, así como de las y los científicos y de la actividad científico-tecnológica. Asimismo, implica reconocerlas como fuente de riesgos y beneficios, con un rol social. Finalmente, la apropiación de la ciencia y la tecnología se refiere a la aplicación de éstas en la vida cotidiana y la participación social dentro de asuntos relativos a ellas. Los cuatro conceptos se muestran interrelacionados

en este modelo, por lo que funge como una guía para establecer objetivos a lograr para ir profundizando cada vez más en la inmersión de la ciencia en la vida cotidiana de la sociedad a través de la divulgación científica, tomando en cuenta las diferentes aristas en las que tiene inherencia.

Consideraciones generales para una divulgación incluyente

Las minorías siempre sufren un impacto superior ante las adversidades. Asimismo, se enfrentan a un mayor número de obstáculos para acceder a toda clase de productos, servicios y oportunidades. Dentro de éstos también se incluye el acceso a la ciencia y al conocimiento, que, a pesar de ser un derecho universal, no está disponible para muchas personas debido a una serie de brechas que aun hace falta cerrar. Entre ellas destacan la brecha de género, la brecha educativa, la brecha digital y la barrera lingüística.

También existen otros grupos vulnerables cuyas condiciones particulares no son tomadas en cuenta al momento de generar productos de divulgación. Aquí se abarca a los grupos indígenas, personas de la tercera edad, personas con capacidades diferentes y personas en situación de calle. En este contexto, la empatía debe ser el valor central a desarrollar dentro de las habilidades blandas de una persona que pretenda dedicarse a la divulgación de la ciencia. Tomar en cuenta las necesidades, intereses y preocupaciones del público es crucial para que este asimile a la ciencia como un elemento fundamental e inmerso en su cotidianidad.

A continuación, se desglosa algunas de las principales brechas antes mencionadas y se ejemplifica con algunas estrategias teórico-metodológicas que pueden abordarse para generar productos de divulgación científica incluyente que busquen combatir los sesgos existentes. Asimismo, se presenta una serie de datos demográficos del estado de Puebla, de acuerdo al censo más reciente del INEGI (2020). Esto permite evaluar el panorama de diversidad de la población con la que se trabajará para tener presentes las características a tomar en cuenta para la implementación de un modelo de divulgación científica incluyente en dicha entidad federativa.

El estado de Puebla se compone de 217 municipios habitados por 6 583 278 personas, de las cuales 3 423 163 son de sexo femenino (INEGI, 2020). Las mujeres se enfrentan a una serie de sesgos que fortalecen la brecha de género. El sesgo de desempeño subestima el de la mujer y debido a esto se le juzga por sus logros pasados y se ve obligada a demostrar sus aptitudes; mientras el desempeño de los hombres se sobreestima, asumiendo que cuenta con habilidades que le dan un potencial a futuro, independientemente de lo que haya logrado hasta el presente. El sesgo de atribución da menos crédito en éxitos y más en fracasos a las mujeres, lo cual deriva en desconfianza hacia sus propias capacidades. El sesgo de simpatía hace que a mujeres determinadas se les perciba como demasiado agresivas, mientras que, si su actitud es más pasiva, se les juzgue como menos competentes. En este respecto, se requiere utilizar lenguaje incluyente al comunicar la ciencia y promover la participación activa de la mujer en la sociedad. Visibilizar la problemática y sensibilizar respecto a los sesgos existentes ayuda a hacer un esfuerzo consciente por evitarlos. Se recomienda siempre utilizar perspectiva de género al construir el discurso a emplearse en la actividad divulgativa.

Con respecto a la brecha educativa, el grado promedio de escolaridad en Puebla es de 9.2, equivalente a un poco más de tercer año de educación secundaria (INEGI, 2020). Esto puede proporcionar un estimado de los conocimientos previos con los que puede llegar a contar el público objetivo. Sin embargo, el 7% de la población en el estado de Puebla es analfabeta (INEGI, 2020). Esto lleva a considerar estrategias de divulgación científica que utilicen canales auditivos o actividades cinestésicas para involucrar a los participantes. El reporte de resultados de pobreza en México 2018 a nivel nacional y por entidades federativas del Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL) refleja que el 16.9% de la población mexicana presenta rezago educativo, dentro de la cual 3.7 millones de personas pertenecen a grupos indígenas y el 44.1% de las personas con discapacidad motriz, el 36.2% de las personas con discapacidad sensorial y el 53.8% de las personas con discapacidad mental.

En nuestro país, el 16.5% de la población indicó en el último censo que presentan discapacidad, limitación en la actividad cotidiana o algún problema o condición mental (INEGI, 2020). Dichas actividades incluyen caminar; ver, aun usando lentes; oír, aun con un aparato auditivo; bañarse, vestirse o comer; recordar o concentrarse y hablar o comunicarse. Claramente, estos son elementos a tomar en cuenta al momento de generar un producto de divulgación accesible para todas las personas. Es importante tener muy presente las posibles condiciones en las que puede encontrarse el público

desde la fase de planeación de una actividad divulgativa, para así considerar las adecuaciones pertinentes en caso de ser necesarias y generar experiencias transformativas que vayan de la mano a la situación de cada persona.

El papel de la divulgación en el contexto educativo es permitir a las personas asimilar cómo la ciencia se encuentra presente en su vida cotidiana, promover la curiosidad y despertar el interés por la ciencia. Puede ayudar a combatir la brecha educativa y emplearse para deconstruir la imagen estereotípica de la ciencia como algo complejo y alejado de la vida diaria y reinsertarla como parte fundamental para la comprensión de lo que nos rodea y para los desarrollos tecnológicos que aprovechamos día a día. En la era digital, se ha recurrido a redes sociales y otros medios digitales para generar nuevos formatos de divulgación. Esto es de gran utilidad para alcanzar a un sector de la población muy concreto. Sin embargo, no puede dejarse de lado la brecha digital.

Según la Encuesta Nacional sobre Disponibilidad y Uso de Tecnologías de la Información en los Hogares (2019) del Instituto Federal de Telecomunicaciones, cerca del 55% de hogares en México cuentan con conexión a Internet fijo. El rezago en conectividad también implica una falta en el desarrollo de habilidades tecnológicas y alfabetización digital. Aun es necesario proveer de suficiente infraestructura para alcanzar la conectividad universal, así como llevar a cabo capacitaciones para generar competencias tecnológicas y propiciar una adopción de herramientas digitales a gran escala. Esto tendrá un impacto positivo con implicaciones en otras esferas, ya que proveerá a distintas personas con nuevas oportunidades, por ejemplo, laborales y educativas a distancia para comunidades rurales, lo cual a su vez permitirá aprovechar estos medios para llevar a cabo una divulgación científica incluyente. Sin embargo, en la actualidad, estos espacios siguen estando destinados a un número de usuarios reducido en comparación con el grueso de la población.

Una vez entendido que los productos de divulgación por medios digitales están dirigidos a personas con acceso a Internet y alfabetización digital, es de relevancia tomar en cuenta el papel de la divulgación dentro de una infodemia. Actualmente la sociedad se enfrenta ante una cantidad masiva de información a la que se puede acceder a través del Internet, pero hace falta desarrollar un pensamiento crítico para discernir la información relevante y creíble de la falsa. Así, la divulgación científica puede aportar a esta construcción colectiva del conocimiento fidedigno, fomentando el cuestionamiento de los datos y fuentes. Debe procurar también la interdisciplinariedad, para

abordar el conocimiento con distintas perspectivas y así acercar al público de forma más amena, logrando una apropiación del mismo. Además, dentro del ámbito digital, puede aprovechar las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) para insertarse dentro del modelo más flexible que se presenta a través del Internet y que tiene como ventaja romper con barreras geográficas.

La brecha digital se marca aun más si se considera la comunidad rural o urbana, ya que mientras que el 76.6% de la población urbana tiene acceso a Internet, solamente el 47.7% de la población rural lo hace (IFT, 2020). En el estado de Puebla, el 73% de las localidades son urbanas. No obstante, son un total de 345, mientras que el 27% rural está conformado por 6 223 localidades (INEGI, 2020). Es importante entonces lograr un amplio alcance y mayor cobertura geográfica al generar estrategias de divulgación que puedan llevarse a comunidades alejadas, para ello se tendrán que utilizar herramientas físicas y visitas presenciales a las comunidades alejadas, implementando productos tales como charlas y talleres. Otro medio importante puede ser la radio comunitaria, generando programas en lenguas originarias.

En México existen 68 lenguas originarias distintas, con más de siete millones de personas hablantes de dichas lenguas, de las cuales el 12% no habla español. En el estado de Puebla reside el 9.9% de los hablantes de lenguas indígenas (615 622 personas), siendo las cuatro más habladas en la entidad: náhuatl, totonaco, mazateco y popoloca (INEGI, 2020). Para llevar a cabo una divulgación de la ciencia incluyente, que tome en cuenta a estas personas, hay que considerar la barrera lingüística; es decir, generar productos de divulgación en sus lenguas originarias. Además de esto, es de suma importancia contextualizar para incidir dentro de su cosmovisión, respetando usos y costumbres y proporcionándoles información que realmente les sea relevante y útil, pero siempre manteniendo la veracidad científica para combatir la desinformación y las creencias pseudocientíficas. En este contexto, destaca la importancia del territorio como una herramienta útil para la apropiación del conocimiento. Utilizando el enfoque glocal descrito en la sección anterior es posible realizar divulgación científica incluyente para grupos indígenas y comunidades rurales.

En general, todas las personas están sujetas al sesgo de afinidad, por el cual existe un rechazo hacia lo diferente. Esto genera nuevas brechas y divide a la población. Una divulgación de la ciencia incluyente permite la equidad de acceso y participación en la construcción del conocimiento científico y su aplicación práctica en el ámbito social de los diferentes sectores de

la población, independientemente de su situación personal. La diversidad provee de nuevas perspectivas y aportaciones, así como fuentes variadas de talento y creatividad para combatir los retos a los que se hace frente como sociedad. Es por esto que es tan relevante dar este enfoque incluyente tanto a la ciencia como a la divulgación científica.

Comentarios finales

Para poder llevar a cabo una divulgación científica incluyente, es necesario tomar en consideración las diferentes brechas existentes a las que hay que atender: de género, educativa, digital, la barrera lingüística, entre otras. La ciencia tiene implicaciones sociales muy fuertes e importantes y, por lo tanto, no deben ni pueden separarse los conceptos de ciencia y sociedad. Utilizar la divulgación como herramienta para construir una cultura científica tiene incidencia en el ámbito público y sociopolítico y, por lo tanto, es de suma importancia construir un modelo efectivo que permita alcanzar este objetivo.

Tras el análisis de los diferentes modelos de comunicación pública de la ciencia y otros modelos teórico-metodológicos existentes en otras ramas, se concluye que para lograr una divulgación científica incluyente es conveniente rescatar los enfoques abordados en el modelo de relación conceptual, el de participación pública y el glocal, así como aquellos presentados en los modelos pedagógicos de Piaget, Bruner y Ausubel y centrados en la estimulación simultánea de los dominios cognitivo, motor y psicoafectivo. A través de esto, se busca promover un diálogo horizontal entre las personas que hacen divulgación y el público no especializado, reconociendo la diversidad del conocimiento y sin establecer jerarquías o fomentar estereotipos de ningún tipo. Un hallazgo que resulta de este análisis es la importancia de siempre construir un espacio seguro y de respeto para el desarrollo de las prácticas de comunicación de la ciencia. Asimismo, se observa que para alcanzar a todos los sectores de la población es crucial contextualizar y tomar en cuenta las posibilidades y necesidades de cada uno, para proporcionarles conocimientos que les sean valiosos en su vida cotidiana y promover un sentido de pertenencia que permita la apropiación de la ciencia. Se destaca la necesidad de generar vínculos empáticos con el público y tener una conciencia social como elemento central en todo momento para el desarrollo e implementación de estrategias efectivas de divulgación científica.

Lo anterior representa un marco para generar una serie de estrategias de divulgación científica incluyente. Para poder implementarlo de forma óptima en el estado de Puebla es necesario considerar las características demográficas más pertinentes en el contexto de la diversidad. En este trabajo se destacó que debido a que el 52% de la población en dicha entidad federativa son mujeres (INEGI, 2020), es crucial utilizar siempre un discurso con perspectiva de género y fomentar la participación de la mujer dentro de todas las actividades, buscando siempre construir un panorama equitativo. En el ámbito educativo, es necesario tomar en cuenta que el mayor porcentaje de la población (52%) solamente concluyó su educación básica (INEGI, 2020). No obstante, cuentan con saberes que derivan de su experiencia de vida, a raíz de lo cual se debe generar un diálogo mediante un modelo horizontal de comunicación entre la persona que divulga la ciencia y el público no especializado como agente activo en la construcción del conocimiento. Para esto, también es de suma importancia considerar la brecha lingüística y generar productos de divulgación para todas las lenguas originarias. Un primer acercamiento en el estado de Puebla puede ser comenzar por generar productos de divulgación en náhuatl, totonaco, mazateco y popoloca, debido a que son las más habladas (INEGI, 2020).

Referencias

- Golombek, D. (2021, 10 de septiembre). *Contar la ciencia (con acento)*. [ponencia]. Desafíos y Realidades de la Comunicación Pública de la Ciencia en Latinoamérica y El Caribe, TWAS-LACREP, TYAN y AJA.
- García, M. (2021, 4 de octubre). *Déficit, Diálogo y Democracia: Tres Dimensiones de la D en Divulgación*. [ponencia]. Fundamentos de Divulgación Científica, Tijuana, México.
- Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos [Const]. Art. 3. 5 de febrero de 1917 (México). UNESCO (2021). *El derecho a la ciencia*. <https://es.unesco.org/fieldoffice/montevideo/DerechoALaCiencia>
- Osorio, H. A. (2021). *Didáctica para el fomento de la ciencia*. [ponencia]. Actividades didácticas y de divulgación científica para clases en línea. Divulgaciencia México, Puebla, México.
- Sanchez, A. M. (2002). *Bestiario de los divulgadores*. Antología de la divulgación de la ciencia en México. DGDC, UNAM.
- Gross, A. G. (1994). The roles of rhetoric in the public understanding of science. *Public Understanding of Science*, 3(1), 3-23.

- Lewenstein, B. V. (2003). *Models of Public Communication of Science & Technology*. Nueva York: Cornell University.
- Bruner, J. S. (1961). The act of discovery. *Harvard Educational Review*, 31, 21-32.
- Singleton, J. (2015). *Head, Heart and Hands Model for Transformative Learning: Place as Context for Changing Sustainability Values*. The Journal of Sustainability Education.
- Khondker, H: H. (2004). Glocalization as Globalization: Evolution of a Sociological Concept. *e-Journal of Sociology*, 1(2), 1-9.
- Osorio, H. A. (2021, 14 de octubre). *Modelos de comunicación pública de la ciencia [ponencia]*. Estrategias de divulgación en redes sociales. Divulgaciencia México, Puebla, México.
- Dallas, L. (s.f.) About GLOBE. Consultado el 21 de octubre de 2021 en: <https://www.globe.gov/about>
- Díaz, R. (2017). *Embajadores Perú Agenda 2030*. The Millenials Movement, Perú.
- Castelfranchi, Y. y Fazio, M. E. (2020). Comunicación de la ciencia en América Latina: construir derechos, catalizar ciudadanía. *El Estado de la Ciencia*, 25, 45-56.
- Padilla, J. Patiño, L. y Herrera, S. (2020). ¿Qué ciencia necesita el ciudadano? SOMEDICYT, México.
- Torres, p. (2021, 24 de septiembre). *Sesgos inconscientes [ponencia]*. Desafíos y Realidades de la Comunicación Pública de la Ciencia en Latinoamérica y El Caribe, TWAS-LACREP, TYAN y AJA.
- PNUD (2020). *Desarrollo Humano y Covid-19 en México: Desafíos para una recuperación sostenible*. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo en México, México.
- Instituto Federal de Telecomunicaciones (2020). *En México hay 80.6 millones de usuarios de Internet y 86.5 millones de usuarios de teléfonos celulares: ENDUTIH 2019*. México: IFT.
- INEGI. (2020). *Censo 2020. Presentación de resultados*. Estados Unidos Mexicanos. INEGI, México.

Reseña de la autora

Mariana Castro Azpíroz estudió Biología Molecular en la Universidad Autónoma Metropolitana. Se ha capacitado como divulgadora científica a través de diversos cursos en línea y actualmente se dedica a ello como fundadora del proyecto “Ciencia en un clic” y miembro del “Proyecto HeLa de Divulgación A. C.” Ha publicado artículos en distintas revistas, como “Hypatia”, “Ciencia y más” y “Ciencia UANL” e impartido conferencias y talleres virtuales en numerosos eventos, incluyendo el Encuentro Nacional de Divulgación Científica y Darwin, un evento internacional organizado por el gobierno de la India. Además, escribe mensualmente acerca del cambio climático en la columna “Extinción”.



CALIDAD EN LA EDUCACIÓN O EDUCACIÓN INCLUSIVA DE CALIDAD

Clara Romero Cruz

Introducción

Educación de calidad es una expresión que se usa de manera frecuente en diversos ámbitos como el educativo, el gubernamental y el social. Sin embargo, es una idea que puede tener una conceptualización distinta dependiendo de quién la trate de explicar. El concepto de educación de calidad es el tema central de este escrito, en el que se abordará además a la educación inclusiva que también y hoy más que siempre debe ser de calidad.

El objetivo de este capítulo es describir la evolución teórica de la educación en México, hasta llegar a integrar a la educación inclusiva en la práctica, mostrando algunos referentes a nivel mundial y a nivel nacional. El capítulo se desarrolla en seis secciones: Educación inclusiva en la Reforma educativa

2016; Conceptualización de educación y educación inclusiva; La educación como derecho fundamental; Situación actual de la educación en México, Cómo lograr una educación de calidad; y Docentes competentes para una educación de calidad.

Se aporta al contenido general del libro, una revisión actual de la educación en México, así como de la educación inclusiva resaltando esta última como un derecho fundamental de todas las personas.

La educación, y aun más la educación de calidad, permite que las sociedades se desarrollen. Hoy día no se puede hablar de esta última si existen personas que están excluidas de un ambiente en el que pueden aprender lo necesario para participar en la sociedad en igualdad de condiciones.

La agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible aprobada en septiembre de 2015 por la Asamblea General de las Naciones Unidas, tiene como cuarto objetivo la educación de calidad. Este objetivo forma parte de los diecisiete planteados para una sostenibilidad económica, social y ambiental, a favor de la prosperidad, del planeta y de las personas. Esta agenda es guía para el trabajo de la comunidad internacional hasta el año 2030, para promover medidas urgentes contra el cambio climático, la promoción de la paz, el acceso a la justicia y el crecimiento económico sostenido.

Educación inclusiva en la Reforma Educativa 2016

En México, el proceso de educación inclusiva inició en su modalidad de integración educativa en 1993. En el año 2003 la Subsecretaría de Educación Básica y Normal, con el apoyo de la Agencia Española de Cooperación Internacional, puso en marcha el Proyecto Nacional de Integración Educativa (PNIE) y años después se incorporaron de manera voluntaria 22 estados. En 2002 se creó el Programa Nacional de Fortalecimiento de la Educación Especial y de la Integración Educativa (PNFEEIE).

La Secretaría de Educación Pública (SEP) en el año 2013 dispuso distintos programas para atender a una población diversa: niños indígenas, migrantes, personas con discapacidad o con capacidades sobresalientes, entre estos, el Programa Nacional para la Inclusión y la Equidad Educativa (PNIEE). Sin embargo, este programa representó un retroceso para el proceso de integración/inclusión, pues desapareció al PNFEEIE y resultó en detrimento al presupuesto asignado a los subprogramas que lo componían.

El modelo actual de integración educativa necesita cambios urgentes en la manera de operar los servicios de educación especial y de las escuelas integradoras que cuentan con el apoyo de alguna unidad de educación especial (Unidades de Servicio de Apoyo a la Educación Regular, USAER) y de las escuelas especiales (Centros de Atención Múltiple, CAM). En el PNIEE se dejó de usar el término integración educativa reemplazándolo por el de educación inclusiva (García y Romero, 2016, citado en García, 2018).

Conceptualización de educación y educación inclusiva

Para Piaget, la educación es un proceso mediante el cual los niños van creciendo en autonomía moral e intelectual, cooperando con sus semejantes y en interacción con el entorno sociocultural en que viven. El fin último de la educación es la autonomía intelectual y moral (Requena y Sáinz de Vicuña, 2009, p. 97).

La Educación Inclusiva (EI) es un concepto en evolución que implica, en pocas palabras, ofrecer una educación de calidad a toda la población estudiantil, independientemente de sus condiciones personales o sociales; hoy día constituye el mayor reto que deben enfrentar los sistemas educativos, sin importar que sean países desarrollados o en desarrollo (Acedo, 2008, citado en García *et al.*, 2013).

En un documento conceptual de la UNESCO (2003) surgen dos definiciones de educación inclusiva:

La inclusión es vista como un proceso de dirección y respuesta a la diversidad de necesidades de todos los aprendices a través de la participación en el aprendizaje, las culturas y las comunidades y la reducción de la exclusión en y desde la educación. Implica cambios y modificaciones en contenidos, enfoques, estructura y estrategias, con la visión común que cubre a todos los niños de un rango apropiado de edad y la convicción de que es responsabilidad del sistema regular educar a todos los niños.

Pero agrega: la educación inclusiva como enfoque busca dirigirse a las necesidades de aprendizaje de todos los niños, jóvenes y adultos concentrando la atención específicamente en aquellos que son vulnerables a la marginalización y la exclusión. (pp. 3-4)

La integración educativa consiste en que las personas con discapacidad tengan acceso a iguales experiencias que el resto de su comunidad en todos los ámbitos: familiar, social, escolar y laboral, eliminando la marginación y la segregación.

El objetivo de la integración es coadyuvar al proceso de formación integral de las personas discapacitadas en forma dinámica y participativa, aceptando sus limitaciones y valorando sus capacidades. Se brinda así a cada individuo

la posibilidad de elegir su propio proyecto de vida. (DGEE, 1991, citado en García, *et al.*, 2009, p. 44)

Adirón (2005) establece en forma clara las diferencias entre la educación inclusiva y la integración educativa. Cuando se habla de una sociedad inclusiva, se piensa en la que valoriza la diversidad humana y fortalece la aceptación de las diferencias individuales. Es dentro de ella que se aprende a convivir, contribuir y construir juntos un mundo de oportunidades reales (no obligatoriamente iguales) para todos.

¿Inclusión o integración? Semánticamente estas dos palabras tienen un significado similar, por lo que estos verbos suelen usarse de forma indistinta. Sin embargo, inclusión e integración representan filosofías completamente diferentes, pero con un objetivo similar: la inserción de personas con discapacidad en la sociedad. Los malentendidos empiezan cuando las personas utilizan el término inclusión cuando piensan en integración. Claudia Werneck como se cita en Adirón (2005), establece estas diferencias en su *Manual de Midia legal* primer volumen. Estas diferencias se explican en la Tabla 1.

Inclusión	Integración
Inclusión	
La inserción es total e incondicional; los niños con discapacidad no necesitan “prepararse” para asistir a la escuela regular.	La inserción es parcial y condicionada; los niños “se preparan” en escuelas o con clases especiales para poder asistir a la escuela regular.
Cambios que benefician a toda y cualquier persona; se fortalece la idea de que todas las personas ganan.	Cambios que miran prioritariamente a las personas con discapacidad, se fortalece la idea de que ellas “ganan más”.
La sociedad se adapta para atender a las personas con discapacidad.	Las personas con discapacidad se adaptan a las necesidades de los modelos que ya existen.
Exige transformaciones profundas en los sistemas educativos y en las escuelas.	Se conforma con transformaciones superficiales tanto en los sistemas educativos como en las escuelas.
Defiende el derecho de todas las personas, con y sin discapacidad.	Defiende el derecho de las personas con discapacidad.
Valora la individualidad de las personas con discapacidad: personas con discapacidad pueden o no ser buenos funcionarios, pueden o no ser cariñosos.	Como reflejo del pensamiento integrador, hay tendencia a tratar a las personas con discapacidad como un bloque homogéneo: “sordos se concentran mejor”, “ciegos son buenos masajistas”.

No pretende disfrazar las limitaciones, porque estas son reales.	Hay tendencia a disfrazar las limitaciones para incrementar la posibilidad de inserción.
La presencia de personas con y sin discapacidad en un mismo entorno no se usa como motivo para el uso del adjetivo "integrador".	La presencia de personas con y sin discapacidad en un mismo entorno es suficiente para el uso del adjetivo "integrador".
A partir de la certeza que Todos somos diferentes no existen "los especiales", "los normales", "los excepcionales", lo que existen son personas con discapacidad.	Incentiva a las personas con discapacidad a seguir modelos, no valorizando otras formas de comunicación como la de señas

Tabla 1. Disimilitudes entre la educación inclusiva y la integración educativa

Fuente: Elaboración propia, con base en Adirón (2005)

Las disimilitudes entre la educación inclusiva y la integración educativa subrayan la necesidad de reconocer y valorar la diversidad en su dimensión como derecho humano, normalizando a la igualdad por encima de la diferencia y respetando a cada ser humano en su individualidad.

La educación como derecho fundamental

La Declaración Mundial de los Derechos Humanos (1948) afirma a la educación como derecho fundamental, y en su artículo 26.º menciona que:

1. Toda persona tiene derecho a la educación. La educación debe ser gratuita, al menos en lo concerniente a la instrucción elemental y fundamental. La instrucción elemental será obligatoria. La instrucción técnica y profesional deberá ser generalizada; el acceso a los estudios superiores será igual para todos, en función de los méritos respectivos.
2. La educación tendrá por objeto el pleno desarrollo de la personalidad humana y el fortalecimiento del respeto a los derechos humanos y a las libertades fundamentales; favorecerá la comprensión, la tolerancia y la amistad entre todas las naciones y todos los grupos étnicos o religiosos, y promoverá el desarrollo de las actividades de las Naciones Unidas para el mantenimiento de la paz.

3. Los padres tendrán derecho preferente a escoger el tipo de educación que habrá de darse a sus hijos.

La educación es un derecho de todas las personas, no es privilegio exclusivo de unos pocos y en esta idea se debe asumir desde los Derechos Humanos (Valenciano Canet, 2009).

En el marco legal internacional en 1960 en la Conferencia General de la UNESCO se manifiesta que en la lucha contra la discriminación en el ámbito de la enseñanza se prohíbe “destruir o alterar la igualdad de trato en la esfera de la enseñanza y, en especial, excluir a una persona o a un grupo del acceso a los diversos grados y tipos de enseñanza; limitar a un nivel inferior la educación de una persona o de un grupo; instituir o mantener sistemas o establecimientos de enseñanza separados para personas o grupos; o colocar a una persona o grupo de personas en una situación incompatible con la dignidad humana”. Esta garantía de la no discriminación también se proclama en la Convención sobre los Derechos del Niño en 1989 (Crosso, 2014).

En la Declaración Mundial sobre Educación para Todos (DMET) “Satisfacción de las Necesidades Básicas de Aprendizaje”, realizada en Jomtien Tailandia del 5 al 9 de marzo de 1990, se reconoce que la educación puede coadyuvar a lograr un mundo más seguro, más próspero y ambientalmente mejor, que al mismo tiempo favorece el progreso social, económico y cultural, así como la tolerancia y la cooperación internacional. En el punto final de esta declaración se menciona que: “nunca habrá un momento mejor para renovar el compromiso imprescindible de satisfacer las necesidades básicas de aprendizaje de todos los niños, jóvenes y adultos”. Este esfuerzo de educación básica y capacitación requerirá el empleo de mayores recursos y de forma más racional que nunca, pero los beneficios irán a más, en buena medida gracias a la determinación y la perseverancia de la comunidad internacional en la persecución de la meta que se ha fijado: la Educación para Todos (DMET, 1990).

Los participantes al Foro Mundial sobre la Educación, celebrado del 26 al 28 de abril del 2000 por la UNESCO en Dakar (Senegal), reiteraron su acuerdo con la perspectiva de la Declaración Mundial sobre Educación para Todos: cumplir nuestros compromisos comunes.

En lo referente a los objetivos que aparecen en el punto III del documento del Marco de acción de Dakar se establece que:

Las necesidades básicas de aprendizaje abarcan tanto las herramientas esenciales para el aprendizaje como los contenidos básicos del aprendizaje necesarios para que los seres humanos puedan sobrevivir, desarrollar plenamente sus capacidades, vivir y trabajar con dignidad, participar plenamente en el desarrollo, mejorar la calidad de vida, tomar decisiones fundamentales y continuar aprendiendo. (UNESCO, 2000, p. 15)

Para la UNESCO (2000), la educación es un bien público, no es un servicio, es un bien común y un derecho fundamental del que nadie puede estar excluido, pero para hacer efectivo el derecho a la educación se tienen que asegurar otros derechos: el derecho a la salud, el derecho a la nutrición, el derecho de los niños a no trabajar. Por tanto, los derechos humanos son indivisibles e interdependientes y hay que desarrollar políticas integrales e intersectoriales que los aborden de manera integral y considerar la educación como un derecho tiene implicaciones para los gobiernos, que tienen que promover, proteger y garantizar ese derecho a todos los ciudadanos, pero también tiene implicaciones jurídicas para las personas que pueden exigir reparaciones cuando se viola ese derecho.

El derecho a la educación está en las constituciones y leyes de todos los países, pero se puede entender de manera restringida. La idea es identificar los aspectos del derecho a la educación para que ese sea el enfoque de este derecho, es decir, ¿a qué educación se tiene derecho?

- Derecho a la participación
- Derecho a la propia identidad
- Derecho a una educación inclusiva

Lo anterior es señalado por la Dra. María Rosa Blanco Guijarro, directora de la oficina regional de la UNESCO, quien en México dictó la conferencia: Educación inclusiva, un asunto de derechos y justicia social parte 4, en la cual, Katarina Tomasevski, relatora de Naciones Unidas del Derecho a la Educación, sostiene que los países comúnmente siguen tres etapas para asegurar el derecho a la educación. La primera es la segregación. Se otorga el derecho a los tradicionalmente excluidos, pero nociones separadas (escuelas para niños de otra raza, para niños con discapacidad etc.). La segunda se refiere al paradigma de la integración que afronta esa segregación. La tercera asegura o confiere el derecho de que esas personas o grupos excluidos ya no estén en opciones segregadas, sino que se instruyan en las escuelas comunes con todos (SEP, 2011).

Pero en la integración son los estudiantes los que se tienen que adaptar a la oferta educativa disponible independientemente de su lengua, su cultura o sus capacidades, porque los sistemas educativos mantienen el *statu quo*. Por lo tanto, los estudiantes son los que se tienen que asimilar y prepararse para poder alojarse en ese sistema tal cual está: la integración lleva a la asimilación y a la individuación. La inclusión es un paso más en el ejercicio del derecho a la educación porque se pretende que ya no sean los estudiantes los que se tengan que adecuar a la oferta educativa disponible, sino que sean las escuelas y los sistemas educativos los que reemplacen su propuesta, su estructura y su funcionamiento para atender la diversidad de necesidades de aprendizaje de todos los estudiantes (SEP, 2011).

Con base en lo anterior, en esta conferencia se pone de manifiesto que, para alcanzar la etapa de la inclusión, comúnmente se transita por las dos primeras etapas que son parte del proceso de aprendizaje de los países y las instituciones para lograr la inclusión educativa de calidad.

Situación actual de la Educación en México

La Secretaría de Educación Pública (SEP, 2020), a través de la Dirección General de Planeación, programación y Estadística Educativa (DGPPyEE), muestra en su informe denominado: “Principales Cifras del Sistema Educativo Nacional 2019-2020” una recopilación de datos relevantes y actuales del Sistema Educativo Nacional (SEN), exponiendo cifras de número de educandos, docentes y escuelas y definiendo el comportamiento de los principales indicadores nacionales, con una perspectiva concisa de la evolución del proceso educativo en México.

El informe puntualiza que la suspensión de actividades presenciales causada por la emergencia sanitaria del Covid-19 afectó a ciclos escolares desde educación inicial hasta la educación superior, en instituciones tanto públicas como privadas, teniendo que recurrir a una serie de medidas excepcionales para concluir el ciclo, mediante clases a distancia; actividad en la que estuvieron involucrados 36.5 millones de alumnos y más de dos millones de maestros, así como padres de familia (SEP, 2020).

Las cifras educativas en modalidad escolarizada y no escolarizada, así como las cifras de educación especial con población atendida que incluye a

estudiantes que presentan necesidades educativas específicas (definiendo en el informe que la educación especial es un servicio educativo destinado a personas con discapacidad transitoria o definitiva), así como de aquellas personas con aptitudes sobresalientes que busca atender a los educandos de forma adecuada a sus propias condiciones con equidad social incluyente y con perspectiva de género se presentan a continuación (Tabla 2):

Tipo, nivel y sostenimiento	Alumnos			Docentes	Escuelas
	Total	Mujeres	Hombres		
Modalidad escolarizada					
Total, sistema educativo	36 518 712	18 368 231	18 150 481	2 074 171	262 805
Público	31 236 953	15 639 494	15 597 459	1 598 520	216 130
Privado	5 281 759	2 728 737	2 553.022	475 651	46 675
Educación básica	25 253 306	12 451 584	12 801 722	1 225 341	230 424
Público	22 378 681	11 035 675	11 343 006	1 039 290	198 192
Privado	2 874 625	1 415 909	1 458 716	186 051	32 232
Educación media superior	5 144 673	2 622 466	2 522 207	412 353	21 047
Público	4 211 125	2 133 973	2 077 152	302 075	14 251
Privado	933 548	488 493	445 055	110 278	6 796
Educación superior ^{1/}	4 061 644	2 062 566	1 999 078	394 189	5 176
Público	2 841 510	1 387 772	1 453 738	234 454	2 311
Privado	1 220 134	674 794	545 340	159 735	3 405
Capacitación para el trabajo ^{2/}	2 059 089	1 231 615	827 474	42 288	5 618
Público	1 805 637	1 082 074	723 563	22 701	1 376
Privado	253 452	149 541	103 911	19 587	4 242

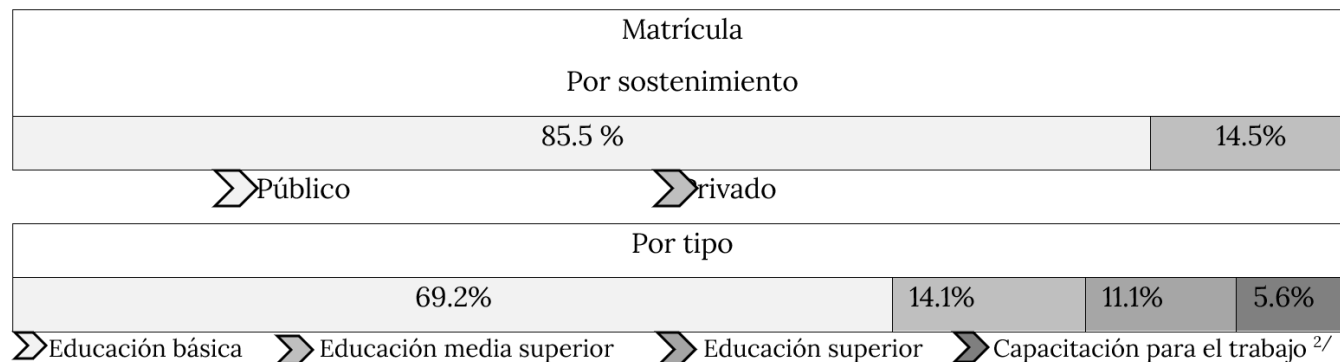
^{1/} Se registra el número de escuelas contabilizadas de manera única, es decir, sin importar la cantidad de servicios que proporcionen.

^{2/} Cifras preliminares.

Tabla 2. Estadística del Sistema Educativo Nacional en modalidad escolarizada

Fuente: Elaboración propia con datos de SEP/DGPPyEE (2020). Sistema de Estadísticas Continuas, Formato 911.

A continuación, en la Figura 1 se muestra la matrícula por sostenimiento y por tipo educativo; entendiendo por sostenimiento la fuente de financiamiento de donde provienen los recursos para el funcionamiento de la escuela. El público incluye las fuentes Federales, Estatales y Autónomas; el privado incluye las fuentes particular y subsidio; el tipo educativo se refiere a la división mínima del Sistema Educativo Nacional establecido en la Ley general de Educación, con tres tipos educativos: básico, medio superior y superior.



^{2/} Cifras preliminares.

Figura 1. Matrícula por sostenimiento y por tipo educativo (básico, medio superior y superior).

Fuente: Elaboración propia con datos de SEP/DGPPyEE (2020). Sistema de Estadísticas Continuas, Formato 911.

En la Tabla 3 se muestra a la población atendida por área en educación especial en los periodos 2017-2018, 2018-2019 y 2019-2020, tanto a población con aptitud sobresaliente como a personas con discapacidades específicas, entendiendo por aptitud sobresaliente a aquella característica de una persona que destaca significativamente del grupo educativo y social al que pertenece en uno o más de los campos del quehacer humano científico-tecnológico, humanístico-social, artístico y/o de acción motriz, e incluyendo en discapacidades específicas a la ceguera, baja visión, sordera, hipoacusia y discapacidad motriz entre otras.

Educación especial			
Concepto	2017-2018	2018-2019	2019-2020
Alumnos			
Población atendida ^{1/}	612 039	624 371	648 101
Población atendida por área	529 465	596 123	628 609
Ceguera	2 095	2 117	2 196
Baja visión	6 182	6 305	6 604

Sordera	4 026	3 917	3 821
Hipoacusia	8 722	8 983	9 270
Discapacidad motriz	16 834	16 991	16 991
Discapacidad intelectual	107 365	107 211	107 308
Aptitudes sobresalientes	26 138	22 163	20 690
Otras condiciones	358 103	428 436	461 729
Población atendida por sostenimiento	612 039	624 371	648 101
Público	609 306	621 628	645 375
Privado	2 733	2 743	2 726
Escuelas			
Total	6 110	6 192	6 135
Centro de Atención múltiple	1 657	1 665	1 669
Unidad de servicio de Apoyo a la Educación Regular	4 453	4 527	4 646

^{1/} La Población atendida total que incluye alumnos con necesidades especiales temporales o permanentes que pueden estar asociadas o no a una discapacidad o aptitudes sobresalientes.

^{2/} La población atendida por área solo incluye a los alumnos que presentan alguna discapacidad o aptitudes sobresalientes.

Tabla 3. Población atendida por área en educación especial

Fuente: SEP/DGPPyEE (2020). Sistema de Estadísticas Continuas. Formato 911.

En la Tabla 4 se presenta por entidad al total de docentes, alumnos y escuelas participantes en el ciclo 2019-2020 con el apoyo de USAER y CAM para educación especial.

Entidad	Docentes, alumnos y escuelas								
	Total			USAER			CAM		
	Docentes	Alumnos	Escuelas	Docentes	Alumnos	Escuelas	Docentes	Alumnos	Escuelas
Aguascalientes	894	8 471	90	584	7 015	71	310	1456	19
Baja California	2345	22721	216	1 508	19233	156	837	3488	60
Baja California Sur	1025	7 303	108	736	6 278	93	289	1 025	15
Campeche	1 103	12 067	82	802	10 757	61	301	1 310	21

Coahuila	2 476	40 981	286	1 844	37 470	229	632	3 511	57
Colima	679	3 891	91	497	3 101	74	182	790	17
Chiapas	1 326	11 538	134	782	8 621	78	544	2 917	56
Chihuahua	2 073	16 794	221	1 601	14 757	179	472	2 307	42
Ciudad de México	5 144	64 988	608	3 570	54 335	514	1 574	10 653	94
Durango	1 320	12 471	109	876	9 787	79	444	2 684	30
Guanajuato	2 054	32 995	189	1 408	28 007	133	646	4 988	56
Guerrero	2 032	18 407	234	1 510	15 814	177	522	2 593	57
Hidalgo	768	7 328	83	469	5 877	54	299	1 451	29
Jalisco	3 364	33 423	346	1 662	22 660	191	1 702	10 763	155
México	5 635	51 602	612	3 685	40 681	444	1 950	10 921	168
Michoacán	1 504	18 308	151	803	14 450	87	701	3 858	64
Morelos	923	4 964	114	609	3 717	82	314	1 247	32
Nayarit	869	11 479	102	678	10 447	84	191	1 032	18
Nuevo León	3 949	55 798	333	2 911	50 286	258	1 038	5 512	75
Oaxaca	433	4 099	38	221	2 823	25	212	1 276	13
Puebla	2 002	16 443	187	1 429	13 785	131	573	2 658	56
Querétaro	1 011	10 338	70	575	8 085	46	436	2 253	24
Quintana Roo	781	6 325	72	377	4 648	44	404	1 677	28
San Luis Potosí	1 161	12 280	116	711	9 775	66	450	2 505	50
Sinaloa	2 016	20 026	252	1 418	17 842	201	598	2 184	51
Sonora	2 650	32 145	323	1 810	27 383	252	840	4 762	71
Tabasco	1 951	23 772	200	1 599	22 005	174	352	1 767	26
Tamaulipas	2 240	24 478	197	1 511	19 519	136	729	4 959	61
Tlaxcala	1 134	9 249	115	848	8 395	94	286	854	21
Veracruz	2 600	21 231	342	1 711	16 362	230	889	4 869	112
Yucatán	1 750	13 894	138	977	10 490	85	773	3 404	53
Zacatecas	1 346	18 292	156	993	16 525	118	353	1 767	38

República Mexicana	60 558	648 101	6 315	40 715	540 930	4 646	19 843	107 171	1 669
--------------------	-----------	------------	----------	-----------	------------	----------	-----------	------------	-------

Tabla 4. Número total de docentes, alumnos y escuelas en educación especial en el ciclo 2019-2020

Fuente: SEP/DGPPyEE (2020). Sistema de Estadísticas Continuas. Formato 911

En este informe 2019-2020 sobre las principales cifras del sistema educativo nacional, se destaca en el Objetivo de Desarrollo Sostenible 4 (ODS 4) lo siguiente:

- Meta 4.1: De aquí a 2030, asegurar que todas las niñas y todos los niños terminen la enseñanza primaria y secundaria, que ha de ser gratuita, equitativa y de calidad y producir resultados de aprendizaje pertinentes y efectivos.
- Meta 4.2: De aquí a 2030, asegurar que todas las niñas y todos los niños tengan acceso a servicios de atención y desarrollo en la primera infancia y educación preescolar de calidad, a fin de que estén preparados para la enseñanza primaria.
- Meta 4.3: De aquí a 2030, asegurar el acceso igualitario de todos los hombres y las mujeres a una formación técnica, profesional y superior de calidad, incluida la enseñanza universitaria.
- Meta 4.4: Construir y adecuar instalaciones educativas que tengan en cuenta las necesidades de los niños y las personas con discapacidad, que ofrezcan entornos de aprendizaje seguros, no violentos, inclusivos y eficaces para todos (SEP, 2020).

El cumplimiento de estas metas garantizaría una educación inclusiva permanente y de calidad, que despliegue oportunidades para las personas con discapacidad, no solo de ingreso a instituciones de educación, sino también que favorezca su permanencia y egreso con un bagaje de conocimientos y habilidades que le permitan integrarse a fuentes de trabajo que le proporcionen una autonomía personal.

Cómo lograr una educación de calidad

Una educación de calidad marca la diferencia en los resultados de aprendizaje de los alumnos y en los niveles de asistencia y finalización de estudios,

por lo que finalmente la calidad de la educación influye en su expansión (Blanco y Delpiano, 2005).

En la Conferencia Mundial de Educación para Todos de la UNESCO en 1990, se establecieron objetivos orientados a universalizar la educación primaria, aumentar el acceso a la educación en la primera infancia, reducir el analfabetismo y mejorar la calidad. Una recomendación básica fue la del fomento a la equidad, reducir las desigualdades y suprimir las discriminaciones referidas a las posibilidades de aprendizaje de los grupos en situación de desventaja.

