



FORMAS INCLUYENTES PARA ENTENDER Y DIVULGAR LA CIENCIA

Volumen 2: Estrategías para la promoción y divulgación de la ciencia en diversos grupos poblacionales

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 2:

Estrategías para la promoción
y divulgación de la ciencia
en diversos grupos poblacionales



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

Jesús Iglesias Castelán

REVISOR DE ESTILO

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

ISBN VOLUMEN: 978-607-8839-73-5

CÓDIGO IDENTIFICADOR CONCYTEP: C-L-2022-09-55

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

• Diseño de estrategias con perspectiva de género para la preservación del patrimonio cultural inmaterial de pueblos originarios y barrios indígenas en condiciones de vulnerabilidad en el estado de Puebla.....	1
• Quiero Divulgar, propuesta del perfil “Analista de Inclusión Social del Conocimiento”	19
• El reto de la educación ambiental desde las áreas naturales protegidas, comparación de dos casos: Puebla y Ciudad de México.....	37
• La transdisciplina Arte, Ciencia y Tecnología (ACT) como vehículo para la divulgación científica a través del arte.....	57
• Proyectos participativos de investigación comunitaria, inclusiva e intergeneracional para el reconocimiento del entorno en las Culturas-Pueblo Ancestrales.....	75
• Estudio sociodemográfico de los presentadores de ciencia y humanidades en YouTube como medio para difundir investigaciones	93
• Propuesta innovadora para preparar a niños preescolares para la enseñanza de las matemáticas.....	115
• Ciencia en miniatura: la importancia de la tecnología de microchips en la difusión y educación interdisciplinaria	131
• Cómputo afectivo aplicado en la enseñanza de estructura de datos para estudiantes de nivel superior	153
• Guía para incorporar la perspectiva de género en la divulgación de ciencia y tecnología	167
• Fomento de vocaciones científicas con perspectiva de género en el estado de Puebla: jornada por la ciencia.....	185
• Al ritmo de la epigenética construimos la ciencia. Divulgación incluyente de conceptos epigenéticos en educación media superior.....	201
• Creación de material didáctico para promover vocaciones STEM en niñas de entre cinco y ocho años.....	219
• Al rescate del Planeta: Propuesta de apoyo pedagógico en educación informal para la acción climática.....	237



DISEÑO DE ESTRATEGIAS CON PERSPECTIVA DE GÉNERO PARA LA PRESERVACIÓN DEL PATRIMONIO CULTURAL INMATERIAL DE PUEBLOS ORIGINARIOS Y BARRIOS INDÍGENAS EN CONDICIONES DE VULNERABILIDAD EN EL ESTADO DE PUEBLA

Dra. Norma Leticia Ramírez Rosete

Introducción

Durante los últimos años en el estado de Puebla se han agudizado diversas problemáticas relacionadas a la desigualdad de género en los ámbitos urbano, social, económico, laboral y científico, lo que hace evidente la necesidad de potenciar la participación de las mujeres en la construcción, diseño y planificación de la ciudad, para realizar acciones con perspectiva de género bajo un enfoque urbano. En consecuencia, se podrán construir ciudades más habitables que garanticen la equidad y accesibilidad de todos y todas dentro de los diversos espacios, creando armonía entre el patrimonio construido y el entorno social.

El presente trabajo busca analizar los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) y su

relación con el contexto mexicano para el diseño de estrategias en atención a grupos vulnerables para su incorporación a los planes de desarrollo de los gobiernos locales. Por lo tanto, el objetivo de esta investigación científica consiste en el diseño de estrategias con perspectiva de género para la preservación del patrimonio cultural inmaterial de pueblos originarios y barrios indígenas en condiciones de vulnerabilidad del estado de Puebla, donde se adopte y reitere lo establecido en el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y en la Agenda 2030, mediante diversas acciones multidisciplinarias en temas de desigualdad, pobreza, desarrollo económico local, comunidades sostenibles, medio ambiente, justicia y seguridad.

En este sentido, la metodología de Investigación Acción Participativa (IAP)

empleada describe las problemáticas respecto al análisis de la situación actual en pueblos originarios y barrios indígenas en relación con el papel de la mujer en la conservación del patrimonio, específicamente en el Barrio de Analco, el cual forma parte de la Zona de Monumentos del Municipio de Puebla (ver Fig. 1). El objetivo final es analizar, generar y evaluar las estrategias multidisciplinarias que logren mitigar la falta de protección del patrimonio cultural por medio de acciones que incrementen la participación en la mejora de la calidad de vida con un enfoque de género en equidad de oportunidades para la población del barrio, disminuyendo riesgos de desigualdad. Por último, un aspecto importante es la retroalimentación a través de la vinculación nacional e internacional con grupos de investigación, instituciones y asociaciones que promuevan la importancia de las mujeres en la ciencia, en su derecho a la ciudad y, en específico, en la preservación del patrimonio cultural.

Antecedentes

A lo largo de los años los pueblos originarios y barrios indígenas han formado parte de la población más vulnerable del estado de Puebla, en el que ha aumentado la discriminación contra las mujeres, la cual asume distintas formas asociadas con la desigualdad. Estas problemáticas se vuelven amenazas constantes en el proceso de conservación del patrimonio cultural inmaterial, ya que son principalmente las mujeres quienes portan saberes y conocimientos ancestrales que integran su identidad cultural.

En este sentido, para contextualizar el tema de desigualdad de género a nivel nacional se realizó un análisis desde el año 2012, en el cual Puebla ha sido considerado como el 4.º estado con mayor nivel de desigualdad (Ramírez; Reyes, 2020). De acuerdo con datos del Censo de Población y Vivienda 2020, se presenta en municipios considerados indígenas un 30% de mujeres que no saben leer ni escribir, a pesar de que en el país se ha tenido mayor acceso a la educación en todos los niveles (INMUJERES, 2021). Esta situación nos muestra la falta de equidad que existe hacia la mujer indígena en Puebla. Por ello, resulta fundamental desarrollar estrategias que promuevan su desarrollo y participación orientada a la toma de decisiones en diversos ámbitos. De esta forma se logrará mitigar la discriminación y desigualdad por razones de género, ya que se considera un asunto vinculado con el desempeño de la sociedad en conjunto.

Es importante resaltar que la presente investigación busca generar estrategias para la inclusión participativa y equitativa de la mujer, dirigidas a enaltecer su papel en la salvaguarda y preservación del patrimonio cultural inmaterial, aplicado al barrio de Analco, el cual es considerado uno de los principales barrios indígenas que conforman el primer cuadro de la ciudad de Puebla, de gran riqueza cultural y memoria histórica por su participación durante la construcción de la ciudad (ver Fig. 2).

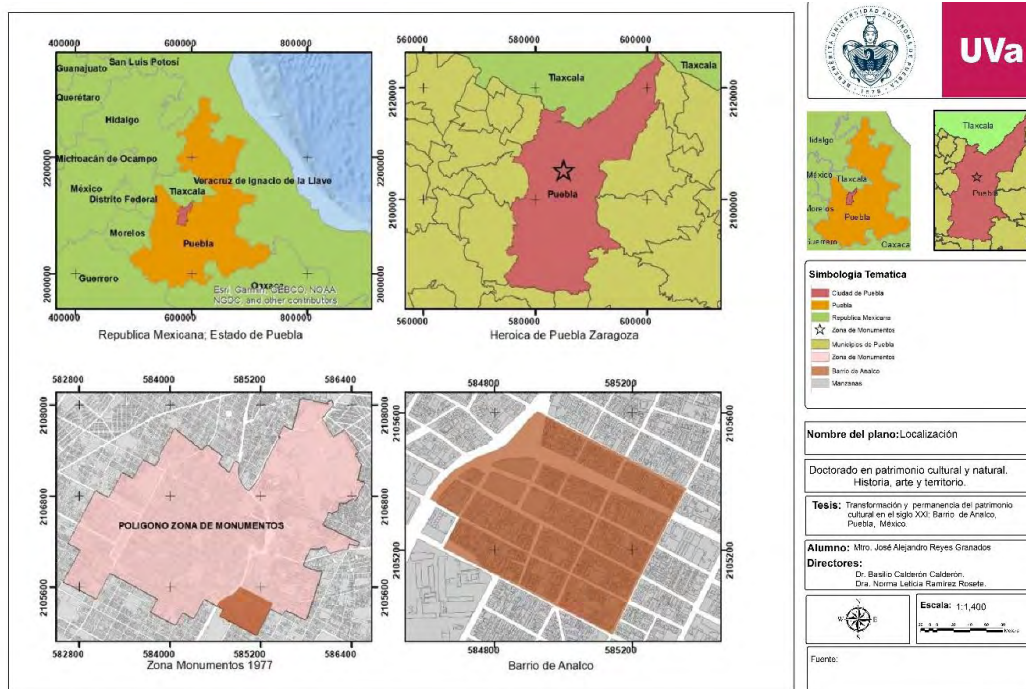


Figura SEQ Figura \ * ARABIC 1. Plano de localización del Barrio de Analco, Puebla.

Fuente: Extraído de CITATION Rey21 \ I 3082 (Reyes, 2021)



Figura 2

Problemática – justificación

Actualmente el patrimonio cultural inmaterial del barrio de Analco está siendo amenazado por los diversos procesos de transformación que ha sufrido la zona, generando una desvalorización y degradación de sus inmuebles; además, existe el riesgo de la pérdida de los saberes, oficios y tradiciones que forman parte de su riqueza cultural. En este sentido, al ser elementos identitarios hace que el preservarlos sea sumamente necesario, ya que son únicos e irremplazables y conforman la memoria histórica del sitio. Por lo tanto, sociedad debemos generar acciones que ayuden en su protección, conservación y difusión, con el fin de transmitir a las nuevas generaciones el valor del patrimonio cultural inmaterial que forma parte del estado de Puebla.

Aunado a lo anterior, se visibiliza un bajo nivel de participación social con equidad de género en la zona, debido a que las mujeres presentan mayores obstáculos para su integración, situación que vulnera sus derechos. Por lo tanto, la equidad de género e integración social es un tema que necesita fortalecerse, ya que el reto actual está en la creación de proyectos de inclusión social considerados dentro de la gestión, planificación y organización territorial en diversas escalas para ejercer el derecho que todo ciudadano tiene sobre la ciudad. Es decir, es necesario construir y diseñar espacios de interacción social con perspectiva de género y accesibilidad universal, donde toda la comunidad y usuarios se sientan identificados y seguros, además de promover espacios públicos inclusivos y multiculturales que generen una igualdad de oportunidades para revalorizar diferentes perspectivas, saberes, formas de vida e identidades de la población que interactúa en el barrio.