"Una educación es de calidad si es pertinente y significativa para las personas de distintos estratos sociales y culturas, y con diferentes talentos, de forma que puedan construirse como sujetos en la sociedad y desarrollar su propia identidad. Las personas tienen múltiples inteligencias y distintos modos de aproximarse a la realidad, por lo que la educación ha de ofrecer diferentes opciones que permitan el desarrollo de distintas capacidades e intereses." (Blanco y Delpiano, 2005, p. 14)

En el informe de la UNESCO (2005) de monitoreo de Educación para Todos, se señaló que la calidad de los programas de Educación y Cuidado de la Primera Infancia es escasa en muchos países como consecuencia del bajo nivel de calificación del personal, pues de un total de 69 países con información disponible, solo en un 20% todos los docentes están formados, mientras que en un 75% la proporción de docentes no formados es mucho mayor que en la enseñanza primaria. De los hallazgos encontrados, se concluyó que la calidad de la educación depende de factores como:

- La educación de los docentes con formación especializada en educación temprana
- Una formación en servicio más allá de la educación formal
- La experiencia de los docentes con los niños
- La continuidad del personal y que este se sienta bien con sus condiciones de trabajo
- El director con la experiencia y formación necesarias para apoyar al personal
- Las relaciones con la comunidad y con aquellas instituciones que proporcionan servicios de salud y otros apoyos
- Un espacio físico seguro

En una educación de calidad es esencial educar en derechos humanos, involucrando el aprendizaje de conocimientos y habilidades, pero sobre todo de valores, actitudes y comportamientos. Blanco y Delpiano (2005) plantean

que la educación en derechos humanos debe estar presente en cualquier contexto y proceso educativo e involucra al conjunto del sistema educativo. Cada vez existe mayor acuerdo respecto de los resultados que logran los alumnos en determinadas áreas de aprendizaje como lenguaje y matemáticas, pero no son elementos suficientes para definir la calidad de la educación.

Docentes competentes para una educación de calidad

"Quien considere que todo da igual, que nada es mejor ni peor, tiene poco de educador. El maestro educa primero con lo que es, después con lo que hace y solo en tercer lugar con lo que dice. Un maestro no merece ese nombre si no tiene pasión por la materia que enseña. A la vez, sabe que es más importante la persona que aprende que los conocimientos que adquiere" (Mañú y Goyarrola, 2011).

Una muestra de la afirmación anterior es la capacidad del profesor de “ver” en el aula, si al término de la clase el profesor no sabe quién ha faltado o no percibe un estado emocional inconveniente en un alumno, quizá ha estado más pendiente de lo que enseñaba de a quienes enseñaba. El verdadero maestro adapta y acomoda el contenido de su materia a los nuevos alumnos, y puede pasar del curso A al B explicando la misma lección, pero modificará sus registros mentales en función de los participantes.

Educar no solo es impartir clases brillantes o dar valiosas orientaciones, lo que más ayuda a los alumnos es ver cómo vive el profesor aquello que les enseña. Un rasgo común de los profesores excelentes es su integridad, y ser una persona íntegra significa ser coherente con lo que se dice y lo que se hace. El trabajo del docente es sobre todo intelectual. La disposición con la que acude al aula y trata a sus alumnos es parte fundamental en su eficacia y debe ser buen profesor tanto el que atiende a niños que apenas empiezan a caminar como el que enseña en niveles superiores. La valía profesional no se mide por el nivel educativo al que se atiende, sino por la calidad del trabajo que se realiza.

El liderazgo eficiente del profesor creará una sinergia positiva y el ambiente propicio para que la labor de enseñanza-aprendizaje llegue a sus niveles más

altos. El profesor debe estar comprometido a buscar distintos caminos para que cada tipo de inteligencia llegue al conocimiento. Por lo tanto, adopta una actitud dinámica y no repite de forma rutinaria las mismas ideas, sino que explora distintos procesos mentales hasta encontrar la forma de aprender de cada alumno.

En un mundo donde los cambios se producen a gran velocidad, una sociedad con una tecnología puntera avanzará a pasos de gigante. Es necesario entonces formar profesionales polivalentes, dispuestos a cambiar varias veces su perfil profesional, complementándolo. La sociedad actual es multi-color y plural, la movilidad social y geográfica de grandes masas de población y la interconexión de culturas, la familia y el trabajo están sufriendo grandes cambios. Si la familia falla, peligran otros factores. La familia es imprescindible, pues es el lugar donde se aprende un estilo de vivir, Los padres necesitan formarse para ayudar a sus hijos a vivir en una sociedad cambiante, pero manteniendo su identidad (Mañú y Goyarrola, 2011).

Conclusiones

El Programa para la Evaluación Internacional de Alumnos de la OCDE, la prueba *Programme for International Student Assessment* (PISA por sus siglas en inglés), es actualmente el mejor instrumento con el que se cuenta para evaluar hasta qué punto las y los alumnos cercanos a terminar la educación obligatoria han adquirido conocimientos y habilidades necesarios para participar plenamente en la sociedad del conocimiento. PISA saca a relucir los buenos resultados de países que han alcanzado un buen rendimiento. Se examina el rendimiento de las y los alumnos en distintas áreas temáticas como lectura, resolución de problemas, matemáticas y ciencias. Esta prueba evalúa cada tres años a millones de alumnas y alumnos de 15 años en más de sesenta países. Sin este instrumento se estaría sin una brújula que indique el camino a seguir para dar los pasos necesarios en la mejora de la calidad de la educación, lo cual sería en detrimento de la economía y de la sociedad en México.

En el fortalecimiento de la educación de calidad es preciso la articulación de los distintos ambientes en los que se desenvuelven los alumnos: escuela, familia y comunidad aportarán cada una con sus propias particularidades

los aprendizajes que permitirán a niñas, niños y jóvenes a ser más independientes en la solución de situaciones de la vida cotidiana.

Cada vez hay más padres conscientes de que la respuesta para propiciar un mejor futuro para sus hijos está en la educación y que una manera de avanzar hacia una sociedad más consciente e inclusiva es lograr el acceso a una educación de calidad. Solidaridad y participación social reales fomentarán las acciones que ayuden a los grupos más vulnerables a formar parte de la sociedad en la que viven en igualdad de oportunidades, empezando por el respeto a su dignidad. La educación de calidad abre las posibilidades para alcanzar un mundo mejor.

Referencias

- Adirón, F. (2005). ¿Qué es la inclusión? La diversidad como valor. https://www.academia.edu/11130320/Qu%C3%A9_es_la_inclusi%C3%B3n_La_diversidad_como_valor
- Blanco, R.M., y Delpiano, E. (2005). La educación de calidad para todos empieza en la primera infancia. *Revista Enfoques Educativos*, 7(1), 11-33.
- Crosso, C. (2014). El derecho a la educación de personas con discapacidad. Impulsando el concepto de educación inclusiva. *Revista Latinoamericana de Educación Inclusiva*, 4, 79-95.
- Declaración Mundial de los Derechos Humanos (1948). https://www.ohchr.org/EN/UDHR/Documents/UDHR_Translations/spn.pdf
- Declaración Mundial sobre Educación para Todos (DMET) (1990). <https://www.humanium.org/es/wp-content/uploads/2013/09/1990-DeclaracionMundialEducacion.pdf>
- García, I., Escalante, I., Escandón, M.C., Fernández, L.G., Mustri, A. y Puga, I. (2009). *La integración educativa en el aula regular*. Principios, finalidades y estrategias. México, D.F.: SEP
- García, I. (2018). La educación inclusiva en la Reforma Educativa de México. *Revista Nacional e Internacional de Educación Inclusiva*, 11(2), 49-62.
- García, I., Romero, S., Aguilar, C. L., Lomeli, K.A. y Rodríguez, D.C. (2013). Terminología internacional sobre la educación inclusiva. *Revista Electrónica "Actualidades Investigativas en Educación"*, (13)1, 1-29. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/aie/article/view/11712/18187>
- Mañú, J.M., y Goyarrola, I. (2011). *Docentes competentes por una educación de calidad*. Madrid: Narcea, S.A. Ediciones.
- Rodríguez, D.C. (2013). Terminología Internacional sobre la educación inclusiva. *Actualidades Investigativas en Educación*, 13(1),

182-211. Retrieved October 17, 2021, from http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1409-47032013000100007&lng=en&tlng=es.

Requena, M.D., y Sáinz de Vicuña, p. (2009). *Didáctica de la educación infantil*. <https://books.google.com.mx/books?id=cles9VbMjm4C&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=true>

SEP (2011). *Educación inclusiva, un asunto de derechos y justicia social, parte 4*. <https://www.youtube.com/watch?v=II85g-BLj0>

SEP (2011). *Educación inclusiva, un asunto de derechos y justicia social, parte 1*. <https://www.youtube.com/watch?v=2H2IB29OP6w>

SEP (2020). *Principales cifras del Sistema Educativo Nacional 2019-2020*. Dirección General de Planeación, Programación y Estadística Educativa. https://www.planeacion.sep.gob.mx/Doc/estadistica_e_indicadores/principales_cifras/principales_cifras_2019_2020_bolsillo.pdf

Suárez, L. M.V. (2001). Esbozo de la historia de la educación en México. *Revista*

panamericana de Pedagogía, (2), 215-231. <https://doi.org/10.21555/rpp.v0i2.1911>

UNESCO (2000). *Marco de acción Dakar Educación para todos: cumplir nuestros compromisos comunes*. Francia: UNESCO. https://www.right-to-education.org/sites/right-to-education.org/files/resource-attachments/UNESCO_Marco_Acci%C3%B3n_Dakar_2000_ES.pdf

UNESCO (2003). *Overcoming exclusion through inclusive approaches in education. A challenge & vision*. Conceptual paper. <https://silo.tips/download/overcoming-exclusion-through-inclusive-approaches-in-education>

UNESCO (2005). *Educación para todos. El imperativo de la calidad*. <https://es.unesco.org/gem-report/node/511>

Valenciano, G. (2009). *Construyendo un concepto de educación inclusiva: una experiencia compartida*. Publicaciones del INICO Colección Investigación. Salamanca, España: Instituto Universitario de Integración en la comunidad.

Reseña de la autora

M.A. Clara Romero Cruz

Maestra en Administración por la Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla (UPAEP). Profesora de tiempo completo e investigadora del Instituto Tecnológico Superior de San Martín Texmelucan, perteneciente al cuerpo académico de Ingeniería Industrial: Optimización de Sistemas de manufactura que cultiva la línea de investigación: innovación, calidad y productividad.

REPRESENTACIÓN DE LAS MUJERES DE LA COOPERATIVA TOSEPAN SIUAMEJ DESDE EL ENFOQUE DE GÉNERO PARA LA DIVULGACIÓN AGRÍCOLA AMBIENTAL Y EL DESARROLLO SUSTENTABLE

Ojeda Santiago Victoria Adriana; Jiménez Taboada Nallely y Brena Bustamante Paulina

Introducción

En México las mujeres de comunidades rurales dedicadas a la agricultura, apicultura y siembra de traspatio enfrentan dificultades y complicaciones particulares debido al contexto social y cultural en el que viven, y en el que predomina la desigualdad de género. Los artículos existentes describen los trabajos hechos por mujeres en cooperativas y en la agricultura, tal es el caso de Mujeres Cosechando en Cuajimalpa, Ciudad de México (De Jesús *et al.*, 2021); las apicultoras del Municipio San Francisco Suc Tuc, Hopelchén en Campeche (Vásquez *et al.*, 2018); y las mujeres agropecuarias de Las lagunas en Acayucan, Veracruz (Vázquez-Luna *et al.*, 2013) (Figura 1). Los trabajos se centran en explicitar la conformación de

las mujeres para desarrollar sus actividades agrícolas, apícolas y agropecuarias, lo cual resulta importante como modelos que se puedan replicar por otros grupos de mujeres que se dedican a la agricultura y la apicultura.

La raíz de las desigualdades se debe al rol que tienen las mujeres, en el que las actividades están centradas en labores domésticas y cuidado de la familia. Enfrentan situaciones donde hay un acceso diferenciado a la propiedad, al trabajo, a la toma de decisiones, a los apoyos gubernamentales, lo que las obliga a tener una doble y triple jornada de trabajo que incluye el trabajo en el campo y la necesidad de obtener mayores ingresos a través de otras actividades como la venta de artesanías o siembra de milpa en los traspatios (Vázquez-Luna *et al.*, 2018; De Jesús *et al.*, 2021).

El presente capítulo surge del planteamiento y reconocimiento del cambio que ha tenido la agricultura mexicana en los últimos cincuenta años y los impactos en la reconfiguración de las mujeres campesinas que se encuentran alrededor de la República Mexicana. En particular, las mujeres poblanas miembros de la “Cooperativa Tosepan Siuamej” desde la identificación de su papel como divulgadoras agrícolas ambientales, así como la importancia de su trabajo y empoderamiento que han tenido en los últimos años dentro del campo mexicano.



Es importante aclarar que llamarlas divulgadoras agrícolas ambientales es un nombramiento que se propone. Esta identificación surge de la reflexión sobre las actividades desempeñadas por estas mujeres, los objetivos y formas de trabajo que desempeñan, las cuales hacen sintonía con los propósitos y objetivos de la divulgación científica como actividad social y política en un contexto determinado. Se sabe que el término oficialmente usado en programas de gobierno y normativa estatal es “promotoras”, viéndolas como agentes de cambio que buscan transformar uno o varios aspectos de una comunidad determinada (Instituto Nacional de las Mujeres, 2005). No obstante, pensarlas como divulgadoras agrícolas ambientales permite

ampliar y compaginar el trabajo integral que realizan y el impacto de sus labores.

Ser divulgadoras involucra que los procesos educativos que realizan son y surgen del contexto inmediato en el que se desenvuelven; donde, aunque no haya un interés explícito en educar, su forma de trabajo es un proceso de enseñanza-aprendizaje en y para la vida diaria, voluntario, accesible y que les provoca satisfacciones personales. Estos aprendizajes no son graduales, ni necesariamente certificados por instancias educativas, por lo que la educación informal que enmarca la divulgación es el ámbito que subraya su labor social.

Al verlas como mujeres agrícolas ambientales, se enfatiza su participación en el campo mexicano desde un enfoque de educación ambiental, pero la construcción social de su identidad y su intervención en la sociedad, es decir, la representación social que construyen y reconstruyen en lo individual y colectivo permite no solo priorizar su actuar en los proyectos, sino en la transformación social de los ecosistemas naturales y sociales de los que forman parte.

A lo largo de este capítulo se describen ejemplos de colectivas y grupos de mujeres campesinas, agricultoras, apicultoras y agropecuarias de diferentes estados de la República Mexicana, pero se hace énfasis en mencionar y detallar lo que ocurre en la cooperativa “Tosepan Siuamej”. Se habla de las dificultades que tienen por su género y, a la vez, los beneficios que han traído consigo el impulso de programas gubernamentales y de asociaciones civiles para empoderar y formar a las mujeres en el uso y aprovechamiento sostenible de los sistemas agrícolas y apícolas.

Autores como García (2020) y Vázquez *et al.* (2018) atribuyen la desigualdad social a las ideas en que los hombres son vistos como el jefe de familia y el productor que recibe los apoyos gubernamentales disponibles para incrementar rendimientos e ingresos agrícolas, siendo los primeros beneficiarios de programas de capacitación y a nuevas tecnologías. Bajo este contexto, las mujeres son desplazadas a la búsqueda de rentar terrenos para sembrar sus cultivos, lo que las limita a obtener mayores ganancias monetarias, además de contar con menor tiempo para desplazarse a sembrar debido a las responsabilidades maternas y el trabajo doméstico no remunerado. Y aun cuando la siembra de traspatio da para una producción de autoconsumo, al no aportar dinero físico invisibiliza su aporte al hogar.

Es necesario mencionar que las mujeres campesinas tienen una triple jornada de trabajo, que contempla hacerse cargo de las labores domésticas: el cuidado y crianza de las y los hijos (labores reproductivas); realizar algún trabajo remunerado, que puede ser la elaboración de artesanías (labores productivas); y hacerse cargo de la siembra y actividades relacionadas con la milpa (labores agrícolas). Situación limitante debido a que no existe un sistema de apoyo suficiente para que, si necesitan desplazarse a otro terreno o asistir a juntas y actividades de algún apoyo gubernamental, lo hagan. Además, como no cuentan con extensiones grandes de terreno tienen mayores dificultades para acceder a espacios, insumos y créditos por parte del gobierno. Esto se suma a los estereotipos de género que enfrentan. Por ejemplo, el de ama de casa y la afectación a su salud mental que deviene del estrés y presiones sociales que les impide tomarse un descanso o desatender ciertas labores, lo que las debilita física y emocionalmente para emprender proyectos agrícolas.

En cuanto a las cifras oficiales de la Encuesta Nacional Agropecuaria (INEGI, 2019), esta indica que del total de personas ocupadas en las unidades de producción agropecuaria 16.7% son mujeres. Es decir, 17 de cada 100 personas que laboran en actividades agropecuarias son mujeres que representan la mano de obra, principalmente en los cultivos de caña de azúcar, maíz blanco, sorgo grano, aguacate y trigo grano. La mayoría de las mujeres se encuentran en el intervalo de edad de 61 a 75 años, seguidas de 46 a 60 años. En cuanto a escolaridad, el 50% tiene educación primaria en contraste con el 3.4% que tiene una licenciatura. Aunque se han hecho esfuerzos por incorporar a las mujeres en las labores existen condiciones que no muestran mejoras relevantes sobre su participación como es el caso de la remuneración, pues solamente el 12% de las mujeres trabajadoras reciben un pago.

Si bien han existido diferentes programas de apoyo a las mujeres rurales, como Prospera⁶, que les permiten acceder a la propiedad de la tierra, en realidad siguen existiendo trabas para facilitar los procesos. Hasta 2017 solo el 21% del total de ejidatarios era representado por mujeres, aunque en realidad

6 PROSPERA. Programa de Inclusión Social, articula y coordina la oferta institucional de programas y acciones de política social, incluyendo aquellas relacionadas con el fomento productivo, generación de ingresos, bienestar económico, inclusión financiera y laboral, educación, alimentación y salud, dirigida a la población que se encuentre en situación de pobreza. Prioriza los apoyos hacia madres de familia en esta situación. Actualmente, PROSPERA dio paso a otros programas como Sembrando vida que busca atender la pobreza rural y degradación ambiental, como parte de sus funciones se encarga de impulsar actividades agroforestales. (Fuentes: Página Oficial del Gobierno de México).

participaba el 45%, pero tenían que recurrir a intermediarios varones (Soto, 2019). Estas prácticas se caracterizan por beneficiar a los varones y segregar a las mujeres, minimizando su derecho a la participación y tenencia de las tierras. Por esta razón, las mujeres no pueden ser beneficiarias de subsidios, créditos y tecnologías (Nobre y Hora, 2017). Por su parte, el Gobierno de México (2019-2024) dentro del Plan Nacional de Desarrollo puso en marcha programas dirigidos al sector rural destacando acciones para aumentar la participación de las mujeres, como no solicitar que sean ejidatarias o propietarias para acceder a los programas: “Sembrando Vida” donde el 31% de las personas beneficiarias han sido mujeres, y Producción para el Bienestar en el 2019 destinando 27.8% de los recursos para mujeres productoras agrícolas (INMUJERES, 2020). Puebla contaba con el 7.3% de mujeres a cargo de los órganos Ejidales o Comunales hasta el 2019 (Registro Agrario Nacional, 2019).

Cooperativas como un movimiento social

La organización social en aras de coexistir en un entorno, mantener un equilibrio y fortalecer la colectividad, construye otras formas de componerse como movimientos sociales factibles y viables, cuya clave de éxito es el cambio en sus representaciones sociales para el empoderamiento sustentable; es decir, reconfigurando y afirmando el poder de agencia que tienen en su contexto social y natural. Lo anterior, con el objetivo de dar a conocer la importancia del papel de las mujeres en su trabajo en cooperativas de divulgación agrícola-ambiental y su influencia en la educación científica.

La figura de las cooperativas es concebida como un agente aislado de su entorno comunitario (Soto, 2019). Sin embargo, resulta en un movimiento que pretende activar la colectividad de saberes, acciones y actitudes que, a su vez, beneficia a cada una de las integrantes de un grupo o comunidad. En este sentido, las cooperativas surgen para atender las necesidades primarias y secundarias de forma autogestiva, no solo hablando de la producción de alimentos, también de la transmisión de conocimientos que apelan por mantener su identidad, acceder a sus derechos y conservar sus territorios a través de una gestión democrática (Durán-Díaz *et al.*, 2020).

Para describir el contexto general de lo que define a la cooperativa como un modelo factible en comunidades rurales, es importante plantear algunos de los detonantes, objetivos, misión e inclusión de las cooperativas como un

plan de desarrollo en comunidades, principalmente de Cuetzalan, Puebla. La realidad del campo en México prevalece marcada por dinámicas de segregación social, de inequidad y de desigualdad que son superiores a los alcances que proyectan muchos programas de apoyo ofrecidos por el gobierno o instituciones internacionales (Durán, 2018).

En la década de los setenta en la Sierra Norte de Puebla se plantearon acciones desde instancias públicas nacionales para la promoción del desarrollo económico (Infantes y Puerto, 2013). A partir de ese momento inician una serie de reflexiones motivadas por la necesidad de solucionar de forma colectiva los problemas detectados en las comunidades; es así como se marcan los inicios del movimiento cooperativo Tosepan. Este movimiento social en sus inicios se conforma de diez cooperativas, tres asociaciones civiles, un centro de formación y un centro escolar (Durán, 2018).

La Cooperativa Tosepan Siuamej

La Cooperativa Tosepan Siuamej (“mujeres unidas”, en náhuatl) se dedica a la agricultura, siembra de traspatio, apicultura y venta de artesanías en el estado de Puebla, en el Municipio de Cuetzalan, región que por sus características geográficas cuenta con el clima y los recursos naturales idóneos para implementar sistemas sustentables de agricultura y agroecología. La implementación de estos sistemas se ha logrado gracias al uso de los conocimientos tradicionales que poseen las mujeres poblanas, así como las capacitaciones formales por parte de asociaciones y apoyos gubernamentales. Cabe destacar el sistema de educación y comunicación agrícola-ambiental informal que han desarrollado las campesinas, el cual consiste en que un colectivo de mujeres capacitadas comunica sus conocimientos tradicionales y técnicos a sus congéneres para el uso, siembra y cuidado de los cultivos.

Existe documentación sobre diversos Proyectos de Educación Ambiental (PEA) en los cafetales de la región. Muestran que el uso que le dan a esta planta se limita a la alimentación, elaboración de medicina tradicional y combustibles, elaboración de materiales de construcción, insecticidas, jabones, abonos verdes, artesanías, ornamentales y juguetes; y da cuenta de que este sistema agroforestal o *kuoujtaklioyan* (bosque útil de café en náhuatl) como ellas lo conocen, no solo es su carta de presentación para llamar la atención a PEA, sino que son clave para mitigar diferentes problemáticas

socio-ambientales como la migración de jóvenes y la deforestación (Moguel y Toledo, 1999; Moguel y Toledo 2004; Toledo, Moguel, Albores, Durán y Rodríguez, 2005; Moguel, 2009).

Así, las mujeres que constituyen esta cooperativa forman parte de un sistema complejo que funge como reservorio de biodiversidad y paisajístico que otorga servicios ambientales que promueve y sostiene un mecanismo de rescate cultural que moldea la economía y su contexto ecológico, histórico y cultural.

Representaciones sociales y empoderamiento para la sustentabilidad

El sector agropecuario es de los sectores productivos más importantes en el país, y pese a saber que las mujeres han sido parte de este desarrollo, la reclusión e invisibilización de su trabajo ha subrayado las desigualdades sociales, económicas y productivas que se suman al trabajo doméstico no remunerado (Vázquez-Luna, *et al.* 2013).

Una forma de legitimar que existan proyectos donde estén involucradas las mujeres ha sido la Ley de Desarrollo Rural Sustentable, donde el artículo 3.º enfatiza que el sector productivo debe también promover la equidad de género en el medio rural. El problema es que pocas veces la política pública permite formalizar las medidas y empoderar a las mujeres. Entre los estudios que buscan construir indicadores sobre cómo evaluar el empoderamiento y participación de las mujeres agrícolas se encuentra el estudio de Dinora Vázquez-Luna y colaboradoras (2013), quien parte de definir el empoderamiento a partir de la visión del ejército zapatista en México (Araiza, 2004), que es la fuente de poder que aparece cuando las mujeres se afirman, satisfacen necesidades propias y trasciende a los demás, incentivando que puedan continuar desarrollando sus habilidades de gestión y toma de decisiones.

Poder evaluar esta construcción de poder autopercibido no es asunto sencillo, y entre las variables que se han considerado se encuentran: la educación máxima alcanzada, la prevalencia de trabajo remunerado, el que puedan aportar a los ingresos familiares, que tengan o inviertan en negocios,

el grado de satisfacción al ejercer un trabajo remunerado, la disposición para el trabajo comunitario y pensar una nueva ruralidad (Pérez y Vázquez, 2009).

Para construir una nueva ruralidad donde la participación de las mujeres en el sector agrícola, y donde su aporte educativo, político y social sea reconocido, vale la pena partir desde lo que para ellas ocasiona el pensarse como tal. Para esto, el enfoque interdisciplinario-constructivista de la teoría de representaciones sociales posibilita pensar en proyectos que reflejen y representen las redes sociales que las mujeres construyen a partir de sus tradiciones, creencias, saberes y valores; y que estén llevando a cuestionar y analizar las actitudes y acciones que realizan en su vida cotidiana y familiar, y el cómo se traslapan con sus procederes sociales y laborales (Macías Valadez Treviño, 2017).

La representación social es el conjunto de saberes socialmente contruidos y compartidos, cuya funcionalidad práctica se refleja en la forma de interpretar y desarrollarse en un contexto determinado (Almeida, 2000 en Macías Valadez Treviño, 2017). Ahora bien, si estas representaciones sociales se piensan desde la educación ambiental para el desarrollo sustentable, como se ha tratado de hacer en las últimas décadas, se aprecia que no solo tendrán efecto en las mujeres agrícolas ambientales de las que se habla, sino de las futuras generaciones, quienes se beneficiarán del patrimonio natural conservado y del cambio en la realidad que las construye y las involucra. Lo anterior, a la luz de construir comunidad, es decir, construir sistemas sociales comunitarios donde, en este caso, las mujeres que lo conformen sepan que el pleno desarrollo de sus potencialidades y la realización individual. Esto puede darse si se reconocen, se les reconoce y deciden contribuir para el bien colectivo de forma libre y recíproca (Moguel, 2009). Enfatizar que el reconocimiento social debe provenir de ellas mismas y del exterior es una necesidad humana básica para la cohesión social, la construcción de una identidad cultural, la conformación de sistemas de confianza y seguridad que propiciará un sentido de independencia y compromiso personal, con el cual la creatividad y el sentido de responsabilidad vendrán como consecuencia de dicha sinergia; lo que para Moguel (2009) conforma la conciencia crítica social.

De acuerdo a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y la Agenda 21, implica aceptar y trabajar sobre la importancia de la revalorización y vínculo entre los conocimientos y experiencias del ámbito científico y el sector campesino indígena y rural. Así, la cooperativa de divulgadoras agrícolas ambientales parte de retomar los principios básicos de preservación de

ecosistemas, recursos naturales y de subsistencia en economías auto-sustentables; lo que ha demostrado que esta consciencia crítica social no solo está presente, sino que es parte de sus metas intrínsecas al momento de colaborar. Estas mujeres tienen conocimientos y actitudes ambientales (Macías Valadez Treviño, 2017) que les permiten colaborar en organizaciones sociales y económicas liberales que aprovechan los recursos naturales de forma sostenible, reconociendo que los procesos biofísicos solo son capital que otorga bienes y servicios a sus comunidades y familias, y por lo tanto, poseen una visión eco tecnócrata o eco-desarrollista (Moguel, 2009).

Es importante mencionar que el enfoque eco tecnócrata no es el único que rige a estas mujeres, pues también el enfoque de Desarrollo Humano Sustentable (DHS) les permite identificarse como seres socialmente críticos y en quienes recae la responsabilidad de resolver problemas locales, pues son ellas las gestoras de su propio desarrollo dentro de la economía local y regional (Moguel, 2009). Ahora bien, como Toledo y colaboradores (2012) hacen notar, la sustentabilidad o la vida sustentable a partir de la participación de las mujeres no debe ser vista como una fórmula para mejorar la calidad de vida de una localidad, pero sí como una forma de pensar la sustentabilidad como sinónimo de poder social, que nuevamente remite al empoderamiento. Esto significa centrar los objetivos en la relación con los recursos naturales y quienes los aprovechan (las mujeres). De modo que el poder que las empodere (valga la redundancia) favorezca, mantenga y acreciente el control afectivo de los habitantes con quienes interactúan en sus localidades y territorios naturales y sociales.

Proyectos como la Cooperativa Tosepan Siuamej han comprobado que las estrategias adoptadas por las mujeres permiten que sus propósitos se logren. Es decir, este empoderamiento y forma de representación social que rige su dinámica laboral-divulgativa les ha permitido sobreponerse al inequitativo acceso al mercado por medio del desarrollo de lazos de solidaridad más allá de las actividades productivas, mediante la confianza al interior de su colectivo y, como ha reportado Soto (2019) con otras cooperativas dirigidas por mujeres, esto es lo que contribuye su durabilidad en su contexto.

Lograr esto no solo trastoca el plano intelectual de las divulgadoras agrícolas ambientales, sino que las confronta con su contexto y con ellas mismas y les permite ir armonizando las habilidades, los conocimientos y los roles con sus creencias, ideologías, historias, quehaceres y el ser mujeres. La discusión y autocrítica son un proceso gradual que ha ido y seguirá dilucidando todos esos obstáculos a los que se enfrenta el ser mujer en su trabajo, en su

comunidad y en sus familias. Si a esta discusión se le suma que las experiencias productivas de largo plazo originadas por y desde las mujeres despliegan sus capacidades para identificar necesidades y diseñar estrategias que innoven en el ámbito cultural, ambiental y de género; situación que cuando los programas son gestados desde el estado no siempre tienen el alcance económico, social y temporal que se espera.

El enfoque de género en la formación de campesinas y agricultoras

En este apartado se explica la necesidad de incluir el enfoque de género en los cursos y apoyos a las mujeres de la cooperativa Tosepan Siuamej y poder así favorecer su desarrollo en el campo e incentivarlas en su labor como divulgadoras agrícolas ambientales para el desarrollo de una agricultura sostenible e igualitaria.

Con base en Domínguez (2019) y Corona (2000) se conoce que las mujeres de la cooperativa Tosepan Siuamej enfrentan diferentes desigualdades en el campo como la falta de apoyo para desarrollar labores agrícolas, lo que ha ocasionado que las mujeres abandonen la cooperativa. Además, se suma la violencia física, psicológica y económica que ejercen sus parejas, cónyuges o padres. Aunque Domínguez (2019) menciona que en la cooperativa se han incorporado labores de reeducación: alfabetización de las mujeres cooperativistas, capacitación en temas de derechos humanos de los indígenas y el manejo de medicina tradicional, es fundamental la atención psicológica y social en donde se incluya el enfoque de género para la reconstrucción y construcción de su autoestima, autonomía y empoderamiento de las mujeres.

El enfoque de género como teoría y práctica implica visibilizar las diferencias sociales, políticas y culturales que viven mujeres y hombres, tomando como referente las características físicas y fisiológicas debido (López-Méndez, 2007). Así aun cuando la asignación biológica del sexo es algo inherente en los seres humanos la condición sociocultural y, por ende, política y económica, es impuesta o asignada por las sociedades tomando estereotipos y roles que suponen se relacionan con características sexuales femeninas o masculinas. Por lo tanto, busca acciones, iniciativas, declaraciones y acuerdos institucionales y legales que en conjunto puedan aminorar estas diferencias y que

contribuyan al desarrollo de una sociedad más justa, equitativa y redistributiva en el que las mujeres alcancen la igualdad social y política con el fin de crear una sana convivencia (López-Méndez, 2007).

En la sociedad contemporánea conlleva una gran dificultad para las mujeres debido a que se establecen relaciones desiguales entre los sexos y entre las personas. Existe la división del trabajo en donde las mujeres se ven restringidas a las labores del hogar o relacionadas con quehaceres domésticos; mientras que, los hombres pueden alcanzar un nivel académico más alto y acceder a mejores puestos y más recursos económicos, o en el caso de la agricultura, mayores extensiones de siembra.

La perspectiva de género en la agricultura permite visibilizar situaciones en las que las mujeres campesinas y agricultoras están restringidas y los hombres van aventajados. En América Latina y el Caribe, particularmente en Brasil y Cuba, existen diferentes ejemplos, pero es importante centrarnos en un caso mexicano que han tenido éxito al incluir esta herramienta, debido a que están en un entorno más próximo y similar en cuanto a la cultura, economía y por supuesto, forma de gobierno e iniciativas para el desarrollo de las mujeres.

La colectiva Mujeres Cosechando inició a finales de los años noventa con un grupo de mujeres del estado de México del municipio Temoaya apoyadas de la asociación civil Servicios Integrales a Mujeres Emprendedoras (SIEMBRA) formó e impulsó a estas agriculturas con el desarrollo y promoción de la autoestima, los valores, la toma de decisiones y el empoderamiento, así como proveer recursos financieros y técnicos como el otorgamiento de un invernadero y asistencia técnica para el cultivo de hortalizas.

Luego de la intervención las mujeres tuvieron un cambio de actitud, al reconocerse y convertirse en autogestoras de diferentes actividades que abarcan la siembra de hortalizas, la elaboración de artesanías y productos alimenticios para su venta, la organización y coordinación de las mujeres que son miembro para cursos de capacitación y la asistencia a mercados fuera de su localidad. Las mujeres comentan la modificación de los estereotipos y paradigmas de género en su entorno, sus padres y cónyuges reconocen que ellas son capaces y libres de salir a trabajar, así como de valerse por sí mismas; también reconocen y mencionan que la violencia física y psicológica disminuyó.

Ahora se reconocen como proveedoras en su hogar ya que, en su mayoría, aportan un mayor porcentaje monetario, no dependen de sus parejas y son capaces de tomar decisiones por ellas mismas y su familia. Es importante mencionar la reconfiguración del rol masculino de las parejas para impulsarlas, ya que los hombres se emplean como trabajadores de la milpa de sus esposas con el fin de aumentar la mano de obra y facilitar que las productoras asistan a juntas o puedan organizar y coordinar las labores agrícolas.

El empoderamiento proviene de la organización para la producción y comercialización de productos y excedentes en localidades vecinas y mucho más urbanizadas. En la Ciudad de México, en el tianguis Bosque de Agua, realizan un comercio justo e incursionan en la negociación de los costos de sus productos, lo que representa un avance significativo ya que ahora son productoras, emprendedores y comerciantes, lo que permitirá en algún momento expandir la comercialización con otras organizaciones o cooperativas.

Las mujeres se encuentran en espacios públicos y en actividades que tienen una jerarquía importante y con capacidad de mando en la asignación de tareas y que poseen conocimiento, el cual transmiten a sus congéneres para contribuir al desarrollo de la agricultura sustentable. La intención de incluir el enfoque de género es visibilizar su participación, representación y empoderamiento en el sector agrícola, social y político. Esto incluye reconocer aquellos problemas con su condición de género⁷ en el campo, pero más allá de la desigualdad, es promover programas e iniciativas que incentiven la participación de toda la familia y el tejido social en las labores del hogar, lo cual permitiría que las mujeres no tengan una triple jornada de trabajo. Vasquez y colaboradores (2018) sugieren que la apicultura puede ser una actividad factible y redituable para las mujeres de la comunidad de San Francisco Suc Holpechen (Campeche) debido a que la comercialización de miel tiene un potencial importante para la exportación y la ganancia económica es mayor en comparación con otros productos.

7 La condición de género es un conjunto de características históricas que definen en una sociedad determinada lo que es ser una mujer o un hombre, más allá de la voluntad de las personas, se trata socialmente, de una condición histórica. En el caso de las mujeres la forma en cómo son vistas así mismas, en el que se ponderan actitudes de sumisión y pérdida de la libertad, de forma que se puede estar restringidas a espacios privados y situaciones de invisibilización y violencia. (Rivera-Heredia, Ma. E., Obregón-Velasco, N., Ayala-Mira, M. (2012). Diagnóstico de la condición y posición de género en el municipio de Marcos Castellanos, Michoacán. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo).

Por último, la intención y el objetivo de incluir el enfoque de género en los programas y apoyos a las mujeres campesinas de Cuetzalan es que reconozcan que ser agricultoras y divulgadoras agrícolas ambientales significa tener un impacto y poder de cambio en los diferentes sectores y niveles; es decir, que a nivel familiar (nivel local) la autonomía económica les provea de autonomía e independencia de sus cónyuges o padres, además de un empoderamiento y reconstrucción que les permitirá crecer en el sector agrícola y económico, lo que podrá derivar en un mejor nivel social y de desarrollo a nivel nacional; ya que hoy en día son las mujeres de Cuetzalan y de Campeche quienes participan en la exportación de productos a Europa, haciéndolas partícipes importantes de la economía del país.

Consideraciones finales

Se debe enfatizar la importancia de que los proyectos productivos desarrollados en el país no sean diseñados y ejecutados por externos. Se da cuenta de cómo el que las divulgadoras agrícolas ambientales de la Cooperativa Tosepan Siuamej sean consideradas como personas activas y conocedoras de su contexto, permite que los objetivos de los programas se vuelvan sostenibles en el tiempo, así como política, social, ambiental y económicamente. El hecho de que ellas se integren y desarrollen de forma individual y colectiva en las actividades de la cooperativa, les da poder de agencia para superar la desigualdad en el acceso a fondos públicos. Que puedan desarrollar lazos de solidaridad y apoyo no solo para implementar actividades, sino al momento de reunirse, constituye el empoderamiento que se aspira lograr en todas las mujeres de los diferentes sectores económicos del país.

El recorrido que se hace a lo largo de este capítulo abre otras cuestiones que ameritan continuar reflexionando. Una de ellas es la necesidad de hablar sobre la reconfiguración del papel de los hombres en el campo, no solo como acompañamiento y reconocimiento de las mujeres, sino como sujetos que incentiven la participación en lugar de obstaculizarla (con o sin intención). Hay evidencia de que en el municipio de Cuetzalan, Puebla los hombres se sienten amenazados en un inicio, pues la participación de las mujeres los confronta con una manera de vivir su masculinidad hegemónica y machista al ver que su cónyuge se adentra al trabajo fuera del hogar (Ayala-Carrillo, 2007). Además, la crianza de los hombres continúa la falsa creencia de cuáles, aparentemente, son las labores domésticas o relacionadas con lo femenino.

No obstante, debido a que muchos hombres se ven en la necesidad de migrar a otros estados dentro o fuera del país para emplearse como jornaleros o albañiles, al estar solos se ven en la necesidad de realizar estas labores domésticas, logrando asumir que su género no determina sus capacidades, llevándolos a aceptar la importancia e implicaciones que tiene realizarlas, de modo que al regresar a sus hogares continúan realizándolas. Muchos hombres reconocen que el hecho de que sus esposas puedan desarrollar una actividad económica redituable en la agricultura o la venta de artesanías les ha dado la libertad de hacer cosas o labores sin sentir la presión de “la labor masculina” y disminuye de forma importante la presión sociocultural que tienen al ser considerados como los proveedores y el sostén económico de su hogar (Ayala-Carrillo, 2007).

Se quiere dejar en el tintero la necesidad de mirar hacia las nuevas masculinidades en el campo mexicano, pero de forma específica en el estado de Puebla y estados del sur de la República Mexicana, que tiene sus propios orígenes y construcciones, como la identidad indígena y los factores propios de la desigualdad social que han vivido; contrario a los hombres del norte del país, como Sonora, donde la construcción histórica de la masculinidad se relaciona con la imagen de “los vaqueros” o “los empresarios y ganaderos” que, al estar más cerca de la frontera con Estados Unidos, tecnifican el trabajo de campo impulsado, en su mayoría, por empresas transnacionales (Núñez-Noriega, 2017). En Cuetzalan los hombres y mujeres han impedido la entrada de las empresas transnacionales y la monopolización del mercado, es decir, reconocen que su identidad indígena y cultural debe ser preservada por la riqueza cultural y biológica, sabiendo que merecen ser reconocidos por el resto del país.

Finalmente, tanto el empoderamiento de las mujeres como la reconfiguración de la masculinidad confirman la fundamentación de la perspectiva de género, pues mientras mayor y mejores sean los programas de capacitación interna y externa para las mujeres del campo mexicano, se podrá continuar impulsando el comercio local e internacional con un enfoque sustentable y enmarcado en valores como el respeto, pluriculturalidad y solidaridad; y donde se incluyan los conocimientos tradicionales y técnicos para impulsar el desarrollo de la ciudadanía mexicana.

Referencias

- Araiza, A. (2004). Empoderamiento femenino: el caso de la comunidad zapatista de Roberto Barrios. *Feminismo/s*, (3), 135-148.
- Ayala-Carrillo, M. R. A. (2007). Masculinidades en el campo. *Ra Ximhai*, 3(3), 739-761.
- Corona, B. M. (2000). Género, empoderamiento y sustentabilidad: una experiencia de microempresa artesanal de mujeres indígenas. Grupo Interdisciplinario sobre Mujer, trabajo y pobreza.
- De Jesús, E. G. G., Pérez, S. M., Ortega, A. E., y Pérez, J. I. J. (2021). Comercialización de cultivos y productos agroecológicos como aporte al sostenimiento de las unidades domésticas. El caso del grupo “Mujeres Cosechando”, México. *Sociedad y Ambiente*, (24), 1-23.
- Domínguez, M. A. (2019). Mujeres y experiencias autogestivas frente al desarrollo capitalista en Puebla y Tlaxcala. *Rumos da História*. ISSN 2359-4071, 9(1), 39-66.
- Durán, O. L. (2018). *La innovación agrícola en manos de los campesinos. Reflexiones desde el movimiento cooperativo indígena Tosepan*. [Tesis maestría] En Desarrollo Rural. Universidad Autónoma Metropolitana. Unidad Xochimilco. 54-57. http://dcsh.xoc.uam.mx/podr/images/Tesis/Maestria/Duran_Olguin_Leonardo.pdf
- Durán-Díaz, p., Armenta-Ramírez, A., Kurjenoja, A. K., y Schumacher, M. (2020). *Community Development through the Empowerment of Indigenous Women in Cuetzalan Del Progreso, México*. *Land*, 9(5), 163. doi: 10.3390/land9050163
- García, O. (2020). Educación Popular Ambiental en contextos de crisis. Orientaciones pedagógicas para transitar las alternativas ecosociales.
- Infantes, A. T., y Puerto, A. R. (2013). Investigación e intervención social: Diálogo de saberes para la promoción económica, social e identitaria en cooperativas indígenas de Cuetzalan (México). *Revista Nuevas Tendencias en Antropología*, (4), 135-152. <http://www.revistadeantropologia.es/Textos/N4/Investigacion%20e%20intervencion%20social.pdf>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2019). Encuesta Nacional Agropecuaria. https://www.inegi.org.mx/contenidos/programas/ena/2019/doc/mupro_ena219.pdf
- Instituto Nacional de las Mujeres (2005). Guía para la promoción comunitaria con perspectiva de género. http://cedoc.inmujeres.gob.mx/documentos_download/100848.pdf
- Instituto Nacional de las Mujeres (mayo, 2020). Las mujeres y el acceso a las tierras. Desigualdad en cifras. Año 6, Boletín No. 5, 1-2. http://cedoc.inmujeres.gob.mx/documentos_download/BA6N05.pdf
- López-Méndez, I. (2007). El enfoque de género en la intervención social. Manual Cruz Roja. https://xenero.webs.uvigo.es/profesorado/carmen_verde/manual.pdf

- Nobre M. y Hora K. (2017). *Atlas de las mujeres rurales de América Latina y el Caribe: "Al tiempo de la vida y los hechos"*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 25-30 pp.
- Núñez-Noriega, G. (2017). Masculinidad, ruralidad y hegemonías regionales: reflexiones desde el norte de México. *Región y sociedad*, 29(SPE5), 75-113.
- Martínez-Vásquez, E., y Vázquez-García, V. (2019). Impacto de la expansión de soya transgénica en la producción de maíz y miel en Campeche, México. *Letras Verdes, Revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales*, (26), 173-190.
- Moguel, p. y Toledo, V. (1999). Biodiversity conservation in traditional coffee systems in Mexico. *Conservation Biology*, 13, 1-12
- Moguel, p. (2009). Seis desafíos para la educación ambiental: la experiencia de la cooperativa Tosepan Titataniske en la Sierra Norte de Puebla, México. En: Castillo, A. y González, E. (coords.) *Educación ambiental y manejo de ecosistemas en México*. Instituto Nacional de Ecología (INE-SEMARNAT). 179-202 pp.
- Moguel, p. y Toledo, V. (2004). Conservar produciendo: biodiversidad, café orgánico y jardines productivos. *Biodiversitas*, 55, 1-7.
- Oficina Internacional del Trabajo (2002). *Recomendación sobre la promoción de las cooperativas*, No. 193. Ginebra. 75 pp. En: https://www.ilo.org/dyn/normlex/es/f?p=NORML-EXPUB:12100:0::NO::P12100_ILO_CODE:R193
- Pérez, M. Á. y Vázquez, V. (2009). Familia y empoderamiento femenino: ingresos, trabajo doméstico y libertad de movimiento de mujeres chontales de Nacajuca, Tabasco. *Convergencia: Revista de ciencias sociales*, (50), 187-218
- Registro Agrario Nacional. (2019). *Estadística Agraria. Estadística con perspectiva de género*, Tabulados. En: <http://www.ran.gob.mx/ran/index.php/sistemas-de-consulta/estadistica-agraria/estadistica-con-perspectiva-de-genero>
- Soto, J.M. (julio-diciembre, 2019). Alternativas al desarrollo: cooperativa de mujeres indígenas. *Política y Cultura*, 52, 171-189.
- Toledo, V.; Moguel, p. ; Albores, M.L.; Durán, L. y Rodríguez, A. (2005). Informe final a la CONABIO del proyecto Análisis Etno-Florístico de los cafetales tradicionales en la Sierra Norte de Puebla. México. Disponible en: <http://www.conabio.gob.mx/institucion/proyectos/resultados/Inf%20AE019.pdf>
- Toledo, V.; Ortiz, B. y Montoya, D. (2012). Las experiencias de sustentabilidad comunitaria en México: Una visión panorámica. En: Silva, E.; Vergara, C., y Rodríguez-Luna, E. (coords.) *Casos exitosos en la construcción de sociedades sustentables*. Universidad Veracruzana. 59-82 pp.
- Vásquez, E. M., García, V. V., Porter-Bolland, L., Pacheco, E. V., Rosales, D. M., y Manzo-Ramos, F. (2018). Transformaciones productivas e incursión femenina en la apicultura comercial en San Francisco Suc Tuc, Hopelchén, Campeche, México. En *Agroecología en femenino: Reflexiones a partir de nuestras experiencias* (Zuluaga Sánchez G, Catacora-Vargas G, Siliprandi E, coord.). La Paz: SOCLA / CLACSO, pp. 93-106.

Vázquez-Luna, D.; Mortera, D.; Rodríguez-Orozco, N.; Martínez, M. y Velázquez, M.G. (2013) Organización comunitaria

de mujeres: del empoderamiento al éxito del desarrollo rural sustentable. *La Ventana*, (37), 262-289.

Reseñas de los autores

Ojeda Santiago Victoria Adriana

Maestra en Docencia para la Educación Media Superior con especialidad en Didáctica de las Ciencias y Bióloga por la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Actualmente es docente en activo a nivel medio superior en Instituciones Públicas y Privadas. Desarrolla de forma independiente investigaciones educativas y de comunicación pública de la ciencia, enfocadas a la evaluación docente y la enseñanza-aprendizaje de la Biología.

Ha participado en la capacitación de docentes de nivel medio superior, superior y posgrado. Entre sus áreas de interés y formación continua se encuentra la inclusión de temas de bioética a nivel bachillerato y la enseñanza de la Biología con perspectiva de género, en este sentido lleva capacitándose y formándose para poder brindar a su estudiantado una visión inclusiva e integral de esta ciencia, pues reconoce la importancia y urgencia de incluir esta herramienta para formar a personas que serán ciudadanas y ciudadanos en un futuro.

Jiménez Taboada Nallely

Bióloga por la UNAM y Maestra en Ciencias en la especialidad en Investigación Educativa por el Departamento de Investigaciones Educativas (DIE, Cinvestav). Ha desarrollado investigaciones en el campo de la educación formal e informal de las ciencias; particularmente en el vínculo escuela-museos a partir de la comunicación pública de las ciencias. Ha laborado como auxiliar docente y asistente de investigación en Cinvestav, Unidad Monterrey; desempeñando actividades de formación docente. En el área de la comunicación científica ha colaborado con el Servicio Sismológico Nacional, el Instituto de Biología de la UNAM y la Coordinación de Divulgación de las Ciencias y Humanidades de la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM-Iztapalapa).

Su actividad independiente se ha centrado en el diseño instruccional y evaluación de talleres de ciencia, así como en estudios sobre la formación y evaluación de talleristas científicos.

Brena Bustamante Paulina

Bióloga egresada de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM, Maestra en Ciencias (botánica) por el Colegio de Postgraduados, Montecillo. Ha desempeñado la investigación científica de la cual ha generado publicaciones indexadas. Como docente ha impartido clases de ciencias desde primaria hasta licenciatura, en este último participando en la dirección de tesis en la Licenciatura en Educación Preescolar. Realizó un diplomado en divulgación científica en la Dirección General de Divulgación de la Ciencia, UNAM y posteriormente colaboró en la Coordinación de Comunicación Científica del Instituto de Geología, UNAM gestionando redes sociales y eventos de difusión y divulgación científica.



VOCACIONES CIENTÍFICAS EN JÓVENES Y MUJERES MEXICANAS

María Luisa Urrea Zazueta, Teresita del Niño Jesús Carrillo Montoya

Introducción

Con base en los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030, en este capítulo se presentan algunas reflexiones respecto a las orientaciones de organismos internacionales y las acciones que en México se implementan como estrategias para incentivar el interés por la ciencia en las y los jóvenes, así como la promoción para la apropiación del espíritu investigativo, el desarrollo científico, tecnológico y de innovación. Asimismo, se argumenta cómo el fomento de las vocaciones desde las etapas previas a la educación superior representa espacios de oportunidades para la formación de científicos y científicas en las áreas STEM y al mismo tiempo generar sinergias para una educación incluyente.

Lograr lo anterior requiere de esfuerzos para la toma de decisiones a nivel global en temas relacionados con un mundo sostenible y con retos a corto, mediano y largo plazo que interpelen a la humanidad. Se requiere asumir este reto en conjunto, por lo que las acciones deben orientarse hacia una inclusión educativa con perspectiva de género y el pronunciamiento por una igualdad sustantiva en asuntos de ciencia y mujeres.

En las dos últimas décadas han llamado la atención las áreas STEM, las cuales incluyen carreras o profesiones que se encuentran agrupadas en las ciencias, tecnologías, ingenierías y matemáticas, las que han representado a lo largo de la historia académica un reto en la formación de profesionistas, ya que se busca elegir las carreras mejor pagadas y que en tal, mejorarían el nivel y calidad de vida. Cabe señalar, que si bien,

esto no siempre se ve retribuido en mejores ingresos, lo ha sido en menor medida para las mujeres.

Las complejidades del mundo moderno requieren de humanos altamente dotados de conocimientos y habilidades en el campo laboral, como resolución de problemas, análisis y gestión de la información, así como de habilitaciones que les proporciona una educación científica. Además, se hace necesaria la presencia de jóvenes competentes que puedan adaptarse a los cambios que la sociedad tecnologizada y que la propia innovación exige en las disciplinas científicas. En ese orden de ideas, no hay que soslayar la presente contingencia que aqueja a la humanidad. La pandemia por Covid-19 ha mostrado su peor cara ante los millones de personas contagiadas y el número de fallecidos, pero a la vez, pone en el foco de atención a las ciencias, las que, así como han sido clave en el desarrollo económico de las naciones, lo son ahora en problemas de salud pública como un asunto primordial. Tal es así que, en la primera parte del siglo XXI, la investigación científica que representa el motor de arranque de las economías globales requiere también de acciones en pro de la salud pública, el bienestar social, la innovación y el florecimiento de una sociedad más justa e incluyente.

Mujeres en la ciencia en América Latina y México

Históricamente las mujeres han estado en una situación de desventaja social y de género, aunado a ello, niñas y mujeres, quienes representan más de la mitad de la población mundial, están en la primera línea de vulnerabilidad “... en comparación con los hombres y niños, por la pobreza, el cambio climático, la inseguridad alimentaria, la falta de atención sanitaria y las crisis económicas mundiales” (ONU-Mujeres, 2017, p. 8). Por ello, desde los distintos espacios gubernamentales, educativos, económicos, culturales y sociales es necesario atender los lineamientos que se observan en el Objetivo de Desarrollo Sostenible 5 (ODS5), el cual enuncia: “Lograr la igualdad entre los géneros y el empoderamiento de todas las mujeres y niñas” (p. 7) y en el que se plantea como meta: la consecución de un panorama igualitario y justo con respecto a la participación de las mujeres en un mundo globalizado.

Para Mondragón y Arroyo (2016), desde la masificación de la educación superior y, específicamente el acercamiento de las mujeres al conocimiento, “La idea de que el acceso de las mujeres a la educación superior se daría en

igualdad de condiciones y tendría como consecuencia lógica un incremento de su participación en la ciencia, no se cumplió” (p. 105), esto aunado a que los aportes de las mujeres en la ciencia se han dado de manera tardía, en comparación de los científicos hombres. Es decir, se trata de una historia de discriminación (Claramunt y Claramunt, 2012; citado en Mondragón y Arroyo, 2016) en la que para las mujeres en el mundo científico es una “historia parcial y sesgada ya que las huellas que las mujeres han dejado de su producción científica ha sido filtrada por la mirada de los hombres que son quienes han escrito dicha historia” (p. 106). Si bien ha sido un camino largo, ha representado la lucha por una formación justa e igualitaria.

La participación de las mujeres en el mundo de la ciencia presenta avances importantes en las últimas décadas, si bien todavía persisten desigualdades en el acceso a las plataformas laborales y científicas en las que las mujeres destacan. Como muestra de ello, el Instituto de Estadística de la UNESCO en el año 2019, indica que el 29.3% de los investigadores en el mundo son mujeres (Bello, 2020). Dicha circunstancia se hace más evidente al ensancharse la brecha salarial con respecto a los sueldos que perciben los hombres en comparación con las mujeres. Esto se replica en algunas de las ocupaciones en las áreas STEM, por el simple hecho de ser mujer.

Otra manifestación de la desigualdad por género es la subrepresentación de las mujeres en las ciencias, la cual tiene su origen en las disciplinas científicas y la escasa presencia de mujeres en carreras o profesiones STEM en comparación de los hombres que lo hacen en mayor número. De acuerdo con información del Foro Económico Mundial (2019; como se cita en Segura y Cuilty, 2020) “ha habido pocos esfuerzos para incentivar a que mujeres y niñas se enrolen en programas educativos de STEM (p. 7).

En México de acuerdo con cifras del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), en el 2020 habitaban 126 014 024 millones de personas. La población femenina representa el 51.2% y los hombres el 48.8%; es decir, que por cada 100 mujeres hay 95.2 hombres (INEGI, 2021). En el caso de la población en el rango de los 5 a los 29 años, que va de la niñez a la catalogada edad mediana, el 21.1% son mujeres y los hombres son el 21%. Cabe destacar que la población mayor de 29 años representa el 57.9% de la población en lo que se considera la edad adulta y la vejez, aunque existan discrepancias en la reclasificación que ha hecho la OMS con respecto a las edades poblacionales. En esta etapa ya las mujeres han tomado una decisión con respecto a su vida académica y laboral.

De lo anterior, en un país como México donde poco más de la mitad de la población son mujeres, representa a una sociedad dominada culturalmente por roles y estereotipos de género, en los que de manera tradicional la mujer se ha enfocado a los cuidados del hogar, la familia, hijos y adultos mayores. Por lo tanto, las profesiones relacionadas con el cuidado de los otros y del hogar mantienen una presencia mayormente femenina (INMUJERES, 2004). ¿Se trata entonces de una predisposición natural de las mujeres por esta historia en la que, desde los entornos familiares y sociales se les ha impuesto? Llegado a este punto, es cuando se cuestiona la creencia de que los hombres están mejor dotados de inteligencia para ser quienes puedan estudiar una carrera relacionada con la ciencia. La respuesta es no.

Por una parte, las mujeres han elegido las profesiones que corresponden a los roles femeninos, que refieren a la atención de cuidados, tales como enfermería, docencia, comunicación, cuidado de la salud, entre otras; es decir, a aquellas actividades donde se espera que las mujeres actúen o se comporten de acuerdo “al sexo con el que le tocó nacer”. En cambio, el hombre ha sido culturalmente considerado como el proveedor del hogar, y, por tanto, obligado a instruirse en carreras científicas como las ingenierías, las matemáticas, la informática, entre otras. Muestra de ello es cuando la familia da “... a los hijos o a las hijas actividades diferentes, por ejemplo, a las niñas se les dan actividades relacionadas con el hogar, se les compra muñecas para que desde su infancia adquieran la práctica del cuidado” (Nicholson 1997, como se citó en Moso-Mena, Gonzalez-Diaz, Vasconez-Torres y Sanguña-Loachamin, 2017, p. 344)

Con relación a lo anterior, Blázquez (2002, como se cita en Mondragón y Arroyo, 2016) menciona sobre el paradigma dominante de la década de los ochenta y noventa que existe:

Una diferenciación de la funcionalidad hemisférica; esta señalaba que los hombres tenían un mayor dominio del hemisferio izquierdo encargado del racioncinio, habilidades espaciales, matemáticas y la lógica, lo que los hacía aptos para el estudio de las ciencias; en cambio en las mujeres, el hemisferio dominante era el derecho, que está relacionado con la emotividad, sentimientos, emociones y creatividad (p. 107).

Dicha condición biologicista ha sido echada por tierra al demostrar que son ideas presentadas como verdaderas y que las diferencias entre los sexos es un supuesto no demostrado, ya que depende de una construcción cultural e interpretación que el mismo sistema patriarcal ha dado a estas supuestas diferencias.

Es preciso indicar que, pese a que las mujeres superan en número a los hombres en los distintos niveles educativos, impera el conservadurismo con respecto al tipo de carreras y a las profesiones asignadas o escogidas por ellas y ellos. Por ende, los progresos alcanzados en el campo de las ciencias por las mujeres en las últimas décadas no han sido suficientes para ir en contra de los determinismos biológicos, culturales y sociales que persisten con una exclusión de las mujeres en el mundo científico y en los altos mandos de la vida laboral.

Ante este panorama, surge en México el Movimiento Visión STEM en el 2019, el cual sienta las bases para una serie de estrategias en las que participan distintos actores de la sociedad, instituciones y organismos gubernamentales y del sector productivo. Postula una educación STEM en cuatro ejes principales, los cuales se encuentran en el documento Estrategia STEM para México: “Cumplimiento de la Agenda 2030 y objetivos de la OCDE; Desarrollo de competencias para la Cuarta Revolución Industrial-Tecnológica; Innovación y Emprendimiento; Inclusión que se trabajará con perspectiva de género y foco en mujeres” (Gras, Alí y Segura, 2021, p. 2).

En tal, en el reporte de investigación Mujeres eligiendo carreras STEM, se analiza el impacto en las mujeres que formaron parte del Programa Inspirando Vocaciones en STEM (el cual tuvo como finalidad el incremento en la proporción de mujeres en dichas áreas para hacer frente, con equidad de género, a la Cuarta Revolución Industrial). En primer lugar se indagó sobre los factores que afectan o que influyen en la decisión de carrera de las y los jóvenes mexicanos, ante lo cual, el estudio pone en evidencia que el 28% de los hombres indicaron que su familia influye en su decisión y para el caso de las mujeres se 31%. Por otra parte, la orientación vocacional que reciben estos jóvenes impacta en un 4% y 5% en ellos y ellas, respectivamente. Los resultados de esta investigación sostienen que:

si la mujer se siente identificada con ciertas áreas de estudio, si se contrarrestan estereotipos y se cuenta con más información sobre el futuro del trabajo y los retos a resolver en este siglo, se podrán construir sociedades más incluyentes donde se aliente a las jóvenes a seguir su vocación y aportar su talento (Segura y Culty, 2020, p. 5)

El fomento a las disciplinas o áreas STEM han sido una estrategia fundamental en el afrontamiento de las acciones previstas en la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. Al respecto, Bello (2020) plantea considerar la transversalización de género en los ODS, en las políticas que coadyuvan a la construcción de una sociedad inclusiva y sostenible. En este sentido, el

objetivo cuatro sugiere “Garantizar una educación inclusiva, equitativa y de calidad y promover oportunidades de aprendizaje durante toda la vida para todos” (ONU-Mujeres, 2017, p. 19). Se establecen siete metas, las cuales tienen como finalidad eliminar las disparidades de género en educación, asegurando para todos y todas acceso igualitario en los distintos niveles de enseñanza y formación profesional. Además del objetivo 5 “Lograr la igualdad entre los géneros y empoderar a todas las mujeres y las niñas” es preciso indicar que, si bien esta igualdad no solo es un derecho humano, representa una oportunidad para avanzar en el ámbito educativo y alcanzar mayores grados de escolaridad, además que no se obligue a las niñas al matrimonio precoz y, en el caso de las mujeres, que estas asuman cargos de mayor jerarquía y reconocimiento de los que tradicionalmente han sido relegadas.

Por otra parte, desde ONU-Mujeres se identifican avances importantes en la permanencia de mujeres en profesiones del área STEM. Lo cierto es que los retos educativos persisten, pues a distintos niveles esas brechas se presentan de manera diferenciada, sobre todo en los primeros niveles educativos, lo cual es consecuencia de distintos factores (sociales y culturales) que han persistido a través del tiempo.



Fuente: Banco Mundial (2020)

De acuerdo con datos del Banco Mundial (2020) en América Latina la proporción de mujeres que han egresado de una carrera STEM se presenta de maneras diferenciadas. El promedio regional es del 10.36%, en tanto que, para México, país que se posiciona en el segundo lugar, es un 14.46% que corresponde a las mujeres que han elegido una carrera científica, tal como se aprecia en la siguiente figura.

Es preciso indicar que los estudios de las mujeres en el ámbito de la ciencia no son nuevos, pues en la década de los sesenta Rossi (1965; citado por Guevara y Flores, 2018) hace mención en su artículo *Women in Science: ¿why so few?* que, “se inicia un debate en el tema de género y ciencia para preguntarse sobre las razones por las que las mujeres estaban, y lo siguen estando, subrepresentadas en los sistemas de ciencia

y tecnología” (p. 2). En tal sentido, surge una paradoja al ubicar un número mayoritario de mujeres en los sistemas escolares e inclusive en el ámbito empresarial, y pese a ello, en las áreas científicas están subrepresentadas o bien con salarios menores.

Históricamente, mujeres que hacen investigación al lado de hombres de ciencia han quedado invisibilizadas en los reconocimientos y premios. La urgencia del reconocimiento en las áreas STEM hace posible que se incremente el número de mujeres dirigiendo grupos de investigación a niveles altos, pues el tiempo ha mostrado que aquellas que han contribuido a la ciencia o no han sido nombradas, o han sido olvidadas. Además, son pocas las que han recibido un premio nobel (22 de 23 reconocimientos en el área de las matemáticas, química y física), pese a haber contribuido a la par de sus colegas hombres. Han sido mujeres castigadas con el silencio de la ciencia. Sin embargo, llega el momento en que se reivindica el castigo, como el caso de Rosalind Franklin quien:

Dedicó su vida a la investigación de imágenes de difracción de rayos X del ADN, Jim Watson y Francis Crick, o bien robaron los datos de Rosalind Franklin, o bien “se olvidaron” de darle crédito en sus publicaciones. A los trabajos de investigación de la química Rosalind Franklin no se le dio la misma importancia que a los trabajos de James Dewey Watson, Francis Crick y Maurice Wilkins. Rosalind murió sin reconocimiento por su trabajo vital en el descubrimiento de la estructura del ADN. Ahora, muchos años más tarde, ella ayudará a buscar vida en Marte. Después de revisar 36,000 sugerencias, la Agencia Espacial del Reino Unido ha nombrado “Rosalind Franklin” al vehículo que está enviando a Marte en el verano de 2020 (Giordano y Páez, 2019, p. 25).

Lo anterior es ejemplo de lo que se ha nombrado como Efecto Matilda (similar del Efecto Mateo propuesto por Robert Merton en la década de los sesenta). Dicho concepto acuñado por la historiadora de la ciencia Margaret Rossiter, lo define como “la insuficiente valoración que sistemáticamente se hace de las mujeres en el campo científico y al escaso reconocimiento a sus contribuciones académicas” (Giordano y Páez, 2019, p. 26), pero también se le nombra así cuando los trabajos y logros académicos se les atribuyen a los hombres y no a ellas, aunque hayan hecho un aporte en igual o mayor grado, como fue el caso de Rosalind Franklin.

Las vocaciones científicas

La elección vocacional surge del conocimiento que el ser humano tiene sobre sí mismo, sobre lo que quiere como su profesión, aunque mucho se dice de un gusto o deseo de lo construido o heredado por el entorno social y familiar. En ese punto, para Chacón (2004; como se citó en De León y Rodríguez, 2008) “... las necesidades de los estudiantes están relacionadas con la elección de carrera, así como el momento de transitar de la vida escolar al mercado del trabajo” (p. 11). En el nuevo escenario global, cada vez más niñas y jóvenes han elegido como profesión una carrera relacionada con las áreas STEM. Esto ha dado pie a que organismos nacionales e internacionales promuevan el fomento y el llamado “despertar” a las vocaciones científicas con mayor énfasis en las mujeres.

Para Muñoz, Hernández y Serrate (2019) la vocación “es entendida como la disposición o el interés que un ser humano tiene para dedicarse a un determinado ámbito profesional” (p. 5). El factor educativo es determinante, así como las experiencias, lo social, cultural y los valores pueden incidir en la decisión que tome la persona con respecto a su profesión.

Sobre el estudio de las vocaciones científicas en los diferentes niveles educativos, se han localizado investigaciones recientes, como la de de Cascarosa y Marco (2018) donde exponen la escasez de vocaciones científicas en el alumnado en secundarias de Perú y España. Analizan aspectos que van desde el currículo oficial, dedicación a la enseñanza de las ciencias y formación en ciencias del profesorado. En México, Guevara y Flores (2018) exponen las experiencias de la educación científica recibida desde la infancia y cómo ello impacta en la vocación científica en el nivel superior y en el interés por la investigación. En las obras académicas que inspiran vocaciones científicas se recuperan experiencias de académicas interesadas en la alfabetización científica y el fomento de las vocaciones en diferentes áreas científicas, como la biología, matemáticas e ingeniería (Guevara y García, 2016).

Para López (2017) en su trabajo “Despertar de las vocaciones científicas, desafíos y oportunidades” hace una revisión bibliográfica de los modelos de enseñanza de las ciencias naturales en distintos países de América Latina, donde señalan que “la formación docente se ejecuta en un formato expositivo, reeditando esta práctica en la construcción de una visión reducida y superficial del contenido” (p. 68). Por otra parte, algunos estudios en España y Argentina han revelado que en el ámbito educativo los profesores son pieza

clave para contribuir en el fomento de las vocaciones científicas, pero hay que fortalecer con estudios más locales, ya que tal vez en México, los espacios educativos no representan el medio más viable para lograrlo. Se requieren de estudios que consideren factores más particulares acordes al entorno educativo, social y familiar en el contexto mexicano, el cual a diferencia de otros países presenta sus particularidades.

Con respecto a las vocaciones científicas y el interés por la ciencia, Donoso-Vázquez (2018) se cuestiona sobre cuáles son los diferentes intereses que tienen las mujeres por el simple hecho de ser mujer, ante lo cual señala que no es un asunto que deba debatirse, sino que desde siempre y obedeciendo a roles y tradiciones de vida, han sido las mujeres olvidadas por la academia, afirmando que “Pocos estudios reaccionarán hoy día contra esa afirmación, pues es sabido que en el proceso epistemológico de las disciplinas, el modelo ideológico basado en un abstracto universal masculino, blanco y occidental, ha guiado prácticamente toda la producción del saber” (p. 64).

Carlos Elías en su obra “La razón estrangulada” cuestiona: “¿Cómo lograr que la gente se acerque a la ciencia... como una solución a preguntas importantes? ¿Cómo hacer que los jóvenes vean a la ciencia como una forma de responder ellos mismos a nuevas y viejas preguntas?” (Elías, 2014, p. 350). Al respecto señala que los primeros que deben de hacer que la ciencia no decaiga son los científicos, para ello cuestiona que se le deje a la sociedad la responsabilidad de hacer el trabajo que a ellos les toca. En ese sentido, hace un llamado a que, con un lenguaje científico y literario se atraiga a los jóvenes a través de los medios de comunicación, pero además, que en las materias de ciencias se incorporen asignaturas sociales, o bien, que se haga una combinación entre las carreras científicas y de las ciencias sociales.

Acciones para promover y fomentar las vocaciones científicas en jóvenes mexicanas

Es importante destacar que para hablar de acciones para promoción y/o fomento de las vocaciones científicas en general se requiere de la participación de diferentes sectores de la sociedad, ante lo cual, los sectores educativos, gubernamentales, iniciativa privada y asociaciones civiles, a través de los distintos consejos u organismos de la función pública han implementado

una serie de iniciativas en las cuales se ha invitado a la población estudiantil a interesarse por la ciencia y la tecnología.

En el caso de las niñas, niños y jóvenes, las acciones realizadas han sido enfocadas mediante convocatorias de proyectos de investigación con la finalidad de fomentar las vocaciones relacionadas con la ciencia en las convocatorias para "Elaboración de Propuestas de Proyectos para el Fomento y Fortalecimiento de Vocaciones Científicas 2020 y 2021" del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología; espacios para la discusión y la construcción de un esfuerzo conjunto entre el sector público y privado con el Movimiento Visión STEM para México; los Veranos de la Investigación Científica (Verano Delfín y los de la Academia Mexicana de la Ciencia); grupos de académicas que conforman la Red de Ciencia, Tecnología y Género y la Red Nacional para la Paridad de Género en México, además de la organización de clubes y ferias de la ciencia auspiciados de manera nacional y local por organismos académicos y centros educativos.

Propuestas para la formación y fomento a las vocaciones científicas desde distintos escenarios

- Tomar en cuenta el interés del estudiantado en las áreas científicas a través de las experiencias escolares donde el profesorado juega un papel fundamental en el descubrimiento de las vocaciones STEM.
- Descubrimiento del propio alumnado con respecto al origen de la vocación en eventos de difusión de la ciencia, una película o charla informada en la escuela con respecto a la orientación vocacional, lo cual conlleva a canalizar los factores que dieron origen a la preferencia por las áreas STEM y que influyeron de manera determinante para la elección de carrera.
- Acercar a niñas, jóvenes y mujeres en las disciplinas científicas a través de los espacios educativos, ferias de la ciencia, veranos de la investigación científica y charlas con una perspectiva de género hacia las profesiones STEM.
- Despertar la curiosidad, el espíritu investigativo en niños, pero de manera particular de las niñas, en carreras o disciplinas STEM desde la primera infancia, con la incorporación en el currículo escolar contenidos de ciencia, pero además aquellos que coadyuven en la visibilización de las mujeres en una actividad inclusiva y retomar los referentes femeninos existentes en la historia de la ciencia.
- En los centros escolares, promover una educación en la igualdad de hombres y mujeres. Se requiere de una educación científica, pero

también de una perspectiva de género como eje transversal de una política pública en educación, donde niñas y niños conozcan los roles y estereotipos de género desde la casa, la sociedad y la escuela.

- Reforzar desde los espacios civiles una formación libre de estereotipos, incluyendo la participación de niños y niñas en el fomento de las vocaciones en las disciplinas científicas y con formación en una sociedad libre de prejuicios de género.
- La incorporación de las y los jóvenes en el nivel medio superior a programas de acercamiento a las áreas científicas y tecnológicas se ve reflejado en programas nacionales de olimpiadas y ferias de la ciencia. Ello como parte del afrontamiento ante la baja presencia de las jóvenes en las disciplinas STEM, como una elección de carrera profesional.
- Reforzar una formación y alfabetización científica en eventos relacionados con la ciencia y la tecnología, como espacios de promoción y divulgación de la ciencia que permitan un acercamiento del estudiantado de educación básica y del bachillerato para que conozcan la diversidad profesiones en las áreas STEM por las que pueden optar como proyecto de vida.

Consideraciones finales

El principal reto de las y los jóvenes son las transformaciones que se presentan como resultado de la globalización en cuanto a la cultura, el conocimiento, la comunicación y divulgación científica. Por tanto, se requiere de una actualización constante en asuntos de ciencia. Actualmente los empleadores buscan en los y las aspirantes a un trabajo que cuenten con capacidades y habilidades la búsqueda por saber más, conocer y estar al día en los descubrimientos científicos; hoy por hoy las economías están apostando por ello. Se espera en las disciplinas o áreas STEM una mayor incorporación de mujeres con habilidades para resolver situaciones, con gusto por la investigación, por la curiosidad y la creatividad y que sean capaces de enfrentar retos y problemas actuales de frente a los cambios de la sociedad.

Una tarea pendiente desde el sector educativo es que desde los entornos escolares y sociales se incorpore una alfabetización científica como parte de los programas; esto es, incluir en los currículos académicos temas

relacionados con la ciencia, la tecnología y la innovación, implementar estrategias encaminadas al fomento de las vocaciones científicas en jóvenes y reforzar en el caso de niñas y mujeres mexicanas la elección vocacional de carreras relacionadas con la ciencia y la tecnología, como una ruta que permita romper paradigmas de género, roles y estereotipos que desde los entornos sociales y familiares se han replicado a través del tiempo, y que contribuirían, sin duda, en la inclusión de un mayor número de mujeres en el ámbito científico.

Referencias

- Bello, A. (2020). *Las mujeres en ciencias, tecnología, ingeniería, y matemáticas*. Montevideo, Uruguay: ONU Mujeres.
- Giordano, R., & Páez, A. C. (2019). *Matilda y las mujeres en ingeniería en América Latina*. Argentina: Universidad Fasta Ediciones.
- Cascarosa, E., & Marco, M. (2018). Las vocaciones científicas en Educación Primaria. Una investigación inicial en Perú y España. *Reidocrea*, 7(17), 190-201.
- Gras, M., Ali, C., & Segura, L. (2021). *Estrategia Educación STEM para México. Visión de Éxito Intersectorial: cuatro ejes estratégicos*. México: Movimiento STEM.
- De León, T., & Rodríguez, R. (febrero de 2008). El Efecto de la Orientación Vocacional en la elección de carrera. *Revista mexicana de orientación educativa*, 5(13), 10-16. Obtenido de <http://remo.ws/remo-13/>
- Guevara, E. S., & Flores, M. G. (Mayo de 2018). Educación científica de las niñas, vocaciones científicas e identidades femeninas. Experiencias de estudiantes universitarias. *Revista Actualidades investigativas en educación*, 2-32. doi:<https://doi.org/10.15517/aie.v18i2.33136>
- Donoso-Vázquez, T. (2018). Perspectiva de género en la universidad como motor de innovación. En Á. Rebollo-Catalán, E. Ruiz-Pinto, & L. Vega-Caro, *La universidad en clave de género* (págs. 29-88). Octaedro.
- Guevara, E., & García, A. (2016). *Académicas que inspiran vocaciones científicas. La mirada de sus estudiantes*. México, México: UNAM.
- Elías, C. (2014). *La razón estrangulada. Un ensayo sobre los problemas de la ciencia en la actualidad*. España: Penguin Random House Grupo Editorial. Recuperado el 12 de octubre de 2021
- INEGI. (2021). INEGI. Recuperado el 11 de octubre de 2021, de <https://www.inegi.org.mx/temas/estructura/>
- INMUJERES. (2004). *Inmujeres*. Recuperado el 2021, de El impacto de los estereotipos

- López, N. E. (Septiembre de 2017). Despertar de las vocaciones científicas, desafíos y oportunidades. *Rev. cient. estud. investing*, 6(1), 64-77. doi: 10.26885/rcei.6.1.64
- Mondragón, L., & Arroyo, A. (2016). Académicas e Investigadoras de Biología: impulsoras de nuevos talentos en la ciencia. En E. Guevara, & A. García, *Académicas que inspiran vocaciones científicas* (págs. 105-138). México, México: UNAM.
- Moso-Mena, G., Gonzalez-Diaz, A., Vasconez-Torres, B., & Sanguña-Loachamin, E. (agosto de 2017). El sexismo en la elección de carreras técnicas y propuesta de sensibilización sobre equidad de género. *Revista Científica del Dominio de la Ciencia*, 3(4), 341-373. doi:http://dx.doi.org/10.23857/dom.cien.pocaip.2017.3.5.jul.72-88
- Muñoz, J. M., Hernández, M. J., & Serrate, S. (2019). El interés por el conocimiento científico de los estudiantes de secundaria en España. *Educación Social, Scielo*(40), 1-19. doi:https://doi.org/10.1590/ES0101-73302019187204
- ONU-Mujeres. (2017). *Transversalización de género en los Objetivos del Desarrollo Sostenible-Agenda 2030*. Panamá, Panamá: ONU Mujeres. Recuperado el 10 de octubre de 2021, de https://lac.unwomen.org/es/digiteca/publicaciones/2018/1/los-17-objetivos-de-desarrollo-sostenible-de-la-agenda-2030
- Segura, L., & Cuiity, K. (2020). *Mujeres eligiendo carreras STEM*. México: Universidad Panamericana, Movimiento STEM. Recuperado el octubre 18 de 2021, de https://movimientostem.org/publicaciones/

Reseñas de las autoras

María Luisa Urrea Zazueta

Licenciada en Derecho, maestría y doctorado en Educación por la UAS (CONACYT), estancia posdoctoral en la Universidad Autónoma de Occidente (PRODEP-2018). Integrante del SNI (Nivel 1), integrante de la Red de Ciencia, Tecnología y Género. Forma parte del Núcleo Académico Básico del Posgrado el Educación y en el de Trabajo Social de la UAS. Ponente en eventos nacionales e internacionales. Directora de tesis de licenciatura, maestría y doctorado, ha participado en como codirectora y en comités tutoriales de posgrados en la UAS, UPES, Universidad Católica de Culiacán y UAdeO. Autora de artículos, capítulos de libros en las líneas de investigación: formación de investigadores, educación superior, educación y género.

Teresita del niño Jesús Carrillo Montoya

Licenciada en trabajo social, maestría y doctorado en Educación por la Universidad Autónoma de Sinaloa. Docente de la Facultad de Trabajo Social de la UAS. Estancia posdoctoral (CONACYT) por dos años en la Facultad de Economía y Relaciones Internacionales (UABC), estancia de investigación (CONACYT) en la Universidad Autónoma de Occidente. Integrante del SNI nivel 1 y de la Red de Ciencia, Tecnología y Género. Perteneció al Núcleo Académico Básico de los posgrados en Educación y en Trabajo Social. Directora de tesis en los posgrados: Administración Estratégica (UAS), Desarrollo Educativo (UPES) y Estudios del Desarrollo Global (UABC). Autora de artículos, capítulos de libros y libros en las líneas de investigación: Educación y mercado laboral, política social, desigualdad social y género.



IMPACTO DEL USO DE LOS SENSORES DE GAS EN LA SOCIEDAD

Lozano Rosas, R, Robles Águila, M. J.

Introducción

Este capítulo presenta información relacionada con conceptos básicos sobre los sensores, así como la importancia del desarrollo e implementación de este tipo de dispositivos en diversas áreas, con la finalidad de contar con un amplio panorama en cuanto a su aplicación e impacto en diferentes sectores desde el área de la salud, la industria y en nuestras comunidades, además de visualizar el futuro en el desarrollo de estas tecnologías.

Un sensor es un material que tiene la capacidad de percibir un estímulo físico (por ejemplo, luz, calor, sonido, magnetismo, electricidad, movimiento, etc.) y responder mediante una señal que suele ser eléctrica,

o bien de otra naturaleza. A través de las investigaciones de diversos grupos a nivel mundial se ha variado el tipo de estímulo y la señal de respuesta del sensor, diseñando sensores específicos por área de aplicación. Este texto se centra en sensores capaces de detectar gases y emitir una señal eléctrica en respuesta.

Es por ello que se genera la siguiente pregunta: ¿Los seres vivos tienen integrados sensores? Existe un sensor de gas que se encuentra en el cuerpo humano y es el sistema olfativo, que por medio de la nariz detecta “olores” que propiamente son gases, y envía señales eléctricas al cerebro para así tomar decisiones al respecto. Es así que la nariz humana ha sido utilizada en diversas industrias para evaluar el olor de productos que van desde perfumes hasta alimentos.

Sin embargo, es un proceso costoso, podría presentar un alto riesgo y los resultados podrían tener problemas debido a que cada persona proporciona resultados diferentes para un mismo estímulo (Craven, Gardner y Bartlett, 1996). Además, es importante considerar el aspecto ético que se ve comprometido cuando no se consideran los riesgos al emplear a una persona para detectar ciertos gases en la industria. En este sentido los investigadores a nivel mundial han enfocado sus esfuerzos en desarrollar tecnologías que permitan el uso de sensores para eliminar el riesgo para el humano y mejorar la precisión en la detección. Un aspecto importante que siempre debería estar presente es el crecimiento económico a través del trabajo inclusivo, generando empleos decentes, garantizando una vida sana en el trabajo y el desarrollo de los individuos.

La Figura 1 muestra una comparación entre la detección de gases de los humanos y cómo lo hacen los dispositivos. En la Figura 1a, se observa cómo se perciben los gases mediante el sistema olfatorio que detecta un gas introducido en la cavidad nasal y la interacción con las neuronas olfativas. Este proceso produce información que es enviada en forma de señales eléctricas desde el bulbo olfativo hasta el cerebro, que recibe y procesa esa información. Por otro lado, se observa en la Figura 1b un esquema simplificado de un sensor de gas basado en óxidos metálicos semiconductores (MOS, por sus siglas en inglés) que detecta ciertos gases mediante la capa de detección registrando un cambio en la conductividad del material que es confirmado por el óhmetro, un dispositivo que puede medir el cambio en la conductividad del material puesto a prueba.

En este trabajo se presentan las características y propiedades de los sensores de gas, así como la importancia de estos en el desarrollo de la ciencia y tecnología en diversas áreas del conocimiento. El capítulo está estructurado en tres secciones considerando los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) tercero (salud y bienestar), séptimo (energía asequible y no contaminante) y onceavo (ciudades y comunidades sostenibles). La sección 1 se titula, “Uso de sensores en el área de la salud”, donde se aborda principalmente la contribución de esta tecnología en la mitigación de las consecuencias negativas de la pandemia Covid-19 por la que se atraviesa. En la sección 2, “Energía asequible y no contaminante en la elaboración de sensores”, se abordan los métodos de química verde para la obtención de sensores de gas, que permitirían la fabricación de sensores más compatibles con la sustentabilidad que se requiere para preservar a la naturaleza, y la sección 3, “Implementación de sensores en ciudades y comunidades sostenibles”, en donde se presenta el panorama actual y las estrategias a seguir en función de la Agenda 2030 de

las naciones unidas en relación a los sensores que se pueden implementar en nuestras comunidades

En 1978 se inició el desarrollo de tecnología de sensores de gas con tres tipos de sensores, basados en: semiconductores, electrolitos sólidos y cerámicos, con lo que fue posible detectar fugas de gas, emisiones contaminantes en autos y medir los tiempos de cocción en hornos, respectivamente (Yamazoe y Shimano, 2009). Desde entonces el desarrollo de sensores de gas ha ido en aumento y se han utilizado cada vez más en diferentes áreas. Por ejemplo, en la industria alimenticia se utilizan sensores para determinar la frescura en carnes y verduras, así como para verificar la maduración de los frutos. En el caso de la ganadería se consigue establecer el tiempo de celo de las vacas y otros animales de consumo. El área de la salud utiliza sensores para la detección de diferentes enfermedades y padecimientos. Por su parte, la industria petrolera emplea sensores para la detección de fugas en tuberías, detección de explosiones y gases tóxicos, y alerta de incendios.

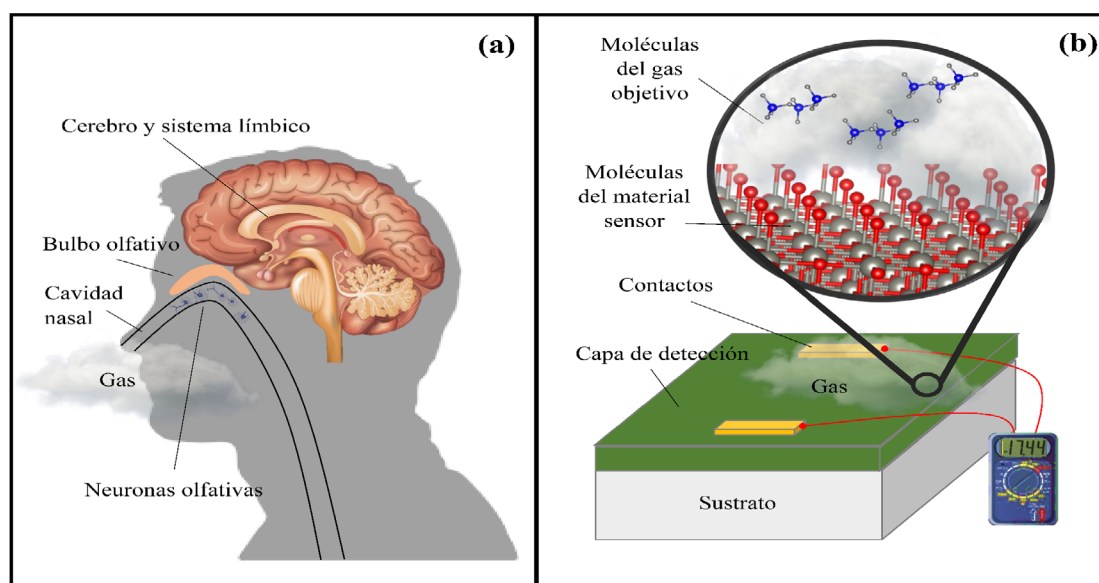


Figura 1. Comparación entre la detección de gases entre un humano y un dispositivo de sensado. (a) sistema olfativo general de los seres humanos y (b) esquema general de un sensor basado en semiconductores de óxidos metálicos

La manera en que la mayoría de los sensores de gas detectan la presencia de un gas es similar y se relaciona con un intercambio de electrones a consecuencia de las reacciones químicas producidas por la interacción entre el sensor y el gas o gases. (Xuan *et al.*, 2020). Normalmente, la detección del gas objetivo conlleva los siguientes pasos: 1) adsorción de especies de oxígeno a la superficie del sensor, 2) adsorción de las moléculas del gas

objetivo, 3) reacción entre las moléculas de gas adsorbidas y especies de oxígeno que ocasiona un cambio en la conductividad de la superficie, y 4) finalmente, la desorción de las moléculas de gas. La superficie del material del que se fabrica el sensor se considera la capa de detección y determina las propiedades del sensor, que incluyen la sensibilidad y la selectividad, que en otras palabras significa qué tanto puede percibir el gas y qué tipos de gases puede detectar. Por lo que la elección del material es importante para obtener un adecuado rendimiento en el sensor (Li *et al.*, 2019). Para la fabricación de sensores de gases se han empleado materiales orgánicos e inorgánicos. En los inorgánicos se emplean materiales como los semiconductores óxido metálicos. En los orgánicos se suelen usar polímeros conductores (Constantinoiu y Viespe, 2020).