Metodología de la investigación

El diseño de estrategias con perspectiva de género es un proceso complejo, ya que requiere trabajar desde diversas disciplinas con el fin de entender de forma lógica las problemáticas de desigualdad que existen en una comunidad, y en relación a esto, dar soluciones que mejoren las condiciones de vida de los habitantes, implicando una reflexión epistémica. Sin embargo, la metodología no solo se debe centrar en el análisis de la problemática de manera externa, sino también en otro punto importante que corresponde al intercambio de experiencias con los diversos actores que interactúan

cotidianamente en el barrio, en este caso con las mujeres que forman parte de la comunidad. Por lo tanto, esta investigación presenta una metodología de Investigación Acción Participativa (IAP) que parte del estudio del problema, dándole seguimiento mediante la cooperación de los ciudadanos y actores interesados en resolver la misma problemática. En este caso, a través del intercambio de experiencias con las mujeres portadoras de conocimientos junto a las instituciones académicas y gubernamentales, a fin de lograr estrategias encaminadas a desarrollar políticas públicas más eficientes.

Reflexión teórica y conceptos clave

Para comprender esta investigación es necesario conocer los conceptos que la fundamentan en relación con cinco ejes temáticos: perspectiva de género, equidad, patrimonio cultural inmaterial, pueblos originarios y barrios históricos, cuya reflexión teórica está estrechamente relacionada a la problemática expuesta.

Para comenzar, la perspectiva de género tiene por objetivo la igualdad entre hombres y mujeres. Organizaciones públicas y privadas de un país se centra en enfoques estratégicos para incorporar a las políticas centrales y locales la igualdad de género para evitar la discriminación en leyes, normas culturales y prácticas comunitarias (ONU Mujeres, 2018). Esta definición desde un ámbito internacional muestra la gran importancia de adoptar esta visión y enfoque con el objetivo de integrar a las mujeres en los diversos procesos para la toma de decisiones, diseño, construcción y transformación de los espacios habitables.

No obstante, a nivel nacional la divulgación que se le da al tema de perspectiva de género es menor, ya que, a pesar de la existencia de instituciones en pro de iniciativas y proyectos de esta índole, son pocos los que reciben financiamiento, por lo que el nivel de integración social aun es mínimo. En el caso de proyectos donde se involucran grupos vulnerables como asentamientos indígenas, es casi imposible precisar la existencia de apoyo para mujeres, debido a la falta de interés y concientización acerca de la importancia de visibilizar la problemática que existe en México, no solo para mejorar las condiciones de vida de esta población, sino también para reconocer el valor de integrarlas al tejido social.

La equidad se define como la imparcialidad en el trato que reciben mujeres y hombres... ya sea con un trato igualitario o con uno diferenciado... en lo que se refiere a los derechos, los beneficios, las obligaciones y las posibilidades... un objetivo de equidad a menudo requiere incorporar medidas encaminadas a compensar las desventajas históricas y sociales que arrastran las mujeres (UNESCO 2019, p. 106).

Es necesario entender que igualdad y equidad son términos distintos. El primero implica el derecho a la no discriminación y a recibir un trato igualitario. En cambio, el segundo término se centra en dotar de oportunidades idénticas o diferenciadas a mujeres y hombres en función de sus diferencias biológicas y de las condiciones que enfrentan cada uno. Asimismo, para garantizar el derecho a la equidad el sector gubernamental está obligado a generar acciones específicas para eliminar la discriminación de género. Por esta razón, para fomentar la equidad en la participación se deben promover actividades que fomenten la opinión femenina y lleven a la preservación del patrimonio cultural, principalmente el inmaterial de los barrios, con el objetivo de impulsar el interés de la sociedad en la conservación y transmisión de su patrimonio (Ramírez; Reyes, 2020).

El patrimonio cultural inmaterial o “patrimonio vivo” se refiere a las prácticas, expresiones, saberes o técnicas transmitidos por las comunidades de generación en generación... proporciona a las comunidades un sentimiento de identidad y de continuidad: favorece la creatividad y el bienestar social, contribuye a la gestión del entorno natural y social y genera ingresos económicos (UNESCO, 2003).

La definición de patrimonio intangible de la UNESCO engloba las tradiciones, costumbres, entre otros elementos, los cuales construyen la identidad de cada comunidad. Este patrimonio con el cual se identifica se va enriqueciendo con la influencia de otras culturas para la subsistencia de la diversidad cultural, donde el papel de la mujer para preservar este legado a lo largo de la historia resulta imprescindible.

De esta manera, el generar una adecuada gestión del patrimonio abre las posibilidades a múltiples oportunidades, particularmente para el desarrollo local, el cual no solo consiste en generar ingresos familiares, sino que también es el medio de expresión y divulgación de los saberes, oficios, arte y técnicas de trabajo propios de una cultura. Por lo cual, no debe verse solo como objeto de mercantilización para la producción y programación de eventos turísticos.

Los pueblos indígenas son grupos sociales y culturales distintos que comparten vínculos ancestrales, colectivos con la tierra y con los recursos

naturales donde viven, ocupan o desde los cuales han sido desplazados... están inextricablemente vinculados a su identidad, cultura y medios de subsistencia, así como también a su bienestar físico y espiritual (Banco Mundial, 2021).

Las poblaciones indígenas tienen usos y costumbres propias de cómo concebir al mundo y la forma de interactuar con él y son representadas en sus vestimentas, su comida, sus costumbres, su cultura, entre otros elementos que las caracterizan. La UNESCO durante los últimos años ha trabajado en acciones colaborativas con los pueblos indígenas para tratar de apoyarlos y hacer frente a los múltiples desafíos y amenazas, reconociendo su importancia en la conservación y salvaguarda de la biodiversidad del mundo, lo que da pie a que en México una de las tareas prioritarias sea la de generar acciones para una buena gestión y apoyo a estas necesidades.

Asimismo, en el análisis conceptual es necesario retomar el término de “centro histórico”, que alude a aquellos asentamientos humanos vivos, condicionados a una estructura física originaria de su pasado, reconocibles y representativos de la evolución de la historia y estructura (física y social) de una comunidad (Chatelon, 2008), conformando la totalidad de la ciudad histórica (Carrion, 2001) fueron constituidos con funciones heterogéneas y espacio de diversidad. Si bien son el resultado histórico de la especialización de las funciones urbanas, debe prevalecer la función residencial o de vivienda como articulador social, ya que su aspecto como espacio vivo está en riesgo ante la pérdida de habitabilidad.

Los centros históricos están compuestos normalmente de barrios en donde se establecen relaciones comunitarias y de solidaridad que generan comportamientos con sentido de colectividad, expresadas en situaciones lúdicas. En este sentido, estas manifestaciones y participación social son las que hacen reconocible a un barrio dentro de los centros históricos y por lo tanto de la ciudad en sí. Por lo tanto es posible pensar que el barrio crece en relación con la ciudad, desde su proceso que da origen al modelo de ciudad contemporánea ciudad contemporánea de la actualidad.

Los barrios son reconocibles por su estructura y actividades sociales que en estos se desarrollan, además de que pueden generalizar ciertas características que resaltan en su composición, ya que actúan como modeladores de la vida social y/o comunitaria. De la misma manera, este lugar se cohesiona y permite la integración de la vida familiar y vecinal. Por otro lado, el territorio barrial en la ciudad articula los espacios públicos y privados

(lo individual y lo colectivo), de los cuales depende el uso para la práctica de las manifestaciones propias del barrio.

Participación de la mujer en la preservación de patrimonio cultural

En cuanto al tema de la participación de la mujer en la conservación del patrimonio cultural se puede afirmar que ha sido muy limitada, así como su incorporación en la investigación, política y académica. No obstante, la tendencia actual es una incorporación paritaria en esta actividad, con especial incidencia en el campo de los bienes culturales muebles, donde la presencia femenina predomina sobre la masculina. Sin embargo, a lo largo de la historia las mujeres son presentadas desde un enfoque discriminatorio a pesar de su lucha y resistencia. Por lo tanto, es necesario reconocer la manera en la que son partícipes en el fortalecimiento de la historia e identidad de un lugar revitalizándolo, transformándolo y preservando su cultura, por medio de expresiones que, a pesar de que muchas veces se guardan

en el anonimato, están presentes dentro de lo cotidiano. Saberes ancestrales como la herbolaria y la sanación (curanderas) son conocimientos que siguen presentes a pesar del paso del tiempo.

La UNESCO, ante la necesidad de protección del patrimonio cultural, en el año 2003 aprobó la Convención para la Salvaguardia del Patrimonio Cultural Inmaterial, organizando reuniones y publicación de informes y artículos sobre la perspectiva de género en el patrimonio cultural. En la actualidad la visibilización del papel de la mujer en temas de conservación, difusión y gestión del patrimonio se centra en la recopilación y elaboración de instrumentos teóricos, así como de investigación especializada por parte del trabajo de las mujeres insertadas en el campo. Por lo tanto, para resaltar la

Institución	Puestos ocupados por mujeres	Total de puestos
Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH)	84	209
Secretaría de Cultura (Puebla)	21	43
Instituto Municipal De Arte Y Cultura De Puebla (IMACP)	10	22
Gerencia Del Centro Histórico	11	14

Tabla 1

Distribución de puestos y cargos de las instituciones encargadas en la protección y difusión del patrimonio cultural en Puebla.

Fuente: (Transparencia, 2021)

incidencia de la mujer en las nuevas actividades del mundo de la conservación orientadas a la salvaguarda del patrimonio intangible, los organismos internacionales destacan su relevancia en la transmisión, mantenimiento y protección de este patrimonio cultural (ver Tabla 1).

En el INAH existen 13 distinciones de investigadoras eméritas cuyas aportaciones están en beneficio de la conservación, difusión y salvaguarda del patrimonio material e inmaterial que implica un alto reconocimiento a su destacada contribución, fundamental para la continuidad de proyectos. Al analizar los puestos en instituciones enfocadas a esta labor, se puede observar que no existe una brecha de desigualdad, lo cual motiva a las nuevas generaciones. Además, por lo anteriormente analizado, se puede afirmar que el trabajo desarrollado por está relacionado principalmente con la documentación, clasificación e investigación teórica y metodológica referente al patrimonio cultural. En este sentido y de acuerdo con el Índice de Brecha Global de Género y a la información económica de México, el país tiene una brecha de género del 75.4%, porcentaje que lo ubica en la posición 25 del ranking.