Actualmente se han logrado fabricar diferentes tipos de sensores de gases y es posible clasificarlos en función del estímulo físico que detectan, así como por la señal de respuesta que emiten, de tal forma que hoy en día se cuentan con sensores ópticos, electroquímicos, eléctricos, sensibles a la masa, calorimétricos y magnéticos. Tal y como se ha descrito, el tipo de material del que está fabricado un sensor es un factor primordial para mejorar sus propiedades, por lo que se hace indiscutible cuestionar ¿cuál es el mejor material para utilizar? En este sentido no existe un solo tipo de sensor que cumpla con los requerimientos de todas las posibles aplicaciones, por lo tanto, se puede hacer una distinción entre cada uno de ellos y sus aplicaciones potenciales.

Los sensores ópticos muestran una ventaja debido al tipo de detección, lo que limita las interferencias electromagnéticas y el peligro de explosión, ofrecen una alta sensibilidad y una gran selectividad. Una desventaja es que tienden a ser complicados, y se encuentran en un estado inicial de desarrollo, por lo que es necesario investigar con mayor profundidad antes de que estén listos para su comercialización, generando un incremento en el costo de producción. Estos sensores suelen tener aplicación en incendios y prevención de explosiones, asistencia sanitaria, control de la calidad del aire interior, detección de fugas, producción de alimentos y optimización de procesos y control. Los sensores de ondas acústicas de superficie muestran una alta sensibilidad, buenos tiempos de respuesta, gran variedad de recubrimientos, dimensiones pequeñas, económicos y son sensibles a una gran cantidad de gases.

Por otro lado, presentan circuitos complejos que son sensibles a la temperatura y pueden verse afectados por el revestimiento. Los sensores basados en semiconductores de óxidos metálicos muestran una excelente sensibilidad,

tiempos de respuesta muy cortos, bajo costo, mínimo ruido, tamaño pequeño, bajo consumo de energía favoreciendo la duración de la batería y son excelentes candidatos para usarse como dispositivos portátiles. Sin embargo, presentan normalmente baja selectividad, baja especificidad, requieren de altas temperaturas de operación y son afectados por la humedad e impurezas. Este tipo de sensores son usados en aplicaciones relacionadas a combustión y monitoreo ambiental, control de procesos y calidad, y dispositivos de seguridad (Bogue, 2015; Hodgkinson & Tatam, 2013; Korotcenkov, 2013; Shiokawa & Kondoh, 2004; Arn *et al.*, 1992).

Existe un creciente interés en la investigación de los sensores electroquímicos basados en semiconductores de óxidos metálicos debido a que exhiben amplias ventajas. Entre los materiales más estudiados se encuentran el óxido de titanio (TiO_2), óxido de zinc (ZnO), óxido de estaño (SnO_2), óxido de tungsteno (WO_3), óxido de cúprico (CuO) y óxido de níquel (NiO). (Wang *et al.*, 2021; D. Yang *et al.*, 2021).

Sección 1: Uso de sensores en el área de la Salud

En diciembre del 2019 en Wuhan, China comenzó lo que ahora se conoce como pandemia Covid-19, causando un impacto a nivel global en cada uno de los sectores de la sociedad. El virus que ocasionó esta pandemia lleva el nombre de coronavirus del síndrome respiratorio agudo grave de tipo 2 (SARS-CoV-2, por sus siglas en inglés). El virus, que es el séptimo de su tipo en conocerse, provoca la enfermedad del coronavirus 19, causando síntomas como fiebre, tos y dificultad para respirar. Sin embargo, hay una sección de la población que no los presenta y estos son denominados individuos asintomáticos (Ciotti *et al.*, 2020).

Debido a la urgente necesidad de entender la transmisión del virus, los primeros meses de la propagación del virus se difundió que la principal vía de transmisión ocurría debido a secreciones respiratorias, que se esparcen por contacto personal y superficies u objetos contaminados causadas por gotas generadas al toser, estornudar o al hablar. Estudios recientes indican que esa no es la única ni principal causa, la transmisión por vía aerosol representa el principal objeto de estudio en relación con la transmisión del virus. El SARS-CoV-2 aerosolizado permanece suspendido en el aire durante horas y viaja por decenas de metros antes de colocarse en cualquier superficie. Lo

anterior ha provocado que las medidas de higiene como el uso de cubrebocas y distanciamiento social no sean suficiente (Triggle *et al.*, 2021; Anderson, Turnham, Griffin, & Clarke, 2020; Azimi, Keshavarz, Cedeno Laurent, Stephens, & Allen, 2021).

El impacto de la pandemia en la economía global, salud mental y en el sistema educativo ha provocado cambios y problemas graves, haciendo necesaria la participación colaborativa de diversos grupos de investigación en diferentes países para dar soluciones que ofrezcan la posibilidad de revertir o atenuar los efectos negativos de la contingencia sanitaria (Marinoni, Van't Land, & Jensen, 2020; Guan *et al.*, 2020; de Figueiredo *et al.*, 2021). Se hace indispensable buscar alternativas que permitan sumar esfuerzos para hacer frente a las consecuencias negativas de la pandemia. En ese sentido, la ciencia ha formado parte de un frente primordial, que ha permitido desde la producción de vacunas para la población, así como trabajo colaborativo donde se analizan las acciones necesarias para una reactivación económica a nivel mundial. Entre los esfuerzos se destaca el trabajo de diversos grupos científicos en investigaciones relacionadas al estudio de los sensores, considerando dos aspectos. El primero enfocado hacia el desarrollo e implementación de sensores de gas para el monitoreo de las concentraciones de dióxido de carbono (CO₂) adecuadas en los espacios de trabajo, que permitan garantizar los niveles pertinentes de ventilación en el re-ingreso a aulas, industrias y espacios públicos cerrados en general, para así reducir los riesgos de contagio por vía de transmisión aerosol. El segundo propósito es la detección de SARS-CoV-2 mediante el aliento exhalado a través de biomarcadores asociados a la enfermedad causada por el virus.

Monitoreo de CO₂

La generación de diferentes gases tóxicos emitidos por los procesos de combustión, generación de energía, transporte y rellenos sanitarios tienen un grave impacto en la salud humana y el medio ambiente. Entre esos gases se encuentra el dióxido de carbono (CO₂), uno de los principales causantes del calentamiento global. Dato que ha provocado que se realicen esfuerzos conjuntos entre los países más desarrollados y se propongan decisiones para resolver este problema. Sin embargo, para tomar decisiones eficaces fue necesario primero tomar acciones de monitoreo de gases, lo que originó que la primera década del siglo XXI fuera denominada la “década del sensor” (Wilson, 2004; Rice, 2004; Bogue, 2008).

De este modo se impulsó el desarrollo de sensores para la detección y monitoreo de CO_2 . Principalmente para resolver problemas relacionados al cambio climático, estableciendo parámetros de ventilación y así garantizar una calidad de aire interior adecuada (Mumma, 2004). La determinación de un espacio adecuadamente ventilado se realiza utilizando un sensor de CO_2 , el cual funciona a partir de la detección de la concentración de gas CO_2 que proviene de la respiración de las personas que se encuentren en ese espacio, de tal forma que, al haber más personas, existe una mayor concentración de este gas y por lo tanto un mayor riesgo de contagio. Desde inicio de siglo, sin saberlo con certeza, la ciencia se preparaba desde diferentes frentes para recibir la llegada de la pandemia Covid-19. Hoy en día se propone el uso de sensores en el monitoreo de concentraciones de CO_2 para reducir el riesgo de transmisión del virus SARS-CoV-2 dentro de espacios como aulas, talleres, restaurantes, hospitales y en general, espacios donde se comprometa la salud de una persona por los riesgos de contagio al convivir con otras personas.

Hoy en día se han llevado a cabo planes de contingencia en diferentes países y eso ha permitido determinar que existen espacios que requieren más que una simple ventilación natural compuesta por las ventanas habituales y en contraparte se recomienda el uso de sistemas de calefacción, ventilación, aire acondicionado, dispositivos de limpieza del aire para asegurar una ventilación interior adecuada o la implementación de un flujo vertical de ventilación que expulse por el techo la circulación del aire (Kenarkoohi *et al.*, 2020; Di Gilio *et al.*, 2021; Schade *et al.*, 2021).

A nivel mundial se han realizado investigaciones relacionadas a sensores de CO_2 basados en materiales puros, dopados y compuestos, basados en: nanotubos de carbono (NTC), óxido de zinc (ZnO), oxicloruro de lantano (LaOCl), compositos de óxido de cobre/óxido de hierro y cobre ($\text{CuO}/\text{CuFe}_2\text{O}_4$), grafeno, hidroxapatita (HAp), aluminato de cobalto (CoAl_2O_4) y perovskita LaFeO_3 . (Marsal *et al.*, 2003; Sivaramakrishnan *et al.*, 2008; Michel, 2010; Mene *et al.*, 2011; Chapelle *et al.*, 2014; Hunge *et al.*, 2018; Fan *et al.*, 2018; Karouei *et al.*, 2019).

A pesar de los avances ya mencionados en relación con sensores diseñados para el monitoreo de CO_2 , es razonable reconocer que las medidas que se sugieren a nivel mundial no son aplicadas en todos los países, incluyendo a México, en gran medida debido a la desigualdad en el desarrollo económico y tecnológico. Diversos grupos en nuestro país realizan investigación a través de redes de colaboración a nivel nacional e internacional. En el caso de Puebla, la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla es una de las

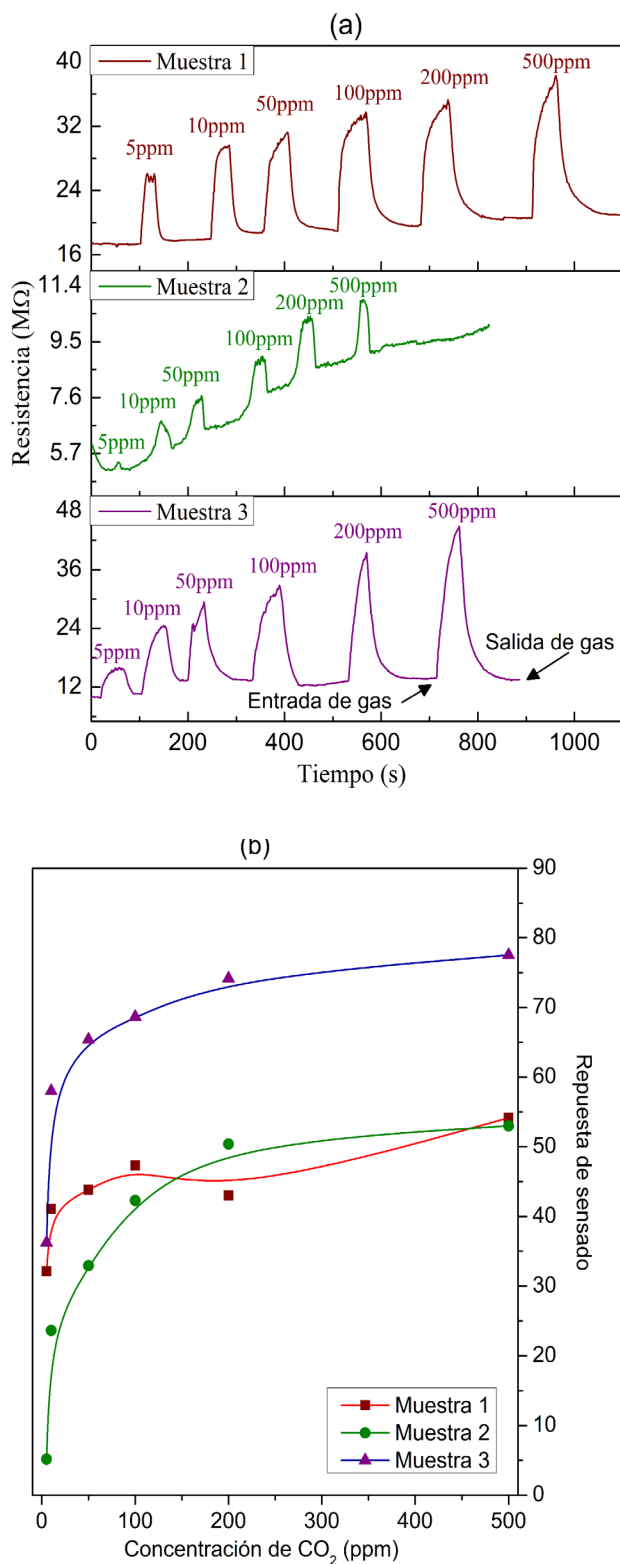


Figura 2. Detección de CO₂ de sensores WO₃ (a) Curvas características dinámicas y (b) Respuestas de sensado. Creación propia

instituciones que se suman al esfuerzo colaborativo para el desarrollo en el ámbito de la ciencia y tecnología ofreciendo alternativas coherentes con la situación del estado. Como muestra de la iniciativa es posible mencionar la investigación relacionada a sensores de CO₂ basados en óxido de tungsteno (WO₃) (Lozano-Rosas et al., 2021), óxido de zinc (ZnO) y materiales biocerámicos como la hidroxiapatita (HAp), que recientemente ha mostrado capacidad de sensado. Esta línea de generación del conocimiento es desarrollada en el Centro de Investigación en Dispositivos Semiconductores del Instituto de Ciencias, donde se hacen esfuerzos en la formación de recursos humanos de alta calidad en el Posgrado en Dispositivos Semiconductores.

El desarrollo de sensores como el óxido de tungsteno (WO₃) mediante la utilización de una metodología simple para su obtención y caracterizaciones estructurales, ópticas y eléctricas correlacionadas con estudios teóricos permitió la propuesta de un mecanismo de sensado, ofreciendo una explicación del funcionamiento de sensores basados en este particular material. En la Figura 2a se observan las curvas características dinámicas de muestras de WO₃ que presentan cambios de resistencia en función de diferentes concentraciones de CO₂. Se muestra cómo responde el sensor al entrar en contacto con el gas CO₂, lo que provoca un cambio en la conductividad del sensor. En la Figura 2b se muestran las respuestas de sensado correspondientes a cada sensor que expone el rendimiento de cada material. Es importante destacar que un sensor es adecuado cuando tiene un mayor porcentaje de respuesta de sensado,

mientras más se acerque al 100% mejor será su rendimiento en función de su sensibilidad (Lozano-Rosas *et al.*, 2021).

De acuerdo con los resultados obtenidos, este tipo de sensor presenta una respuesta de sensado competitiva y tiempos rápidos de respuesta/recuperación, por lo que es un potencial sensor para emplear en ambientes de trabajo como escuelas, oficinas, industrias, entre otros.

Detección de SARS-CoV-2 en la respiración

En la actualidad, existe un amplio número de pruebas para detectar a un paciente infectado de SARS-CoV-2, entre las que se incluyen al menos 91 diferentes pruebas serológicas comerciales; no ha sido suficiente para considerar aspectos como una reactivación económica debido a aspectos como el tiempo de respuesta de las pruebas (Theel *et al.*, 2021).

La detección del virus SARS-CoV-2 ha sido principalmente resuelta con pruebas moleculares, a pesar de problemas con el tiempo de respuesta y pruebas con hisopos que suelen ser molestas y dolorosas para ciertos pacientes. Actualmente se han desarrollado sensores de biomarcadores relacionados con el virus mediante pruebas de la respiración o aliento exhalado del paciente. Numerosas investigaciones se han enfocado al estudio de semiconductores de óxidos metálicos con el propósito de detectar biomarcadores en aliento exhalado relacionados a enfermedades como: cáncer de estómago y ovarios, enfermedad reumática, infarto agudo de miocardio, caries, desequilibrio bacteriano en la lengua, deshidratación, apnea del sueño, úlceras gástricas, cáncer de pulmón, entre otras (Aroutiounian *et al.*, 2020).

Los biomarcadores son registros que emiten sistemas biológicos como nuestro cuerpo humano y que son interpretados para conocer el estado de salud del mismo. En este sentido se han realizado diversos estudios que muestran la detección e identificación de ciertos biomarcadores para diagnosticar el estado metabólico del cuerpo humano en relación a pacientes enfermos de coronavirus. A través de cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas se han identificado y seleccionado una conjunto de biomarcadores asociados a un paciente infectado con SARS-CoV-2, lo que sentó las bases para el desarrollo de sensores que detecten estos biomarcadores, y de esa forma, funcionar como alternativa de pruebas para la detección de pacientes contagiados por el virus (Xue *et al.*, 2021)

Actualmente, y a pesar del corto tiempo con el que se ha contado, laboratorios a nivel mundial se han sumado al desarrollo de sensores de gas que detecten biomarcadores relacionados al SARS-CoV-2. Entre ellos es posible encontrar reportes en la literatura que pronto se podrían comercializar y ser utilizados por la población para contar con un registro para mostrar en el ingreso a las escuelas, lugares de trabajo, auditorios, estadios o incluso al subir a un avión o autobús. En la Tabla 1 se muestran cuatro proyectos asociados a la utilización de sensores de gas para la detección de biomarcadores en el aliento humano para determinar pacientes infectados con SARS-CoV-2. Es necesario mencionar que, de estas investigaciones mostradas, dos de ellas son dispositivos comerciales con un propósito diferente y han sido adecuados para este nuevo propósito, y aunque esto podría responder al corto tiempo en el que se ha tenido que desarrollar esta tecnología, abre la posibilidad a la investigación en el país, que ya ha demostrado estar a la altura de desarrollos de este nivel.

Tecnología	Material	Características	Grupo
Sensor híbrido basado en nanomateriales	Nanopartículas esféricas de oro	Capacidad de detección de otras enfermedades	(Shan <i>et al.</i> , 2020)
Nariz electrónica para la discriminar entre individuos con y sin infección	7 diferentes semiconductores de óxidos metálicos	Dispositivo actualmente comercial	(Slingsers <i>et al.</i> , 2021)
Sensor electroquímico	Grafeno	Detección de proteína pico de las mutaciones D614 y G614 del SARS-CoV-2, el SARS y el Ébola.	(Emam <i>et al.</i> , 2021)
Nariz electrónica y análisis quimiométrico para la discriminar entre individuos con, sin y post infección	Composito de polímero de carbono	Dispositivo actualmente comercial	(Zamora-Mendoza <i>et al.</i> , 2022)

Tabla 1. Sensores de gas utilizados para detectar pacientes infectados por SARS-CoV-2

Sección 2: Energía asequible y no contaminante en la elaboración de sensores (Los métodos de química verde para la obtención de sensores)

Los métodos de preparación de materiales son sin duda la clave para obtener aplicaciones de estos, considerando aspectos asociados al uso adecuado de los recursos y el cuidado del medio ambiente. Existen diversos métodos de preparación de materiales, donde se han logrado obtener a escala nanométrica o bien en bulto; a través de las diferentes rutas de síntesis se pueden obtener polvos o películas. Entre los más utilizados se encuentran: reacción de estado sólido, mecano-síntesis, sol-gel, precipitación, co-precipitación, sonoquímica, baño químico, pulverización catódica, arco eléctrico, electrólisis, rocío pirolítico y deposición química de vapor.

Con la finalidad de evitar el uso de procesos que afecten al medio ambiente, la comunidad científica se ha enfocado hacia el uso de la química verde como una alternativa para obtener materiales utilizando el menor tiempo posible en los procesos, así como un consumo menor energía, respetando los convenios internacionales para la regulación de productos y procesos químicos. El propósito es lograr procesos sustentables que permitan la reducción y/o eliminación de sustancias tóxicas, así como un manejo responsable de los desechos con la finalidad de reducir la huella ecológica.

Sección 3: Implementación de sensores en ciudades y comunidades sostenibles

Uso de sensores en la industria

La importancia de los sensores de gases dentro de la industria ha cobrado importancia conforme al avance y evolución de este sector. A la vez que se presentan nuevos métodos de producción más efectivos, los procesos se han vuelto también más complejos, por lo que es necesario tomar en cuenta mayores consideraciones para la correcta realización de cada proceso (Gautam *et al.*, 2021). Esto combinado con la importancia que tiene dentro

de la industria la reducción de costos y el máximo aprovechamiento de los recursos con los que se disponen, generando que los sensores de gas mejoren tanto en el funcionamiento de cada proceso, así como la prevención de errores o incluso accidentes (Yang B et al., 2021).

Tomando esto en cuenta, el uso de los sensores de gas en la industria se presenta con dos objetivos principales. El primero como medida de inspección para asegurar las condiciones necesarias en el medio para la realización de los procesos, como, por ejemplo, en la industria automotriz que se prueba de calidad de los gases expulsados por los vehículos para evitar la emisión de gases tóxicos y mantenerse dentro de los parámetros establecidos en las legislaciones nacionales e internacionales (Ibrahim & Manap, 2021). El segundo propósito se relaciona con las medidas de seguridad para evitar accidentes y asegurar condiciones que no pongan en riesgo la integridad de los trabajadores tanto a largo plazo como de manera inmediata; por ejemplo, posibles explosiones o la inhalación de gases tóxicos por parte de los operadores de maquinaria. Además, también servirán como medida de seguridad para las propias máquinas, pues la prevención de accidentes conlleva evitar daños o desperfectos en la maquinaria que resultan en la disminución de los gastos por reparaciones o la adquisición de nuevo inmobiliario.

Detectores ambientales

La contaminación es uno de los grandes problemas del mundo. La creciente urbanización, la industria, la agricultura con desmesurado uso de pesticidas y fertilizantes, la deforestación, la producción de energía y los hábitos de consumo han generado la presencia de sustancias que contaminan el agua, el suelo, la vegetación y la atmósfera. En especial la contaminación atmosférica es un grave problema de salud pública que se enfrenta día con día y que tiende a aumentar aceleradamente tanto a escala global como regional. Por esto es fundamental buscar alternativas tecnológicas que ayuden a mejorar la situación ambiental para tomar las medidas necesarias al enfrentar este problema, así como mantener informada a la población de lo que sucede en relación con las consecuencias de tal contaminación (Montaño y Sandoval, 2007) y que el gobierno tome las medidas necesarias para hacer frente a la situación garantizando un ambiente adecuado para los ciudadanos.

Los sensores ambientales toman datos del medio que los rodea, basado en las características de funcionamiento que logran detectar, con la finalidad de otorgar las variables en diversos puntos de una zona como por ejemplo en los parques naturales, cultivos, ciudades o viviendas.

Durante las últimas décadas, los materiales semiconductores han tenido un impacto significativo como detectores de gases (Galstyan *et al.*, 2013). Principalmente por sus propiedades eléctricas cercanas a la superficie donde se observan cambios en la composición en la atmósfera cercana, por lo que las investigaciones sobre los sensores de gas resistivo han recibido una gran atención debido a que dichos sensores tienen un bajo costo, un manejo simple, estabilidad y una buena confiabilidad para los sistemas de control en tiempo real (Yamazoe *et al.*, 2003). Se han dedicado a explorar los mecanismos en el desarrollo de respuesta de resistencia seleccionando composiciones de óxidos más apropiadas con respecto a la introducción de tasas de concentraciones de gases (David, 1999).

El principio de funcionamiento de este tipo de sensor es que la resistencia del semiconductor de óxido metálico cambia cuando se expone al gas objetivo porque este reacciona con la superficie del óxido metálico y cambia sus propiedades electrónicas. Por lo general, el sensor se produce simplemente cubriendo una capa de óxido metálico sobre un sustrato con dos electrodos pre- incorporados (Stetter *et al.*, 2003).

Conclusiones

En este capítulo se expuso la importancia e impacto que tienen los sensores de gas en la sociedad. En cuanto al Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), relacionado a salud y bienestar, fue posible conocer dos de los principales desarrollos tecnológicos: 1) detectores de gas para determinar concentraciones adecuadas de CO₂ en espacios de trabajo y 2) sensores de biomarcadores relacionados a infección por SARS-CoV-2. Con relación a la energía asequible y no contaminante (ODS séptimo), se explicaron los métodos de preparación de los materiales de donde se fundamenta la obtención de sensores de gas y cómo la química verde juega un rol importante en estos procesos favoreciendo el cuidado del medio ambiente. Respecto a ciudades y comunidades sostenibles (ODS onceavo), se presentó la aplicación de sensores de gas en la industria y el alcance que tienen como detectores ambientales. Actualmente, la comunidad científica en México ofrece alternativas que permiten el desarrollo de tecnología e innovación, destacando la participación del Centro de Investigación en Dispositivos Semiconductores de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla y otros centros de investigación en el país, así como investigaciones a nivel internacional. Por lo que

es destacable indicar que la colaboración entre el gobierno, la comunidad científica y la sociedad civil es primordial para garantizar la difusión del conocimiento científico y tecnológico que se encauce en acciones que mejoren la calidad de vida de nuestras comunidades. Justo como se mencionó en este capítulo, el inicio del siglo XXI fue escenario del mayor desarrollo de tecnología relacionada con sensores de gas, lo que permitió que se desarrollaran sensores de una amplia variedad y con un creciente número de aplicaciones en diversos sectores de nuestra sociedad, lo que representa una sólida base para las próximas décadas. La comunidad científica tiene una visión hacia el futuro de los dispositivos basados en nanotecnología como es el caso de los sensores de gases, donde es posible mejorar el rendimiento, llegar a una mayor miniaturización, reducción de costos y consumo energético, favoreciendo su uso en un mayor número de aplicaciones. Sin duda uno de los aspectos con mayor relevancia se encuentra en la utilización de estos sensores en acciones que encaminen al planeta a un desarrollo sustentable.

Referencias

- Anderson, E. L., Turnham, p., Griffin, J. R., & Clarke, C. C. (2020). Consideration of the Aerosol Transmission for Covid-19 and Public Health. *Risk Analysis*, 40(5), 902–907. <https://doi.org/10.1111/risa.13500>
- Aroutiounian, V. M. “Metal Oxide Gas Biomarkers of Diseases for Medical and Health Applications.” *Biomedical Journal of Scientific & Technical Research* 29.2 (2020): 22328–22336. <https://doi.org/10.26717/BJSTR.2020.29.004780>
- Arn, D., Amati, D., Blom, N., Ehrat, M., & Widmer, H. M. (1992). Surface acoustic wave gas sensors: developments in the chemical industry. *Sensors and Actuators: B. Chemical*, 8(1), 27–31. [https://doi.org/10.1016/0925-4005\(92\)85004-G](https://doi.org/10.1016/0925-4005(92)85004-G)
- Azimi, p., Keshavarz, Z., Cedeno Laurent, J. G., Stephens, B., & Allen, J. G. (2021). Mechanistic transmission modeling of Covid-19 on the Diamond Princess cruise ship demonstrates the importance of aerosol transmission. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 118(8). <https://doi.org/10.1073/pnas.2015482118>
- Bogue, R. (2008). Environmental sensing: Strategies, technologies and applications. *Sensor Review*, 28(4), 275–282. <https://doi.org/10.1108/02602280810902550>
- Bogue, R. (2015). Detecting gases with light: A review of optical gas sensor technologies. *Sensor Review*, 35(2), 133–140. <https://doi.org/10.1108/SR-09-2014-696>

- Chapelle, A., El Younsi, I., Vitale, S., Thimont, Y., Nelis, T., Presmanes, L., ... Tailhades, p. (2014). Improved semiconducting CuO/CuFe₂O₄ nanostructured thin films for CO₂ gas sensing. *Sensors and Actuators, B: Chemical*, 204, 407–413. <https://doi.org/10.1016/j.snb.2014.07.088>
- Constantinoiu, I., & Viespe, C. (2020). ZnO metal oxide semiconductor in surface acoustic wave sensors: A review. *Sensors (Switzerland)*, 20(18), 1–20. <https://doi.org/10.3390/s20185118>
- Craven, M. A., Gardner, J. W., & Bartlett, p. N. (1996). Electronic noses-Development and future prospects. *TrAC-Trends in Analytical Chemistry*, 15(9), 486–493. [https://doi.org/10.1016/S0165-9936\(96\)00061-1](https://doi.org/10.1016/S0165-9936(96)00061-1)
- Cuili Xue, Amin Zhang, et al. “Development of Exhaled Breath Diagnosis Sensors for Rapid Identification of Covid-19 Patients.” *Nano Biomed. Eng* 13.3 (2021): 225–228. <https://doi.org/10.5101/nbe.v13i3.p225-228>.
- de Figueiredo, C. S., Sandre, p. C., Portugal, L. C. L., Mázala-de-Oliveira, T., da Silva Chagas, L., Raony, Í.,... & Bomfim, p. O. S. (2021). Covid-19 pandemic impact on children and adolescents' mental health: biological, environmental, and social factors. *Progress in Neuro-Psychopharmacology and Biological Psychiatry*, 106, 110171. <https://doi.org/10.1016/j.pnpbp.2020.110171>
- David, E. W. (1999). Semiconducting oxides as gas-sensitive resistors. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 57(January), 1–16. [https://doi.org/10.1016/S0925-4005\(99\)00133-1](https://doi.org/10.1016/S0925-4005(99)00133-1)
- Di Gilio, A., Palmisani, J., Pulimeno, M., Cerino, F., Cacace, M., Miani, A., & de Gennaro, G. (2021). CO₂ concentration monitoring inside educational buildings as a strategic tool to reduce the risk of SARS-CoV-2 airborne transmission. *Environmental Research*, 202(June), 111560. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.111560>
- Emam, S., Nasrollahpour, M., Mostafavi, E., & Medina, D. (2021). *Handheld Gas Sensors for Detecting the Airborne SARS-CoV-2 Virus : Instant Diagnosis from Exhaled Breath*. (March). <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.33163.00802>
- Fan, X., Elgammal, K., Smith, A. D., Östling, M., Delin, A., Lemme, M. C., & Niklaus, F. (2018). Humidity and CO₂ gas sensing properties of double-layer graphene. *Carbon*, 127, 576–587.
- Feng, S., Farha, F., Li, Q., Wan, Y., Xu, Y., Zhang, T., & Ning, H. (2019). Review on smart gas sensing technology. *Sensors (Switzerland)*, 19(17), 1–22. <https://doi.org/10.3390/s19173760>
- Galstyan, V., Comini, E., Faglia, G., & Sberveglieri, G. (2013). TiO₂ nanotubes: Recent advances in synthesis and gas sensing properties. *Sensors (Switzerland)*, 13(11), 14813–14838. <https://doi.org/10.3390/s131114813>
- Gautam, A., Verma, G., Qamar, S., & Shekhar, S. (2021). Vehicle Pollution Monitoring, Control and Challan System Using MQ2 Sensor Based on Internet of Things. *Wireless Personal Communications*, 116(2), 1071–1085. <https://doi.org/10.1007/s11277-019-06936-4>
- Guan, D., Wang, D., Hallegatte, S., Davis, S. J., Huo, J., Li, S., ... Gong, p. (2020). Global supply-chain effects of Covid-19 control measures. *Nature Human Behaviour*, 4(6), 577–587. <https://doi.org/10.1038/s41562-020-0896-8>

- Hashemi Karouei, S. F., & Milani Moghaddam, H. (2019). P-p heterojunction of polymer/hierarchical mesoporous LaFeO₃ microsphere as CO₂ gas sensing under high humidity. *Applied Surface Science*, 479(February), 1029–1038. <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2019.02.099>
- Hodgkinson, J., & Tatam, R. P. (2012). Optical gas sensing: a review. *Measurement Science and Technology*, 24(1), 012004. <https://doi.org/10.1088/0957-0233/24/1/012004>
- Hunge, Y. M., Yadav, A. A., Kulkarni, S. B., & Mathe, V. L. (2018). A multifunctional ZnO thin film based device for photoelectrocatalytic degradation of terephthalic acid and CO₂ gas sensing applications. *Sensors and Actuators, B: Chemical*, 274, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.snb.2018.07.117>
- Ibrahim, M. T., & Manap, H. (2021). Optimum Wavelength for Oxygen Detection using optical absorption. *Journal of Physics: Conference Series*, 1874(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1874/1/012079>
- Kenarkoohi, A., Noorimotlagh, Z., Falahi, S., Amarloei, A., Mirzaee, S. A., Pakzad, I., & Bastani, E. (2020). Hospital indoor air quality monitoring for the detection of SARS-CoV-2 (Covid-19) virus. *Science of the Total Environment*, 748, 141324. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141324>
- Korotcenkov G. (2013) Introduction. In: *Handbook of Gas Sensor Materials. Integrated Analytical Systems*. Springer, (pp. 13–26) New York, NY. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-7165-3_1
- Li, Z., Li, H., Wu, Z., Wang, M., Luo, J., Torun, H., Hu, p., Yang, C., Grundmann, M., Liu, X., & Fu, Y. (2019). Advances in designs and mechanisms of semi-conducting metal oxide nanostructures for high-precision gas sensors operated at room temperature. *Materials Horizons*, 6(3), 470–506. <https://doi.org/10.1039/c8mh01365a>
- Lozano-Rosas, R., Lamas, D. G., Sánchez-Ochoa, F., Coccoletzi, G. H., Karthik, T. V. K., & Robles-Águila, M. J. (2021). CO₂ sensing properties of WO₃ powder: experimental and theoretical studies. *Applied Physics A*, 127(11). <https://doi.org/10.1007/s00339-021-04960-5>
- Marinoni, G., Van't Land, H., & Jensen, T. (2020). The impact of Covid-19 on higher education around the world. IAU Global Survey Report. In *Iau-Aiu. Net*. Retrieved from https://www.iau-aiu.net/IMG/pdf/iau_covid19_and_he_survey_report_final_may_2020.pdf
- Marsal, A., Dezanneau, G., Cornet, A., & Morante, J. R. (2003). A new CO₂ gas sensing material. *Sensors and Actuators, B: Chemical*, 95(1–3), 266–270. [https://doi.org/10.1016/S0925-4005\(03\)00443-X](https://doi.org/10.1016/S0925-4005(03)00443-X)
- Mene, R. U., Mahabole, M. P., & Khairnar, R. S. (2011). Surface modified hydrox-yapatite thick films for CO₂ gas sensing application: Effect of swift heavy ion irradiation. *Radiation Physics and Chemistry*, 80(6), 682–687. <https://doi.org/10.1016/j.radphyschem.2011.02.002>
- Michel, C. R. (2010). CO and CO₂ gas sensing properties of mesoporous CoAl₂O₄. *Sensors and Actuators, B: Chemical*, 147(2), 635–641. <https://doi.org/10.1016/j.snb.2010.04.013>
- Montaño Arias, N. M., & Sandoval Pérez, A. L. (2007). Contaminación atmosférica y salud. *Revista científica*

- de América Latina y el Caribe, 14, 2-10. <https://www.redalyc.org/pdf/294/29406504.pdf>
- Mumma, S. A. (2004). Transient Occupancy Ventilation By Monitoring CO₂. *IAQ Applications*, 5(1), 21-23.
- Rice, S. A. (2004). Human health risk assessment of CO₂: survivors of acute high-level exposure and population sensitive to prolonged low-level exposure. *Third Annual Conference on Carbon Sequestration*, (056559), 1-9.
- Schade, W., Reimer, V., Seipenbusch, M., & Willer, U. (2021). Experimental investigation of aerosol and CO₂ dispersion for evaluation of Covid-19 infection risk in a concert hall. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(6), 1-11. <https://doi.org/10.3390/ijerph18063037>
- Shan, B., Broza, Y. Y., Li, W., Wang, Y., Wu, S., Liu, Z., ... Haick, H. (2020). Multiplexed Nanomaterial-Based Sensor Array for Detection of Covid-19 in Exhaled Breath. *ACS Nano*, 14(9), 12125-12132. <https://doi.org/10.1021/acsnano.0c05657>
- Shiokawa, S., & Kondoh, J. (2004). Surface acoustic wave sensors. *Japanese journal of applied physics*, 43(5S), 2799. <https://doi.org/10.1143/JJAP.43.2799>
- Sivaramakrishnan, S., Rajamani, R., Smith, C. S., McGee, K. A., Mann, K. R., & Yamashita, N. (2008). Carbon nanotube-coated surface acoustic wave sensor for carbon dioxide sensing. *Sensors and Actuators, B: Chemical*, 132(1), 296-304. <https://doi.org/10.1016/j.snb.2008.01.041>
- Slingers, G., de Vries, R., Vigeveno, R. M., Mulder, S., Farzan, N., Vintges, D. R., ... Groeneveld, G. H. (2021). Ruling Out SARS-CoV-2 Infection Using Exhaled Breath Analysis by Electronic Nose in a Public Health Setting. A3768-A3768. https://doi.org/10.1164/ajrccm-conference.2021.203.1_meetingabstracts.a3768
- Stetter, J. R., Penrose, W. R., & Yao, S. (2003). Sensors, Chemical Sensors, Electrochemical Sensors, and ECS. *Journal of The Electrochemical Society*, 150(2), S11. <https://doi.org/10.1149/1.1539051>
- Theel, E. S., Slev, p., Wheeler, S., Couturier, M. R., Wong, S. J., & Kadkhoda, K. (2020). The role of antibody testing for SARS-CoV-2: is there one?. *Journal of clinical microbiology*, 58(8), e00797-20. <https://doi.org/10.1128/JCM.00797-20>
- Triggle, C. R., Bansal, D., Ding, H., Islam, M. M., Farag, E. A. B. A., Hadi, H. A., & Sultan, A. A. (2021). A Comprehensive Review of Viral Characteristics, Transmission, Pathophysiology, Immune Response, and Management of SARS-CoV-2 and Covid-19 as a Basis for Controlling the Pandemic. *Frontiers in Immunology*, 12(February), 1-23. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2021.631139>
- Wang, G., Yang, S., Cao, L., Jin, p., Zeng, X., Zhang, X., & Wei, J. (2021). Engineering mesoporous semiconducting metal oxides from metal-organic frameworks for gas sensing. *Coordination Chemistry Reviews*, 445, 214086. <https://doi.org/10.1016/j.ccr.2021.214086>
- Wilson, J. S. (2004). *Sensor technology handbook*. Elsevier.
- Xuan, J., Zhao, G., Sun, M., Jia, F., Wang, X., Zhou, T., Yin, G., & Liu, B. (2020). Low-temperature operating

ZnO-based NO₂ sensors: A review. *RSC Advances*, 10(65), 39786–39807. <https://doi.org/10.1039/d0ra07328h>

Yamazoe, N., Sakai, G., & Shimanoe, K. (2003). Oxide semiconductor gas sensors. *Catalysis Surveys from Asia*, 7(1), 63–75. <https://doi.org/10.1023/A:1023436725457>

Yamazoe, N., & Shimanoe, K. (2009). New perspectives of gas sensor technology. *Sensors and Actuators, B: Chemical*, 138(1), 100–107. <https://doi.org/10.1016/j.snb.2009.01.023>

Yang, B., Myung, N. V., & Tran, T. T. (2021). 1D Metal Oxide Semiconductor Materials

for Chemiresistive Gas Sensors: A Review. *Advanced Electronic Materials*, 7(9), 1–37. <https://doi.org/10.1002/aelm.202100271>

Zamora-Mendoza, B. N., Díaz de León-Martínez, L., Rodríguez-Aguilar, M., Mizaikoff, B., & Flores-Ramírez, R. (2022). Chemometric analysis of the global pattern of volatile organic compounds in the exhaled breath of patients with Covid-19, post-COVID and healthy subjects. Proof of concept for post-COVID assessment. *Talanta*, 236(550). <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2021.122832>

Reseña de autores

María Josefina Robles Águila

Doctorado en Ciencias en la especialidad de Ciencia de Materiales. Profesora investigadora del Instituto de Ciencias de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, integrante del Sistema Nacional de Investigadores SNI I, y perfil deseable PRODEP. Su línea de generación del conocimiento está enfocada en la preparación y caracterización de materiales avanzados (óxidos metálicos semiconductores, bioce-rámicos y composites) con aplicaciones en ingeniería ambiental y regeneración de tejido óseo. Los materiales estudiados han sido empleados como detectores de radiación, sensores de gases, agentes de imagen, fotocatalizadores, absorbentes y agentes de regeneración de tejido. Cuenta con publicaciones en revistas indizadas.

Ricardo Lozano Rosas

Maestría en Ciencias en Ingeniería Electrónica con especialidad en Control Automático. Estudiante del programa de doctorado del Centro de Investigación en Dispositivos Semiconductores del Instituto de Ciencias en la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Su trabajo se ha enfocado en la síntesis y caracterización de óxidos metálicos con aplicación en sensores de gas los últimos 3 años. Ha participado en cinco congresos internacionales y ha recibido premios como el IUCr Young Scientist Award por parte de la Unión Internacional de Cristalografía.



HIDROXIAPATITA: DESDE EL HUESO HASTA EL AIRE

Sánchez-Hernández, A. K, Ruíz-Osorio J.J., Robles-Águila, M. J.

Introducción

Los fosfatos de calcio son compuestos de gran interés en un campo multidisciplinario de ciencias que involucra química, biología, medicina y geología. Estos comprenden el grupo más grande de biominerales en animales vertebrados. La estructura de los biominerales de fosfato de calcio presenta un número significativo, siendo los de mayor importancia la hidroxiapatita ($\text{Ca}_{5n}(\text{PO}_4)_3\text{OH}$; HAp), el octacalciofosfato ($\text{Ca}_8\text{H}_2(\text{PO}_4)_6 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$; OCP), y la brushita ($\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) (Ma and Liu, 2009).

La hidroxiapatita (HAp) es de gran interés debido a su similitud con el hueso y diente de tejido humano (Sun, Guo, Wang, & Guo, 2006). Es un biocristal apatito que se encuentra en la naturaleza formando parte

de rocas sedimentarias y metamórficas, así como en los tejidos vivos (exoesqueletos, corales marinos, estrellas de mar, esqueletos de vertebrados bovinos, porcinos, etc.) (Siddiqui, Pickering, and Mucalo, 2018).

Está claro que las oportunidades de mercado para nuevos desarrollos en el área de biomateriales son prometedoras. No existe duda que la producción de artículos y dispositivos médicos a nivel mundial está creciendo rápidamente. Asimismo, es importante agregar el hecho de que la industria biomédica es altamente competitiva y presenta altos costos de producción. Actualmente existen numerosos reportes científicos enfocados en el estudio de la HAp con aplicaciones en bioremediación, agentes de imagen, procesos de catálisis, entre otros, ofreciendo una nueva y amplia perspectiva de aplicación.

El presente capítulo tiene como objetivo enunciar las propiedades y aplicaciones de la hidroxiapatita de calcio. A fin de lograr una buena explicación y entendimiento, se ha propuesto la división del capítulo en varias secciones, que incluyen las generalidades de los materiales biocerámicos, la estructura cristalina de la HAp y una breve descripción de los principales métodos de obtención y áreas de aplicación de este material. El capítulo de libro está estructurado considerando los Objetivos de Desarrollo Sostenible ODS 3 (salud y bienestar), 7 (energía asequible y no contaminante) y 12 (producción y consumo responsable).

Biocerámicos

Los biocerámicos son un campo relativamente nuevo. Existe desde principios de 1970, cuando se demostró que estos materiales restauraban las funciones osteoarticulares y dentales, además de actuar como material de reemplazo para autoinjertos y reconstrucciones óseas de aloinjertos (hueso obtenido de un individuo y trasplantado a otro individuo de la misma especie, pero no genéticamente idéntico) (Iulian Vasile Antoniac, 2016).