En la Figura 3 se muestra la disminución de las diferencias entre hombres y mujeres respecto al año pasado, donde el índice de la brecha de género analiza la división de los recursos y las oportunidades en 153 países. Además, mide el tamaño de dicha desigualdad de género en la participación en la economía y el mundo laboral calificado, en política, acceso a la educación y esperanza de vida.



Figura 3. Índice Global de la brecha de género.

Fuente: (Género, 2019)

Discusión:

El patrimonio cultural inmaterial en Puebla

En el estado de Puebla existen diversas expresiones concebidas como patrimonio cultural inmaterial. Sin embargo, gran porcentaje de estas carecen de reconocimiento por parte de la sociedad y no cuentan con el apoyo necesario para enfrentar múltiples obstáculos, llevándolas a su degradación. En el caso del municipio y zona de monumentos de Puebla es la misma situación. El patrimonio se encuentra bajo constantes amenazas, ya que, con frecuencia, se ignora el valor patrimonial que tienen estos conocimientos y prácticas ancestrales correspondientes a la comida, vestimenta, danzas, música y oficios, ya que algunas de ellas se han mantenido desde la fundación de la ciudad y son referentes de su identidad.

En este sentido lo que se vive en el barrio de Analco es sumamente similar, ya que aun se resguardan conocimientos valiosos representados en diversas festividades y tradiciones (ver Fig. 4), como el Carnaval de Huehues y las ferias del Santo Ángel Custodio y de la Virgen de Tzocuilac. Entre los oficios originarios se encuentra la alfarería de barro negro y la panadería artesanal. Sin embargo, están en constante riesgo debido a diversos factores

y problemáticas que los guardianes de estos conocimientos enfrentan, como es el deterioro de bienes muebles e inmuebles asociados a estas prácticas, indispensables para su desarrollo; aunado a la falta de una participación conjunta entre los residentes de Analco y de los responsables de la creación de políticas públicas de protección, salvaguarda y difusión. Por tal motivo, se ha incrementado la vulnerabilidad de los saberes originarios que resguarda a la comunidad frente a este proceso de degradación.

Ahora bien, se puede afirmar que el valor que tienen las mujeres al momento del resguardo de estos saberes es alto. Sin embargo, disminuye ante la sociedad por la problemática de discriminación que sufren desde niñas, ya que en diversas comunidades del estado



Figura 4. Patrimonio Cultural Inmaterial del Barrio de Analco.

Fuente: (Casa Analco, 2020) (2019)

y municipio de Puebla aun son privadas sistemáticamente de su derecho a participar en diversos ámbitos, siendo excluidas en la toma de decisiones. Esta situación de riesgo y vulnerabilidad de la mujer es algo que visibiliza la necesidad de impulsar acciones y estrategias con una perspectiva de género donde se tome en cuenta la gestión participativa, a través de proyectos comunitarios y productivos que busquen incorporar a las mujeres en el desarrollo y transformación de sus condiciones de vida. De esta manera, el fomento de estas acciones en la Zona de Monumento es necesaria, ya que al estar conformado por diversos barrios vulnerables su población es excluida en algunas ocasiones, viéndose reflejado en la escasa participación equitativa.

Para el caso específico del barrio de Analco la situación no cambia, ya que, como se mencionó, la zona ha sufrido diversos procesos de degradación del patrimonio e inequidad en ámbitos culturales, sociales, económicos y políticos. Por lo que surge la propuesta de generar estrategias con perspectiva de género para preservar el patrimonio cultural inmaterial de esta comunidad, con base en el trabajo colaborativo de los sectores social, gubernamental y académico. Esta investigación se ha desarrollado mediante el apoyo del proyecto universitario Casa Analco de la Facultad de Arquitectura BUAP, donde durante los últimos años se han generado actividades culturales con los habitantes, evidenciando la importancia de la gestión participativa e inclusión social para la puesta en valor del patrimonio cultural del barrio, encaminado a un proceso de desarrollo local comunitario (ver Fig. 5).

Asimismo, el trabajo colaborativo se ha consolidado con diversas instituciones gubernamentales como la Gerencia del Centro Histórico y Patrimonio Cultural de Puebla, construyendo un espacio de diálogo y difusión de proyectos de esta índole. La finalidad es conocer las acciones que se están realizando para impulsar la equidad de participación y mitigar la desvalorización del patrimonio (ver. Fig. 6).



Figura 5. Actividades culturales,

Fuente: Casa Analco. (Casa Analco, 2019), (2020).

Reflexión final: estrategias de preservación del patrimonio cultural inmaterial



Figura 6. Organización del 1.^{er} encuentro multidisciplinario del Centro Histórico de Puebla.

Fuente: Foto tomada por Ramírez Rosete 2019

El diseño de estrategias se propone con base en la aplicación de la metodología IAP, ya que durante el desarrollo de diversos trabajos de investigación se ha estudiado la problemática del barrio de Analco y se conoce la importancia de la cooperación con los habitantes y actores interesados, por lo que las estrategias constan de acciones específicas a corto, mediano y largo plazo, donde es imprescindible la participación de actores específicos, en particular a través del trabajo e intercambio de experiencias con las mujeres portadoras de conocimientos ancestrales, a fin de lograr estrategias encaminadas a políticas públicas más eficientes. Las acciones inclusivas buscan dar a conocer la participación de la población femenina en

los ámbitos culturales y tradicionales, para reforzar la identidad cultural del barrio de Analco, a través de un proceso incluyente que visibilice el papel de las mujeres de Analco, al mismo tiempo que se logra la difusión de su patrimonio cultural.

Las estrategias propuestas en la Tabla 2 buscan dar a conocer y resaltar la importancia del papel de la mujer en la preservación y difusión del patrimonio cultural, además de hacer visible su participación en las celebraciones religiosas, oficios ancestrales y prácticas que formen parte de la identidad del barrio, así como identificar a las mujeres portadoras de saberes originarios. De esta manera, se dará a conocer desde un enfoque de género la importancia de la salvaguarda del patrimonio cultural: cuáles son las estrategias actuales enfocadas a este tema, además de aportar una reflexión respecto a la forma en la que ellas se ven como portadoras de los saberes y la importancia que tienen para la difusión del patrimonio e identidad cultural del barrio.

Objetivo	Acción	Actores	Plazo
Destacar el papel de la mujer en la construcción del patrimonio e identidad cultural, así como la importancia de preservarla a través de una participación equitativa.	Convocar a la población en general del barrio de Analco, priorizando la participación de las mujeres, para registrar lo que consideran como parte de su patrimonio cultural inmaterial.	-Casa Analco/FABUAP -Guardianes de saberes -Población del barrio de Analco -Colectivos -Instituciones gubernamentales	Corto plazo
	Realizar actividades con las mujeres, en torno a su patrimonio cultural inmaterial en diversos espacios de identidad, generando así su apropiación.	-Casa Analco/FABUAP -Guardianes de saberes -Población del barrio de Analco -Colectivos -Instituciones gubernamentales	Corto plazo
Caracterización cualitativa de los elementos que componen el patrimonio cultural inmaterial, así como de su estado actual.	Identificación, ubicación y documentación de los saberes ancestrales resguardados por mujeres.	-Casa Analco/FABUAP -Guardianes de saberes -Mujeres del barrio de Analco -Colectivos -Instituciones gubernamentales	Corto plazo
	Realizar mesas de trabajo donde se expongan temas sobre el valor de la participación de las mujeres, dando pauta al intercambio de experiencias en diversos ámbitos.	-Casa Analco/FABUAP -Guardianes de saberes -Población del barrio de Analco -Colectivos -Instituciones gubernamentales	Corto plazo
	Documentar la perspectiva de las guardianas de saberes sobre el proceso de degradación del patrimonio cultural de la zona.	-Casa Analco/FABUAP -Guardianes de saberes -Población del barrio de Analco -Colectivos -Instituciones gubernamentales	Mediano Plazo

Objetivo	Acción	Actores	Plazo
Difusión y preservación del patrimonio cultural inmaterial.	Trabajar con guardianes de saberes (tradiciones y oficios originarios) del barrio para construir herramientas que permitan transmitir los conocimientos a otras generaciones (talleres de capacitación).	-Casa Analco/FABUAP -Guardianes de saberes -Población del barrio de Analco -Colectivos -Instituciones gubernamentales	Largo Plazo
	Mediante talleres con las mujeres se diseñarán representaciones artísticas donde se plasme el patrimonio inmaterial.	-Casa Analco/FABUAP -Guardianes de saberes -Población del barrio de Analco -Instituciones gubernamentales -Artistas urbanos	Largo Plazo
	Divulgar el patrimonio cultural inmaterial y reforzar la identidad de Analco mediante intervenciones artísticas en relación con las representaciones elaboradas anteriormente.	-Casa Analco/FABUAP -Guardianes de saberes -Población del barrio de Analco -Instituciones gubernamentales -Artistas urbanos	Largo Plazo

Tabla 2. Estrategias propuestas.

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Conclusiones generales

La participación de la mujer en la conservación, difusión y gestión del patrimonio cultural en el ámbito laboral en Puebla ha sido, principalmente, a través de la recopilación de datos y la conformación de nuevos marcos teóricos y metodológicos. La ausencia de las mujeres en el ámbito de la construcción-restauración mediante acciones concretas en beneficio del patrimonio cultural se debe a su ausencia en la toma de decisiones. A pesar de esto, es importante destacar que la participación de la mujer no solo involucra al mundo de la profesionalización, sino también a la práctica y salvaguarda de los saberes que componen al patrimonio cultural. Es destacable decir que el barrio de Analco es uno de los pocos barrios históricos de la ciudad de Puebla que aun preservan ciertos saberes originarios. Sin embargo, no existe su documentación ni difusión por lo que su pérdida es más que probable. En este sentido, la creación de acciones para documentar, clasificar y difundir

este patrimonio son imprescindibles para su preservación y transmisión a las generaciones futuras.

Uno de los aspectos más importantes dentro de estas acciones es el trabajo de vinculación entre diferentes actores sociales, académicos y gubernamentales, que permitan un diseño de estrategias multidisciplinarias, con perspectiva de género a través de planes y programas inclusivos, resilientes y sostenibles, donde se preste especial atención a las necesidades básicas de las mujeres, integrándolas en el proceso de preservación del patrimonio cultural inmaterial de un barrio indígena como Analco. De esta forma se podrán generar las condiciones necesarias y oportunidades para el fortalecimiento de la identidad cultural. Además de que, con la sensibilización y concientización de la sociedad en la formación y educación con perspectiva de género, inclusión y equidad en los ámbitos social y cultural, se reafirmará la cohesión social.