Una característica de un material biocerámico es su biocompatibilidad, por lo que se han empleado en la reparación y/o reemplazo del tejido óseo ante daño o desgaste en el sistema músculo esquelético (Vallet-Regí and González-Calbet, 2004). Estos materiales son resistentes al desgaste y a la compresión. Por lo general, presentan una baja reactividad química, son inertes, favoreciendo su carácter biocompatible; además, su estructura es parecida al componente mineral del hueso humano, por lo que sus expectativas de aplicación son mayores (Hench, 1998).

Un material se designa como bioactivo cuando estimula una reacción biológica específica en la interfaz material-tejido, que ocurre con la formación de enlaces bioquímicos entre el tejido vivo y el material (Iulian Vasile Antoniac, 2016) como se observa en la Figura 1.

En la actualidad, pese a la existencia de una gran cantidad de materiales biocerámicos, aquellos basados en fosfatos de calcio, tales como hidroxiapatita (HAp), fosfatos tricalcicos (α -TCP y β -TCP), fosfato di cálcico dihidratado (DCPD), fosfato di cálcico anhidro (DCPA) y fosfato tetra cálcico (TTCP), son los de mayor interés en el área biomédica, siendo el motivo principal la

similitud en la composición química respecto de la del esqueleto en vertebrados, permitiendo así el intercambio de algunos iones cuando están en contacto con fluidos biológicos lo que favorece la aceptación y funcionalidad

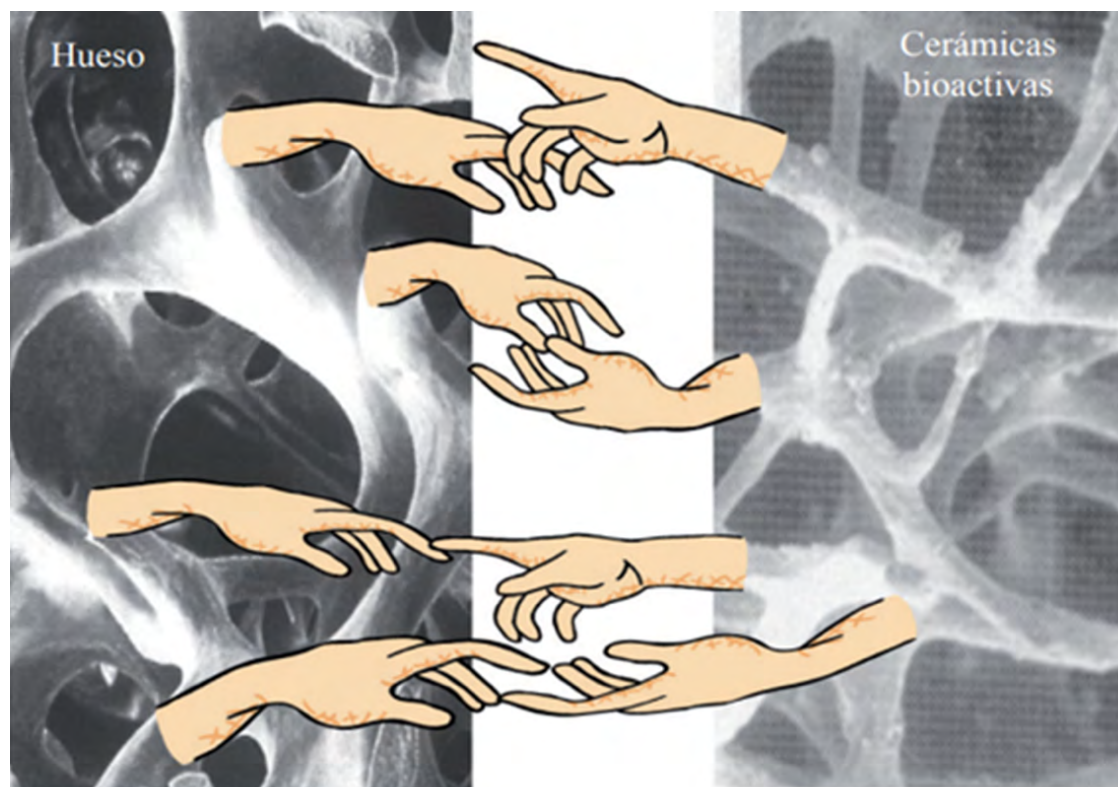


Figura 1. Esquema que ilustra la unión entre el hueso y los biocerámicos. Adaptado de Vallet-Regí, 2011.

Nombre	Fórmula	Radio Ca/P
Fosfato cálcico monohidratado (MCPH)	$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$	0.5
Fosfato monocálcico (MCP)	$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$	0.5
Fosfato dicálcico dihidratado (DCPD)	$\text{Ca}(\text{HPO}_4) \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$	1
Fosfato tricálcico (TCP)	$\alpha\text{-y } \beta\text{-Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	1.50
Fosfato de octacalcio (OCP)	$\text{Ca}_8\text{H}(\text{PO}_4)_3 \cdot 2.5 \text{H}_2\text{O}$	1.33
Hidroxiapatita (HAp)	$\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH})$	1.67

Nota: Adaptado de Koutsopoulos, 2002.

Tabla 1. Sales de fosfatos de calcio a temperatura ambiente y soluciones acuosas

del biomaterial (Prakasam *et al.*, 2015). La Tabla 1 muestra las principales sales de fosfatos de calcio.

Hidroxiapatita (HAp)

El término apatita proviene del griego *apatáo* que significa “estoy equivocado”, dado que se solía confundir a la HAp con otros minerales como la fluorita y el berilo. Este término fue acuñado por primera vez en 1786, por Werner, e incluye a una familia de compuestos con estructura similar.

La fórmula general para las apatitas es:



Donde M = catión bivalente (elemento cargado positivamente, con dos cargas) y Z = anión monovalente (elemento cargado negativamente, con una carga).

En el caso de la HAp, M corresponde a calcio (Ca^{2+}) y Z al radical hidroxilo (OH^-). De esta manera, la fórmula química para la HAp es $Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$. Las cantidades de calcio, iones fosfato (PO_4^{-3}) e hidroxilo en este material son de 39.84%, 56.77% y 3.39% en peso, respectivamente (Shi *et al.*, 2021). La HAp puede ser de origen biológico (derivada de coral o hueso bovino) o sintético. Independiente de su origen, la estructura cristalina de mayor semejanza con el hueso humano es aquella donde se observa una relación calcio/fósforo (Ca/P) de 1.67

La HAp es un biocristal apatito que se encuentra en la naturaleza formando parte de rocas sedimentarias y metamórficas, así como en los tejidos vivos (exoesqueletos, corales marinos, estrellas de mar, esqueletos de vertebrados bovinos y porcinos, etc.) (Siddiqui *et al.* 2018). La hidroxiapatita es de gran interés debido a su similitud con el hueso y diente de tejido humano (Sun *et al.*, 2006) característica que le proporciona un potencial empleo en la fabricación de biomateriales.

Estructura cristalina

Tener conocimiento acerca de la estructura cristalina de la HAp permite determinar su morfología, solubilidad, química de superficie, así como propiedades de polarización. Desde hace algunas décadas se ha realizado el estudio estructural de la HAp. Posner, Perloff, y Diorio (1958) propusieron su estructura cristalina a partir del análisis de un monocristal. Este fosfato cristaliza en el sistema hexagonal, el cual presenta un grupo espacial $P6_3/m$, y valores de celda de $a = b = 9,432 \text{ \AA}$ y $c = 6,88 \text{ \AA}$ (Londoño, Echaverria, and De la Calle, 2006). Su carácter iónico la hace una cerámica dura, refractaria y con un punto de fusión mayor a $1500 \text{ }^\circ\text{C}$. Además, dicho carácter le proporciona la capacidad de la sustitución ya sea parcial o completa de iones de la red por otros con tamaño similar (PO_4^{3-} por HPO_4^{2-} , Ca^{2+} por K^+ o Mg^{2+} o bien OH^- por F^- , Cl^- , Br^-) proporcionándole que sea insoluble. Su relación ideal de Ca/P es 10:6 (1,6667), tiene una densidad calculada de 3.219 g/cm^3 y sus propiedades mecánicas varían de acuerdo con el proceso de obtención. La HAp policristalina tiene un módulo elástico alto, 40-117 Gpa.

Por otro lado, la estructura monoclinica de la HAp presenta 88 átomos y posee un grupo espacial $P2_1/b$ en forma sintética y/o mineral con parámetros de celda $a = 9.4214 \text{ \AA}$, $b = 18.8 \text{ \AA}$, $c = 6.8814$, $\alpha=\beta=90^\circ$ y $\gamma=120^\circ$, siendo un análogo de la clorapatita (ClAp) (Elliott, Mackie, and Young 1973). Si bien la fase hexagonal es la que se asemeja más al tejido óseo, un punto de interés sobre la fase monoclinica es que puede ser empleada para la fracción inorgánica del hueso debido al efecto bioeléctrico reportado para esta fase, observándose así que el crecimiento óseo es inducido por corrientes o campos eléctricos (Ciombor and Aaron, 2005; Ferrigno *et al.*, 2020; Petrisor and Lau, 2005). Está reportado en la literatura que tamaños pequeños de cristalito de HAp en hueso poseen dimensiones menores que las típicas generando un ordenamiento intercolumnar significativo (Kay and Young, 1964). HAp monoclinica ha reportado una transición a una forma ferroeléctrica bajo la acción de un campo eléctrico (campo de fuerza creado por la atracción y repulsión de cargas eléctricas en un material) relativamente débil (Elliott *et al.*, 1973; Ma and Liu, 2009).

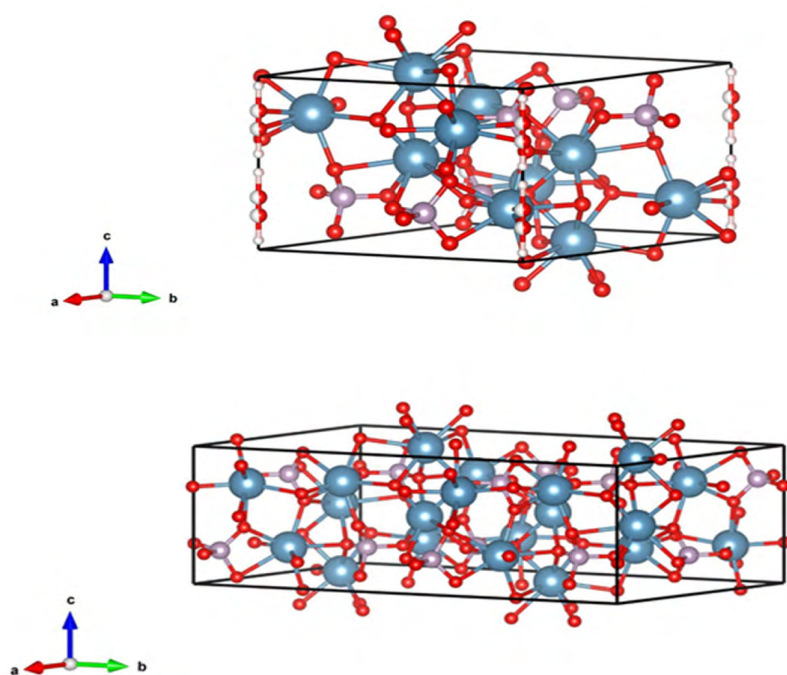


Figura 2. Estructuras cristalinas para las fases hexagonal y monoclinica de la HAp. Las imágenes se realizaron en el programa VESTA empleando los CIFS 00-009-0432 y 01-089-4405, respectivamente.

Métodos de síntesis

Un gran número de métodos para producir polvos de HAp han sido desarrollados. Estos incluyen los de vía húmeda en solución acuosa: sol-gel, hidrotermal, precipitación, co-precipitación, microondas y sonoquímica. Los métodos mencionados involucran diversas rutas de síntesis donde se establecen las condiciones experimentales tomando en cuenta variaciones en el tiempo, concentración, pH, temperatura y presión.

Los métodos húmedos para la síntesis de la HAp suelen ser fáciles de realizar y el ajuste en los parámetros de reacción conduce a un crecimiento controlado del material. Sin embargo, la principal desventaja de estos métodos es la baja temperatura de síntesis ya que el material final exhibe baja cristalinidad y producen la formación de otras fases cristalinas no deseadas para la obtención de la HAp, en comparación con otros métodos. Además, se observa la presencia de defectos en la estructura.

La síntesis mediante métodos de química verde busca reducir y eliminar sustancias peligrosas para el medio ambiente y la salud. Estos procedimientos han sido concebidos por la Agencia de Protección Ambiental como solución a la creciente demanda de procesos más sostenibles en la industria química, con el objetivo de reducir o evitar el uso de compuestos tóxicos y sustancias peligrosas, y para minimizar o prevenir los desechos generados de reacciones conservando la eficacia del proceso (Duan, Wang, and Li, 2015).

La comunidad científica ha enfocado sus esfuerzos en el empleo de métodos de síntesis que no afecten al medio ambiente, por lo que el uso de la química verde es una alternativa que permite obtener materiales en el menor tiempo posible, con un consumo menor energía, evitando el uso de sustancias tóxicas con el objetivo de respetar los convenios internacionales para la regulación de productos y procesos químicos. El propósito es lograr procesos sostenibles que permitan la reducción y/o eliminación de sustancias tóxicas, así como un manejo responsable de los desechos con la finalidad de reducir la huella ecológica.

La síntesis vía química desarrollada ampliamente en la década pasada, por lo general involucra métodos químicos húmedos como la co-precipitación. Estos métodos han ganado importancia en la preparación de materiales, donde se hace uso de reacciones químicas sencillas tales como la

co-precipitación, sol-gel, intercambio iónico, entre otras, las cuales hacen uso de bajas temperaturas a comparación de otros métodos.

La síntesis de HAp vía co-precipitación es la técnica más popular e investigada. El proceso general considera reacciones en soluciones acuosas con una sal disuelta (Nayak, 2009). Una vez que la solución es saturada con el producto se da la formación de un precipitado a través de procesos de nucleación (agregado de partículas) tanto homogénea como heterogénea. Formados los núcleos, su crecimiento procede usualmente por difusión de especies químicas que se incorporan a las superficies de los núcleos, siendo los procesos de nucleación y de crecimiento los fenómenos más importantes durante la formación de la fase sólida. La influencia de factores como son el pH, temperatura, goteo y orden de la mezcla de los reactivos son factores fundamentales en la síntesis. Una ventaja de este método es que la mayor parte del contra iones (iones que mantiene la neutralidad eléctrica) del precursor son eliminados de manera eficiente por medio de lavados posteriores. Además, la co-precipitación es un método para la síntesis de polvos cerámicos que permite la obtención de grandes cantidades de polvos cerámicos con propiedades reproducibles para su posible uso como producto industrial (Sequeda *et al.*, 2012). La Tabla 2 resume algunos de los métodos más empleados para la síntesis de HAp.

Método	Tipo	Morfología	Pureza	Razón Ca/P	Tamaño de partícula
Seco	Reacción de estado sólido	Variada	Baja	Variable	Micro
	Mecanoquímico	Variada	Baja	No estequiométrica	Nano
Húmedo	Precipitación química	Variada	Variable	No estequiométrica	Mayormente nano
	Hidrólisis	Variada	Alta	Estequiométrica	Variable
	Sol-gel	Variada	Variable	No estequiométrica	Nano
Hidrotermal	Hidrotermal	Esférica o agujas	Alta	Estequiométrica	Nano o micro
	Emulsión	Esférica o agujas	Variable	No estequiométrica	Nano
	Sonoquímica	Variada	Alta	Variable	Nano
Alta temperatura	Combustión	Variada	Alta	Variable	Mayormente nano
	Pirólisis	Variada	Variable	Estequiométrica	Nano o micro
Fuentes biogénicas		Variada	Alta	Variable	Variable
Combinación de métodos		Variada	Variable	Estequiométrica	Mayormente Nano

Nota. Adaptado de Gomes, 2019.

Tabla 2. Métodos de síntesis de la HAp

La producción de HAp sintética se puede realizar también a partir de recursos biológicos (origen natural) como son: fuentes animales, marinas y vegetales (Figura 3).

Aplicaciones

Las principales aplicaciones de la HAp están fuertemente relacionadas a su similitud química con el tejido óseo. La HAp sintética tiene una alta afinidad para albergar tejidos duros. De ahí que su mayor área de aplicación sea como biomaterial. Por otro lado, también se ha utilizado con éxito como adsorbente

para la separación de proteínas y enzimas, como material fotocatalizador en sistemas para la administración controlada de fármacos e incluso en el área de sensado de gases y como agente de imagen.

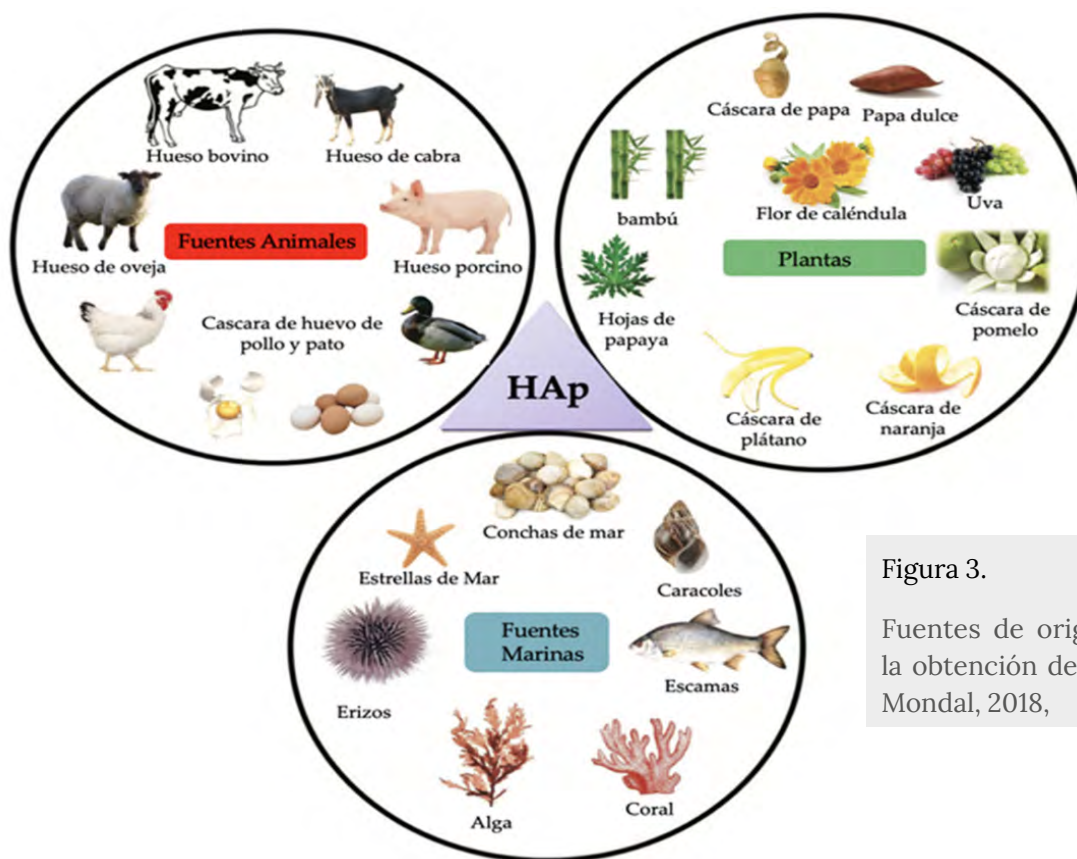


Figura 3.

Fuentes de origen biológico para la obtención de HAp. Adaptado de Mondal, 2018,

Área biomédica

Entre las diversas categorías de biomateriales existentes, las cerámicas bioactivas como la hidroxiapatita son excelentes candidatos en el reemplazo de los tejidos duros del cuerpo. Debido a sus propiedades de biocompatibilidad, bioactividad y estabilidad térmica en el fluido corporal, la HAp representa un material atractivo para una amplia gama de aplicaciones en el campo biomédico. La hidroxiapatita sintética ha sido ampliamente utilizada en los últimos años como implante dada su similitud con la estructura química del hueso vivo. Numerosas investigaciones han enfocado sus esfuerzos para analizar su potencialidad y determinar las condiciones óptimas de síntesis y aplicación. Es un biomaterial que constituye un reto en la investigación debido a que no se descarta la posibilidad de reconstruir órganos a partir de células madre (Garcia-Garduño and Reyes-Gasga, 2006; Lizarde, 2007).

Estudios recientes muestran que la incorporación de HAp en redes de colágeno (Col) permite poner en práctica las características que ambos presentan por separado. Ying y colaboradores (2019) estudiaron andamios de colágeno reforzados con HAp, los cuales exhibieron una estructura porosa interconectada homogénea. Además, concluyen que la estructura de colágeno reforzado con HAp, denominada “andamio”, posee buena flexibilidad y elasticidad, por lo que resultan materiales prometedores para emplearse en el área de regeneración y reparación ósea.

Del mismo modo, S. Minardi y colaboradores informaron el potencial osteoconductor (capacidad del hueso de transmitir un estímulo eléctrico a través de él) mejorado de HAp/Col. Sugirieron que HAp podría conducir a una regeneración funcional del tejido óseo con tiempos de tratamiento más largos, debido a que podría inducir, orquestar y armonizar la diferenciación osteogénica, según estudios *in vitro* realizados sobre células mesenquimales de médula ósea de humano, hBM-MS (Minardi *et al.*, 2019).

Además, se ha demostrado que los materiales cerámicos son capaces de suministrar productos químicos y biológicos durante largos períodos. La HAp es un material utilizado como matriz para la purificación de proteínas, no parece causar efectos secundarios y ha demostrado ser no tóxico y no cancerígeno por lo que su uso en humanos ha sido aprobado (W. Paul and Sharma 2001). Debido a ello la HAp a nivel nanométrico ha sido estudiada para su empleo en sistemas de administración de fármacos como son la administración intestinal de insulina u otros fármacos como los antibióticos. Tomando en cuenta su naturaleza porosa, la HAp se ha convertido en un candidato potencial para su uso en sistemas de administración de fármacos. Dada la alta interconectividad de sus poros, la HAp protege a las moléculas del fármaco permitiendo así su liberación de forma controlada en el sitio específico (Yu *et al.*, 1992).

Sensado

El empleo de materiales cerámicos en la fabricación de sensores no ha recibido mucha atención. Sin embargo, actualmente son de especial interés debido a varias ventajas, como son su estabilidad, reutilización, amplio rango de temperatura de funcionamiento y elasticidad en el desarrollo de películas de sustrato cerámico (Narwade, Bogle, and Kokol, 2021). Específicamente, la

HAp nanométrica es un excelente candidato para aplicaciones de sensado de gas debido a sus propiedades de porosidad, conductividad iónica significativa, capacidad de absorción, tamaño de grano nanométrico, capacidad de absorción, alta área superficial a, dimensiones de partícula a nivel nanométrico y alta estabilidad térmica (Mene, Mahabole, and Khairnar, 2011; Narwade, Pottathara, *et al.*, 2021; Narwade, Bogle, *et al.*, 2021). Su mecanismo de detección está sustentado en la adsorción y desorción (atrapamiento y liberación) del gas bajo estudio, provocando una variación en la resistencia eléctrica del material. Asimismo, se ha investigado el efecto al modificar su superficie mediante la adición de metales como cobalto (Co), hierro (Fe), plata (Ag) y la formación de composites (Gao *et al.*, 2017; Kanchana, Lavanya, and Sekar, 2014; Lu *et al.*, 2010; Mene *et al.*, 2014)

Mene *et al.* en 2014 emplearon películas de HAp dopadas con hierro mismas que fueron irradiadas con iones de plata (Ag^+) para aumentar las propiedades de detección de CO_2 . Su estudio mostró una estructura microporosa óptima, favoreciendo ampliamente el rendimiento del sensor. Los ensayos muestran que el sustrato exhibe una temperatura de trabajo entre 140°C y 150°C tanto para monóxido como para dióxido de carbono, CO y CO_2 , respectivamente. La incorporación de los átomos de hierro contribuyó a una mejora en los parámetros de detección del gas; elevada especificidad (preferencia) por el gas de trabajo, tiempo de respuesta rápido. Además, el sensor mostró un menor tiempo de recuperación, excelente repetibilidad y temperatura de funcionamiento relativamente más baja (Mene *et al.* 2014). Por otro lado, las películas basadas en HAp han sido empleadas en el sensado bioquímico de moléculas de relevancia clínica como la glucosa (Jia *et al.* 2018), L-tirosina (Kanchana *et al.* 2014), bilirrubina (Yang *et al.*, 2014), entre otros.

Fotocatálisis

En los procesos de fotocatalisis participan dos elementos: luz y catalizador (sustancia que acelera o retarda una reacción química sin participar en ella), necesarios para alcanzar o acelerar una reacción química. La HAp también ha sido empleada en procesos de degradación fotocatalítica de contaminantes bajo condiciones de irradiación con luz ultravioleta (UV). El mecanismo de acción propuesto involucra un cambio en el estado electrónico del grupo fosfato (PO_4^{3-}) de la superficie del biocerámico lo que conducirá a la creación de defecto cristalino denominado vacancia en la estructura cristalina de la

HAp. El electrón proveniente del PO_4^{3-} es transferido al O_2 del medio para la consecuente formación de radicales superóxidos (O_2^-). Estas especies son responsables de la oxidación de moléculas orgánicas, además de reaccionar con moléculas de agua e iones OH^- para formar peróxido de hidrógeno (H_2O_2), el cual se reaccionará para formar más radicales OH^- . Los radicales OH^- llevarán a cabo la oxidación de los contaminantes adsorbidos en la superficie de la HAp y en el medio de trabajo (Reddy, Venugopal, and Subrahmanyam, 2007). En el 2012, (Tanaka *et al.*, 2012) estudiaron la degradación fotocatalítica bajo radiación UV de sulfuro de dimetilo adsorbido en HAp. El sulfuro de dimetilo es un componente orgánico que causa efectos adversos en piel, ojos y tracto respiratorio. Los resultados arrojaron que la degradación del sulfuro de dimetilo se llevó a cabo en sitios cercanos a los grupos P-OH superficiales de la HAp. Estos grupos P-OH fueron formados por efecto de la radiación UV.

Por otra parte, Savaris y cols (Savaris, de Matos, and Lindino, 2018) mostraron la capacidad de degradación de la HAp sobre hormonas. Este estudio mostró que la HAp dopada con níquel y cobre presentó propiedades fotocatalíticas sobre la hormona 17 β -metiltestosterona, hormona usada en la piscicultura, donde su empleo desmedido podría causar serios efectos hormonales en humanos y animales. Los materiales fueron sintetizados por rutas de precipitación convencional y heterogénea. Sus resultados muestran adecuada fotodegradación de la hormona bajo radiación UV y solar, además observaron que la actividad fotocatalítica se ve aumentada al emplearse HAp sin dopar, siendo estos resultados mejores comparados a los reportados por dióxido de titanio (TiO_2).

Remediación ambiental

La contaminación ambiental provee un número significativo de riesgos para la población mundial. Actualmente la HAp ha tomado especial interés para su empleo en remediación ambiental dada su excelente capacidad de remoción de contaminantes (Xing *et al.*, 2021).

La presencia de radicales activos en la superficie de HAp, generados por aplicación de radiación (Xin *et al.*, 2020) y la coexistencia de sitios ácidos/básicos, abrió una nueva posibilidad para el diseño de agentes catalizadores libres de metales nobles y su empleo en tecnología de control de compuestos orgánicos volátiles (VOC) y limpieza ambiental. Xin y Shirai emplearon polvos

de HAp de elevada pureza química, tratados mecano-químicamente para su empleo como catalizador. Logrando una actividad catalítica del 100% para la conversión de CO_2/CO en la descomposición oxidativa de VOC. Cambios de estructura en HAp tratada como son los radicales activos intensificados, la basicidad de la superficie mejorada y la adsorción de COV facilitaron la conversión de CO_2/CO . El alto rendimiento catalítico informado en este estudio abre una nueva estrategia para el desarrollo de catalizadores libres de metales nobles altamente eficientes (Xin and Shirai, 2021).



Figura 4. Propiedades de la HAp para su aplicación en la descontaminación de agua, aire y suelo. Adaptado de Ibrahim, 2020.

Gao y cols (Gao *et al.*, 2009) investigaron la capacidad de adsorción de HAp sobre fluoruro en solución acuosa, variando el tamaño de partícula del biocerámico (40-100 nm). Todos los parámetros que influyen en el proceso de adsorción como concentración de adsorbente, concentración inicial de fluoruro, tiempo de contacto, pH y temperatura fueron evaluados. Los resultados indican que la remoción del fluoruro se ve favorecida al disminuir el tamaño de partícula de la hidroxiapatita. Además, que la disminución de la concentración de fluoruro está relacionada con la concentración de adsorbente y el pH del medio (valores máximos de remoción a pH de 2-3). Por otra parte, los parámetros termodinámicos sugieren que la adsorción de

fluoruro en la HAp está mediada por procesos de fisisorción (adsorción en la superficie) y de endotérmicos (administración de calor al sistema).

Agentes de bioimagen

Recientemente la HAp se ha dopado con elementos que exhiben propiedades luminiscentes a fin de su potencial empleo como agente de bioimagen. En el 2019, Zantye y cols (Zantye *et al.*, 2019) llevaron a cabo la síntesis mediante método sol-gel de nanopartículas de HAp dopadas con elementos como el europio (Eu) y samario (Sm), pertenecientes a la familia de los lantánidos. Como resultado, la HAp dopada exhibió la mejora de sus propiedades luminiscentes, además de no observarse muerte en las células empleadas, por lo que las nanopartículas se consideran potenciales agentes de bioimagen.

En otro estudio, Xie y col sintetizaron nanopartículas de HAp co-dopadas con europio/gadolinio (Eu/Gd) mediante método de coprecipitación. El nanomaterial obtenido mostró una mejora de las propiedades luminiscentes y al realizar experimentos *in vivo* e *in vitro* exhibió buena biodegradabilidad alcanzando valores de degradación de 65% después de 72 horas. Además, a partir de los ensayos *in vivo* no se observó la inducción de daño o destrucción total en las células de los tejidos analizados (Xie *et al.*, 2016).

Conclusión

En resumen, se han mostrado diferentes avances en el área de síntesis para HAp, usando fuentes no convencionales (recursos biológicos), así como la obtención de nanomateriales de HAp a partir de precursores químicos y rutas de química suave, con la finalidad de no afectar el medio ambiente.

El mundo actual requiere de materiales que estén basados en la nanotecnología mediante procedimientos que no afecten el entorno natural. La finalidad de la comunidad científica es mejorar el rendimiento en la obtención de materiales como la hidroxiapatita con una reducción de costos y consumo energético, favoreciendo su uso en un mayor número de aplicaciones. Sin duda, uno de los aspectos con mayor relevancia se encuentra en el empleo de

este biomaterial en acciones que encaminen a disminuir la huella de carbono en nuestro planeta, así como mejorar las condiciones de vida de individuos que requieran de un biomaterial que sea altamente biocompatible.

La hidroxiapatita posee un rol indiscutible en la fabricación de biomateriales para reparación y/o reemplazo del tejido músculo esquelético. Por tanto, tiene una amplia perspectiva de investigación y aplicación en el campo de la ciencia de materiales y la biomedicina. Hoy en día nuevos materiales basados en HAp forman parte de los desafíos más prometedores en cerámicas bioactivas y, en consecuencia, el esfuerzo de investigación dedicado a su desarrollo seguirá aumentando. Actualmente, el área de investigación de la HAp y sus compositos derivados tienen un amplio panorama desde aplicaciones biomédicas hasta su uso en la biorremediación ambiental.

Referencias

- Ciombor, D. Mc K., y Aaron, R. (2005). The Role of Electrical Stimulation in Bone Repair. *Foot and Ankle Clinics*, 10(4), 579–93.
- Duan, H., Wang, D., y Li, Y. (2015). Green Chemistry for Nanoparticle Synthesis. *Chemical Society Reviews*, 44(16), 5778–92.
- Elliott, J. C., Mackie, p. E. y Young, R. A. (1973). Monoclinic Hydroxyapatite. *Science* 180(4090), 1055–57.
- Ferrigno, B., Bordett, R., Duraisamy, N., Moskow, J., Arul, M., Rudraiah, S., Nukavarapu, S., Vella, A., y Kumbar, S. (2020). Bioactive Polymeric Materials and Electrical Stimulation Strategies for Musculoskeletal Tissue Repair and Regeneration. *Bioactive Materials*, 5(3), 68–85.
- Gao, F., Wang, Q., Gao, N., Yang, Y., Cai, F., Yamane, M., Gao, F., y Tanaka, H. (2017). Hydroxyapatite/Chemically Reduced Graphene Oxide Composite: Environment-Friendly Synthesis and High-Performance Electrochemical Sensing for Hydrazine. *Biosensors and Bioelectronics*, 97(March), 238–45.
- Gao, S., Sun, R., Wei, Z., Zhao, H., Li, H., y Hu, F. (2009). Size-Dependent Defluoridation Properties of Synthetic Hydroxyapatite. *Journal of Fluorine Chemistry*, 130(6), 550–56.
- Garcia-Garduño, M.V., y Reyes-Gasga, J. (2006). La hidroxiapatita, su importancia en los tejidos mineralizados y su aplicación biomédica, *TIP Revista Especializada En Ciencias Químico-Biológicas*, 9(2), 90–95.
- Gomes, D. S., Santos, A., Neves, G., Menezes, R., y Grande, C. (2019). A Brief Review on Hydroxyapatite Production and Use in Biomedicine (Uma Breve Revisão Sobre a Obtenção de Hidroxiapatita e Aplicação Na Biomedicina). *Cerâmica*, 65, 282–302.

- Hench, L. (1998). Bioceramics. *Journal of the American Ceramic Society*, 81(7), 1705–28.
- Ibrahim, M., Labaki, M., Giraudon, J.M., y Lamonier, J.F. (2020). Hydroxyapatite, a Multifunctional Material for Air, Water and Soil Pollution Control: A Review. *Journal of Hazardous Materials*, 383, 121–39.
- Iulian Vasile A., ed. (2016). *Handbook of Bioceramics and Biocomposites*. 1st ed. Springer, Cham.
- Jia, L., Wei, X., Lv, L., Zhang, X., Duan, X., Xu, Y., Liu, K., y Wang, J. (2018). Electrodeposition of Hydroxyapatite on Nickel Foam and Further Modification with Conductive Polyaniline for Non-Enzymatic Glucose Sensing. *Electrochimica Acta*, 280, 315–22.
- Kanchana, P., Lavanya, N., y Sekar, C. (2014). Development of Amperometric L-Tyrosine Sensor Based on Fe-Doped Hydroxyapatite Nanoparticles. *Materials Science and Engineering C*, 35(1), 85–91.
- Kay, M. I., y Young, R. A. (1964). Crystal Structure Hydroxyapatite. *NATURE*, 204, 1050–52.
- Koutsopoulos, S. (2002). Synthesis and Characterization of Hydroxyapatite Crystals: A Review Study on the Analytical Methods. *Journal of Biomedical Materials Research*, 62(4), 600–12.
- Lizarde, M.A., (2007). Sustitutivos de tejidos: de los biomateriales ala ingeniería-tisular, *Rev.R.Acad. Cienc. Exact. Fis. Nat. (Esp)*, 101(1), 227–49.
- Londoño, M.E., Echaverria, A., y De la Calle, F. (2006). Características Cristaloquímicas de La Hidroxiapatita Sintetica Tratada a Diferentes Temperaturas. *Revista Escuela de Ingeniería de Antioquia*, 5, 109–18.
- Lu, L., Zhang, L., Zhang, X., Huan, S., Shen, G., y Yu, R. (2010). A Novel Tyrosinase Biosensor Based on Hydroxyapatite-Chitosan Nanocomposite for the Detection of Phenolic Compounds. *Analytica Chimica Acta*, 665(2), 146–51.
- Ma, G., y Yang Liu, X. (2009). Hydroxyapatite: Hexagonal or Monoclinic? *Crystal Growth and Design*, 9(7), 2991–94.
- Mene, R.U., Mahabole, M.P., y Khairnar, R.S. (2011). Surface Modified Hydroxyapatite Thick Films for CO₂ Gas Sensing Application: Effect of Swift Heavy Ion Irradiation. *Radiation Physics and Chemistry*, 80(6), 682–87.
- Mene, R.U., Mahabole, M.P., Mohite, K.C., y Khairnar, R.S. (2014). Fe Doped Hydroxyapatite Thick Films Modified via Swift Heavy Ion Irradiation for CO and CO₂ Gas Sensing Application. *Journal of Alloys and Compounds*, 584, 487–93.
- Minardi, S., Taraballi, F., Cabrera, F.J., Van Eps, J., Wang, X., Gazze, S.A., Fernandez-Mourev, J.S., Tampieri, A., Francis, L., Weiner, B.K., y Tasciotti, E. (2019). Biomimetic Hydroxyapatite/Collagen Composite Drives Bone Niche Recapitulation in a Rabbit Orthotopic Model. *Materials Today Bio*, 2(April), 100005.
- Mondal, S., Dorozhkin, S.V., y Pal, U. (2018). Recent Progress on Fabrication and Drug Delivery Applications of Nanostructured Hydroxyapatite.

Wiley *Interdisciplinary Reviews: Nanomedicine and Nanobiotechnology*, 10(4), 1–32.

Narwade, V.N., Bogle, K.A., y Kokol, V. (2021). Hydrothermally Synthesized Hydroxyapatite Cellulose Composites Thick Films as Ammonia Gas Sensor. *Emergent Materials* (0123456789).

Narwade, V.N., Pottathara, Y.B., Begum, S., Lakhane, M.A., Tiyyagura, H.R., Khairnar, R.S., y Bogle, K.A. (2021). Nanostructured Hydroxyapatite Biomaterial as Gas Sensor. Elsevier Inc.

Nayak, A.K. (2009). Hydroxyapatite Synthesis Methodologies: An Overview. *Proceedings-Design Automation Conference*, 2(2), 903–7.

Petrisor, B., y Lau, J. (2005). Electrical Bone Stimulation: An Overview and Its Use in High Risk and Charcot Foot and Ankle Reconstructions. *Foot and Ankle Clinics*, 10(4), 609–20.

Posner, A. S., Perloff, A., y Diorio, A. F. (1958). Refinement of the Hydroxyapatite Structure. *Acta Crystallographica*, 11(4), 308–9.

Prakasam, M., Locs, J., Salma-Ancane, K., Loca, D., Largeteau, A., y Berzina-Cimdina, L. (2015). Fabrication, Properties and Applications of Dense Hydroxyapatite: A Review. *Journal of Functional Biomaterials*, 6(4), 1099–1140.

Reddy, M. P., Venugopal, A., y Subrahmanyam, M. (2007). Hydroxyapatite Photocatalytic Degradation of Calmagite (an Azo Dye) in Aqueous Suspension. *Applied Catalysis B: Environmental*, 69(3–4), 164–70.

Savaris, D., De Matos, R., y Lindino, C.A. (2018). Degradation of 17 α -Methyltestosterone by Hydroxyapatite Catalyst. *Revista Ambiente e Agua*, 9(3), 445–58.

Sequeda, L.G., Díaz, J.M., Gutiérrez, S.J., Perdomo, S.J., y Gómez, O.L. (2012). Obtención de Hidroxiapatita Sintética Por Tres Métodos Diferentes y Su Caracterización Para Ser Utilizada Como Sustituto Óseo. *Revista Colombiana de Ciencias Químico – Farmacéuticas*, 41(1), 50–66.

Shi, H., Zhou, Z., Li, W., Fan, Y., Li, Z., y Wei, J. (2021). Hydroxyapatite Based Materials for Bone Tissue Engineering: A Brief and Comprehensive Introduction. *Crystals*, 11(2), 1–18.

Siddiqui, H.A., Pickering, K.L., y Mucalo, M.R. (2018). A Review on the Use of Hydroxyapatite– Carbonaceous Structure Composites in Bone Replacement Materials for Strengthening Purposes. *Materials*, 11(10), 1–32.

Sun, Y., Guo, G., Wang, Z., y Guo, H. (2006). Synthesis of Single-Crystal HAP Nanorods. *Ceramics International*, 32(8), 951–54.

Tanaka, H., Tsuda, E., Nishikawa, H., y Fuji, M. (2012). FTIR Studies of Adsorption and Photocatalytic Decomposition under UV Irradiation of Dimethyl Sulfide on Calcium Hydroxyapatite. *Advanced Powder Technology*, 23(1), 115–19.

Vallet-regí, M. (2011). Biocerámicas: Evolución y Aplicaciones. *Real Sociedad Española de Química*, 107(1), 28–35.

Vallet-Regí, María, and José María González-Calbet. 2004. “Calcium Phosphates as Substitution of Bone Tissues.”

Progress in Solid State Chemistry, 32(1-2), 1-31.

W. Paul, y Sharma, Ch.P. 2001. Porous Hydroxyapatite Nanoparticles for Intestinal Delivery of Insulin. *Trends in Biomaterials & Artificial Organs* 14(August), 37-38.

Xie, Y., He, W., Li, F., Perera, T., Gan, L., Han, Y., Wang, X., Li, S., y Dai, H. (2016). Luminescence Enhanced Eu³⁺/Gd³⁺ Co-Doped Hydroxyapatite Nanocrystals as Imaging Agents in Vitro and in Vivo. *ACS Applied Materials and Interfaces*, 8(16), 10212-19.

Xin, Y., Ando, Y., Nakagawa, S., Nishikawa, H., y Shirai, T. (2020). New Possibility of Hydroxyapatites as Noble-Metal-Free Catalysts towards Complete Decomposition of Volatile Organic Compounds. *Catalysis Science and Technology*, 10(16), 5453-59.

Xin, Y., y Shirai, T. (2021). Noble-Metal-Free Hydroxyapatite Activated by Facile Mechanochemical Treatment towards Highly-Efficient Catalytic Oxidation of Volatile Organic Compound. *Scientific Reports*, 11(1), 1-13.

Xing, Y., Liu, S., Luo, X., Wan, W., Wan, J., Zhang, T., Chen, W., y Huang, Q. (2021). Efficient Immobilization of Cd²⁺ by Nanoscale Carbonate Hydroxyapatite Synthesized by Ureolytic Bacteria. *Journal of Cleaner Production*, 279, 123619. DOI: 10.1016 / j.jclepro.2020.123619

Yang, Z., Shang, X., Zhang, C., y Zhu, J. (2014). Photoelectrochemical Bilirubin Biosensor Based on Fe₃O₄/Hydroxyapatite/Molecularly Imprinted Polypyrrole Nanoparticles. *Sensors and Actuators, B: Chemical*, 201, 167-72.

Ying, R., Sun, L., Li, Q., Fu, C., y Chen, K. (2019). Synthesis of Ultralong Hydroxyapatite Micro/Nanoribbons and Their Application as Reinforcement in Collagen Scaffolds for Bone Regeneration. *Ceramics International*, 45(5), 5914-21.

Yu, D., Wong, J., Matsuda, Y., Fox, J.L., Higuchi, W.I., y Otsuka, M. (1992). Self-setting Hydroxyapatite Cement: A Novel Skeletal Drug-delivery System for Antibiotics. *Journal of Pharmaceutical Sciences*, 81(6), 529-31.

Zantye, p., Fernandes, F., Ramanan, S. R., y Kowshik, M. (2019). Rare Earth Doped Hydroxyapatite Nanoparticles for In Vitro Bioimaging Applications. *Current Physical Chemistry*, 9(2), 94-109.