Concluyendo, se deduce que el diseñar y desarrollar estrategias con perspectiva de género desde una visión integral y sustentable tiene el potencial para identificar y contribuir a mejorar la calidad de vida de las mujeres, así como enaltecer el valor de su participación en el proceso de conservación del patrimonio dentro de los barrios históricos y pueblos indígenas del estado de Puebla.

Referencias

Banco Mundial. (19 de Marzo de 2021). *Banco Mundial*. Obtenido de Banco Mundial: <https://www.bancomundial.org/es/topic/indigenouspeoples>.

Carrion, F. (2001). Centros historicos de America Latina y el caribe.

Casa Analco. (2019). *Casa Analco*. Obtenido de Casa Analco: <https://www.facebook.com/CasaAnalcoFABUAP/photos>

Casa Analco. (2020). *Casa Analco*. Obtenido de Casa Analco: <https://www>.

[facebook.com/CasaAnalcoFABUAP/photos](https://www.facebook.com/CasaAnalcoFABUAP/photos)

Chatelon, F. (2008). El centro histórico ¿Concepto o criterio en desarrollo? *Arquitectura y Urbanismo*, 2(3), 10-23. doi: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=3768398550>

CONEVAL, C. N. (2018). *Población indígena con carencia en todos sus derechos sociales*. México.

Exclusivas Puebla. (8 de Marzo de 2019). *Exclusivas Puebla, la nueva era de la noticia*. Obtenido de Exclusivas

Puebla, la nueva era de la noticia: <https://www.exclusivasPuebla.com.mx/celebran-el-primer-parlamento-de-mujeres-2019-en-el-congreso/>

Género, Í. G. (2019). Obtenido de <https://datosmacro.expansion.com/demografia/indice-brecha-genero-global>

Indígenas, I. N. (2018). *Atlas de los Pueblos Indígenas*. Obtenido de http://atlas.cdi.gob.mx/?page_id=7228

INEGI, INMUJERES. (2019). INMUJERES. Obtenido de MUJERES Y HOMBRES EN MEXICO: http://cedoc.inmujeres.gob.mx/documentos_download/MHM_2019.pdf

INMUJERES. (Febrero de 2021). *Centro de documentación, Instituto Nacional de las Mujeres*. Obtenido de <http://cedoc.inmujeres.gob.mx/Boletines.php>

INPI, I. N. (2018). *Mujeres indígenas, datos estadísticos en el México actual*. México.

ONU Mujeres. (2018). ONU Mujeres. Obtenido de ONU Mujeres: <https://www.unwomen.org/es/how-we-work/un-system-coordination/gender-mainstreaming>

Perez, p. F. (1923). Archivo Histórico de la parroquia del Santo Angel Custodio, Puebla.

Ramírez. (2021). Gestión participativa y desarrollo local con perspectiva de género para la preservación del patrimonio cultural en el barrio de Analco. *Academia Journals*, 643.

Ramírez; Reyes. (2020). Proyecto comunitario con perspectiva de género para la puesta en valor del patrimonio cultural en el barrio de Analco, Puebla, México. En A. B. Raquel Guzmán Ordaz, *Políticas públicas en defensa de la inclusión, la diversidad y el género* (pp. 55-56). Salamanca: Ediciones Universidad de Salamanca.

Reyes. (2021). Transformación y permanencia del patrimonio cultural urbano en el siglo XXI, el Barrio de Analco en la ciudad de Puebla (México). España.

UNESCO. (2003). UNESCO. Obtenido de UNESCO: <https://es.unesco.org/themes/patrimonio-cultural-inmaterial>

UNESCO. (2017). UNESCO 2019. Recuperado el 19 de Junio de 2019, de WWW. UNESCO.ORG: <https://es.unesco.org/creativity/sites/creativity/files/digital-library/cdis/Iguldad%20de%20genero.pdf>

Weise, C., & Alvarez Ibis, M. (2018). Identidad y percepciones de género. Retos para la formación de mujeres líderes indígenas. *Aposta. Revista de Ciencias Sociales*(77), 257-287. Obtenido de <http://apostadigital.com/revistav3/hemeroteca/cweise.pdf>

Reseña autora

Doctora en Geografía, Urbanismo y Ordenación del Territorio de la Universidad de Valladolid, España. Maestra en Ordenamiento del Territorio y Arquitecta FABUAP. Profesora investigadora de tiempo completo, Coordinadora Administrativa de la FABUAP. Coordinadora del Doctorado en Procesos Territoriales (2020). Perfil PRODEP, miembro del Sistema Nacional de Investigadores SNI NIVEL 1, Padrón de Investigadores VIEP y del Consejo de Unidad Académica (CUA 2018-2020). Presidenta de la Comisión de Dictaminación Académica (CODIMA/FABUAP, 2020). Coordinadora del Plan de Manejo del Centro Histórico Puebla e integrante del Proyecto Universitario de Desarrollo Comunitario CASA ANALCO/FABUAP. normaleticia.ramirez@correo.buap.mx



QUIERO DIVULGAR, PROPUESTA DEL PERFIL “ANALISTA DE INCLUSIÓN SOCIAL DEL CONOCIMIENTO”

Filiberto Candia García, Roberto Carlos Ambrosio, Israel Vivaldo de la Cruz

Introducción

Estas innovaciones y generación del conocimiento han sido aceptados y utilizados de manera favorable por los estudiantes para promover su aprendizaje significativo. No obstante, el alcance para beneficiar a un mayor número de estudiantes es restringido debido a la limitada cantidad de alumnos inscritos en cada semestre en los cursos curriculares, siendo obligada la necesidad de conocer y explorar los medios, canales y estrategias de divulgación para extender la información personal que se acumula de manera constante y que tiende al olvido, exceptuando las ocasiones en las cuales se utiliza para realizar trabajos de tesis, que una vez presentadas y evaluadas, tienen como mejor destino su ubicación en un repositorio institucional.

Por ello, de manera frecuente se presenta la inquietud personal de los tesisistas colaboradores: ¿Cómo puedo divulgar y difundir la productividad académica desarrollada que plantea significativas aportaciones de aplicación científica y tecnológica?

Al documentar la inquietud sobre el tema, el diccionario de la RAE (2021) define el término de divulgación a la acción y efecto de divulgar. Al profundizar en las definiciones de los términos asociados se encuentra que divulgar es: publicar, extender y poner al alcance del público algo. Para interpretar el término “extender”, se encontró una publicación que es hacer por escrito o de palabra la narración o explicación de algo, tanto dilatada como copiosamente. Al mismo tiempo, se entiende el aspecto de “público” el hacer notorio o patente, por televisión, radio, periódicos o por otros medios, algo

que se quiere hacer llegar como noticia de todos. Con base en lo anterior, en este trabajo se entenderá que divulgación es el uso de los medios masivos de comunicación, tanto tradicionales como alternativos u on-line mediante la internet, para explicar en un lenguaje inclusivo el avance científico o el trabajo académico de un docente-investigador, que tiene un impacto positivo para el beneficio del bien común.

Al indagar sobre el término difusión en el diccionario de la RAE (2021) se encontró que la palabra es definida como: “hacer que algo se extienda o llegue a sitios distintos de aquel en el que se produce”. Aportando una definición más concreta sin complejas acepciones, difusión se resume como el uso de los medios masivos de comunicación para manifestar más allá de una región local el conocimiento a diversos lugares ajenos a los centros de investigación o instituciones educativas, como es el caso de las empresas o las comunidades marginadas.

Ambas interpretaciones conceptuales son coincidentes con la acción de extender que en un significado simple se considera que es hacer que una cosa ocupe más espacio del que ocupa. Igualmente, la concepción personal coincide con definiciones más elaboradas por otros autores, que buscan resaltar y profesionalizar la relevante labor de la persona que divulga y difunde el conocimiento y que no siempre es el investigador principal.

Por ejemplo, en el Convenio Andrés Bello (2008; citado por Mogollón, 2015) se explica que la divulgación es el proceso por el cual se hace llegar a un público no especializado y amplio el conocimiento científico y tecnológico producido por los especialistas, y que requiere de explicaciones, adaptaciones y contextualizaciones, para hacer asequible el contenido original.

Por otra parte, la estrategia propuesta en este documento se proyecta de manera prospectiva sustentada por las recomendaciones de la agenda 2030 para la inclusión en la producción, divulgación científica, innovación y desarrollo tecnológico, que se promueve desde la perspectiva de los Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS): una oportunidad para América Latina y el Caribe (CEPAL, 2016).

La elaboración de este escrito tiene el objetivo de aportar una estrategia metodológica por medio de la cual sea posible divulgar de manera eficiente la productividad académica generada por la figura de un docente-investigador, cuyo nuevo conocimiento se basa en la experiencia del investigador y en las aportaciones de los pares académicos de bajo perfil que han sido

influenciados en el conocimiento aportado por las publicaciones previamente realizadas en revistas indexadas y arbitradas, que les ha permitido insertarse de manera exitosa en el sector laboral o académico en el área del conocimiento de la ingeniería y la tecnología.

Dentro del tema de la productividad académica realizada por todo docente-investigador que cuenta con publicaciones arbitradas e indexadas, se encuentra la problemática que estas no se consideran actividades de divulgación/difusión, surgiendo la incertidumbre: ¿Cuáles son los mejores medios y canales de comunicación para dar a conocer las innovaciones y nuevos conocimientos?

Debido a que ha sido enfática la aclaración de los términos divulgación/difusión, estos no pueden ser utilizados como sinónimos. Reafirmando a la divulgación como la comunicación de los logros científicos o académicos dirigida al público en general y la difusión como la capacidad de alcanzar zonas geográficas más allá de la comunidad científica (centro de investigación) o académica (escuela) donde se origina el conocimiento, como es el caso de las empresas o las comunidades marginadas.

Necesidades del investigador-docente para la divulgación científica

Pero cuando por motivos de carga laboral el investigador no es el encargado de realizar la divulgación o difusión, ¿qué sucede con el rigor científico y el plagio? En un razonamiento descriptivo, todo proyecto de investigación debe incluir como parte integral de su visibilidad y alcances, un programa de divulgación y difusión que permita asegurar un impacto social, político o económico. Es posible estimar que, mejorando la visibilidad del nuevo conocimiento, será posible contar con la atención de los gobiernos y las instituciones privadas o públicas interesadas sobre los resultados y las conclusiones de la comunicación, dando sentido al esfuerzo realizado para expandir fuera del centro de trabajo las aportaciones novedosas y su aplicación (Marin, Malmusi y Morell, 2017).

Pero si el investigador principal no ha considerado un programa de divulgación/difusión, ¿es posible y tiene validez la comunicación por un tercero?,

¿cuál es el grado de veracidad que se comunica sin caer en el plagio o espurio? Esta consideración se debe a que en la navegación en la web es frecuente que un *Youtuber* o un comunicador con ánimo de sobresalir en la aplicación del conocimiento y la tecnología, utilice un trabajo que no sea propio y obtenga mucho más reconocimiento que el autor original, por el simple hecho de transmitir la información seleccionada y ponerla a disposición de sus seguidores, con la única finalidad de recibir un estipendio económico o inclusive el apoyo de los gobiernos e instituciones dedicadas a financiar programas individuales o limitados de mejora social, olvidando mantener los espacios e infraestructura que originaron la información científica.

Al respecto de la discusión de los trabajos científicos en las redes sociales López y Santillan (2020) comentan que todas las publicaciones expuestas a la comunidad de usuarios de las redes sociales carecen de un rigor científico debido a la limitada estructura (en cuanto a capacidad de extensión de caracteres para comunicar una noticia) de la red social, siendo poco atractivo para el docente-investigador incursionar por iniciativa propia en las redes sociales como medio de divulgación/difusión. ¿Entonces cuál o qué legislación regula el material que se divulga para protección del autor original y que carece de una vinculación efectiva con los medios de financiamiento, colaboración y reconocimiento?

Ante el anterior planteamiento surge la inquietud de ahondar con mayor precisión el tema de los medios y recursos requeridos para realizar esta actividad y lograr el mayor impacto posible en el territorio local, regional, nacional o internacional, de acuerdo al alcance propuesto.

Al reconocer que publicar en una revista científica (arbitrada e indexada con alto factor de impacto) tiene limitada visibilidad debido a que se dirige a un público específico de alto perfil académico, motiva a la intención de participar con mayor ánimo y empuje, en diversos foros que permitan que el conocimiento generado sea conducido y dirigido de manera explícita e incluyente al público en general, en diversos niveles educativos y estratos sociales.

Para un docente-investigador que reduce su mundo de relaciones sociales a las obligaciones de su institución educativa o centro de investigación, es complejo contar con una visión de los entornos y contextos ajenos a su campo laboral/profesional y sobre todo de las capacidades y habilidades (empatía, carisma, actitud servicial, entre otras) para la comunicación extensa de su productividad académica. Además, es indispensable contar con un departamento/área/sección de divulgación y difusión que integre un conjunto de

servicios de comunicación que garanticen la visibilidad de la productividad científica y académica al interior de los grupos académicos multidisciplinarios o transversales (alumnos y docentes) a partir de la extensión de nuevos conocimientos o procedimientos de relevancia científica.

Al investigar con mayor profundidad los recursos de divulgación y difusión se ha reconocido que las redes sociales (Twitter y Facebook) son medios pertinentes para comunicar los resultados de las aplicaciones de las investigaciones realizadas (Castillo y Alberich, 2017; Klar, Krupnikov, Ryan, Searles, y Shmargad, 2020; López y Santillan, 2020).

Al reflexionar sobre estas alternativas, como docente-investigador es claro que debe existir una estrecha vinculación entre el trabajo científico o académico y los medios de comunicación, como las redes sociales que se utilizan en la transmisión de las noticias novedosas que cuentan con soporte y argumentos de los métodos y técnicas de la ciencia, surgiendo la necesidad de un nuevo perfil profesional que se identifique como “Analista de Inclusión Social del Conocimiento” para apoyar las comunicaciones científicas.

Al proponer un apoyo institucional para el manejo de las redes sociales de un docente-investigador, hay un dilema ético profesional que surge en la discusión: ¿Es posible ser un buen divulgador de la ciencia y la tecnología sin contar con un alto perfil académico? Si bien la discusión podría conducir a la exclusión de los pares académicos que no realizan publicaciones con alto factor de impacto, se busca proponer como inclusión una cadena de trabajo multidisciplinario concurrente a la transmisión de los conocimientos, que integre grupos de trabajo con una sola finalidad dirigida a profundizar la aplicación de la ciencia o del desarrollo tecnológico de la temática original.

Como alternativa de apoyo al docente-científico, la colaboración con los docentes que no cuentan con perfiles académicos es una inclusión que permite divulgar los resultados de las publicaciones y evitar distraer al docente-científico con los inconvenientes que acompañan las actividades de divulgación/difusión (dar cumplimiento a los procesos de participación en foros de divulgación/difusión, planeación de viaje y alojamiento, traslados, comprobación de gastos y viáticos, reagendar clases y compromisos).

Se recomienda que la nueva figura de Analista de Inclusión social del Conocimiento sea un par académico de bajo perfil, conforme a la premisa que es preferible confiar en la comunicación objetiva de un par académico sobre un Youtuber. Sobre todo, si el esfuerzo de los actores principales no

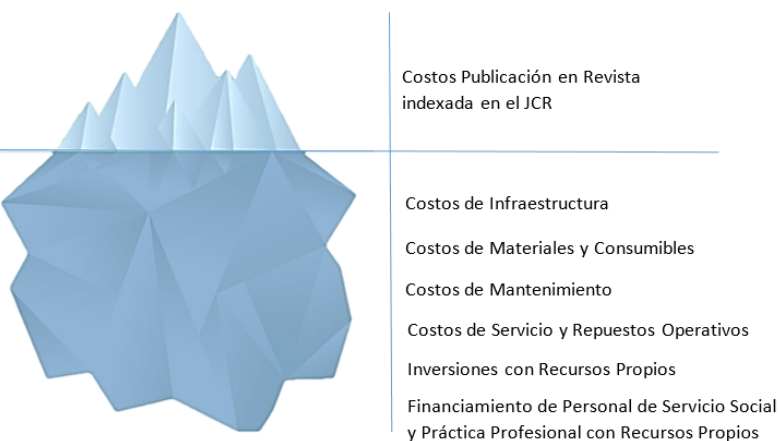


Figura 1.

Costos ocultos de las publicaciones en revistas indexadas y arbitradas con factor de impacto

Fuente: elaboración propia (2021).

es proporcional a la constancia del autor principal. Basta con recordar que los costos por publicar en revistas con factor de impacto solo es la punta del iceberg (Figura 1).

Asimismo, el éxito de los departamentos/áreas/secciones institucionales de comunicación y vinculación externa ha sido comprobado por empresas trasnacionales, quienes cuentan con personal especialista en relaciones y comunicación social, para divulgar/difundir sus nuevos productos o las mejoras o actualizaciones a los mismos, donde los eventos masivos son características inherentes de las actividades que se realizan.

Ante la continua escasez de recursos para realizar la publicación, divulgación o difusión de los trabajos realizados por los docentes-investigadores de alto perfil, desde el interior de las académicas en las IES es extremadamente frecuente escuchar los comentarios de los docentes de bajo perfil académico o en formación: “yo financio tu publicación, si me incluyes como autor”, propuesta que en gran medida es aceptada por el autor principal en función de las debilidades financieras que limitan la consolidación de su trabajo. Sin existir conciencia (por el docente de bajo perfil) que un trabajo original puede inclusive orillar al docente-investigador a anteponer su contribución a la ciencia y tecnología sobre sus beneficios personales y de salud, requiriéndose de los más amplios recursos económico y de infraestructura institucionales para compensar los esfuerzos individuales y transformando la participación en la ciencia y tecnología en un colectivo autosuficiente.

Alternativas metodológicas

El beneficio del uso de las redes sociales radica en el rápido aumento del número de personas que ven o descargan un artículo o comunicación asociado a una investigación original dentro de la ciencia o tecnología. Esto ocurre por el trabajo que realiza el comunicador (que no siempre es el autor principal y original) y no por la relevancia de la información o del currículum del investigador, ya que el tamaño del efecto no está relacionado con las métricas de las redes sociales convencionales, como el alcance, el compromiso y la viralidad (Allen, Stanton, Di Pietro y Moseley, 2013).

Durante la revisión del estado del arte sobre el tema, se puede afirmar que, al confiar en las redes sociales, un docente-investigador puede llegar a profesionales, periodistas y al público en general (Allen, Stanton, Di Pietro y Moseley, 2013; López y Santillan, 2019). Entre las diversas redes sociales y la Web, la plataforma de comunicación Twitter ofrece grandes beneficios (Klar, Krupnikov, Ryan, Searles y Shmargad, 2020), dado el creciente interés por las IES (ya que para toda institución educativa es un referente de madurez de sus procesos académicos, que requieren certificación externa, para la gestión de recursos económicos) en hacer que el trabajo académico sea ampliamente accesible a través de las fronteras disciplinarias, así como al público en general (Klar, Krupnikov, Ryan, Searles y Shmargad, 2020).

Entre el análisis de la diversidad de modelos de comunicación que existen se encontraron principalmente tres tipos de modelos: los democráticos, que promueve una participación directa; los representativos, en el que los ciudadanos eligen a otras personas para que decidan por ellos cuál es la opción que más les conviene a todos; y los deliberativos, en el que varios grupos de ciudadanos participan en el debate en igualdad de condiciones y con los mismos derechos. Destaca la división de los tipos de modelos en unidireccionales y multidireccionales, de la cual es posible precisar que el carácter multidireccional de los procesos comunicativos aporta un rol más activo entre los participantes del desarrollo de la ciencia (Escobar y Rincón, 2018).

Con base en el marco referencial de los modelos de comunicación es necesario en la actualidad, justificados en el concepto de calidad: Satisfacción Total del Cliente y Lealtad del Cliente (Silva, Macías y Tello, 2021; Vigo y González, 2020), utilizar estrategias de “mercadeo o marketing” para posicionar el producto (conocimiento científico) en el mercado (sectores educativos y laborales en todos los niveles y áreas).

El beneficio de Twitter y otras plataformas de redes sociales como Facebook radica en el cambio de la divulgación/difusión de la investigación científica de un modelo de “atracción” (*pull*) a un modelo de “empuje” (*push*) (Allen, Stanton, Di Pietro y Moseley, 2013). Con base en la teoría del Marketing, un modelo “*pull*” motiva a que las personas interesadas en un tema científico busquen información por la publicidad de la marca editorial, mientras que un modelo “*push*” permite a los académicos transmitir la información de forma más directa a las partes potencialmente interesadas, debido a que se genera una necesidad urgente en el cliente (Allen, Stanton, Di Pietro y Moseley, 2013; Klar, Krupnikov, Ryan, Searles y Shmargad, 2020).