Reseña de los autores

Ana Karen Sánchez Hernández

Estudiante de Doctorado en Dispositivos Semiconductores del Instituto de Ciencias de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Maestra en Dispositivos Semiconductores. Egresada de la licenciatura en Químico Farmacobiólogo (BUAP). Principal línea de investigación enfocada a la síntesis y caracterización de materiales nanoestructurados a base de hidroxiapatita y óxido de titanio para su aplicación en reemplazo o reparación de tejido óseo. Cuenta con publicaciones en revistas indizadas. Participación en diversos congresos nacionales e internacionales con la obtención del premio a mejor tesis nivel Maestría y mejor trabajo en modalidad poster.

José Javier Ruíz Osorio

Estudiante de la Maestría en Dispositivos Semiconductores del Instituto de Ciencias de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Egresado de la licenciatura en Químico Farmacobiólogo (BUAP). Línea de investigación enfocada a la preparación y caracterización de dióxido de titanio (TiO_2), así como su aplicación en el área microbiológica. Su trabajo se ha presentado en diversos congresos nacionales e internacionales.

María Josefina Robles Águila

Doctorado en Ciencias en la especialidad de Ciencia de Materiales. Profesora investigadora del Instituto de Ciencias de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, miembro del Sistema Nacional de Investigadores SNI I, y perfil deseable PRODEP. Su línea de generación del conocimiento está enfocada en la preparación y caracterización de materiales avanzados (óxidos metálicos semiconductores, bioce-rámicos y composites) con aplicaciones en ingeniería ambiental y regeneración de tejido óseo. Los materiales estudiados han sido empleados como detectores de radiación, sensores de gases, agentes de imagen, fotocatalizadores, adsorbentes y agentes de regeneración de tejido. Cuenta con publicaciones en revistas indizadas.



METODOLOGÍA PARA IMPLEMENTAR PROCESOS DE BIORREFINERÍA PARA EL APROVECHAMIENTO INTEGRAL DE LOS RECURSOS AGRÍCOLAS

María Leticia Ramírez Castillo, Misael Murillo Murillo, Luis Felipe Pérez Hidalgo

Introducción

México es un país agrícola en el que se produce una gran cantidad de cultivos. De acuerdo con el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP, 2021), organismo administrativo desconcentrado de la actual Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER), en el país se producen poco más de 300 diferentes tipos de cultivos en el año agrícola, contando cíclicos y perennes en las modalidades de riego y temporal. El SIAP contiene estadísticas anuales de los cultivos desde 1980 y con los años se mantienen casi todos los cultivos reportados. En el año 2020, los estados que destacan por su valor de producción agrícola representan cerca del 50% del valor nacional, que es de 630 933 millones de pesos. Entre ellos se encuentran: Michoacán, Jalisco, Sinaloa, Sonora y

Veracruz. En lo que respecta a la superficie en hectáreas sembradas y cosechadas, destacan los estados de Veracruz, Chiapas, Jalisco, Tamaulipas y Zacatecas. Con relación a los tipos de cultivos, los primeros seis, que sumaron cerca del 50% del valor de producción agrícola, son maíz en grano, aguacate, caña de azúcar, chile verde, agave y jitomate.

Sin embargo, cuando hay sobreproducción muchos cultivos se desperdician, al no poder comercializarlos en fresco por su bajo costo debido a la oferta excesiva o por su baja calidad, produciendo gran cantidad de biomasa residual. Esta es considerada como residuo orgánico o basura porque no se destina a procesamiento industrial y por su rápida descomposición. Asimismo, se generan residuos orgánicos del producto consumido en fresco (que llegan a representar hasta el 50%) al procesar

industrialmente e incluso durante su cosecha (se desecha por no tener la calidad deseada). Lo anterior da una idea de la biomasa potencial que puede utilizarse para una biorrefinería. Por ello, es imperativo el desarrollo de procesos tecnológicos para diferentes cultivos que se desperdician y así aprovecharlos íntegramente.

Esta necesidad se alinea con las tendencias actuales de aprovechamiento integral de los recursos agrícolas, mediante un proceso integral llamado *biorrefinería*, la cual se define como un centro que conjunta procesos y equipos de conversión de biomasa para obtener diversos productos biotecnológicos. El concepto de *biorrefinería* es análogo al de refinación del petróleo, ya que con esta mezcla de hidrocarburos se obtienen múltiples combustibles y productos. Como derivación, las biorrefinerías industriales han sido identificadas como la vía más prometedora para la creación de una nueva industria de base biotecnológica. Por consiguiente, el objetivo de este capítulo es proponer una metodología para implementar procesos de biorrefinería para el aprovechamiento de los recursos agrícolas. Se toma como ejemplo el cultivo del nopal, materia prima que se desperdicia cuando hay sobreproducción. Así, se expone la metodología de la propuesta que permitirá establecer el proceso general y los procesos que lo componen, estableciendo las operaciones necesarias para su transformación, sin olvidar incluir el tratamiento de los residuos generados, para desembocar en recomendaciones de uso. La metodología propuesta abarca el análisis cuantitativo, el análisis FODA, el cálculo del Indicador de Potencial de Valoración Biotecnológica, el diseño del proceso general y la ingeniería básica y de detalle.

Biorrefinería

De acuerdo con el Séptimo Programa Marco (FP7) de la Comisión Europea (2010), la biorrefinería es el procesamiento sostenible de la biomasa, en un espectro de productos de valor agregado (productos químicos, materiales, alimentos y piensos) y energía (biocombustibles, energía y calor). Así, una biorrefinería se define como el proceso de transformación de los recursos biológicos de forma segura y sostenible en productos que requiere el consumidor como son: alimentos, químicos, materiales y combustibles, entre otros. Esta conversión debe incluir el tratamiento de los residuos generados durante el proceso. Entiéndase como biomasa cualquier materia prima de origen orgánico.

Las biorrefinerías han sido consideradas en el Séptimo Programa Marco de la Comisión Europea, en la *Task 42 on Biorefineries de la International Energy Agency* y también por el *National Renewable Energy Laboratory* de USA (Van Ree y van Zeeland, 2014). Por supuesto que tales instalaciones, *facility*, deben estar acordes con las políticas de Seguridad Alimentaria y las acciones establecidas por el Protocolo de Kyoto (Naciones Unidas, 1998) y por el Acuerdo de París sobre cambio climático (2015) en el marco de la lucha por evitar los efectos peligrosos del cambio climático, reflejados en el calentamiento global. Cabe mencionar que en Europa hay disposiciones legales para que los cultivos destinados a la alimentación no entren en una biorrefinería. Para ello se deben usar sus residuos o bien cultivos destinados para tal efecto que no sean alimenticios; en EUA aun no hay restricciones y en México tampoco se han contemplado.

Al producir múltiples bienes, una biorrefinería aprovecha los componentes e intermediarios y maximiza el valor derivado de las operaciones de refinación. Actualmente se considera, más allá de las tendencias biotecnológicas en boga, como la evolución natural de cualquier unidad industrial que transforme la biomasa. Empero, para elegir el residuo que irá a una biorrefinería, se recomienda calcular el Indicador de Potencial de Valorización Biotecnológica, IPVVB. Este indicador es una métrica que puede ser usada para determinar el grado de idoneidad de los materiales lignocelulósicos como materia prima en el marco de una biorrefinería, ya que identifica sus oportunidades y limitaciones mediante factores determinantes de origen biológico y fisicoquímico, económico, tecnológico y geográfico (Duarte *et al.*, 2007). Vale mencionar que los materiales lignocelulósicos están compuestos por celulosa, hemicelulosa y lignina. Ejemplos de este tipo de materiales son la madera, el trigo, el maíz, entre otros.

Cultivo del nopal

A nivel mundial, México es el principal productor de nopal fresco para consumo humano, con cerca de 12 600 hectáreas cultivadas y una producción de 650 000 toneladas en lo que lleva del año hasta julio de 2021 (SIAP, 2021). Los principales competidores en este renglón son China y Brasil, siendo este último el principal productor mundial de nopal forrajero (FAO, 2018). La Figura 1 muestra la producción de nopal de los 27 estados del país que lo

cultivan. Puebla ocupa el cuarto lugar en producción y destaca Morelos con el primer lugar.

Además, existen diversas especies de nopal para usos varios. El nopal verdura se utiliza para consumo humano, el nopal forrajero para alimento de ganado, el nopal tunero para el cultivo de tunas y también existe un nopal para el cultivo del colorante rojo orgánico denominado grana cochinilla (FAO, 2018). Al nopal se le clasifica dentro de las hortalizas y constituye parte esencial de la dieta de los mexicanos. Además, como consta en las patentes y artículos encontrados, se le han descubierto distintas aplicaciones, entre las que se encuentran una cotizada gama de aditivos naturales (gomas, colorantes) para las industrias alimentaria, farmacéutica y cosmética; hasta su uso en la producción de energéticos (biogás, bioetanol, combustión directa, entre otros).

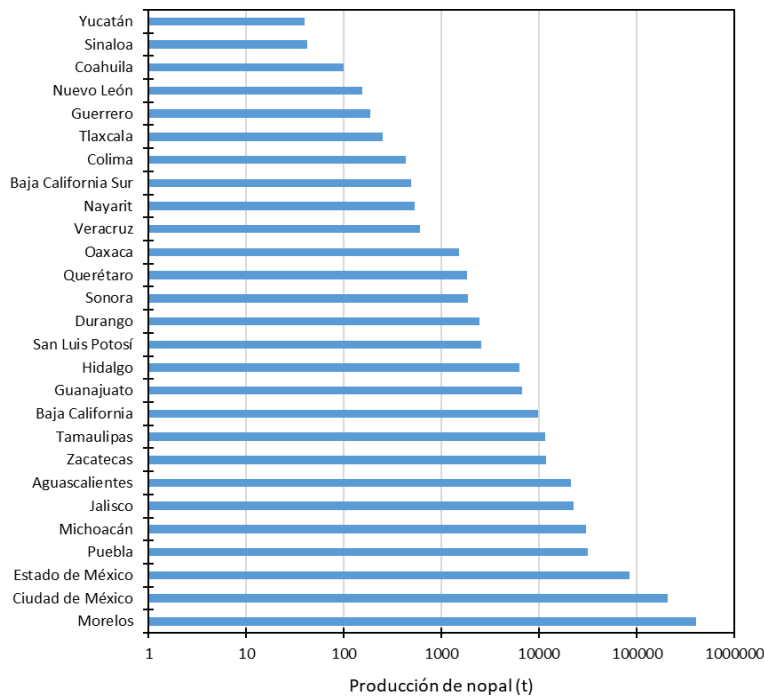


Figura 1. Producción de nopal en toneladas, para los 27 estados de la República Mexicana donde se cultivó en el año 2020 (SIAP-SAGARPA, 2021).

No menos importante es su papel cultural para los mexicanos, ya que desde épocas prehispánicas forma parte del mito fundacional de México-Tenochtitlan que, según las tradiciones indígenas, tuvo lugar en una isla en el lago de Texcoco en 1325, donde nuestros antepasados mexicas vieron un águila posada sobre un nopal devorando una serpiente que, emblemáticamente, se plasmó en el escudo nacional de México como uno de los símbolos patrios.

Pese a la importancia del nopal, actualmente su explotación y procesamiento han dejado pendiente o incompleta la valorización económica que merece, debido a una serie de condiciones socioeconómicas, tales como cambios en los hábitos generales de consumo alimenticio de nuestra sociedad y el consecuente relegamiento del empleo de ciertos productos vegetales en la dieta cotidiana, así como de la disminución en el consumo de numerosos alimentos tradicionales de nuestro país.

En efecto, los productos vegetales frescos pierden terreno ante los procesados, que están disponibles todo el año bajo diferentes presentaciones y que tienen mayor valor agregado, no solo en el mercado nacional sino en el mundial.

La acumulación de cantidades considerables de desechos de nopal es una consecuencia de dicha actividad. Este nopal residual que no se puede comercializar es biomasa potencial que puede utilizarse en biorrefinería para diseñar procesos productivos; opción actualmente relevante que comienza a aplicarse en numerosos países para diversos cultivos y sus residuos, independientemente de su grado de desarrollo, como parte del aprovechamiento de sus recursos agropecuarios (Ng et al., 2016).

Análisis cienciométrico y vigilancia tecnológica

De acuerdo con Cardona-Román y Sánchez-Torres (2017), el análisis cienciométrico es una revisión documental que proporciona un panorama de la investigación realizada sobre un tema específico, en su caso del *e-learning*; las autoras adaptaron su metodología de la de Michán y Muñoz (2013). Su análisis cienciométrico incluye las etapas de: i) recuperación (selección de las fuentes de información y recursos); ii) migración (extracción, carga, tratamiento y limpieza de datos); iii) análisis (procesamiento cuantitativo de la literatura); iv) visualización (obtención de figuras, gráficos, esquemas y mapas que reflejen las tendencias y los resultados de los análisis aplicados); e v) interpretación (contextualización e interpretación de los resultados para establecer tendencias de investigación, influencias y comparaciones teóricas).

Esta metodología implica el uso de la vigilancia tecnológica. Según la Norma Española UNE 166000:2006 (Norma Española UNE 166000, 2006; UNE Normalización Española, 2021) es un proceso que permite obtener información sobre ciencia y tecnología; el proceso debe ser organizado, selectivo y sistemático para poder seleccionar, analizar y comunicar la información. Así, el conocimiento generado permitirá la toma de decisiones adecuada y la predicción de los cambios. En dicha norma, la vigilancia tecnológica forma parte de la vigilancia estratégica. En la Tabla 1 se presentan las principales bases de datos utilizadas y su sitio web, se incluyen patentes y artículos.

Nombre	Descripción	Página Web
IMPI	Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial	http://www.gob.mx/imp
USPTO	Base de datos de patentes, Estados Unidos	https://www.uspto.gov/
ESP@CENET	Base de datos de la EPO (Oficina Europea de Patentes)	https://worldwide.espacenet.com/
LATIPAT - ESP@CENET	Base de datos de patentes publicadas de Latinoamérica	http://lp.espacenet.com/
PATENTSCOPE	Base de datos de aplicaciones de patentes internacionales de la OMPI (WIPO)	https://patentscope.wipo.int/search/es/advancedSearch.jsf
WIPO (OMPI)	<i>World Intellectual Property Organization</i> (Organización Mundial de la Propiedad Industrial)	http://www.wipo.int/portal/en/
WIPO (OMPI)	Base Mundial de Datos sobre Marcas	https://patentscope.wipo.int/search/es/result.jsf
EBSCO host	Base de datos de artículos científicos	https://www.ebsco.com/

Tabla 1. Base de datos utilizadas en este trabajo

Fuente: Elaboración propia

Metodología propuesta para implementar una Biorrefinería

La metodología propuesta para el desarrollo de una biorrefinería a partir de un cultivo y sus residuos, se muestran en la Figura 2. Las etapas son:

- 1) **Análisis cienciométrico.** Comprende la vigilancia tecnológica y el análisis de tendencias.
 - La vigilancia tecnológica se lleva a cabo consultando las bases de datos de patentes, artículos, libros, entre otros; se busca el nombre común, el nombre científico o sus combinaciones adecuadas con un conector lógico.
 - El análisis de tendencia se obtiene de las patentes y artículos más recientes.
- 2) **Análisis FODA.** Es el análisis de fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas, que se debe hacer para el cultivo elegido.

- 3) Cálculo del Indicador de Potencial de Valorización Biotecnológica (IPVB). Este indicador agrupa el impacto de cuatro factores (biológico y fisicoquímico, económico, tecnológico y geográfico) que influyen en la decisión de usar al cultivo y sus residuos para una biorrefinería.
- 4) Diseño del proceso general y los procesos de los productos seleccionados que lo componen. Se establece a partir de la metodología experimental a diferentes escalas.
- 5) Ingeniería Básica y de Detalle. Comprende la elaboración de diagramas de proceso, los balances de masa y energía, las especificaciones del equipo, el costo de capital entre otros puntos.



Figura 2. Etapas de la Metodología propuesta para implementar una Biorrefinería

Fuente: Elaboración propia

Desarrollo de la Metodología para la Biorrefinería del nopal

El análisis cienciométrico arroja resultados de tipo cualitativo y cuantitativo, que permiten determinar el estado de la investigación correspondiente al nopal y las tendencias. Se fundamentó en la información obtenida de las bases de datos de patentes y artículos para el nopal. La vigilancia tecnológica del nopal se realizó usando *Opuntia ficus* y nopal como términos de búsqueda. El

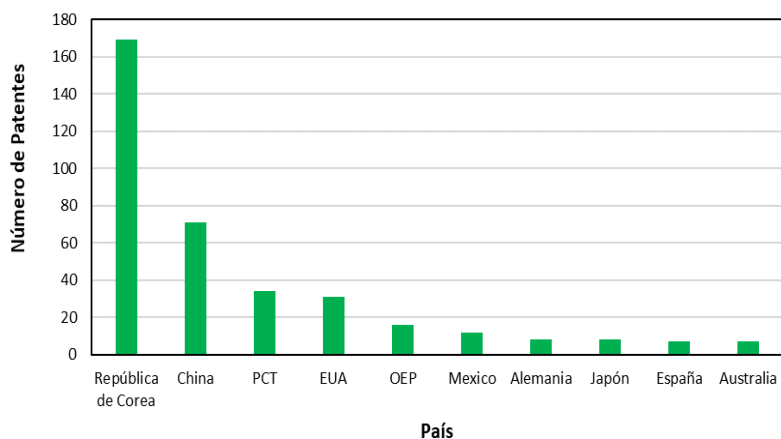


Figura 3. Número de patentes por país entre 2012-2021, término utilizado *Opuntia ficus*; PCT: Tratado de Cooperación en materia de Patentes, OEP: Oficina Europea de Patentes (WIPO, 2021).

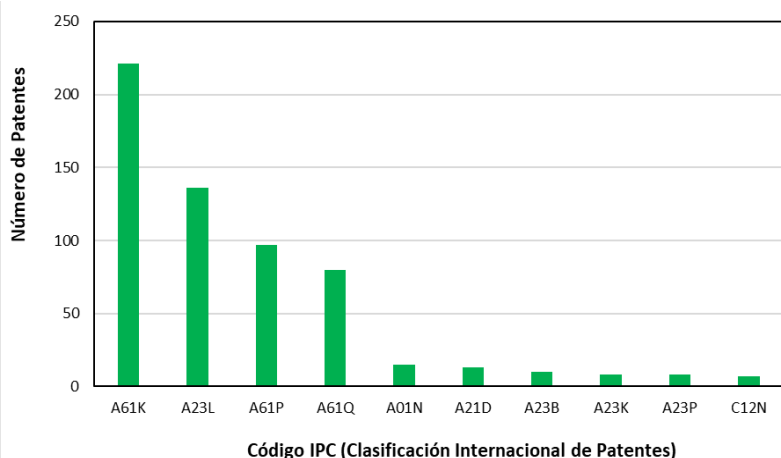


Figura 4 Número de patentes por Código IPC para el período 2012-2021, término utilizado *Opuntia ficus* (WIPO, 2021).

primer término que corresponde al nombre científico del nopal desplegó resultados más numerosos en todas las bases de datos. En la base de datos de patentes a nivel mundial WIPO, se encontraron 411 patentes o solicitudes de patente relacionadas con el término *Opuntia ficus* entre los años 2012-2021 y en la base de datos de patentes de México, Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (IMPI), se encontraron 180 patentes desde 1913 con el mismo término. Se analizaron los resultados de *Patentscope* de la WIPO (2021) que fueron los más numerosos.

En la Figura 3 se observan los países que contribuyeron con más patentes de nopal entre 2012-2021, siendo los tres primeros: la República de Corea con 169 patentes, China con 71 y el PCT (Tratado de Cooperación en materia de Patentes que cuenta actualmente con 153 países contratantes) con 34. México se encuentra en el sexto lugar con 12 patentes. Cabe destacar, que cuando se busca el término nopal en la WIPO se encontraron 180 patentes, con México en primer lugar con 87.

El número de patentes de nopal por Código IPC, Clasificación Internacional de Patentes (International Patent Classification) se muestra en la Figura 4, y en la Tabla 2 se detallan las principales características. Destacan las patentes relacionadas con las necesidades humanas, cuya aplicación es en alimentos, medicina e higiene.

Nombre	Esquema	Aplicación	Descripción
A61K	Necesidades humanas Salud; producto que salva vidas; diversión	Ciencia médica o veterinaria; higiene	Preparaciones para uso médico, dental o de aseo
A23L	Necesidades humanas Productos alimenticios; tabaco	Alimentos, productos alimenticios o bebidas no alcohólicas,	Cocción, modificación de las cualidades nutritivas, tratamiento físico; conservación de alimentos o productos alimenticios, en general
A61P	Necesidades humanas Salud; producto que salva vidas; diversión	Ciencia médica o veterinaria; higiene	Actividad terapéutica específica de compuestos químicos o preparaciones medicinales
A61Q	Necesidades humanas Salud; producto que salva vidas; diversión	Ciencia médica o veterinaria; higiene	Uso específico de cosméticos o preparaciones similares para aseo

Tabla 2. Características del Código IPC de la mayoría de las patentes relacionadas con el nopal, período 2012-2021 (WIPO, 2021)

Respecto al año de publicación de las patentes, la Figura 5 presenta el histórico del período 2012 al 2021 hasta la fecha. Las tendencias en el período 2013-2017 iban al alza, disminuyendo en el 2018 y repuntando nuevamente en 2019. En el 2017 hubo una mayor publicación.

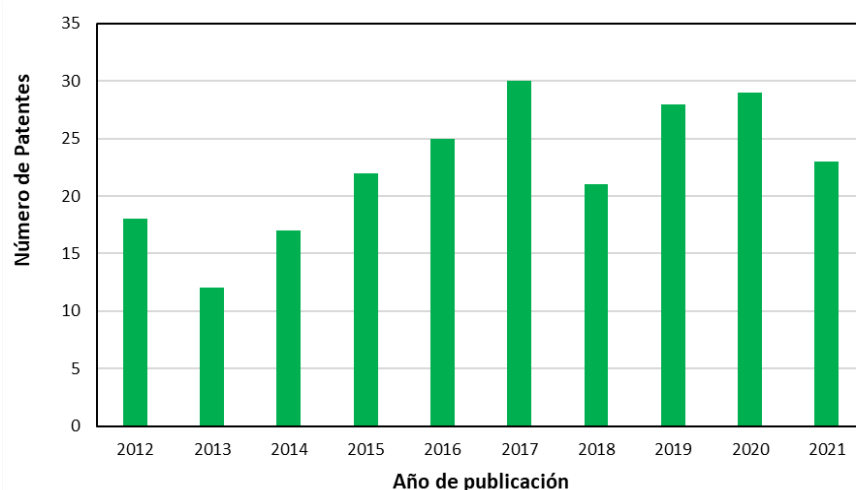


Figura 5. Número de patentes por año de publicación, término utilizado *Opuntia ficus* (WIPO 2021).

Análisis de tendencia

Por lo que se refiere al análisis de tendencia, la Figura 6 presenta los productos elaborados a partir del nopal de acuerdo con las patentes encontradas en WIPO entre 2012-2021 y artículos científicos del EBSCO desde 1984-2021. De estos últimos se encontraron poco cerca de 24 000 relacionados con *Opuntia ficus* y de 10 000 para el término nopal. Los productos se clasificaron de acuerdo a la industria correspondiente observándose la gran versatilidad que tiene el nopal.

Comúnmente los residuos orgánicos se usan para composta, sobre todo si se generan en grandes cantidades, ya que es una de las estrategias menos costosa y más viable. Otra alternativa de utilización es la digestión anaerobia, proceso de degradación de la materia orgánica que produce biogás y bioabono (también llamado biol). Además de ser de bajo costo, es ambientalmente sustentable, con ventaja de que el biogás producido se usa como combustible si se produce en gran cantidad y es de buena calidad (alto contenido de metano), y el bioabono como fertilizante por su alto contenido de nutrientes (Chanakya y Malayil, 2012).

La Tabla 3 muestra las patentes encontradas de digestión anaerobia del nopal. Son recientes y son tres; solo hubo una de composta. Asimismo, solo se encontraron dos artículos de producción de biogás por co-digestión con nopal y estiércol; de producción de bioetanol con nopal se encontraron cuatro artículos, como se observa en la Tabla 4.

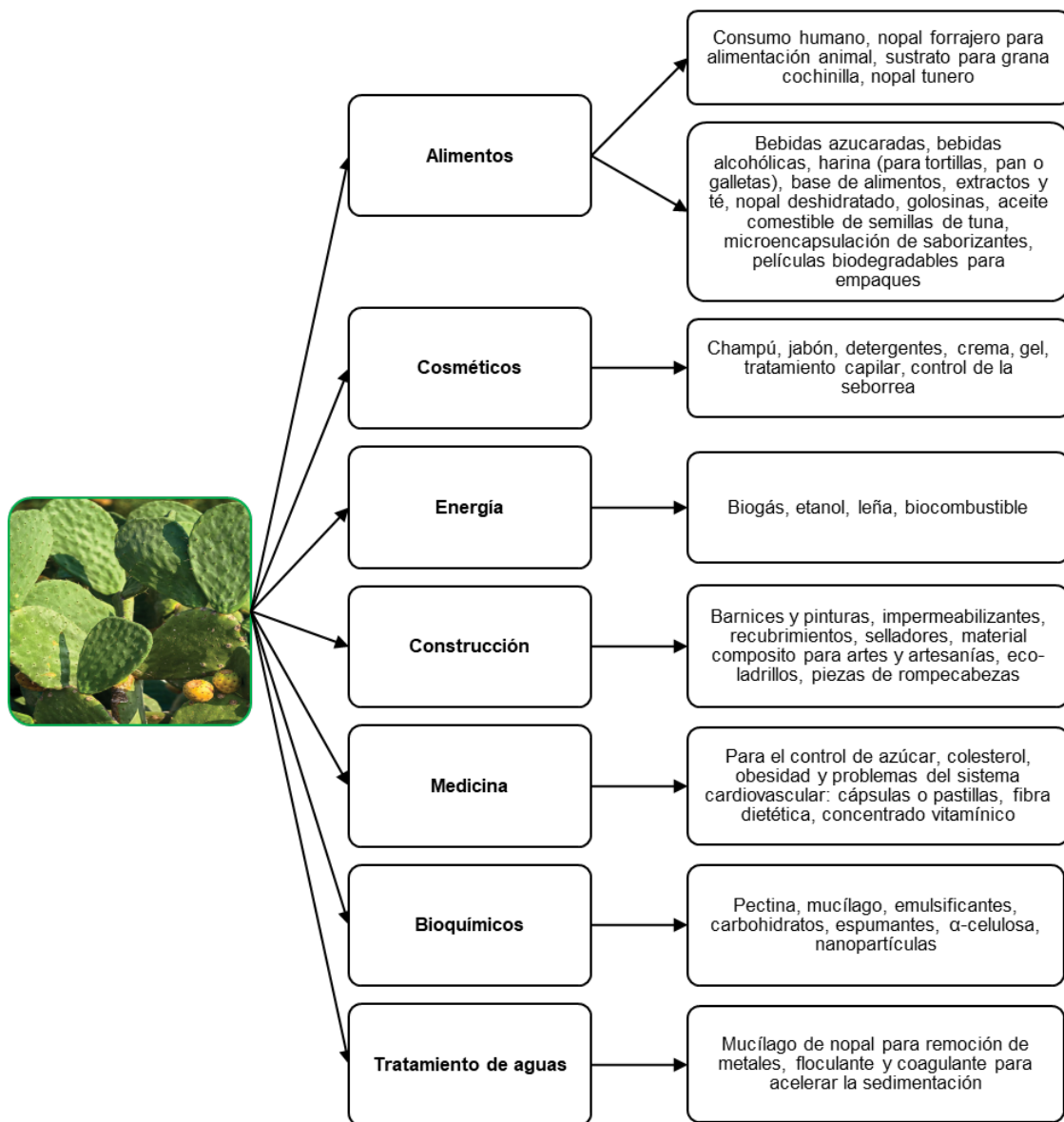


Figura 6. Principales productos obtenidos con nopal de acuerdo a las fuentes consultadas de patentes y artículos entre otros (Sáenz *et al.*, 2006, WIPO, 2021, Saravia, 2021).

Autor	Título del artículo	Revista
Industria		
Arvizu (2015)	Producción de biogás con nopal.	<i>Tendencia tecnológica. Boletín IIE</i> , abril-junio, pp.64-72
Ramírez-Arpide et al. (2018)	<i>Life cycle assessment of biogas production through anaerobic co-digestion of nopal cladodes and dairy cow manure.</i>	<i>Journal of Cleaner Production</i> , 172, 2313-2322
Alencar et al. (2018)	<i>Enzymatic hydrolysis of cactus pear varieties with high solids loading for bioethanol production.</i>	<i>Bioresource Technology</i> , 250, 273–280.
Kuloyo et al. (2014)	<i>Opuntia ficus-indica cladodes as feedstock for ethanol production by Kluyveromyces marxianus and Saccharomyces cerevisiae</i>	<i>World Journal of Microbiology & Biotechnology</i> , 30(12), 3173–3183
Owen y Griffiths (2014)	<i>Marginal land bioethanol yield potential of four crassulacean acid metabolism candidates (Agave fourcroydes, Agave salmiana, Agave tequilana and Opuntia ficus-indica) in Australia.</i>	<i>GCB Bioenergy</i> , 6(6), 687–703. https://doi.org/10.1111/gcbb.12094
Sánchez et al. (2012)	<i>Assessment of the bioethanol potential of prickly pear (Opuntia ficus-indica (L.) Mill.) biomass obtained from regular crops in the province of Almeria (SE Spain)</i>	<i>Israel Journal of Plant Sciences</i> , 60(3), 301–318. https://doi.org/10.1560/IJPS.60.1.301

Tabla 3. Patentes de interés relacionadas con el nopal (WIPO, 2021)

Autor		
Autor	Título del artículo	Revista
Arvizu (2015)	Producción de biogás con nopal.	<i>Tendencia tecnológica. Boletín IIE</i> , abril-junio, pp.64-72
Ramírez-Arpide et al. (2018)	<i>Life cycle assessment of biogas production through anaerobic co-digestion of nopal cladodes and dairy cow manure.</i>	<i>Journal of Cleaner Production</i> , 172, 2313-2322

Alencar et al. (2018)	<i>Enzymatic hydrolysis of cactus pear varieties with high solids loading for bioethanol production.</i>	<i>Bioresource Technology</i> , 250, 273–280.
Kuloyo et al. (2014)	<i>Opuntia ficus-indica cladodes as feedstock for ethanol production by Kluyveromyces marxianus and Saccharomyces cerevisiae</i>	<i>World Journal of Microbiology & Biotechnology</i> , 30(12), 3173–3183
Owen y Griffiths (2014)	<i>Marginal land bioethanol yield potential of four crassulacean acid metabolism candidates (Agave fourcroydes, Agave salmiana, Agave tequilana and Opuntia ficus-indica) in Australia.</i>	<i>GCB Bioenergy</i> , 6(6), 687–703. https://doi.org/10.1111/gcbb.12094
Sánchez et al. (2012)	<i>Assessment of the bioethanol potential of prickly pear (Opuntia ficus-indica (L.) Mill.) biomass obtained from regular crops in the province of Almeria (SE Spain)</i>	<i>Israel Journal of Plant Sciences</i> , 60(3), 301–318. https://doi.org/10.1560/IJPS.60.1.301

Tabla 4. Artículos de producción de biogás con co-digestión de nopal y estiércol (EBSCO 2021)

Análisis FODA

Con base en la información anterior y en los reportes de Cortés-Domínguez (2009) y Saravia (2021), se realizó el Análisis FODA del cultivo y uso del nopal, que considera los aspectos económicos, sociales y políticos (Tabla 5). Se observa que la situación general del nopal justifica la exploración de formas de procesamiento que impulsen su valorización como material de partida para una serie de productos comercialmente interesantes en varios rubros agroindustriales, de modo que no lo limiten a su consumo en fresco.

Criterios	
Criterios	Descripción
Fortalezas	- La superficie total de México es de 1,964,375 km² o 195 millones de ha de las cuales se han sembrado un total de 3,778,769 ha, considerando todos los cultivos hasta julio de 2021. - México es el principal país consumidor, exportador y productor de nopal verdura del mundo; se sembraron 12,618.30 ha del cultivo reportándose 864,243.50 toneladas de producción en el 2020. - Es un vegetal que se siembra todo el año y su cultivo se ha incrementado en los últimos años. - Es una cactácea resistente a la sequía ya que tiene una alta capacidad de adsorción de agua.
Oportunidades	- El nopal tiene múltiples usos que representan oportunidades de negocio. - Hay un incremento en la demanda de nopal en el extranjero, los países que se reportan interesados son Suiza, Japón, España, Bulgaria, Ucrania, entre otros. - La demanda ha crecido por las propiedades medicinales del nopal. - EUA es el principal país importador de nopal en el mundo por la cantidad de migrantes de origen mexicano, pero hay más países donde habitan consumidores de nopal de origen mexicano.
Debilidades	- En México no existen subsidios para el campo, lo que sí sucede en otros países. - Hay poca tecnología en el cultivo del nopal y los campesinos que se dedican a su cultivo no están capacitados adecuadamente y no tienen recursos suficientes para mejorar su producción e incluso desconocen los procesos de transformación. - Los campesinos no se organizan de manera adecuada para capacitarse en nuevas tecnologías o establecer industrias con el nopal. - Se cultiva en suelos pobres y climas áridos, generalmente en zonas marginales. - Hay poca industrialización del nopal en nuestro país, incluso poca maquinaria destinada por ejemplo para eliminar las espinas. - No hay promoción suficiente del nopal como en el caso de otras materias primas.
Amenazas	- China, Brasil y Japón importaban grandes cantidades de nopal para industrializarlo, pero ahora ya lo están cultivando. - Aunque es un cultivo robusto, el nopal puede llegar a presentar plagas. - El cultivo del nopal debe priorizarse para la alimentación, se requiere un marco legal para asegurar que así sea.

Tabla 5. Análisis FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas) del cultivo y uso del nopal

Indicador de Potencial de Valorización Biotecnológica, IPVB

Por otra parte, en la Tabla 6 se observa cómo se realizó el cálculo del IPVB. Cada uno de los cuatro factores establecidos tiene varios criterios a los que se les dan valores ponderados que van del 0-3 según lo encontrado en la bibliografía para la materia prima seleccionada (Duarte *et al.*, 2007). En el caso del nopal el resultado fue de 23, valor adecuado para llevar a cabo una biorrefinería; vale señalar que el número máximo teórico es de 36.

Factores					
Factores	Criterio		Valor encontrado		Referencia
Biológicos y fisicoquímicos	Naturaleza biológica	Compuesto de polisacáridos principalmente	Herbáceo	3	Maki-Díaz et al. (2015)
	Composición macromolecular (principal o fracción relevante)	Contiene lignina, celulosa, hemicelulosa, pectina y mucílago	Hemicelulosa, celulosa, mucilagos	2	Torres et al. (2015)
	Contenido de agua (%)	90-95%	> 80%	0	Maki-Díaz et al. (2015)
	Características físicas	Materiales suaves y de alta densidad	Materiales suaves y de alta densidad	3	Maki-Díaz et al. (2015)
Económicos	Disponibilidad estacionaria	Todo el año	Todo el año	3	SAGARPA (2015), SIAP (2021)
	Valor económico	Precio por kg: \$20.00-\$30.00	Medio	2	SNIIM (2019), Fideicomiso de Riesgo Compartido (2021)
	Dependencia comercial	Es una materia prima de consumo básico y además se comercializa en diferentes formas	Alta	3	Zamora (2004), Fideicomiso de Riesgo Compartido (2021)

Tecnológicos	Tecnología aplicada corrientemente/ destino	Se utiliza como materia prima industrial para productos diversos	Materia prima industrial	0	Sáenz (2006), FAO (2021)
	Grado de desarrollo de la tecnología alcanzada	Existen diversas procesos para obtener productos algunos maduros y otros demostrativos	Demostrativa	2	Sáenz (2006), FAO (2021)
Geográficos	Cantidades disponibles totales (t/año).	824,541.06	>80,000	3	SAGARPA (2015), SIAP (2018)
	Concentración geográfica (t/ región al año)	10 820.00	<24,000	1	SAGARPA (2015)
	Restricciones políticas-legales.	En México, no existen políticas para biorrefinería	Neutral	1	INECC (2021)
IPVB				23	

Tabla 6. Cálculo del Indicador de Potencial de Valorización Biotecnológica (IPVB) para el nopal

Diseño del proceso general y los procesos que lo componen

El diseño del proceso de biorrefinería se inicia estableciendo la metodología experimental para la elaboración de los productos. Se toman como base inicial algunas de las patentes y artículos revisados eligiendo los diversos productos, que incluyan al biogás y al biol, de acuerdo con sus rendimientos e interés comercial o de aplicación. Como ejemplo, en la Figura 7 se muestra la obtención experimental del mucílago como producto del nopal, basado en Espinosa (2014). La metodología experimental debe ser reproducible y validada a diferentes escalas de acuerdo con los rendimientos esperados de los productos. Se recomienda aplicar la metodología de diseño de experimentos para encontrar las mejores condiciones de reacción. De esta forma se definen las operaciones unitarias adecuadas que conforman el proceso de

transformación del nopal y sus residuos, elaborando un Diagrama de Bloques del proceso, como el que se presenta en la Figura 7 para la obtención de mucílago. Este diagrama se debe integrar a los otros productos seleccionados que se van a producir (por ejemplo: nopal deshidratado, mermelada de nopal, fibra, etc.).

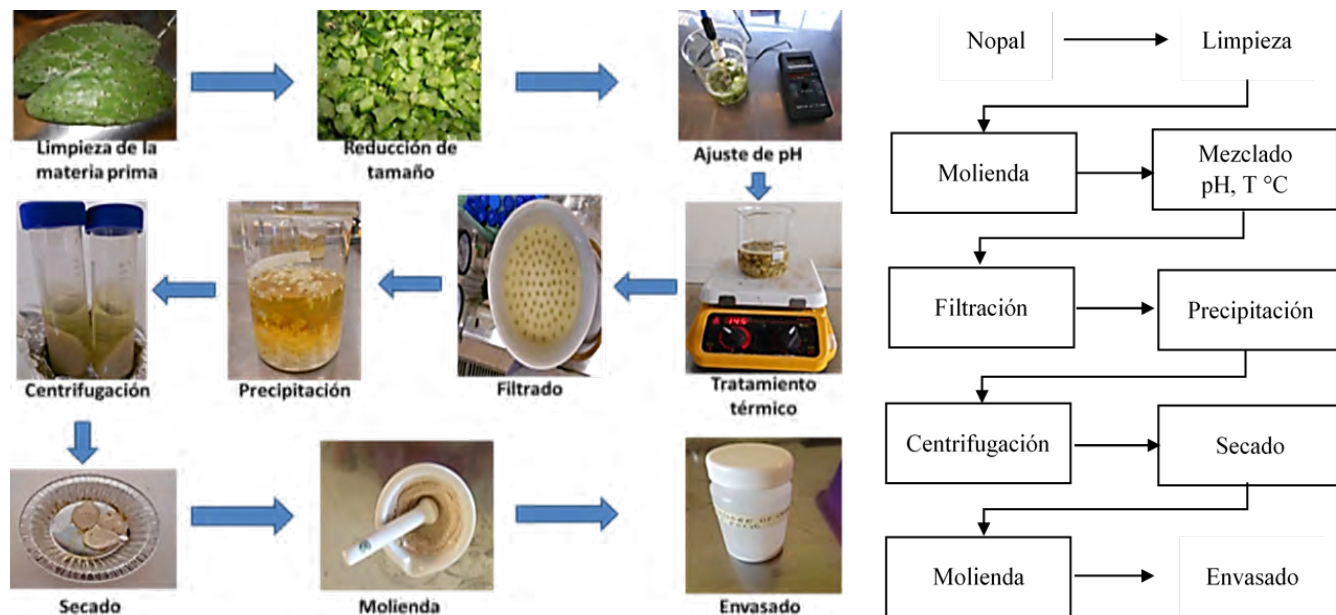


Figura 7. Proceso de obtención de mucílago de nopal, metodología experimental y diagrama de bloques

Fuente: elaboración propia

Ingeniería Básica y de Detalle

A partir del diseño del proceso general de biorrefinería, se elaboran los Diagramas de Flujo del proceso y el Diagrama de Tubería e Instrumentación (DTI) basados en normas (ISO, ANSI/ISA, DIN, etc.). El ingeniero de proceso utiliza los diagramas para mostrar la secuencia del proceso de transformación de la materia prima en productos. Estos diagramas incluyen: las operaciones unitarias y procesos químicos o bioquímicos implicados relacionando los equipos; los balances de materia y energía y la interconexión entre equipos y corrientes de proceso para lograr la transformación. Son la base de la Ingeniería Básica y de Detalle de las diferentes áreas y profesionistas que intervienen en el diseño e instalación de una planta. Posteriormente, se establecen las especificaciones del equipo y el costo de capital entre otros puntos (Towler y Sinnott, 2013).

En la Figura 8 se aprecia el proceso propuesto de digestión anaerobia del nopal que se realiza en un digestor anaerobio. A diferencia de otros residuos orgánicos, experimentos realizados en la Universidad Politécnica de Puebla mostraron que el nopal solo no puede ser utilizada en la digestión anaerobia para producir biogás. Se requiere de co-digestión con estiércol para mejorar la calidad y cantidad de biogás producido, resultados que coinciden con lo reportado por otros autores (Sáenz et al. 2006), por ello es necesario realizar experimentos para determinar las mezclas de co-digestión de nopal con diversos estiércoles que den mayores rendimientos. Es de señalar que la instalación de un biodigestor no es fácil. Se deben tomar diversas precauciones para ponerlo en marcha, estabilizarlo y protegerlo, así como tomar medidas de seguridad en la zona de influencia.

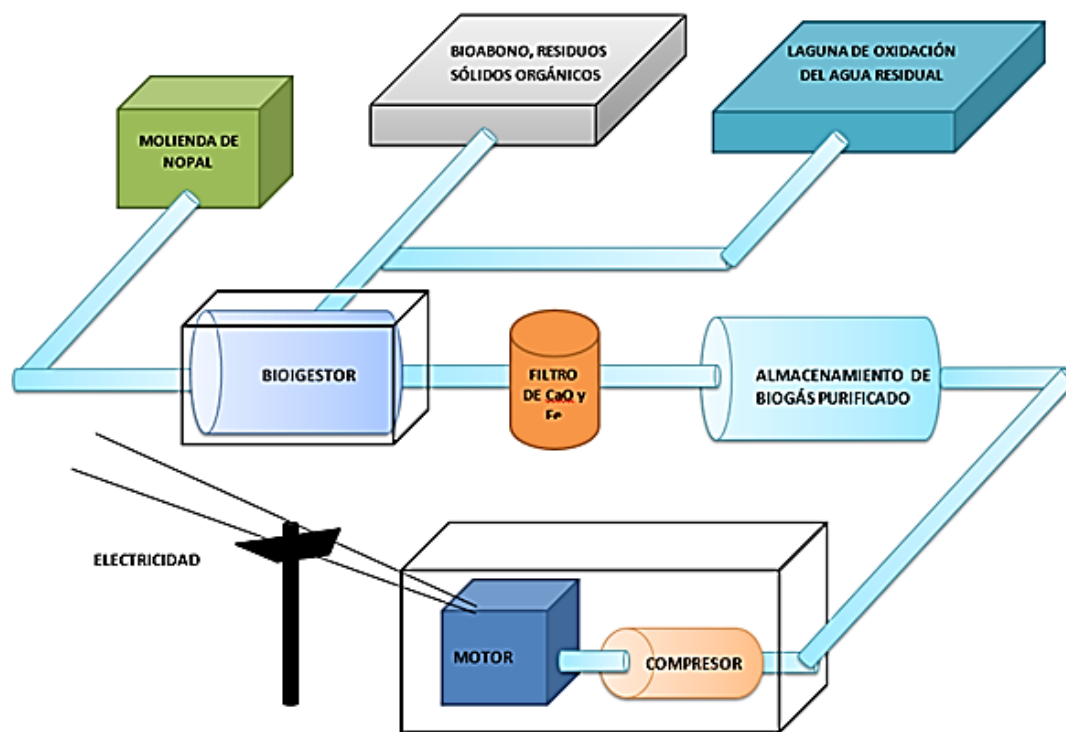


Figura 8. Diagrama conceptual de una planta de producción de biogás y bioabono a partir de nopal

Fuente: Elaboración propia.