Mediante el perfil público de las redes sociales, tanto Twitter como Facebook ofrecen a los académicos la oportunidad de “impulsar” su investigación desde sus propios repositorios y enlaces, en lugar de depender de otras personas para “empujarla” desde la editorial (con altos cargos económicos para quien adquiere el conocimiento) de las publicaciones académicas o los repositorios de libre acceso (Klar, Krupnikov, Ryan, Searles, y Shmargad, 2020).

Actualmente el uso de las redes sociales tiene un papel clave en la divulgación/difusión científica por la facilidad de elaborar una comunicación en tres pasos (entrar a la red social-escribir el mensaje-transmisión masiva) y el inmediato alcance exponencial a un público al que brinda oportunidad de establecer una discusión dirigida o libre. No obstante, el rigor científico es debatible y cuestionable. En cambio, en las revistas científicas indexadas y arbitradas que cumplen con estrictos requisitos de publicación (enviar artículo a la revista-revisión del editor-revisión de pares-carta de aceptación-pago de publicación-revisión de maqueta-PrePrint-Publicación final-fe de erratas) que maximizan las garantías de calidad y rigurosidad del conocimiento publicado (López y Santillan, 2019).

Durante la revisión de los criterios de rigor para cada medio de comunicación, es fácil comprender porque un docente-investigador toma la decisión de no utilizar las redes sociales y mantener un proceso de comunicación convencional y tradicional y no confiar en una tercera persona, como un Youtuber. Por ello, es preciso que exista explícitamente un apoyo institucional para el acompañamiento del docente-investigador por la figura de un docente-comunicador de bajo perfil académico.

De manera sistemática e integrada la labor del docente-investigador y del docente-comunicador debe atender los cuatro pilares para el futuro de la comunicación científica:

- 1) Un ecosistema de productos académicos
- 2) Acceso inmediato y abierto
- 3) Revisión abierta por pares
- 4) Reconocimiento total por participar en el proceso

Para avanzar rápidamente en el cometido de la divulgación/difusión adoptando como estrategias: la publicación y revisiones abiertas, rápidas y transparentes (Byrnes *et al.*, 2014).

A la apatía del uso de las redes sociales y falta de rigor científico, se puede sumar el desconocimiento de los servicios de la Web por parte de un alto número de docentes-investigadores. A favor de las redes sociales y los servicios que aporta la Web, se identifica la utilización de nuevos modos de almacenamiento, publicación y difusión de los resultados (Torres y Delgado, 2009; Olvera y López, 2014). Las tendencias actuales en el empleo de los servicios que ofrece la Web se centralizan en lograr un enfoque integral y sistémico del desarrollo de herramientas de comunicación. Tendencias que proporcionan el fortalecimiento de la identidad institucional, el fomento de la participación autogestora y reguladora de las comunicaciones, el desarrollo de capacidades y herramientas para identificar y seleccionar la información, la gestión jerárquica del conocimiento, la innovación y la transferencia de tecnología, y movilización de la productividad académica (Guzón *et al.*, 2011 citado por Martín, Gorina y Sierra, 2017).

Por otra parte, el empleo de las redes sociales como recurso emergente y alternativo para la divulgación/difusión, si bien es una estrategia de alto impacto, requiere de una organización integradora y alineadora de recursos e infraestructura, tanto individuales como institucionales. Como un ejemplo de estas acciones, se puede mencionar (Figura 2) la Estrategia de Gestión de la Divulgación Científica para el Desarrollo Local (GGDC) orientada a profesores de Centros Universitarios Municipales de la Universidad de Oriente en Cuba (Martín, Gorina y Sierra, 2017). Modelo de divulgación/difusión que resalta significativamente las condiciones y requisitos para lograr una comunicación efectiva y que se considera un precedente a la propuesta propia.

El modelo GGDC considera los siguientes pasos como esenciales para la ejecución del proceso y la interrelación de los diversos actores que intervienen:

1. Mantener una productividad académica sostenida de resultados científicos.

2. Conformer el grupo gestor para la divulgación científica integrado por un profesor responsable de extensión universitaria, un consejo científico, un consejo de dirección, los coordinadores de sublíneas de investigación o de carrera y un profesor especialista en comunicación institucional.
3. Contar con el apoyo de la dirección de la administración.
4. Disponer de recursos tecnológicos para la comunicación mínimos (computadoras, impresoras, memorias flash, cámara fotográfica y de vídeo, entre otros).
5. Disponer de acceso a internet para gestionar información (búsqueda, recuperación, análisis, procesamiento, comunicación y aplicación).

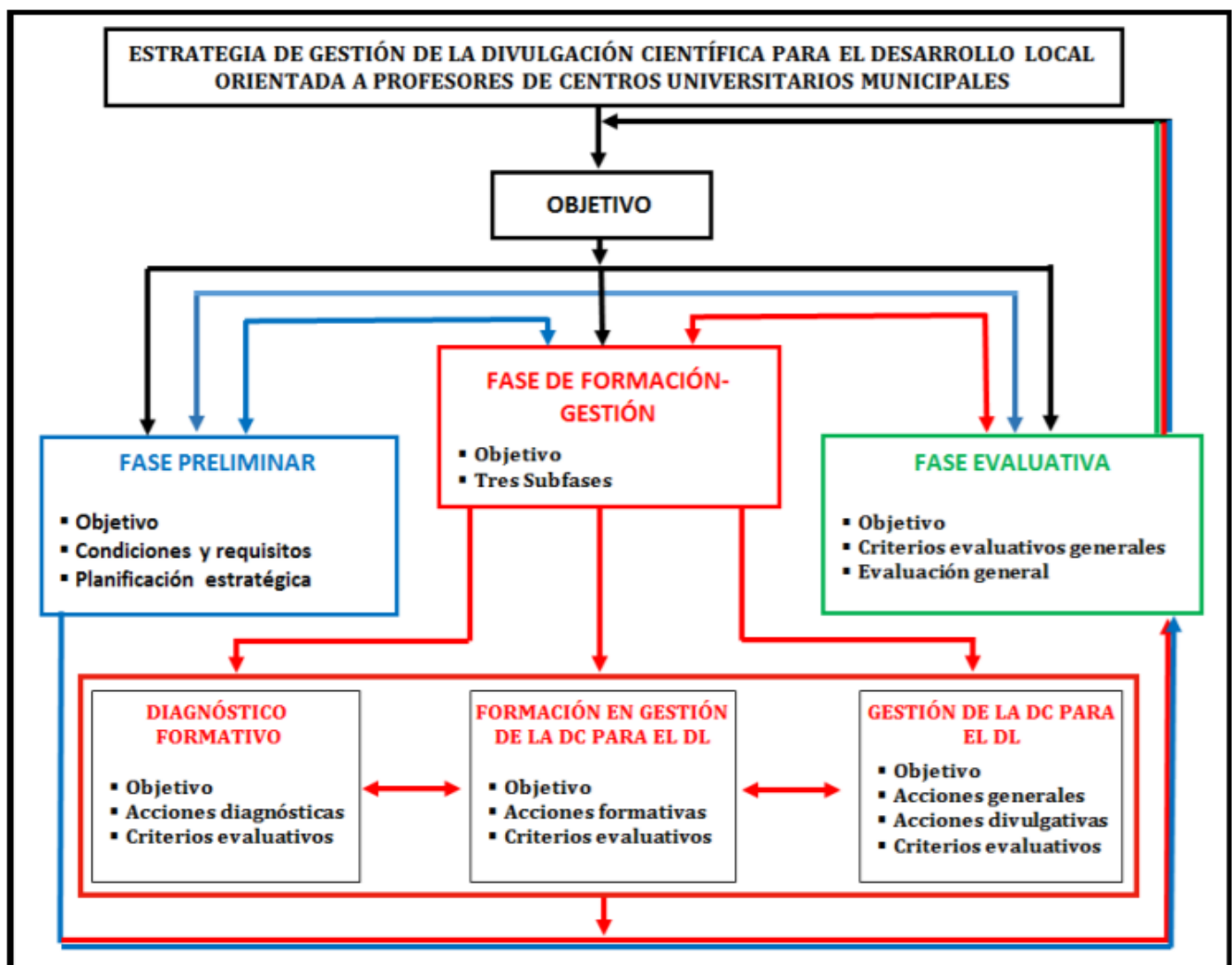


Figura 2. Representación visual de la Estrategia de Gestión de la Divulgación Científica para el Desarrollo Local orientada a profesores de Centros Universitarios Municipales.

Fuente: Martín, Gorina y Sierra (2017)

Propuesta propia

La recomendación de los autores para proponer un sistema de gestión institucional para la divulgación/difusión de la productividad académica de los docentes-investigadores se fundamenta en el concepto de los Sistemas Basados en el Conocimiento (KBS, por sus siglas en inglés), para la integración de diversas áreas transversales del conocimiento de manera concurrente en el diseño de un producto o proceso o servicio. Un KBS se considera como los métodos en los que los expertos en un ámbito concreto de la ciencia o la tecnología representan un problema, y cómo usan estrategias concretas para resolverlo, así como del conocimiento base (ya generado) implicado en dicha resolución (García y Pedroza, 2011; Candia, Cruz, Rodríguez y Galindo, 2016).

Plantear en el diseño de un KBS las actividades de divulgación/difusión mediante las redes sociales, requiere de una representación conceptual del objeto de divulgación/difusión involucrando el conocimiento básico, el conocimiento crítico, el conocimiento creativo, el conocimiento transversal y la innovación. Esta organización se presenta en forma esquemática en la Figura 3, la cual indica los estratos del conocimiento a documentar y se describen a continuación:

- Conocimiento base: Productividad científica y académica del docente investigador.
- Conocimiento creativo: Identificación y selección de contenidos científicos y académicos a comunicar.
- Conocimiento crítico: Medición, evaluación y valoración del impacto de las estrategias.
- Conocimiento transversal: Novedades tecnológicas y metodológicas para la comunicación multidireccional.
- Innovación: Alineación estratégica de los elementos, requerimientos y recursos que incrementan el alcance de la transferencia de la información.

Mediante esta organización del conocimiento es posible identificar tres actores principales que representan la base del conocimiento para el proceso de divulgación/difusión:

- Investigador, generador de conocimiento y productividad académica.

- Comunicador, generador de estrategias de comunicación multidisciplinares.
- Recursos e infraestructura institucionales, aporte institucional de los medios para lograr la comunicación.