Conclusiones y recomendaciones

La metodología propuesta para la implementación de una biorrefinería a partir de un cultivo considera los aspectos científicos, tecnológicos, económicos, sociales y culturales. Se basa en el conocimiento generado por el ser humano, recuperándolo y utilizándolo para desarrollar mejores procesos que permitan la utilización completa de la materia prima y sus residuos.

En el caso del nopal, se demostró que esta materia prima es viable para una biorrefinería, obteniéndose productos destinados al consumo y uso humano en diferentes áreas; la digestión anaerobia puede ser parte de esta instalación, ya que también se debe incluir el tratamiento de los residuos. Si bien esta propuesta de biorrefinería fue realizada en el nopal, se puede implementar en cualquier otro cultivo agrícola.

Indudablemente, las biorrefinerías son la base de las industrias del futuro, diseñadas desde el inicio o reconvertidas por la evolución natural, industrias sustentables que no sean una utopía sino una realidad acorde con las políticas de Seguridad Alimentaria y con la lucha para evitar el cambio climático. Por supuesto, se requiere la participación de todos los sectores de la sociedad y deben involucrarse los sectores gubernamental, científico, tecnológico y el público en general, siendo este el destinatario de los productos agropecuarios procesados.

Es necesario recalcar y no olvidar que es primordial usar el cultivo en fresco para la alimentación humana o animal, y después los residuos que se generan ya pueden entrar en una biorrefinería. Otra posibilidad es sembrar cultivos no alimentarios que sean destinados con ese fin. Sin embargo, no se deben privilegiar estos cultivos por encima de los destinados a la alimentación. A este respecto es necesario establecer el marco legal para verificar que así sea y se cumplan los objetivos que establece la Seguridad Alimentaria.

Referencias

- Acuerdo de París sobre cambio climático (2015). Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, Recuperado de: https://unfccc.int/files/meetings/paris_nov_2015/application/pdf/paris_agreement_spanish_.pdf
- Chanakya, H.N. y Malayil, S. (2012). Anaerobic digestion for bioenergy from agro-residues and other solid wastes—An Overview of Science, Technology and Sustainability. *Journal of the Indian Institute of Science*, 92(1), 111-143.
- Cardona-Román, D.M. y Sánchez-Torres, J.M. (2017) Análisis cuantitativo de la producción científica acerca de la investigación sobre la evaluación de la implementación del e-learning en el periodo 2000-2015. *Educación*, 26(51), 7-34.
- Cortés, D.L. (2007). *Alternativas de exportación de nopal verdura con un valor agregado: Caso Estado de Zacatecas*. Tesis de Maestría en Comercio Internacional, Universidad Autónoma de Aguascalientes.
- Duarte, L.C., Esteves, M.P., Carvalheiro, F. y Francisco, M.G. (2007). Biotechnological valorization potential indicator for lignocellulosic materials. *Biotechnology Journal*, 2, 1556-1563.
- Espinosa, O.S. (2014). *Extracción del mucílago de residuos de nopal y su aplicación como bioadsorbente para remoción de metales pesados en agua contaminada*. Tesis de Maestría en Ingeniería en Diseño de Bioprocesos, Universidad Politécnica de Puebla, México.
- FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2018). *Ecología del cultivo, manejo y usos del nopal*. FAO y el Centro Internacional de Investigaciones Agrícolas en Zonas Áridas, Roma, Italia.
- Fideicomiso de Riesgo Compartido (2021). *El Nopal, orgullosamente un producto de México para el mundo*. Recuperado de: <https://www.gob.mx/firco/articulos/el-nopal-orgullosamente-un-producto-de-mexico-para-el-mundo?idiom=es>.
- INECC, Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (2021). *Consulta de nopal-verdura*. Recuperado de: http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/libros/71/nverdura.html?fbclid=IwAR3XTbnQ86a-rU8o39-P_rH46y0qQH8r15I6DIGQ-VlqX6wtCeqJq4ODn3vRA.
- Maki-Díaz, G., Peña-Valdivia, C.B., García-Nava, R., Arévalo-Galarza, M.L., Calderón-Zavala, G. y Anaya-Rosales, S. (2015) Características físicas y químicas de nopal verdura (*Opuntia ficus-indica*) para exportación y consumo nacional. *Agrociencia*, 49(1), 31-51.
- Michán, L. y Muñoz-Velasco, I. (2013). Scientometrics for the medical sciences: Definitions, applications and perspectives. *Revista de Investigación En Educación Médica*, 2(6), 100-106.
- Naciones Unidas (1998). *Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático*. Recuperado de: <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpspan.pdf>

- Ng, D.K.S., Tan, R.R., Foo, D.C.Y. y El-Halwagi, M.M. (2016). *Process design strategies for biomass conversion systems*. John Wiley & Sons. Chichester, West Sussex, United Kingdom.
- Norma Española UNE 166000 (2006) *Gestión de la I+D+i: Terminología y definiciones de las actividades de I+D+i*. AENOR Asociación Española de Normalización y Certificación, Madrid, España.
- Sáenz, C. (2006) Utilización Agroindustrial del Nopal. Servicio de tecnologías de ingeniería agrícola y alimentaria (AGST) con la colaboración de la Red Internacional de Cooperación Técnica del Nopal (FAO-CACTUSNET). *Boletín de Servicios Agrícolas de la FAO*. Boletín No. 162. Roma, Italia.
- SAGARPA (2015). *Estudio de factibilidad para el establecimiento de cultivo de nopal (opuntia) en tierras ociosas en los estados de Aguascalientes, San Luis Potosí, Guanajuato y Zacatecas con fines alimenticios, energéticos y ambientales*. Recuperado de: http://www.sagarpa.gob.mx/ProgramasSAGARPA/2015/Productividad_y_competitividad_agroalimentaria/Programa_regional_de_desarrollo_previsto_en_el_PND/36%20incentivos/211PP062%20NOPALTILLA%20S.A%20DE%20C.V/5.%20PROYECTO/Nopal%20Detallado.pdf.
- Saravia, T.P.L. (2021) *Agrupamientos productivos (Cluster) del nopal*. Recuperado de: http://www.contactopyme.gob.mx/estudios/docs/nopal_mexico.PDF.
- SIAP-SAGARPA (2018). *Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera*. Recuperado de: <https://www.gob.mx/siap>.
- SIAP-SADER (2021). *Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera*. Recuperado de: <https://www.gob.mx/siap>.
- Torres, R.L., Morales, D., Ballinas, M., Nevárez, G. (2015). El nopal: planta del semidesierto con aplicaciones en farmacia, alimentos y nutrición animal. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, México. IEA BIOENERGY.
- Towler, G. y Sinnott, R. (2013) *Chemical engineering design*. Elsevier, Oxford, UK.
- UNE Normalización Española (2021). *Portal de UNE Normalización Española*. Recuperado de: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0036141>.
- Van Ree, R. y van Zeeland, A. (2014) IEA Bioenergy Task42 *Biorefining, Sustainable and synergetic processing of biomass into marketable food & feed ingredients, products (chemicals, materials) and energy (fuels, power, heat)*. Wageningen, the Netherlands.
- WIPO (2021) *World Intellectual Property Organization IP Portal*. Recuperado de: <https://patentscope.wipo.int/search/es/search.jsf>.
- Zamora, L.F. (2004). *El estudio de mercado de nopal verdura (Opuntia ficus indica) en México, basado en el análisis de la oferta, demanda, los precios y la comercialización*. Tesis de Licenciatura en Ingeniería Agrónoma en Administración Agropecuaria, Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro", División de Ciencias Socioeconómicas, México.

Reseña de autores

La Dra. María Leticia Ramírez Castillo

Ingeniera Bioquímica del IPN, Maestra en Biotecnología por la Facultad de Química de la UNAM, Maestra y Doctora en Biologie, Santé, Biotechnologie por el Institut National des Sciences Appliquées de Toulouse (INSA-T), Francia. Doctorado realizado en el Centre de Bioingénierie Gilbert Durand, Département de Bioingénierie et Laboratoire Biotechnologie Bioprocédés, en colaboración con el *Institut de Mécanique des Fluides de Toulouse* en el marco de la Plataforma FERMAT (Fédération pour l'Etude des Réacteurs et la Maîtrise des Transferts). Realizó una estancia doctoral en el Institute of Food Research, Norwich, Inglaterra y una estancia posdoctoral en el Instituto de Investigaciones Biomédicas de la UNAM, Departamento de Biotecnología, Laboratorio de Biotecnología de Enzimas. Actualmente es Profesor Investigador de Tiempo Completo de Posgrado de la Universidad Politécnica de Puebla. Sus líneas de investigación son Ingeniería de Biorreactores y Bioprocesos y Biorrefinería para el aprovechamiento de los agorrorecursos.

Dr. Misael Murillo Murillo

Ingeniero Bioquímico y Maestro en Ingeniería Química por la UAM-Iztapalapa, Maestro y Doctor en Ingeniería de Procesos del Ambiente por el Institut National des Sciences Appliquées de Toulouse (INSA-T), Francia. Ha trabajado en las empresas Productos del Maíz y Laboratorios TROKAR, así mismo como Asesor Ambiental, fue Profesor Titular en la Maestría en Ingeniería dentro de la División de Estudios de Posgrado del Instituto Tecnológico de Puebla y actualmente es Profesor de Posgrado de la Universidad Politécnica de Puebla. Tiene amplia experiencia en procesos para el tratamiento de aguas.

M. en C. Luis Felipe Pérez Hidalgo

Licenciado en Biología por la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza de la UNAM, es Maestro en Ciencias por el Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. Actualmente es Profesor Investigador de Tiempo Completo de Ingeniería en Biotecnología de la Universidad Politécnica de Puebla. Su línea de investigación es el Manejo integral de residuos orgánicos, en el que tiene amplia experiencia y ha liderado proyectos de investigación financiados. Ha participado en congresos nacionales e internacionales y además de tener amplia experiencia en docencia también es asesor de empresas.



PERSPECTIVA DE GÉNERO PARA OPTIMIZAR EL DESEMPEÑO DE LA COMUNIDAD UNIVERSITARIA EN LAS CIENCIAS NATURALES

Samuel Hernández Anzaldo, María Fernanda Mirón Toruño y Alejandra Paulina Pérez González

Introducción

Se podría considerar un parteaguas para la temática sobre acoso y agresiones sexuales el movimiento “*me too*” que comenzó en el año 2017, sobre todo si se pone en el contexto del aumento en el foco mediático, político y social. Este movimiento fue detonante para exponer y aumentar las denuncias de acoso sexual y agresiones discriminativas hacia personalidades de alto perfil de diferentes gremios, generando la proyección en encabezados de medios de comunicación, no solo en México, si no a nivel internacional, llegando a instituciones de todas partes del mundo, debido en gran parte a los mismos medios de comunicación valiéndose de las plataformas establecidas en el Internet que permiten visualizar con más ampliación dichas acusaciones (Tenbrunsel, *et al.*, 2019).

Mientras que actualmente existen muchos estudios y reportes que reflejan el impacto que tiene el acoso (Tenbrunsel, *et al.*, 2019; Roper & Rachel, 2019; Pryor, *et al.*, 1993) la discriminación debido al sexo y las agresiones sexuales en los lugares de trabajo, así como en las áreas de las ciencias sociales, aun se sabe poco del impacto de tales violencias en el área de la academia y estudio de las ciencias naturales, por ejemplo, en química, biología, física, biotecnología entre otras. Adicionalmente, los fundamentos y teoría sobre el acoso sexual y agresión son pocos conocidos en el ambiente académico y llegan aun con menos exposición a la comunidad estudiantil (Roper & Rachel, 2019; Pryor, *et al.*, 1993).

Antes de plantearnos el acoso sexual como una perspectiva conductual, es importante enfatizar que el acoso sexual es una cuestión

simplemente ética. Bowes-Sperry y Powell (Bowes-Sperry, *et al.*, 1999) mencionan que el acoso sexual es una cuestión moral, ya que supone un daño potencial para las demás personas y dentro de la teoría de los fundamentos morales se profundiza y apoya la concepción, de que el acoso sexual es un problema meramente ético; similar a otras formas de ofensa sexual y que el acoso sexual viola cinco fundamentos morales. Específicamente, el acoso sexual es una violación de (a) los cuidados, dado que el acoso sexual viola las motivaciones para nutrir, cuidar y proteger a las víctimas; (b) la equidad, ya que aprovecha en muchas ocasiones desventajas contextuales de las víctimas; (c) lealtad, debido a que viola un vínculo personal o comunitario; (d) autoridades, puesto que viola las reglas de la sociedad y la ley (O’Leary-Kelly, *et al.*, 2001; Bowes-Sperry, *et al.*, 1999; Graham, *et al.*, 2011; y Harper, *et al.*, 2017) entre otras.

Establecer al acoso sexual como una situación ética, contextual y cultural; y no simplemente de comportamiento en las instituciones educativas, es vital, ya que se alcanzan objetivos con una extensión más amplia, en donde se pueda entender de mejor manera los conceptos asociados a la agresión, acoso y discriminación. Llegando a esta homogeneización de conocimiento, se tiene, sin lugar a duda, una comunidad más equitativa, con más armonía, empatía y comprensión, generando espacios seguros que se verán reflejados en una optimización del aprendizaje universitario, al no existir un ambiente violento que cause inseguridad.

Acoso y agresión sexual en las aulas de las ciencias naturales

En este contexto, se ha analizado el resultado de los prejuicios sexistas que tienen los profesores en la vida académica de la comunidad estudiantil. Un ejemplo claro se estudió en 2014 por Lavy *et al.*, en la presentación de exámenes dentro del área de las ciencias naturales y exactas. El estudio mostró que el prejuicio comienza y afecta desde temprana edad durante la educación y puede tener efectos de impacto en la carrera académica y profesional ya que, en un examen de matemáticas, estudiantes mujeres superaron los estudiantes hombres en un examen calificado de forma anónima, pero los hombres superaron a las mujeres cuando los profesores sabían sus nombres. Del mismo modo, los profesores de grados más avanzados dieron

puntuaciones más bajas a las mujeres en exámenes de matemáticas, a pesar de que las mujeres obtuvieron mejores calificaciones que los hombres en los exámenes departamentales nacionales, donde una computadora realiza el conteo de respuestas.

Es importante notar que el efecto no es el mismo para los exámenes en otras materias, como inglés, historia etc., donde las expectativas estereotipadas no perjudicaron a las niñas. Esta clase de análisis muestra cómo el machismo y la discriminación influye increíblemente en las carreras profesionales de las estudiantes de una forma, menos invasora, por clasificarlo de una forma, estas acciones que solo las perciben una parte del sistema de la agresión, pero termina en una transformación importante en el camino de las estudiantes. Se puede cuestionar entonces, qué sucede con las maneras más invasoras y nocivas donde ya existe un acoso marcado y agresiones intolerantes hacia las personas, como el hostigamiento de parte del profesorado hacia estudiantes, o cuando se perciben comentarios sexuales no solicitados dentro de clase y se vuelve en una constante que perjudica el rendimiento de la comunidad estudiantil. Dichos comportamientos, no han sido del todo estudiados, o bien, los reportes son muy generalizados sin división regional o social. (Lavy, et al., 2018; Kane, et al., 2008; y Halpern, et al., 2007)

Dentro de las carreras de ciencias naturales, como en la mayoría de las disciplinas, las principales condiciones que aumentan el riesgo de que se perpetra el acoso sexual contra las mujeres son: la jerarquización patriarcal que genera tolerancia organizacional al acoso sexual y entornos dominados por hombres. Estas condiciones se extienden a los entornos de educación superior, y muchas veces se perciben como entornos permisivos, en parte porque cuando existen demandas o quejas, reciben represalias o se practica la impunidad hacia agresores. En un artículo reciente, una persona encuestada denunció su experiencia de acoso psicológico y físico por parte de su asesor y describió:

...Entonces, cuando hablé con el director de la facultad, no nos dieron más remedio que dejar el departamento... Después de dejar la institución, al año siguiente este asesor consiguió tres estudiantes más. No tuvo ningún tipo de repercusión... Sentí que tenía este tipo de plaga o algo así... su obligando a la persona que fue victimizada a seguir enfrentándose y presionando... (Conell, C. junio 18, 2018)

Es evidente que la educación superior de ciencias naturales también está repleta de casos donde infractores son un “secreto a voces” y sin sanción alguna (Nelson, et al., 2017).

Efecto del entendimiento de acoso en las aulas de la comunidad universitaria en las áreas de ciencias naturales.

A través de los años, de la difusión y de la investigación académica, se han definido, estudiado y clasificado las diferentes formas de agresión y acoso sexual. En este capítulo se busca darles eco y resonancia a dichos estudios ya que no está de más repasar y hacer visibles conceptos que pueden aumentar la detección de acciones que si no son expuestas generarán problemas que a largo plazo modifican los comportamientos sociales.

El comportamiento discriminatorio es un término general que incluye el trato que segrega, basado en características tales como color de piel, etnia, edad, sexo, etc. Actualmente la sociedad tiene un desbalance de oportunidades derivadas de la profunda discriminación en los sectores educativos, laborales y sociales. La discriminación no siempre es una acción verbal, también edificaciones e imágenes pueden resultar en este comportamiento, por ejemplo, edificios con elevadores o accesos a personas con movilidad restringida.

La discriminación por género incluye discriminación y acoso basado en el género. Ejemplos de esto incluyen discriminación salarial o de contratación basada en el género. El acoso sexual se trata de un tipo de discriminación por sexo que abarca acoso de género, atención sexual no deseada y coacción sexual e incluye comportamientos verbales y no verbales que transmiten hostilidad, exclusión o estatus de segunda clase sobre miembros de un sexo y clasificadas, según características impuestas que llegan a construir el género. Ejemplos de incluir el uso de lenguaje altisonante, bromas, el realizar comentarios en femenino al pretender ser despectivo y la emisión comentarios que denigran a las mujeres como grupo o como individuos.

Otro término a definir en este escenario es el de atención sexual no deseada, referente a comentarios sexuales no deseados, que pueden incluir agresiones e insultos. Los ejemplos incluyen solicitudes repetidas de fechas e intentos persistentes de establecer relaciones sexuales a pesar del rechazo, en la actualidad esta atención sexual no deseada también engloba aquellas acciones digitales como envío de imágenes con contenido explícito.

La coacción sexual, es un tipo de acoso sexual que involucra un entendimiento ayuda o favor a un o una profesionista que está condicionado a la actividad sexual (como a través del uso de sobornos o amenazas), que incluyen promesas de una mejor calificación o una carta de referencia a cambio de favores sexuales y el acoso laboral, dado en un entorno particular

de trabajo definido por la frecuencia de conductas de acoso de todos los tipos y niveles de gravedad. En este tipo de acoso las personas afectadas negativamente no son directamente blancos de dicho acoso. Los ejemplos incluyen transeúntes que son testigos de otros estudiantes o compañeros de trabajo repetidamente objeto de atención sexual no deseada. Los conceptos antes mencionados, rara vez son expuestos con naturalidad por un docente o un profesional en el tema en las aulas universitarias. (Nelson, *et al.*, 2017; Committee on the Impacts, 2018; Fnaiss, *et al.*, 2014; Dekker, *et al.*, 1998; y Diehl. *et al.*, 2012).

Se ha comprobado que la violencia escolar y la posible victimización de los y las estudiantes son actos humillantes e intimidatorios, además de que representan el ejercicio del poder y de la dominación mediante el abuso de la jerarquía dentro de la institución. Las estudiantes que son víctimas de esos acontecimientos con frecuencia ven reflejadas las consecuencias ya sea en el historial académico, en el desempeño al egresar de la carrera e incluso a interrumpir los estudios, además se ven afectados en otros aspectos de su vida, tales como las relaciones sociales y la salud psicológica. Es evidente también que los datos relacionados con que cuentan las escuelas acerca del tema son limitados, por no decir en muchos casos, nulos. También se reconoce que, en ocasiones, el acoso sexual responde al sistema patriarcal impuesto por la sociedad (Benbenishty, *et al.*, 2002; Astor & Ron, 1998).

Debido a la pandemia y a la creciente mudanza a los ámbitos digitales, las tecnologías de la información y las telecomunicaciones han funcionado como instrumentos de intimidación, acoso cibernético y otros tipos de violencias sexuales, por medio de llamadas telefónicas, mensajes de texto, intercambio de videos a través de teléfonos móviles, correos electrónicos o sitios web (Herrera, *et al.*, 2015; Olumide, *et al.*, 2015)

El uso de las tecnologías de la información sirve como vehículo para que los jóvenes intercambien o reciban imágenes con contenido sexual, fenómeno que hoy en día es conocido como *sexting* y el cual puede conducir a los adolescentes a convertirse en víctimas sexuales, pues mediante la presión suele exigirse la cooperación del perjudicado para favores sexuales con la amenaza de publicar en la red cualquier tipo de evidencias con contenido sexual y erótico de la víctima (Gámez, *et al.*, 2015; Zemmels, *et al.*, 2014; y Khurana, *et al.*, 2014)

Es importante remarcar el impacto que tiene el acoso y las agresiones sexuales en la vida académica de las y los estudiantes dentro de la universidad; es

decir, al empezar a experimentar el acoso en el campus ¿Qué pasa?, ¿se alejan de las clases? ¿pierden interés? ¿se percibe miedo al estar en un salón de clases? ¿se da de baja la materia o se deja de asistir? ¿se denuncia? Cada una de estas preguntas tiene una consecuencia que sin lugar a duda dejará una marca en el historial académico de las personas que sufran el acoso.

Apelando a lo mismo, Swartout *et al.* (2020) evaluaron las incidencias de acoso sexual a través de una encuesta aplicada en la Universidad Texas. Los resultados revelaron que cerca del 20% de las estudiantes de ciencias (incluyendo pregrado y posgrado) habían experimentado algún tipo de acoso sexual. Así mismo, el sistema de la Universidad de Pensilvania realizó una encuesta análoga, reportando que 33% de estudiantes de pregrado enfocados en el área de las ciencias habían sido víctimas de algún tipo de acoso sexual (Vaux & Alan, 1993). Por otro lado, diversas estadísticas obtenidas a través de cuestionarios aplicados a universidades de Estados Unidos arrojaron tasas igualmente altas de acoso en facultades enfocadas en las ciencias naturales (Halpern, *et al.*, 2007; Khurana, *et al.*, 2014; y Vaux & Alan, 1993).

A pesar de los esfuerzos realizados día con día para combatir el acoso sexual en México, existen pocos estudios (Graham, *et al.*, 2011; Harper, *et al.*, 2017; Halpern, *et al.*, 2007) enfocados en determinar las tasas de acoso sexual experimentadas por individuos pertenecientes a diversas esferas académicas. Así bien, a través de este estudio se realizó una encuesta a la comunidad de ciencias naturales de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla para determinar las experiencias de la comunidad en relación con el acoso sexual.

El objetivo de este capítulo es reflexionar sobre los resultados encontrados en el estudio realizado por nuestro grupo de investigación y detectar las carencias conceptuales que existen en la comunidad universitaria, y así, proponer metodologías o estrategias para realizar programas, campañas de difusión y concientización sobre la perspectiva de género. En el presente capítulo se analiza y discute cómo el entendimiento de los conceptos de agresiones sexuales ayudaría a la optimización de los estudios universitarios; es decir, si la población estudiantil conociera el efecto de las agresiones y que las instituciones educativas vertieran recursos en la erradicación de estas agresiones, se alcanzan niveles educativos mucho más óptimos.

Si bien, varias instituciones educativas han realizado esfuerzos importantes en la capacitación y preparación de docentes y planta no académica para mantener un ambiente sano y libre de acoso y agresiones, aun hay muchos puntos que cubrir. Uno de estos puntos es el conocimiento de los estudiantes

sobre qué es acoso sexual, como identificarlo y cómo nombrar las violencias experimentadas. El no conocer los conceptos y nombres de las diferentes formas de violencia sexual y discriminación por género, perjudica a la comunidad estudiantil, ya que, al conocerlos, es más fácil nombrar, denunciar y resolver las situaciones en las que se ha vivido una situación de violencia sexual, lo que puede cambiar el camino de alguna persona dentro de su trayectoria académica.

Para visualizar lo anterior, se realizó un estudio a las y los estudiantes de las áreas de las ciencias naturales de la BUAP sobre la incidencia, el actuar y consecuencias de las agresiones y acoso sexual que se percibe actualmente.

Metodología

De los participantes se incluyeron a hombres, mujeres y personas no binarias pertenecientes a la comunidad de ciencias naturales de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Este muestreo abarcó las facultades de Ciencias Químicas, Ciencias Biológicas, Jardín Botánico e Instituto de Ciencias de la BUAP (ICUAP), considerando estudiantes de pregrado, posgrado y docentes. El 24 de agosto del año 2021, una encuesta anónima realizada en Google Forms (<https://forms.gle/XA6uH2ViCy1gwRUM7>), fue difundida a través de redes sociales a los participantes solicitando una sola respuesta por individuo. El 7 de septiembre del año 2021, la encuesta recibió la aprobación de los directivos pertenecientes a Ciencias Biológicas y fue difundida a través de medios oficiales. Para obtener una muestra representativa se solicitó el número de individuos pertenecientes a la comunidad de ciencias naturales ($n \sim 1000$) y se determinó una n mínima de 100 encuestas. El número de encuestas reportadas en este estudio es igual a 113.

La encuesta aplicada consistía en 24 preguntas cerradas con las opciones sí y no. Dos de las mismas iban dirigidas a conocer el sexo con el que se identificaban los participantes y si los mismos estaban de acuerdo en que los datos recabados se utilizaran para este estudio; en tanto, 21 preguntas fueron adaptadas del *Sexual Experiences Questionnaire* (Fitzgerald, *et al.*, 1995) dicho cuestionario está enfocado en determinar cualquier tipo de acoso sexual. Finalmente, una pregunta tenía por objeto conocer en caso de afirmativo, cómo habían impactado las experiencias de violencia en la vida académica de los participantes.

Las respuestas obtenidas en los pasos anteriores fueron descargadas en un formato.CSV y analizadas visualmente con la interfaz gráfica RStudio Team (2020) RStudio: Integrated Development for R. RStudio, PBC, Boston, MA.

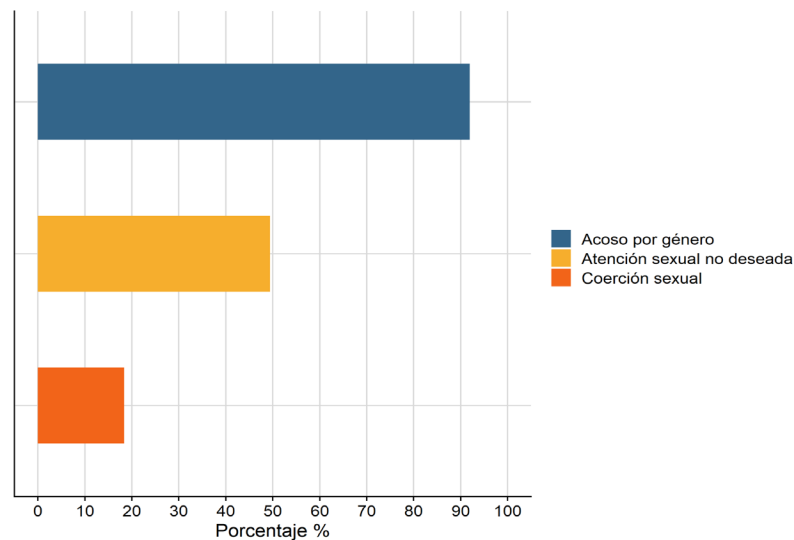
Resultados obtenidos y discusión

Para el análisis de las respuestas a los cuestionarios aplicados, se categorizó cada una de las preguntas incluidas en los mismos en función del tipo de acoso sexual que representaban. La cantidad de personas que perciben el acoso sexual en las modalidades de acoso por género, atención sexual no deseada y coerción sexual no deseada dentro de las áreas de ciencias naturales de la universidad y se representa a continuación.

En el estudio, un impresionante 91% de las mujeres encuestadas reportaron haber experimentado acoso por género, 49% notificaron haber sido víctimas de alguna conducta de atención sexual no deseada y el 5% reportó haber sido partícipe de alguna situación de coerción sexual [Figura 1]. Los resultados encontrados para el caso de las mujeres coinciden con lo reportado anteriormente por diversas revisiones (Swartout & Kevin, 2001); dentro de las categorías de acoso sexual, el acoso por género se presenta en mayor porcentaje en comparación con los otros tipos de acoso.

Entre las situaciones alarmantes reportadas en el mismo estudio por la población femenina incluyen que el 58.7% de las mujeres reportaron haberse sentido así dentro de las instalaciones universitarias, al menos un 50.7% de las mujeres encuestadas afirmaron haber recibido comentarios sexistas, el 28.3 % afirma haber recibido gestos de naturaleza sexual ofensiva, el 60.9%.

Por otro lado, 62% de los hombres encuestados reportaron haber experimentado acoso por género, 20% notificaron haber sido víctimas de alguna conducta de atención



Nota. Información perteneciente a la comunidad del área de ciencias naturales de la universidad. Gráfico realizado con la interfaz gráfica RStudio Team (2020).

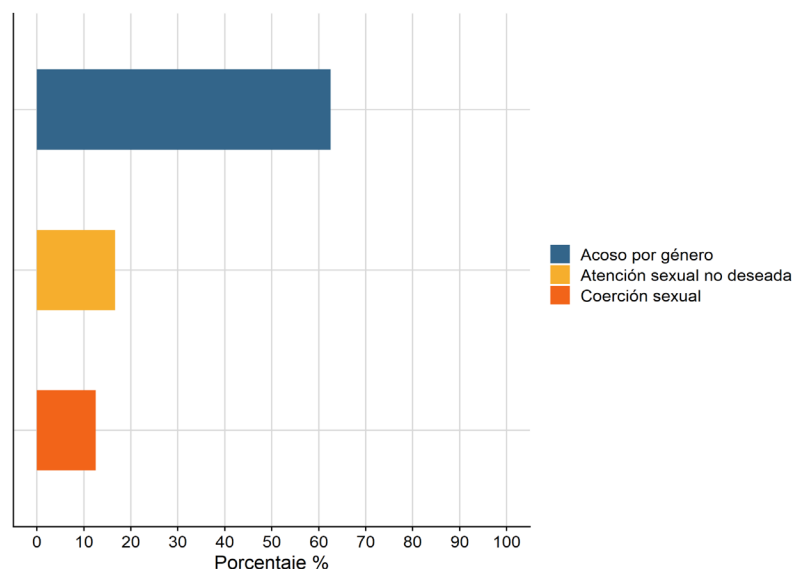
Figura 1. Porcentaje de mujeres que han experimentado acoso sexual

sexual no deseada y el 14% reportó haber sido partícipe de alguna situación de coerción sexual. De forma destacable el tipo de acoso sexual más presente fue la coerción sexual. Los resultados de este análisis permiten identificar que el acoso experimentado en varias de sus formas en el ámbito universitario y que es independientemente del género.

Es importante recalcar que la incidencia de acto de acoso no se colectó; sin embargo, es de suma relevancia entender que el acoso sexual sucedió en algún momento de la carrera universitaria y la persona víctima, tuvo que enfrentarlo como mejor se pensó en ese momento. Para entender un poco al respecto, en el mismo estudio se recolectó información sobre el impacto del acoso sexual en el entendimiento y repercusión académica tanto en mujeres como en hombres (figura 4 y 5).

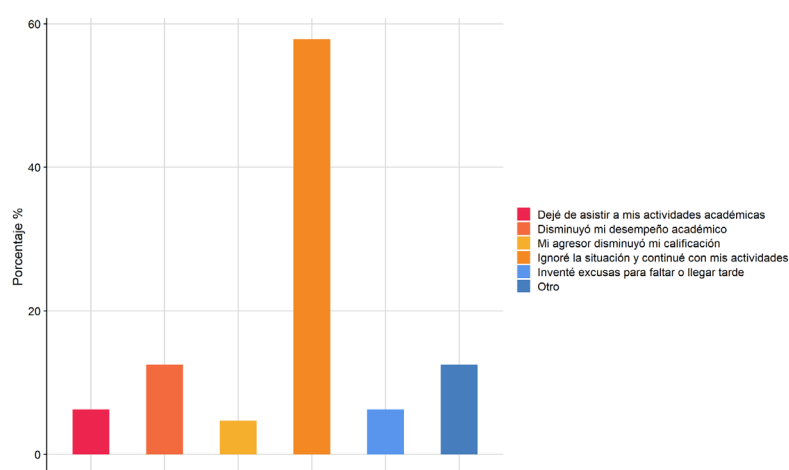
Como se observa, el acoso sexual en todas sus clasificaciones degenera en efectos negativos en los logros profesionales y educativos de la víctima; esto incluye la disminución de motivación para asistir a clases, aumento en las tasas de ausencia escolar, intenciones de renunciar a estudios o proyectos, disminución en el desempeño general, transferencias a otras instituciones educativas y en última instancia, deserción (Johnson, *et al.*, 2018).

Desafortunadamente, la normalización que actualmente existe en México y en varias partes de mundo sobre el acoso sexual es un obstáculo que no permite visualizar la dimensión del problema de género, de esta forma, hablar de la naturalización y normalización de la violencia de género contra las personas



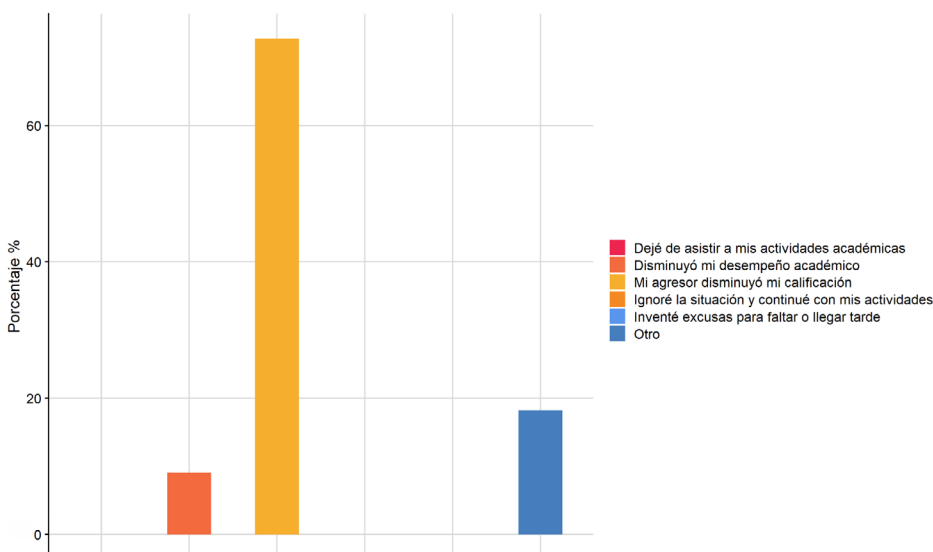
Nota. Información perteneciente a la comunidad del área de ciencias naturales de la universidad. Gráfico realizado con la interfaz gráfica RStudio Team (2020).

Figura 2. Porcentaje de Hombres que han Experimentado Acoso Sexual



Nota. Información perteneciente a la comunidad del área de ciencias naturales de la universidad. Gráfico realizado con la interfaz gráfica RStudio Team (2020).

Figura 4. Impacto Académico del Acoso Sexual en Mujeres



Nota. Información perteneciente a la comunidad del área de ciencias naturales de la universidad. Gráfico realizado con la interfaz gráfica RStudio Team (2020).

Figura 5. Impacto Académico del Acoso Sexual en Hombres

obliga a revisar conceptualizaciones de esta que van más allá de la violencia directa y visible. Es decir, las esferas académicas deben ocuparse de los actos invisibles que se llevan a cabo en la subordinación (docente-estudiante, por ejemplo) a patrones culturales y económicos impuestos por grupos de poder y hegemónicos con efectos incluso más graves que los que ocasiona la violencia física (García & Aremy, 2019).

Se tiene que asumir que la violencia se presenta no como un acto, sino como un *continuum*, desde niveles

macroestructurales hasta microscópicos, desde manifestaciones físicas y corporales hasta simbólicas, desde episodios extraordinarios hasta cotidianos y desde situaciones graves hasta leves (Xie, et al., 2009; Glass, et al., 2013). Dicho fenómeno se ve reflejado en el gráfico sobre el impacto académico del acoso de género en mujeres. Y hombres, donde la mayoría de las personas afectadas ignoran la situación y siguen de forma común todas sus actividades un porcentaje de estas personas. Además de los claros problemas de violencia sexual, hay que tener en cuenta la sigilosa pero siempre presente cultura patriarcal predominante en los contextos científicos y académicos.

Históricamente, las mujeres han estado infrarrepresentadas en los contextos científicos. A pesar de los aumentos considerables de mujeres en los campos de ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM), la representación de las mujeres en la fuerza laboral de STEM está por detrás de sus logros educativos (Xie, et al., 2009). Las mujeres que se especializan en campos STEM tienen menos probabilidades que sus homólogos masculinos de ingresar a ocupaciones científicas o permanecer en ellas (Glass, et al., 2013), sin mencionar la clara brecha salarial de género en la fuerza laboral en general, de la cual el campo científico no es la excepción. Parte de la problemática de la población inequitativa de proporción de mujeres y hombres en la academia solamente es uno de los muchos indicadores de que en la ciencia se sigue incubando una cultura sexista, cuyos problemas recaen no solo en la infrarrepresentación femenina en los contextos académicos, sino también en ambientes en los que perseveran las prácticas como el acoso sexual, el abuso

sexual, la discriminación a las mujeres gestantes en proceso de maternidad y demás violencias debido al sexo.

Optimización del aprendizaje mediante la educación incluyente.

De la misma forma que los experimentos descritos con anterioridad en el apartado de introducción, se puede remarcar que en las disciplinas donde existe un sesgo de género menos marcado, o en aquellos que se asume la existencia de cero diferenciación entre géneros, existe un aprovechamiento de mayor calidad y un ambiente de mayor armonía, no solo universitario, sino que de cualquier institución educativa. El quehacer de las diferentes dependencias comprometidas con la garantía de la equidad de género es enorme, pero es importante resaltar que el diagnóstico de la población estudiantil sobre el conocimiento y en consecuencia el actuar para mejorar estas áreas de desconocimiento, deben de ser prioridad si se quiere alcanzar esta etapa.

Conclusiones

Los fenómenos de discriminación y agresión de género están presentes en todas las disciplinas cubiertas en los programas de licenciaturas; y las pertenecientes a las ciencias naturales no están exentas. El daño que pueden tener las expresiones, actos, comportamientos y filosofías de toda la sociedad sin lugar a dudas impactará en el desempeño académico de la comunidad estudiantil. Desgraciadamente, la normalización de dichas actitudes no permite visualizar ni actuar eficientemente para erradicar las discriminaciones y agresiones presentes en los campus y esto se refleja en la cultura de la denuncia que está muy mermada por la carencia de dependencias universitarias y educativas que realmente promuevan un cambio en el actuar de la comunidad agresora.

Propuestas

Numerosas campañas de sensibilización y visualización de la discriminación y agresión sexual han sido desplegadas por diferentes instituciones como el INDEP, CONCYTEP, la BUAP a través de sus dependencias como la Dirección de Acompañamiento Universitario y la recién creada Dirección Institucional de Igualdad de Género, pero se tiene que seguir sumando y replicando, los datos recientes del INEGI sobre discriminación comprometen como sociedad a seguir construyendo una sociedad con perspectiva de género.

Las y el autor sugieren un camino hacia esta construcción: a) difundir, es decir seguir con la concientización constante pero no solo a los grupos que se interesen en esos temas, sino que dirigir a todas las personas a cursos o seminarios, esto podría lograrse con la creación y diseño de materias de tronco común de nivel básico en las licenciaturas; b) visualizar, crear la cultura de la denuncia, este alcance se daría cuando se demuestre la eficiencia de las dependencias que tienen en sus manos el seguimiento de los procesos, c) actuar; muchas ocasiones no hay acción sobre denuncias o señalamientos, en este punto no se debe de caer en el extremismo, en otras palabras, las agresiones y discriminaciones no tienen que ser castigadas siempre con expulsiones, despidos etc. muchas existen cursos, terapias y métodos que permiten redirigir los comportamientos sociales y por último; d) sanar, quitar el estigma del tratamiento psicológico, apoyar y promover la apertura al tratamiento de carácter mental.

Referencias

- Astor, Ron A. (septiembre de 1998). Moral Reasoning about School Violence: Informational Assumptions about Harm within School Subcontexts. *Educational Psychologist* 33, (n.º 4), 207-21. Recuperado de: https://doi.org/10.1207/s15326985ep3304_5.
- Atika Khurana, Amy Bleakley, Amy B. Jordan, Daniel Romer. (2014). The Protective Effects of Parental Monitoring and Internet Restriction on Adolescents' Risk of Online Harassment. *Journal of Youth and Adolescence*, pp. 1-9.
- Benbenishty, R., R. A. Astor, A. Zeira, y A. D. Vinokurm, (1 de junio de 2002). Perceptions of Violence and Fear of School Attendance among Junior High School Students in Israel. *Social Work Research* 26, (n.º 2), 71-87. Recuperado de: <https://doi.org/10.1093/swr/26.2.71>.
- Bowes-Sperry, Lynn, y Gary N. Powell. (diciembre de 1999). Observers' Reactions to Social-Sexual Behavior at Work: An Ethical Decision Making Perspective. *Journal of Management* 25, (n.º 6), 779-802. Recuperado de <https://doi.org/10.1177/014920639902500601>.
- Committee on the Impacts of Sexual Harassment in Academia, Committee on Women in Science, Engineering, and Medicine, Policy and Global Affairs, y National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. (2018). *Sexual Harassment of Women: Climate, Culture, and Consequences in Academic Sciences, Engineering, and Medicine*. Recuperado de: <https://doi.org/10.17226/24994>.
- Dekker, Inez, y Julian Barling. (1998). Personal and Organizational Predictors of Workplace Sexual Harassment of Women by Men. *Journal of Occupational Health Psychology* 3, (n.º 1), 7-18. Recuperado de <https://doi.org/10.1037/1076-8998.3.1.7>.
- Diehl, Charlotte, Jonas Rees, y Gerd Bohner. (noviembre de 2012). Flirting With Disaster: Short-Term Mating Orientation and Hostile Sexism Predict Different Types of Sexual Harassment: Motives of Sexual Harassment. *Aggressive Behavior* 38, (n.º 6), 521-31. Recuperado de: <https://doi.org/10.1002/ab.21444>.
- Evangelista G., A. A. (diciembre de 2019). Normalización de la violencia de género cómo obstáculo metodológico para su comprensión. *Nómadas*, (n.º 51), 85-97. <https://doi.org/10.30578/nomadas.n51a5>.
- Fitzgerald, Louise F., Michele J. Gelfand, y Fritz Drasgow. (diciembre de 1995). Measuring Sexual Harassment: Theoretical and Psychometric Advances. *Basic and Applied Social Psychology* 17, (n.º 4), 425-45. Recuperado de: https://doi.org/10.1207/s15324834bas1704_2
- Fnaiss, Naif, Charlene Soobiah, Maggie Hong Chen, Erin Lillie, Laure Perrier, Mariam Tashkhandi, Sharon E. Straus, Muhammad Mamdani, Mohammed Al-Omran, y Andrea C. Tricco. (mayo de 2014) Harassment and Discrimination in Medical Training: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Academic Medicine: Journal of the Association of American Medical Colleges* 89, (n.º 5), 817-27. Recuperado

de: <https://doi.org/10.1097/ACM.0000000000000200>.

Gámez-Guadix, M., Carmen Almendros, Erika Borrajo, Esther Calvete. (2015). Prevalence and Association of Sexting and Online Sexual Victimization Among Spanish Adults. *Sexuality Research and Social Policy* 12, pp. 145-154.

Glass, J. L., Sassler, S., Levitte, Y., & Micheltore, K. M. (2013). What's So Special about STEM? A Comparison of Women's Retention in STEM and Professional Occupations. *Social Forces*, 92(nº 2), 723-756. Recuperado de: <https://doi.org/10.1093/sf/sot092>

Graham, Jesse, Brian A. Nosek, Jonathan Haidt, Ravi Iyer, Spassena Koleva, y Peter H. Ditto. (agosto de 2011). Mapping the Moral Domain. *Journal of Personality and Social Psychology* 101, (nº 2), 366-85. Recuperado de <https://doi.org/10.1037/a0021847>.

Halpern, Diane F., Camilla P. Benbow, David C. Geary, Ruben C. Gur, Janet Shibley Hyde, y Morton Ann Gernsbacher. (agosto de 2007). The Science of Sex Differences in Science and Mathematics. *Psychological Science in the Public Interest: A Journal of the American Psychological Society* 8, (nº 1), 1-51. Recuperado de <https://doi.org/10.1111/j.1529-1006.2007.00032.x>.

Harper, Craig A., y Andrew J. Harris. (4 de mayo de 2017). Applying Moral Foundations Theory to Understanding Public Views of Sexual Offending. *Journal of Sexual Aggression* 23 (nº 2), 111-23. Recuperado de <https://doi.org/10.1080/13552600.2016.1217086>.

Herrera, Claudia Alejandra Hernández, Martha Jiménez García, y Eduardo

Guadarrama Tapia. (octubre de 2015). La percepción del hostigamiento y acoso sexual en mujeres estudiantes en dos instituciones de educación superior. *Revista de la Educación Superior* 44, (nº 176), 63-82. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.resu.2015.12.004>.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (México). (2019). Mujeres y hombres en México 2019. México: INEGI Informa.

Johnson, Paula A., et al., editores. (2018). Sexual harassment of women: climate, culture, and consequences in academic sciences, engineering, and medicine. *The National Academies Press*.

Kane, Thomas, y Douglas Staiger. (diciembre de 2008). Estimating Teacher Impacts on Student Achievement: An Experimental Evaluation. *Cambridge, MA: National Bureau of Economic Research*. Recuperado de <https://doi.org/10.3386/w14607>.

Lavy, Victor, y Edith Sand. (noviembre de 2018). On the Origins of Gender Gaps in Human Capital: Short- and Long-Term Consequences of Teachers' Biases. *Journal of Public Economics* 167, 263-79. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.jpubeco.2018.09.007>.

O'Leary-Kelly, Anne M., y Lynn Bowes-Sperry. (marzo de 2001). Sexual Harassment as Unethical Behavior: The Role of Moral Intensity. *Human Resource Management Review* 11 (nº 1-2), 73-92. Recuperado de [https://doi.org/10.1016/S1053-4822\(00\)00041-3](https://doi.org/10.1016/S1053-4822(00)00041-3).

Olumide, Adesola O., Patricia Adams, y Olukemi K. Amodu. (febrero de 2015). International Note: Awareness

and Context of Cyber-Harassment among Secondary School Students in Oyo State, Nigeria. *Journal of Adolescence* 39, 10-14. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.adolescence.2014.12.001>.

Nelson, Robin G., Julianne N. Rutherford, Katie Hinde, y Kathryn B. H. Clancy. Signaling Safety: Characterizing Fieldwork Experiences and Their Implications for Career Trajectories: Lived Experiences in the Field. *American Anthropologist* 119, (n.º 4), (diciembre de 2017):710-22. Recuperado de: <https://doi.org/10.1111/aman.12929>.

Pryor, John B., Christine M. LaVite, y Lynnette M. Stoller. (febrero de 1993). A Social Psychological Analysis of Sexual Harassment: The Person/Situation Interaction. *Journal of Vocational Behavior* 42 (n.º 1), 68-83. Recuperado de <https://doi.org/10.1006/jvbe.1993.1005>.

Roper, Rachel L. (21 de agosto de 2019). Does Gender Bias Still Affect Women in Science? *Microbiology and Molecular Biology Reviews* 83 (n.º 3). Recuperado de <https://doi.org/10.1128/MMBR.00018-19>.

Swartout, Kevin. (2001). Consultant Report on the University of Texas System Campus Climate Survey. *National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine*.

Swartout, Kevin M., Leila Wood, y Noël Busch-Armendariz. (junio de 2020). Responding to Campus Climate Data: Developing an Action Plan to Reduce Campus Sexual Misconduct. *Health Education & Behavior* 47, (n.º 1), 70S-74S. Recuperado de: <https://doi.org/10.1177/1090198120912386>.

Tenbrunsel, Ann E., McKenzie R. Rees, y Kristina A. Diekmann. (4 de enero de 2019). Sexual Harassment in Academia: Ethical Climates and Bounded Ethicality. *Annual Review of Psychology*, 70 (n.º 1), 245-70. Recuperado de <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-010418-102945>.

Vaux, Alan. (febrero de 1993). Paradigmatic Assumptions in Sexual Harassment Research: Being Guided without Being Misled. *Journal of Vocational Behavior* 42, (n.º 1), 116-35. Recuperado de: <https://doi.org/10.1006/jvbe.1993.1008>.

Xie, Y., & Shauman, K. A. (2009). Women in science: Career processes and outcomes (Nachdr.). *Harvard Univ. Press*.

Zemmels, David R., David N. (2014). Khey. Sharing of Digital Visual Media: Privacy Concerns and Trust Among Young People. *American Journal of Criminal Justice*, pp. 1-18.

Reseña del y las autoras

Dr. Samuel Hernandez Anzaldo

Profesor Investigador Titular A de tiempo completo, adscrito al Instituto de Ciencias de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Se incorporó a la unidad de género de dicho instituto desde 2019. Además, es miembro del Sistema Nacional de Investigadores Nivel I, desde el 2016. Es representante del Cuerpo Académico 261 de la BUAP. Ha trabajado en diferentes proyectos fisiológicos y bioquímicos en la Universidad de Alberta en Edmonton, Canadá. Adicionalmente, ha publicado más de 20 artículos de investigación científica en revistas indexadas en el JCR entre el cuartil 1 y 2 con más de 200 citas a sus trabajos. Es evaluador del CONACYT en las convocatorias de estancias posdoctorales en el extranjero.

María Fernanda Mirón Toruño

Estudiante de noveno semestre de la licenciatura en Biotecnología perteneciente a la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Actualmente realiza su tesis y servicio social en el Instituto Nacional de Medicina Genómica bajo temáticas relacionadas con la genómica de poblaciones Nativas Americanas y el aprendizaje de bioinformática.

Alejandra Paulina Pérez González

Estudiante de noveno semestre de la licenciatura en Biotecnología perteneciente a la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Actualmente realiza su proyecto de titulación de licenciatura y Prácticas Profesionales en el Instituto Nacional de Medicina Genómica, estudiando el contexto genómico de poblaciones indígenas mediante métodos bioinformáticos. Estudiante de tópicos relacionados a la violencia de género y fundadora de la colectiva de divulgación de ciencia con perspectiva de género “Sororas en la Ciencia”, perteneciente a la Red Iberoamericana de Clubes de Ciencias.

Agradecimientos

Nuestro agradecimiento a la Vicerrectoría de Investigación y Estudios de Posgrado de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla por el apoyo brindado para el desarrollo de este proyecto. De la misma forma, reiteramos nuestro agradecimiento al director de la Facultad de Ciencias Biológicas y la coordinadora de la licenciatura en Biotecnología por facilitar la difusión de nuestra encuesta. Finalmente, agradecemos a cada una de las personas que tomó el tiempo de responder nuestra herramienta de medición.

LA PRODUCCIÓN Y DIVULGACIÓN CIENTÍFICA EN LAS REVISTAS MEXICANAS DE TRABAJO SOCIAL. UN ANÁLISIS DESDE LA MIRADA FEMINISTA Y LA PERSPECTIVA DE GÉNERO

Rosa Acela Mayanix Alvarado Guevara, María Luisa Urrea Zazueta, Teresita
del Niño Jesús Carrillo Montoya, Universidad Autónoma de Sinaloa

Introducción

Históricamente, las diferencias entre hombres y mujeres han estado marcadas, principalmente, por aspectos biológicos (sexo) y constructos culturales (género); mientras que los primeros refieren a la fisiología hombre/mujer, los últimos se interpretan como construcciones sociales e imponen a los seres humanos formas de sentir, pensar y actuar. Es así que, la relación y/o diferencia existente entre sexo/género ha permeado en diversos ámbitos, tal como en lo religioso, económico, político y científico, por mencionar algunos (Acuña, Ramírez y Jiménez, 2019; Sanz, 2011).

Una de las corrientes teóricas que señalan las diferencias ya mencionadas, es el Marxismo, en tanto que evidencia cómo la ideología sobre el sexo fue un factor determinante en

la división social del trabajo. La inmutabilidad, conferida al sexo determinaba ciertas funciones; ejemplo de ello es la maternidad, cuyo ejercicio relegaba a las mujeres a los trabajos domésticos, mientras que los hombres figuraron como la mano de obra del capitalismo. Un aspecto que sobresale en la Teoría Marxista es la reproducción de la fuerza de trabajo mediante la satisfacción de ciertas necesidades, la mujer (esposa) por tanto, es una de las necesidades del trabajador (Acuña y otros, 2019; Lamas, 2013; Sanz, 2011).

De acuerdo con Del Moral (2012), lo anterior podría interpretarse como *relaciones de dominación y subalternidad*, es decir, se privilegia a unas/os en detrimento de otras/os. Estas/os últimas/os, son a las/os que Agudo (2006), llama las/os sometidos, “las mujeres en particular” (p. 45). Dicha situación, también se presenta en el ámbito

científico, por lo que este trabajo tiene como objetivo analizar la producción y divulgación científica en revistas mexicanas de Trabajo Social desde una perspectiva de género.

Abordar el género como categoría de análisis, advierte del vínculo existente entre este capítulo y el libro, puesto que permite ampliar la comprensión de las dinámicas excluyentes en la ciencia. Además, la divulgación de este trabajo no solo contribuiría a evidenciar que las desigualdades de género son de tipo estructural, persisten y se acentúan, sino que también permite repensar cambios estructurales, que involucren a hombres y mujeres en la construcción de una sociedad y ciencia más justas.

En tal sentido, este trabajo se organiza en cuatro apartados: en el primero de ellos, a manera de contextualización, se desarrolla una breve referencia de la configuración de la ciencia y algunos aportes de los estudios feministas; en la segunda, se analizan los efectos de la generización de la ciencia en una disciplina feminizada como lo es Trabajo Social; el tercer apartado enuncia la metodología utilizada en la investigación. Finalmente, se muestran los resultados obtenidos desagregados en tres subapartados y, se cierra el capítulo con algunas conclusiones.

Ciencia: espacio de relaciones de poder y subalternidad

El hecho de que la ciencia se ha instaurado en las universidades explica por qué se encuentra conformada mayormente por hombres. A diferencia de estos, las actividades de las mujeres han estado confinadas al ámbito privado e históricamente, la educación les estaba restringida. No obstante, dicha restricción no era de tipo legal, sino que se trataba de una prohibición que correspondía a normas institucionales acordes con valores sociales y culturales. De tal forma que la institucionalización de la ciencia justificó la exclusión de las mujeres en dicho espacio (Agudo, 2006) o bien, se trataba, y aun parece ser así, de un lugar donde se mantienen “blindados techos de cristal” (Sanz, 2011, p. 45).

Las limitantes impuestas a las mujeres para acceder a la ciencia han provocado diversos efectos, no son pocos los estudios que han dado cuenta de

ello. Algunas de las investigaciones señalan que, si bien la presencia de las mujeres en el ámbito científico se ha incrementado en los últimos años, las diferencias entre hombres y mujeres siguen marcadas. Dichas diferencias se presentan desde los estudios de posgrado, el acceso a becas, la investigación y cargos directivos, por mencionar algunos, en cualquiera de estos escenarios la presencia de hombres es mayor, en comparación con las mujeres (Tovar, 2002). Otros estudios mencionan que, en la práctica investigativa las diferencias de género se advierten no solo en las tareas asignadas a ambos sexos, sino que además la división en el área del conocimiento parece acentuarse, evidenciando una desigualdad en las áreas de ingeniería y agropecuarias, respecto de las áreas de salud o educación (Daza y Pérez, 2008).

En la misma tesitura, Agudo (2006) explica que, en España, el personal directivo de las áreas científicas se conforma de una mujer por cada tres hombres. Sumado a esto, las diferencias que se presentan en distintas áreas profesionales son claras, mientras que en Humanidades y Ciencias Sociales las mujeres ocupan el 37,7%, en Ciencias Agrarias solo se encuentran el 19,6%. Lo cual, parece constituirse no solo como mecanismos que transgreden la presencia y continuidad de las mujeres en la ciencia, sino también como nuevas formas de discriminación hacia la mujer.

Existen organismos que también se han interesado en abordar las diferencias de género que se presentan en el ámbito científico, como tal, la UNESCO presenta un estudio desarrollado con el Proyecto Iberoamericano de Ciencia, Tecnología y Género (GENTEC) en el que muestra las condiciones de la mujer en relación con el desempeño de la actividad científica; así como también, busca concientizar sobre la importancia de contemplar dicha situación en la agenda política. Una investigación similar a la realizada por el Proyecto GENTEC, es la Red Iberoamericana de Indicadores de Ciencia y Tecnología (RICyT), la cual propuso la construcción de un sistema de indicadores de ciencia, tecnología y género; entre sus propósitos está determinar: el número de mujeres que realizan actividades científicas; el grado de concentración de mujeres en un sector determinado, lo cual conlleva una desventaja; las desigualdades en el acceso a las comunidades científicas y futuras ascensos; el reparto justo del financiamiento entre hombres y mujeres para el desarrollo de proyectos científicos; la proporcionalidad en la ocupación de cargos directivos, y subalternidad de las mujeres en el trabajo científico (Daza y Pérez, 2008).

Otro efecto de las diferencias de género en la ciencia, se encuentra en lo mencionado por Lorente (2004), cuando menciona que la segmentación del

conocimiento conlleva la asignación por género de los saberes estimados de valía, objetividad y racionalidad, respecto de aquellos que se consideran poco trascendentes, emocionales o habituales, esto refleja las construcciones ideológicas en torno al valor de los conocimientos y la posición que ocupan en la estructura social. En este mismo sentido, Guil (2016) sostiene que hay “barreras que impiden a las mujeres tener mayor productividad científica”, tal como la división generizada del trabajo y las construcciones culturales que han permeado a la ciencia.

Un ejemplo más de las barreras antes mencionadas, son los roles de género. Estos, no solo dificultan el ingreso de las mujeres a la ciencia; sino que, además, imponen límites que les impide el acceso y ascenso a puestos de mayor jerarquía en este ámbito, reforzando así el “suelo pegajoso” en que se encuentran (González, 2017; Rodríguez, 2011; Torres y Pau, 2011).

Una crítica a lo anterior, surge con los primeros estudios feministas, los cuales sostienen que la ciencia reproduce y valida la exclusión social de la mujer. Desde sus inicios, cuestionaron de forma contundente la ausencia y poco reconocimiento de las mujeres en lo científico, con lo que se devela que la historia, no solo las invisibiliza, sino que además los científicos más ilustres han calificado las destrezas y aportaciones científicas de las mujeres de formas por demás insultantes, reprobables y absurdas (Agudo, 2006; Sanz, 2011).

Los enfoques feministas, han centrado sus esfuerzos no solamente en develar el lugar que ocupa la mujer en el ámbito científico y la forma en que su participación se ha presentado, sino también se han interesado por analizar la generización de la ciencia en relación con prácticas androcéntricas. Esto, refiere a un pensamiento dominante y jerárquico vinculado a una visión masculina que sitúa al hombre como desprovisto de preceptos femeninos y superior a la naturaleza. Es decir, la fragmentación de lo objetivo y lo subjetivo se basa en la unidad objetividad-poder-masculinidad, y se aleja de la mujer y los sentimientos (Sánchez, et al., 2016; Vázquez-Cupeiro, 2015).

Una de las formas recurrentes en que se manifiesta el androcentrismo, es en el uso de metáforas sexuales que estigmatizan y excluyen a las mujeres. Ejemplo de ello, es la terminología “ciencias duras” y “ciencias blandas” en la que, “dura” alude a lo masculino y “blanda” a lo femenino. Así, mientras que a las primeras se les atribuye un conocimiento científico y objetivo, a las segunda se les ubica como subjetivas y basadas en la emoción. En sentido genérico, los hechos son duros y los sentimientos blandos. Bajo esta tesitura,

no solo se rechaza el papel de la mujer como productora de conocimiento, sino que también se reproducen procesos dicotómicos que acentúan las relaciones de poder, desigualdad, subordinación y opresión, cuyo alcance trasciende a todas las esferas de la vida social (Blázquez, 2012; Fernández, 2012; Herrea, 2019).

Trabajo Social y científicidad: una disciplina con doble estigma

Tal parece que la ciencia es una “luz que siempre proyecta alguna sombra” (Bachelard, 2000; p. 15). En este caso, se trata del ensombrecimiento de las mujeres, dado que la producción del conocimiento científico se ha visto permeada de ideologías sexistas y androcéntricas, que producen como efectos la desigualdad entre hombres y mujeres, ya sea negando la participación de estas, calificando sus aportaciones científicas como intrascendentes e inferiores o bien restringiendo su acceso a cargos directivos en las comunidades científicas.

En este apartado se aborda cómo se presentan aquellas situaciones en la construcción de la científicidad del Trabajo Social, específicamente en relación con la producción científica, tomando en consideración que se trata de una disciplina que históricamente se ha considerado feminizada. Ello refleja un vínculo entre el género y la naturaleza del conocimiento que se produce (Lorente, 2004); es decir, las relaciones de poder que surgen a través de los roles de hombre y mujer, generan que tanto personas, como objetos e ideas sean catalogadas como superiores o inferiores (Montaño, 2000).

El origen y construcción del conocimiento científico es algo que trasciende a las disciplinas, pues existe un vínculo entre poder y conocimiento experto. En ello, el género interviene como elemento estructurante que determina el estatus social, la distinción y la valía de una disciplina; por lo que, la división generizada del conocimiento, confiere mayor valor a un tipo de saberes en detrimento de otros, al mismo tiempo que condiciona el lugar que ocupan en la jerarquía de la ciencia. Todo ello, podría explicar la falta de reconocimiento y la errada inferioridad de la que ha sido objeto Trabajo Social (Lorente, 2004).

Desde sus inicios, esta disciplina ha sido conformada mayoritariamente por mujeres; sin embargo, es pertinente aclarar que esta no es la razón por la que se considera como feminizada, se trata de un componente cultural que estigmatiza como femeninas a ciertas acciones y, en consecuencia, a determinadas disciplinas (Lorente, 2004). Acorde a esto, Montaña (2000) menciona que es precisamente “este hecho su primer elemento de subalternidad, en la medida que se inserta en sociedades marcadas y regidas por patrones patriarcales” (p. 88). De tal forma que, la actividad, progreso y reconocimiento de trabajo social se encuentra condicionado por el género.

Respecto a lo anterior, Lorente y Luxardo (2018) señalan que, en Trabajo Social, “la división del conocimiento es un hecho de poder que distribuye desigual y jerárquicamente el capital social asociado a los conocimientos considerados socialmente valiosos, procediendo a su reparto cultural de forma diferencial entre hombres y mujeres” (p.105). Dicha situación se acentúa más debido a que en la disciplina se presenta una mayor concentración de mujeres, esto a su vez representa una dificultad para mantener la autoridad sobre la producción y divulgación del conocimiento propio que fundamenta su área disciplinar. De ahí que, la falta de reconocimiento e invisibilidad a las aportaciones de las mujeres tanto al ámbito científico como a la vida social, resulten evidentes (Lorente y Luxardo, 2018).

De lo expuesto hasta aquí, se infiere que, en la ciencia aun persisten juicios de valor que califican a los saberes de lo masculino como legítimos, valiosos y reflexivos frente a los cotidianos, complementarios e intrascendentes los cuales se han relacionado a la mujer, hecho que dificulta su posibilidad de posicionarse en la ciencia, ocupando por tanto una posición de subalternidad en relación con la producción científica masculina (Acuña y otros, 2019)

Metodología

El presente estudio se realizó desde un enfoque mixto, con un diseño predominantemente cualitativo (Pereira, 2011), las técnicas utilizadas fueron: la revisión bibliográfica, el análisis documental y la entrevista semiestructurada. Se seleccionaron tres revistas mexicanas de Trabajo Social, bajo los siguientes criterios de inclusión: a) revistas con situación vigente incluidas en alguna base de datos (repositorio), b) que los ejemplares se encontraran en acceso abierto y, c) que reportaran publicaciones periódicas. Las que

cumplieron estos criterios fueron: 1) Revista Trabajo Social UNAM, incluida en Latindex, 2) Perspectivas Sociales/*Socials Perspectives*, incluida en Dialnet y 3) Realidades, incluida en Dialnet, las dos últimas pertenecientes a la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL).

Las tres revistas varían en términos de contenido. No obstante, todas incluyen los artículos de investigación, lo cual sirve para el análisis documental, por reconocer que estos son componentes que expresan la producción de una comunidad científica. Se contemplaron los artículos publicados en los años 2015 al 2018 por ser el período en que las tres revistas reportaron constancia en sus publicaciones (véase tabla 1), quedando para su revisión 75 artículos.

Revista	Número artículos por año						Total por revista
	2019	2018	2017	2016	2015	2014	
Trabajo Social	0	12	4*	3*	11	20	50
Perspectivas Sociales	5	5	5	5	5	0	25
Realidades	7	7	6	7	5	4	36
Total por año	12	24	15	15	21	24	111

*Estos años la revista solo publicó un número por lo que disminuye la cantidad de artículos analizados.

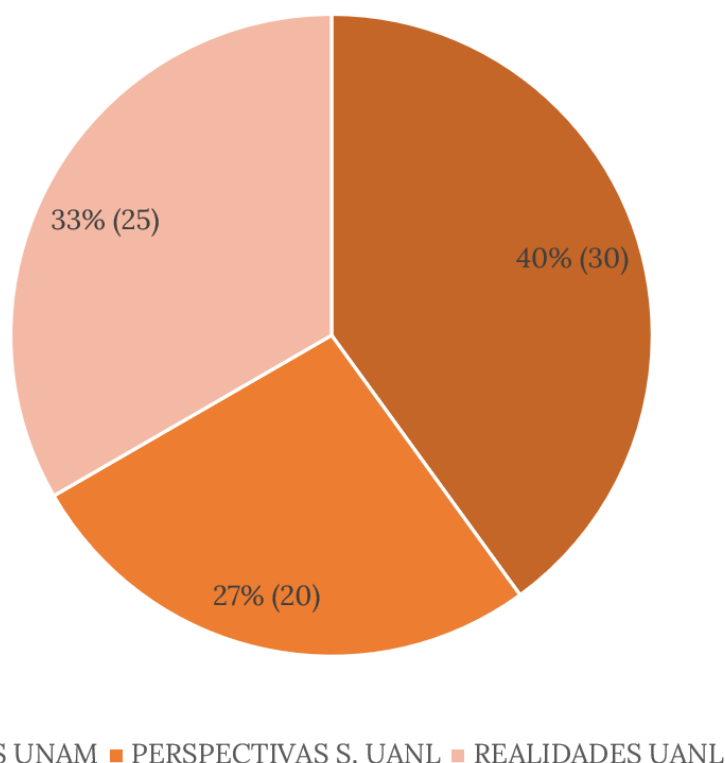
Tabla 1. Totalidad de la muestra

Fuente: elaboración propia.

Asimismo, fueron seleccionados siete informantes clave (tres editores de revista, dos presidentes de asociaciones y dos coordinadores de redes), quienes cumplieron con los siguientes criterios: experiencia en investigación científica, tener publicaciones en revistas de Trabajo Social y ostentar un cargo en alguna revista, red o asociación de la disciplina. En cuanto a los instrumentos, se utilizó una matriz por columnas en la que se concentran los datos a revisar; así como un guion de preguntas con base en los datos obtenidos de la revisión bibliográfica y el análisis documental.

Acercamiento a la producción científica en revistas mexicanas de Trabajo Social

Mediante la recuperación de la información y con base en el análisis documental de las tres revistas mexicanas de Trabajo Social, se registraron 75 artículos de investigación científica, de estos el 40% pertenecen a la revista Trabajo Social UNAM; el 33% a la revista Perspectivas Sociales/ Socials Perspectives de la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL) y el 27% a la revista Realidades, también de la UANL (véase gráfico 1).



Se registraron 166 autores; de estos, el 56% son mujeres y el 44% son hombres. Esta pequeña mayoría femenina, se explica recurriendo a la propia historia del Trabajo Social, ya que desde sus inicios se ha conformado principalmente por mujeres. Incluso, esta afirmación adquiere sentido en el gráfico 2; en este se advierte que dentro del conjunto de autores con formación de trabajo social y, quienes representan solamente un 30% (51) del total de autores identificados, el 67% son mujeres. Mientras que en el resto de autores de otras disciplinas la proporción es más equitativa, exceptuando el área de las ciencias biológicas y de la salud.

Sobresale que las/os autoras/es con formación disciplinar de Trabajo Social en conjunto con otras disciplinas de las Ciencias Sociales concentran el 63% del total; las áreas que integran dicho porcentaje son: Derecho, Administración, Política,

Antropología, Sociología, Economía, entre otras. El 19% de las/os autoras/es pertenecen al área de las Humanidades, con disciplinas como: Filosofía, Historia, Pedagogía, Estudios del Caribe, Educación Familiar, etcétera. En el área de las Ciencias Biológicas y de la Salud, se encuentra un porcentaje menor de las/os autoras/es (9%), con profesiones como: Seguridad Industrial y Medio Ambiente, Desarrollo Sustentable, Bioquímica Marina, y demás. Por otro lado, el 3% de las/os autoras/es se ubican en el área de

Gráfico 1. Porcentaje de artículos de investigación científica por revista de la muestra total

Fuente: elaboración propia.

Físico-Matemáticas e Ingeniería, con disciplinas en Matemáticas, Ciencias de Materiales, Tecnología y Sostenibilidad. Finalmente, el 6% de las/os autoras/es no especificó su formación disciplinar.

	Profesionales de Trabajo Social (30%)	Ciencias Sociales (33%)	Humanidades (19%)	Ciencias Biológicas y de la salud (9%)	Físico-Matemáticas e Ingeniería (3%)	Otros (6%)	Total
Mujeres	34	27	17	3	3	6	89
Hombres	17	24	16	12	2	3	77
							166

Gráfico 2. Número de autores según al área del conocimiento a la que pertenecen (2015-2018).

Fuente: elaboración propia.

Se advierte que la mayoría de las/os autoras/es que publican en las revistas analizadas, pertenecen a disciplinas distintas al Trabajo Social, principalmente al área de Educación y Psicología. Ello se justifica, no solo por la reciente creación de posgrados orientados a la investigación de Trabajo Social (lo que aun implica una débil tradición por la producción y divulgación de artículos científicos); sino también, porque dichos posgrados reflejan el carácter multidisciplinario que enmarca a Trabajo Social, esto contribuye a la construcción de conocimiento para la disciplina desde conocimientos de frontera.

En relación con el tipo de participación de las autoras y los autores, en la tabla 2 se observa que, el 63% son publicaciones colectivas, mientras que el 37% son de tipo individual. En cuanto al reconocimiento que las investigadoras y los investigadores obtienen al aparecer como primer autor, se encontró que las mujeres representan un mayor porcentaje (64%), en relación con los hombres (36%).

Por otro lado, al comparar los porcentajes por tipo de publicación entre el total de autores y el grupo de trabajadores sociales de formación, no se advierten grandes diferencias, el 73% son colectivas, en tanto que

	Total de autores	Autores con profesión de Trabajo Social
	%	%
Publicación Individual	37	27
Publicación Colectiva	63	73
Primer autor hombre	36	20
Primer autor mujer	64	80

Tabla 2. Porcentaje del tipo de participación de las autoras y los autora en artículos de investigación científica y crédito como primer autora o autor.

Fuente: elaboración propia.

el 27% son individuales. En lo concerniente al crédito primer autor/a, hay una mayor diferencia entre hombres y mujeres, las trabajadoras sociales que aparecen en la primera posición autoral son el 80%, a diferencia de los hombres, que ocupan el 20%.

Es pertinente destacar la presencia de investigadoras como primeras autoras, sin caer en el reduccionismo de atribuirlo a una mayoría de mujeres en la profesión. Puesto que, los hallazgos demuestran que, pese a que la mayoría de las autoras tienen menor grado académico tanto en lo general como en particular a las/os profesionales del trabajo social, y que representan solo un poco más de la mitad (54%) del total de las/os autores estudiadas/os, los datos encontrados indican que ellas son líderes en los equipos de producción científica.

La generización de la ciencia en Trabajo Social

Los hallazgos que se presentan a continuación, se obtuvieron a partir de la entrevista semiestructurada realizada con expertas/os. De acuerdo con los datos recuperados, se advierte que el género es un componente ineludible al momento de realizar estudios en la disciplina. Así lo confirman las siguientes líneas: *... a nuestra carrera, siempre que haces un análisis de trabajo social, el género la atraviesa, (IR1_M)*. Esto, responde principalmente a su conformación mayoritaria de mujeres. Razón por la cual, suele ser etiquetada como disciplina feminizada; aunque el término es errado, ya que más bien refiere a un elemento cultural que atribuye características femeninas (comunicación, afecto, acompañamiento, protección, cuidado de los otros, etc.) a ciertas actividades y, por tanto, a determinadas disciplinas (Linardelli y Pessolano, 2019; Lorente, 2004).

Lo anterior, también trasciende al ámbito científico. No obstante, en lo referente a la producción y divulgación, la mayoría de las/os entrevistadas/os afirman que, debido a que en trabajo social las mujeres superan en número a los hombres, es de esperarse que sean ellas quienes aparentemente ocupen más espacios en la ciencia (cargos directivos, crédito como primer autor, nombramientos, etc.). *Obviamente, es una profesión sí con más mujeres. Y... creo que, al ser más mujeres son las que publican, (ED2_M)*. Es decir, además de sus habilidades, responde a *simple demografía (IR1_M)*, *hay más investigadoras mujeres que hombres (PR1_H)*.

Por otro lado, en las entrevistas se afirma que, la mayor presencia de mujeres en actividades científicas y académicas, es el reflejo claro de *...una profesión en donde han estado históricamente las mujeres*; y que esto, no afecta el rigor científico de la disciplina (ED2_M). Sin embargo, también se advierten opiniones discordantes; puesto que, de acuerdo con algunas narraciones, el hecho de que la disciplina sea ocupada mayormente por mujeres, *... repercute en el proceso de... trabajo. Desde... la parte científica*. Si bien, ello no quiere decir que las mujeres cuenten con menos capacidades que los hombres; sí se reconoce que ellos tienen *mayor movilidad [...] para poder hacer las cosas* (PA1_M). Esto parece suponer que, *el ser mujer afecta mucho a la actividad de la investigación científica* (ED1_H). Circunstancia que tiene un impacto en todas las áreas de la ciencia, no lo solo en trabajo social.

Pese a que, en principio se niega algún perjuicio a la científicidad de trabajo social por el simple hecho de estar conformado principalmente por mujeres, los fragmentos finales son evidencia de que aun persisten limitantes que “impiden a las mujeres tener mayor productividad científica” (Guil, 2016, p. 278) y que, éstas no son precisamente de tipo intelectual. De hecho, se trata de construcciones ideológicas que inciden en el valor, reconocimiento y posición del conocimiento que produce tanto la disciplina, como los investigadores e investigadoras insertos en ella.

Del suelo pegajoso a la subalternidad de Trabajo Social

En el ámbito científico, al igual que ocurre en otros espacios, se presentan barreras casi imperceptibles que impiden el ingreso, permanencia, desarrollo y ascenso profesional de las mujeres. En trabajo social, no es la excepción; puesto que, en la mayoría de las entrevistas se hace referencia a dichas barreras para explicar la desigualdad en la incursión de hombres y mujeres a la investigación.

De forma sintética, las/os entrevistadas/os señalan que, a diferencia de los hombres, las mujeres tienen menor oportunidad de concentrarse por completo en su desarrollo profesional y académico. Ello se debe, entre otras cosas, a que las construcciones socioculturales asignadas a las mujeres se convierten en un obstáculo para su crecimiento, lo cual confirma que

el “suelo pegajoso” (González, 2017; Rodríguez, 2011; Torres y Pau, 2011) permea en la disciplina.

... en la cultura que tenemos “pues” también de repente repercute en las mujeres, ¿no? Y las mujeres se ven obligadas a estar en un rollo de control por parte de la figura masculina o de la cultura patriarcal dentro de lo que son los hogares, y eso hace que la mujer se prepare menos. O sea... por la cuestión de embarazo, la mujer ya no hace una maestría o un doctorado [...] la cultura patriarcal “pues” igual genera que la mujer [...] no salga tanto a la parte pública para poderse actualizar o acudir a espacios para hacer investigación (IR1_M).

El hecho de que gran cantidad de mujeres se dedique a tareas de cuidado y asistencia social, no solo refleja una desigualdad entre ambos sexos. Sino también, refleja que la participación de aquellas en la esfera pública, aun se presenta con muchos tropiezos. Al mismo tiempo, esto evidencia las relaciones de poder y subalternidad existentes (Del Moral, 2012), y que se traducen en aquel “poder que deja en la sombra a los sometidos”, particularmente a las mujeres (Agudo, 2006, p. 45). Situación, que también ocurre en el ámbito científico; puesto que, se advierte una diferenciación entre el conocimiento que producen hombres y mujeres. Mientras que a ellos se les atribuye un conocimiento objetivo, a ellas se les vincula con un conocimiento subjetivo que limita su participación en la esfera pública (Lorente, 2004). Tal como se refiere en el siguiente planteamiento de un editor hombre:

... la naturaleza nos ha formado distintos al hombre y a la mujer. [...] El trabajo social requiere un abordaje cualitativo, y yo pienso que la naturaleza ha dotado a la mujer, con más cualidades para abordar cualitativamente algo, cualquier situación, que a los hombres. Creo yo que la mujer está más... ella, para el abordaje de problemáticas sociales a través del método cualitativo, que el hombre. Probablemente los hombres seamos más dados a hacer estudios cuantitativos, basarnos menos en los sentimientos, buscar el dato frío, el dato duro, etcétera. En tanto que la mujer no. La mujer aprende mucho de la relación emocional. La mujer está hecha para el trabajo social. Y los hombres también, nada más que con enfoques diferentes. Pero yo creo que esa es la parte cualitativa que requiere la intervención del trabajo social, está muy bien hecha para ustedes las mujeres, creo yo (ED1_H).

En el fragmento anterior, se identifica un trasfondo que refleja la generización del conocimiento. Esto confirma la teoría, ya que es posible advertir que en la ciencia aun persisten juicios de valor, que califican a los saberes de lo masculino como legítimos, valiosos y reflexivos frente a los cotidianos, complementarios e intrascendentes los cuales se han relacionado a la mujer (Acuña y otros, 2019). Al mismo tiempo, esto podría reproducir la idea de

que las mujeres no construyen conocimiento científico. Y, por ende, trabajo social caería en dicho reduccionismo.

Conclusiones

De lo expuesto en este trabajo, se infiere que los sesgos de género en la ciencia, no son una cuestión reciente; por el contrario, son producto de una larga data. Esto explica por qué las aportaciones de las mujeres no fueron tomadas en cuenta durante mucho tiempo. Sumado a esto, se advierte que el género está vinculado con la científicidad de Trabajo Social. Puesto que, a mayor feminización y cantidad de mujeres en la disciplina, menor es el prestigio atribuido al conocimiento que produce. Esta situación encasilla a la profesión como subalterna, no solo en el ámbito científico, sino también frente a otras áreas. Ello limita su desarrollo, debido a que en la ciencia persisten prácticas androcéntricas que refuerzan la división generizada del conocimiento, a la vez que intensifican los suelos pegajosos.

En tal sentido, pensar a las mujeres en la ciencia implica desmitificar la lógica y neutralidad atribuida al conocimiento científico (Keller, 1991). Para ello, es fundamental impulsar el desarrollo de reflexiones críticas tendientes a romper con el *status quo*, favorecer a la construcción de nuevas teorías y conocimientos que sobrepasen los límites tradicionalmente impuestos. Al mismo tiempo, se requiere promover la toma de consciencia como una vía que haga posible desarrollar acciones que rompan con la desigualdad e inequidad existente entre unas y otros. Y finalmente, se insiste en la necesidad de visibilizar a las mujeres, tomando en cuenta sus aportaciones e intereses, además de construir una ciencia reflexiva y comprometida con valores democráticos y de justicia social.

Referencias

- Acuña, W., Ramírez, M., & Jiménez, A. (Julio-Diciembre de 2019). La producción de conocimiento en Trabajo Social desde las perspectivas de género. *Prospectiva. Revista de Trabajo Social e intervención social*(28), 41-67. doi:10.25100/prts.v0i28.6740
- Agudo, Y. (2006). El lado oscuro de la mujer en la investigación científica: ¿es la ciencia una “empresa masculina”? *Cuestiones de género*, 15-51.
- Bachelard, G. (2000). *La formación del espíritu científico. Contribución a un psicoanálisis del conocimiento objetivo*. México: Siglo veintiuno editores.
- Blázquez, N. (2012). Epistemología feminista: temas centrales. En N. Blázquez, F. Flores, & M. Ríos, *Investigación feminista. Epistemología, metodología y representaciones sociales* (págs. 21-38). México: Universidad Nacional Autónoma de México Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades.
- Daza, S., & Pérez, T. (Enero-Diciembre de 2008). Contando mujeres. Una reflexión sobre los indicadores de género y ciencia en Colombia. *Antropol.sociol*, 29-51.
- Del Moral, L. (2012). En transición. La epistemología y filosofía feminista de la ciencia ante los retos de un contexto de crisis multidimensional. *e-cadernos CES*(18), 51-80. doi:10.4000/eces.1521
- Fernández Rius, L. (2012). Género y ciencia: entre la tradición y la transgresión. En N. Blázquez Graf, F. Flores Palacios, & M. Ríos Everardo, , *Investigación feminista : epistemología, metodología y representaciones sociales* (págs. págs. 79-110)). CDMX: Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades.
- González, M. I. (2017). *Ciencia, tecnología y género*. Asunción: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT)- Paraguay.
- Guil, A. (Julio-Diciembre de 2016). Género y construcción científica del conocimiento. . *Historia de la Educación Latinoamericana*, 18(27), 263-288. doi:doi.org/10.19053/01227238.5532
- Herrera, G. (Abril de 2019). ¿La ciencia, cuestión de hombres? Mujeres entre la discriminación, los estereotipos y el sesgo de género. *Revista de Comunicación y Cultura*(2), 136-138.
- Keller, E. (1991). Reflexiones sobre género y ciencia. *Asparkia* XII, 149-153.
- Lamas, M. (2013). La antropología feminista y la “categoría género”. En M. Lamas, *El género. La construcción cultural de la diferencia sexual* (págs. 35-96). CDMX: Miguel Ángel Porrúa.
- Linardelli, M. F., & Pessolano, D. (Julio-Diciembre de 2019). La producción de conocimiento en Trabajo Social, una lectura desde las epistemologías del sur y feministas. *Prospectiva. Revista de Trabajo Social e Intervención Social*(28), 17-40. doi:10.25100/prts.v0i28.6695
- Lorente, B. (2004). Género, ciencia y trabajo. Las profesiones feminizadas y las prácticas de cuidado y ayuda social. *Scripta Ethnologica*(26), 39-53.

- Lorente, B., & Luxardo, N. (2018). Hacia una ciencia del trabajo social. Epistemologías, subalternidad y feminización. *Cinta moebio*(61), 95-109. doi:10.4067/S0717-554X2017000100095
- Montaño, C. (2000). *La naturaleza del servicio social: un ensayo sobre su genesis, su especificidad y su reproducción*. Sao Paulo, Brasil: Cortez.
- Pereira, Z. (Enero-Junio de 2011). Los diseños de método mixto en la investigación en educación: Una experiencia concreta. *Revista Electrónica Educare*, XV(1), 15-29.
- Rodríguez, E. (2011). Las mujeres que vuelan: género y cambio cultural en Cuetzalan. *Perfiles Latinoamericanos*, 115-143.
- Sánchez, A. K., Rivera, E., & Velasco, J. J. (julio-diciembre de 2016). Desigualdades de género en ciencia, el caso de las científicas de la UAEMéx. *Cuadernos Inter.c.a.mbio sobre Centroamérica y el Caribe*, 13(2), 85-112.
- Sanz, N. (2011). Donna Haraway. La redefinición del feminismo a través de los estudios sociales sobre ciencia y tecnología. *Eikasia. Revista de Filosofía*(39), 38-72.
- Torres, O., & Pau, B. (2011). “Techo de cristal” y “suelo pegajoso”. La situación de la mujer en los sistemas alemán y español de ciencia y tecnología. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad - CTS*, 6(18), 1-23.
- Tovar, P. (2002). Género y ciencia en Colombia: Algunos indicadores. *Colombia Ciencia y Tecnología*, 20(2), 3-10.
- Vázquez-Cupeiro, S. (mayo-agosto de 2015). Ciencia, estereotipos y género: una revisión de los marcos explicativos. *Convergencia. Revista de Ciencias Sociales*, 22(68), 177-202.

Reseña de las autoras

Rosa Acela Mayanix

Licenciada en Derecho, Maestría y estudiante de Doctorado en Trabajo Social, ambos programas pertenecientes a la Universidad Autónoma de Sinaloa e inscritos en el PNPC-CONACyT. Ponente en eventos nacionales. Producción: capítulo de libro y artículo en prensa en las líneas de investigación: producción y divulgación del conocimiento científico y Trabajo Social.

María Luisa Urrea Zazueta

Licenciada en Derecho, maestría y doctorado en Educación por la UAS (CONACyT), estancias de investigación en la UNAM, Universidad Autónoma de Madrid y estancia posdoctoral en la Universidad Autónoma de Occidente (PRODEP-2018). Integrante

del SNI (Nivel 1), integrante de la Red de Ciencia, Tecnología y Género. Núcleo Académico Básico del Posgrado el Educación y en Trabajo Social de la UAS. Ponente en eventos nacionales e internacionales. Directora de tesis de licenciatura, maestría y doctorado, ha participado en comités tutoriales de posgrados en la UAS, UPES, Universidad Católica de Culiacán y UAdeO. Autora de artículos, capítulos de libros en las líneas de investigación: formación de investigadores, producción del conocimiento, educación y género.

Teresita del niño Jesús Carrillo Montoya.

Licenciada en trabajo social, maestría y doctorado en Educación por la Universidad Autónoma de Sinaloa. Docente de la Facultad de Trabajo Social de la UAS. Estancia posdoctoral (CONACyT) por dos años en la Facultad de Economía y Relaciones Internacionales (UABC), estancia de investigación (CONACyT) en la Universidad Autónoma de Occidente. Integrante del SNI nivel 1 y de la Red de Ciencia, Tecnología y Género. Perteneció al Núcleo Académico Básico de los posgrados en Educación y en Trabajo Social. Directora de tesis en los posgrados: Administración Estratégica (UAS), Desarrollo Educativo (UPES) y Estudios del Desarrollo Global (UABC). Autora de artículos, capítulos de libros y libros en las líneas de investigación: Educación y mercado laboral, política social, desigualdad social y género.