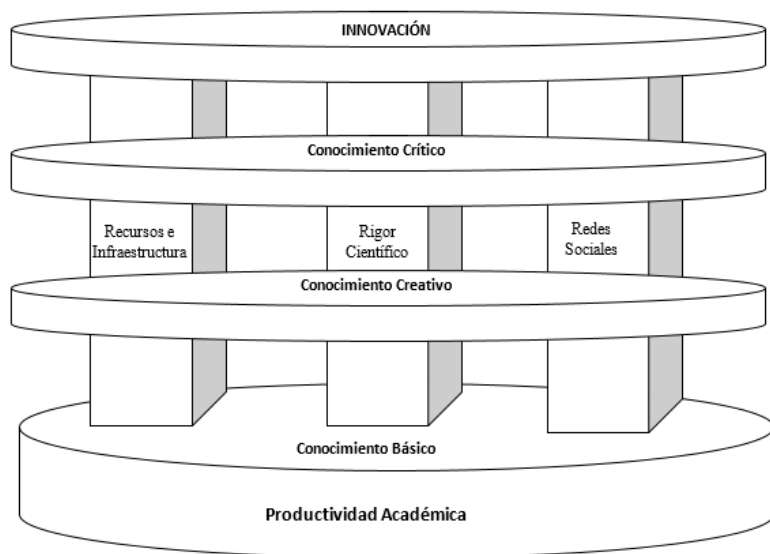


Figura 3. Representación conceptual de un KBS, para actividades de divulgación/difusión

Fuente: elaboración propia (2021).

En el avance del planteamiento y concreción de la propuesta se considera que deben existir cuatro estratos de comunicación, los cuales involucran el ejercicio independiente de una amplia diversidad de recursos, que no exigen la responsabilidad de la divulgación/difusión al docente-investigador y le generan de manera externa una relación directa y proporcional de los resultados de la comunicación con la disponibilidad de los recursos.

La integración de las actividades de divulgación/difusión en un KBS provee un dominio cognitivo estructurado de manera que configura la formación del docente-comunicador en un Analista de Inclusión Social del Conocimiento, protagonista en el que recae la responsabilidad para capacitar de manera continua al equipo integrado en temas de marketing científico.

Esta capacitación debe ser de carácter procedimental-instruccional que simule la reflexión de casos de estudio que posibilita el análisis de diversas formas para presentar información compleja y diversa, que asocian conocimientos, habilidades y destrezas previamente desarrolladas en cada comunicación anterior. De esta manera, el participante después de la instrucción inicial, agudiza y flexibiliza su capacidad cognitiva, ya que se encuentra ante nuevas variaciones de la comunicación (conforme avanza en la solución de los casos de estudio), aunque se resuelven mediante el mismo proceso.

Sistematizar un proceso basado en el conocimiento genera un conjunto de cualificaciones que configura un perfil profesional específico para la comunicación de la información. Estas cualificaciones clave permiten evaluar el grado de impacto del KBS en la formación de un gestor de la comunicación, que incluye la apropiación de los siguientes atributos (ver Figura 4).



Al mismo tiempo el gestor de la comunicación a través del seguimiento instruccional que demanda el KBS estará en condiciones de madurar su actuar en las competencias asociadas al desarrollo de su profesión ocupacional.

Figura 4. Atributos de un gestor de la comunicación

Fuente: elaboración propia (2021).

¿Por qué la evaluación entre pares?

Siendo la comunicación de la información un proceso que implica transmitir el conocimiento previamente generado, es indispensable no caer en el plagio entendido como: “copiar en lo sustancial obras ajenas, dándolas como propias, considerando como obra a cualquier producto intelectual en ciencias, letras o artes, y con particularidad el que es de alguna importancia” (RAE, 2021), aun cuando el mismo autor participa de dicho uso.

Por ello se establece un mecanismo de Evaluación Entre Pares de la Factibilidad de Comunicación (EPPF). Esta actuación garantiza la credibilidad de la información en cada comunicación. Este proceso es una revisión técnica realizada por un comité de pares académicos, no enfocada a determinar el grado o calidad de la nueva aportación del conocimiento. Esta comisión es responsable de la forma como se transmite para evitar reproducir el mismo formato de artículo científico. Explorando alternativas asociadas al empleo y uso diverso de las técnicas de enseñanza-aprendizaje: infografías, mapas mentales y conceptuales, resumen, síntesis o incluso el ensayo corto. Una vez verificada una clara diferenciación entre las diversas formas para presentar la misma información esta se avala y procede al estrato pertinente de comunicación, que puede ser significativamente mejorado al ser comunicados en diferentes audiencias para potencializar el alcance de la información.

Se estima que dar seguimiento secuencial a la estrategia propuesta en este trabajo (Figura 5) consolida en el gestor de actividades de divulgación/

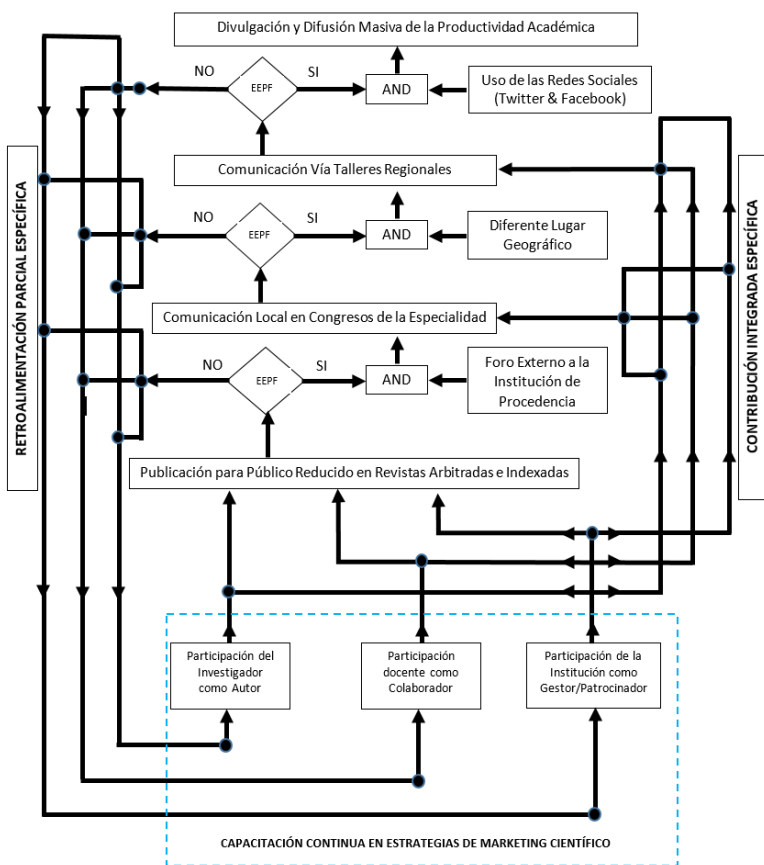


Figura 5 Sistematización Basada en el Conocimiento para la Divulgación/Difusión Institucional (Desarrollo propio). EEPF, Evaluación Entre Pares de la Factibilidad de Comunicación
 Fuente: elaboración propia (2021).

divulgación una competencia metodológica para la búsqueda de la información basada en el método científico y en la determinación de su pertenencia al predecir el comportamiento de las masas ante el bombardeo del conocimiento.

Mediante la pertinencia de la información y del proceso comunicativo de un suceso o fenómeno a las masas públicas, se abre de manera amplia la posibilidad de profundizar en la generación del conocimiento, de las habilidades y las destrezas científicas y tecnológicas.

Esta capacidad del gestor lo habilitará para adentrarse y configurar una nueva profesión denominada “Analista de Inclusión Social del Conocimiento”, cuyo perfil profesional se ajusta a las demandas de las metas tecnológicas del ODS 17, cuyo apartado 17.7, dice: “Promover el desarrollo de tecnologías ecológicamente racionales y su transferencia, divulgación y difusión a los países en desarrollo en condiciones favorables, incluso en condiciones concesionarias y preferenciales” (CEPAL, 2016).

Conclusiones

Ser un profesional dedicado a la divulgación/difusión de la ciencia y la tecnología demanda la configuración de nuevos escenarios y actores, que se consideran innovadores y de significativa aportación, debido a que cada experiencia adiciona y documenta elementos de mejora y corrección posterior a cada comunicación.

Asimismo, la orientación de una estructura ordenada dirigida desde el propio generador del conocimiento (autor) permite la adquisición de un sentido de reconocimiento a su ardua y constante labor de contribución a la ciencia y tecnología, entre sus pares académicos (Analista de Inclusión Social del Conocimiento). Puede ser un elemento inclusivo que acerca el éxito al conjunto integrado de actividades de comunicación dirigida a las masas.

Para las IES representa una oportunidad de pronta integración de los noveles docentes, que buscan asesoría y dirección a su incipiente labor de investigación, integrando equipos multidisciplinarios y transversales de investigación, divulgación y difusión con amplios recursos y no solo valiosos investigadores independientes con limitados recursos para ejercer sus funciones y labores de publicación en revistas con alto factor de impacto.

Se considera que el modelo asociativo: Sistematización Basada en el Conocimiento para la Divulgación/Difusión Institucional (Figura 5) es un recurso metodológico que acelera la adopción de las redes sociales en los contextos científicos convencionales o tradicionales, donde la adopción o inclusión ha sido lenta por parte de los docentes-investigadores (Fitzgerald y Radmanesh, 2015).

Siendo posible afirmar que la participación activa de los docentes de alto perfil con alta productividad académica y científica en las redes sociales de comunicación masiva, mediante la administración del Analista de Inclusión Social del Conocimiento se anticipa como un formal y eficiente medio de divulgación/difusión hacia las diversas regiones geográficas e institucionales, logrando generar o fortalecer acciones de vinculación entre las dependencias públicas y privadas, que colaboran de manera amplia con las IES a través de los docentes investigadores, ya sea en el uso del nuevo conocimiento o desarrollo tecnológico para sus procesos productivos o mediante el financiamiento de proyectos que motiven la mejora y optimización de los dispositivos o productos destinados a la comercialización.

Referencias

- Allen, H., Stanton, T., Di Pietro, F. y Moseley, G. (2013). La publicación en redes sociales aumenta la difusión de artículos originales en las ciencias clínicas del dolor. *PLoS ONE*, 8(7), 1-6. doi:<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0068914>
- Byrnes, J., Baskerville, E., Caron, B., Neylon, C., Tenopir, C., Schildhauer, M., Lortie, C. (2014). The four pillars of scholarly publishing: The future and a foundation. *Ideas in Ecology and Evolution*, 7(1), 27-33. Recuperado el 10 de 09 de 2021, de <https://ojs.library.queensu.ca/index.php/IEE/article/view/4628>
- Candia, G. F., Cruz, G. M., Rodríguez, M. I. y Galindo, L. V. (2016). Knowledge Based Engineering System (KBES) for Mechanic Design Activities. *International Journal of Current Advanced Research*, 984-991.
- Castillo, R. I. y Alberich, p. J. (2017). Análisis de estrategias de difusión de contenidos y actividad en redes sociales en revistas de divulgación científica: factores de interacción, visibilidad e impacto. *Estudios Sobre El Mensaje Periodístico*, 23(2), 1045-1056. doi:<https://doi.org/10.5209/ESMP.58031>
- CEPAL. (2016). *Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Santiago: CEPAL. Recuperado el 21 de 09 de 2021, de <https://www.cedhnl.org.mx/bs/vih/secciones/planes-y-programas/Agenda-2030-y-los-ODS.pdf>
- Escobar, O. J. y Rincón, Á. A. (2018). La divulgación científica y sus modelos comunicativos: algunas reflexiones para la enseñanza de las ciencias. *Revista Colombiana de Ciencias Sociales*, 10(1), 135-154. doi:10.21501/22161201.3062
- Fitzgerald, R. y Radmanesh, A. (2015). Social Media and Research Visibility. *American Journal of Neuroradiology*, 36(4), 637. doi: <https://doi.org/10.3174/ajnr.A4054>
- García, L. O. y Pedroza, C. F. (2011). Sistemas basados en conocimiento: Una alternativa poco explorada en Psicología. *Journal of behavior, health & social issues (México)*, 3(1), 5-16. Recuperado el 17 de 09 de 2021, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-07802011000100001
- Klar, S., Krupnikov, Y., Ryan, J., Searles, K. y Shmargad, Y. (2020). Uso de las redes sociales para promover la investigación académica: identificación de los beneficios de Twitter para compartir el trabajo académico. *PLoS ONE*, 15(4), 1-15. doi:<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0229446>
- López, A. S. y Santillan, G. A. (2019). Las redes sociales son necesarias para la difusión de la ciencia pero no suficientes. *Index de Enfermería*, 28(4), 172-173. Recuperado el 10 de 09 de 2021, de http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1132-12962019000300002&lng=es&tlng=es
- Marin, G. E., Malmusi, D. C. y Morell, C. (2017). The Role of Dissemination as a Fundamental Part of a Research Project: Lessons Learned From SOPHIE. *International Journal of Health Services*, 47(2), 258-276. doi:<https://doi.org/10.1177/0020731416676227>

- Martín, R. M., Gorina, S. A. y Sierra, T. G. (2017). Estrategia de gestión de la divulgación científica para el desarrollo local orientada a profesores de Centros Universitarios Municipales. Santiago de Cuba, Cuba: Editorial Ediciones UO:. Recuperado el 10 de 09 de 2021, de <http://eprints.rclis.org/33689/1/Estrategia%20de%20gesti%C3%B3n%20de%20la%20divulgaci%C3%B3n%20cient%C3%ADfica%20%28Mart%C3%ADn%2C%20Gorina%2C%20Sierra%2C%202017%29.pdf>
- Mogollón, M. G. (2015). Discurso de divulgación científica y tecnológica: de la definición al análisis crítico. *Revista de la Facultad de Ingeniería Universidad Central de Venezuela*, 30(1), 15-26. Recuperado el 10 de 09 de 2021, de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-40652015000100003
- Olvera, L. M. y López, p. L. (2014). La divulgación de la Ciencia española en la Web 2.0. El caso del Consejo Superior de Investigaciones Científicas en Andalucía y Cataluña. *Revista Mediterránea de Comunicación*, 4(1), 169-191. doi:<https://doi.org/10.14198/MEDCOM2013.4.1.08>
- RAE. (2021). *Diccionario de la Lengua Española*. Recuperado el 16 de 09 de 2021, de <https://dle.rae.es/>
- Silva, T. J., Macías, H. B. y Tello, L. E. (2021). La relación entre la calidad en el servicio, satisfacción del cliente y lealtad del cliente: un estudio de caso de una empresa comercial en México. *CienciaUAT*, 15(2), 85-101. Recuperado el 17 de 09 de 2021, de <https://doi.org/10.29059/cienciauat.v15i2.1369>
- Torres, S. D. y Delgado, E. (2009). Estrategia para mejorar la difusión de los resultados de investigación con la Web 2.0. *El profesional de la información*, 18(5), 534-539. doi:<https://doi.org/10.3145/epi.2009.sep.07>
- Vigo, C. J. y González, V. L. (2020). Relación entre la calidad de servicio y la satisfacción del cliente en un laboratorio de análisis clínicos de Pacasmayo. *Ciencia y Tecnología*, 16(3), 57-66. doi:[10.17268/rev.cyt.2020.03.06](https://doi.org/10.17268/rev.cyt.2020.03.06)

Reseña Autores

Filiberto Candia García. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. filiberto.candia@correo.buap.mx. Candidato al S.N.I 2018-2021. Integrante del cuerpo académico BUAP-CA-328. Líneas de investigación; Caracterización e Integración de Materiales en Dispositivos Electrónicos para Aplicaciones en Sistemas Energéticos y Automotrices. Postdoctorado en Política Educativa y Estudios Sociales y Culturales, CENID. Doctorado en Educación Permanente, CIPAE. Doctor en Ingeniería, UPAEP (PNPC). Maestría en Ingeniería opción terminal en Estructuras, BUAP (PNPC). Maestría en Ciencias de la Educación, IEU. Ingeniería Mecánica y Eléctrica, BUAP. Diseñador e instructor independiente de cursos de diseño instruccional y diseño curricular e-learning (de lo presencial a lo virtual), empleando enfoques metodológicos de elaboración propia.

Roberto Carlos Ambrosio Lázaro. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. roberto.ambrosio@correo.buap.mx. Miembro del S.N.I. Nivel 2. En el año 2000 se graduó del programa de maestría en ciencias en el (INAOE) y en 2005 obtuvo el grado de doctor en ciencias en electrónica por el mismo instituto. Ha recibido 3 premios a nivel internacional por los trabajos de desarrollo de sensores de Infrarrojo y 2 premios a nivel nacional, cuenta con 4 capítulos de libros, ha dirigido 50 tesis de licenciatura, 3 de doctorado y 13 de maestría actualmente. Cuenta con más de 60 publicaciones indexadas, ha impartido diferentes conferencias y cuenta con más de 800 citas a sus trabajos.

Israel Vivaldo de la Cruz. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. israel.vivaldo@correo.buap.mx. Miembro del S.N.I. Nivel 1. Doctor en Dispositivos Semiconductores por la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Posdoctorado en Electrónica en el Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica. Pionero en la implementación del efecto “photon-down conversión” en la fabricación de celdas solares basadas en la tecnología del silicio, obteniendo resultados prometedores que pueden escalarse a producción de celdas de gran área. Tiene experiencia en salas blancas para la fabricación de dispositivos optoelectrónicos inorgánicos. Ha desarrollado prototipos en el campo de la solarimetría, piranómetro basado en el efecto fotovoltaico y seguidor solar de precisión para pirheliómetro.

EL RETO DE LA EDUCACIÓN AMBIENTAL DESDE LAS ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS, COMPARACIÓN DE DOS CASOS: PUEBLA Y CIUDAD DE MÉXICO

Araceli Corona Viveros y Paris Olalde Estrada

*“No es una catástrofe ecológica resultante
de la evolución de la naturaleza,
sino producida por el pensamiento con el
que hemos construido y destruido nuestro mundo.”*

Leff, 2000

Introducción

un esfuerzo importante para visibilizar el vínculo entre ambas.

Este capítulo representa un aporte importante para ampliar el panorama de la comunicación de la ciencia (CC) y visibilizar su indispensable relación con la educación ambiental (EA). El objetivo es dar a conocer los retos que implica hacer EA desde las áreas naturales protegidas (ANP), tomando en cuenta la participación de autoridades, habitantes y visitantes mediante la comparación de dos experiencias.

Es difícil encontrar referencias sobre la relación entre la CC y EA. Como plantea Andrade (2014), los medios de comunicación hablan de la cuestión ambiental solo cuando es rentable. Las revistas son una opción, pero pocas veces mencionan la EA. Por ello, incorporar este capítulo al presente libro es

La EA y la CC han trazado caminos separados, pero van de la mano. La CC, la popularización de la ciencia y la apropiación social del conocimiento científico son paradigmas que buscan fortalecer el intercambio de conocimientos con el público, con el cual se establecen relaciones horizontales y generación de proyectos centrados en problemáticas situadas histórica y culturalmente (Massarani, 2018). Es por lo anterior que este trabajo se adhiere a dichos paradigmas, pues se ve en la EA el mismo objetivo.

La EA como ejemplo de ciencia transdisciplinar transgrede y reta los límites de las ciencias disciplinares (Arias, 2015), por lo que es posible pensarla desde la perspectiva de género, la interculturalidad y

los derechos humanos. Con la primera se desafía a una ciencia masculina racional, objetiva, dominadora de la naturaleza y que se autodenomina neutral, para evidenciar que realmente es un sistema de valores que muchas veces responde a intereses económicos. La interculturalidad crítica y el diálogo de seres y saberes (Leff, 2011) retan las dinámicas de poder de la ciencia con otros sistemas de conocimiento; además, evidencian los colonialismos de poder, ser y saber sobre distintos grupos marginados (Walsh, 2009) y su necesaria resignificación. En cuanto a derechos humanos nace una nueva lucha, pues no solo se aboga por el derecho humano a un medio ambiente sano (promulgado por la Comisión Nacional de los Derechos Humanos [CNDH] 2014 y estipulado en el artículo 4.º de nuestra constitución), sino por los derechos de la naturaleza. Las ciencias, junto con la EA, deben abrirse a otras formas de construcción de conocimiento para involucrar la diversidad epistémica, la subjetividad y las emociones.

Para lograr un cambio en la racionalidad, sensibilidad, creatividad, pensamiento, actitud crítica y contribución, la EA requiere de la participación comunitaria como un derecho, el cual debería ser un pilar, un deber y un mecanismo para alcanzar sus objetivos. Este trabajo se divide en cuatro secciones: la primera expone la legislación sobre la EA en las ANP, así como algunas investigaciones y propuestas. En la segunda y tercera se analizan los casos de la Reserva Estatal del Tentzo, Puebla y el Parque Nacional Cerro de la Estrella, Ciudad de México (CDMX). Se finaliza con la discusión y conclusiones.

Conceptualización, legislación y propuestas de EA en las ANP

Las ANP en México surgen a finales del siglo XIX. Desde ese momento su administración pasó de una institución a otra, lo que revela la inestabilidad con su dirección (González, Cortés-Calva, Iñiguez y Ortega-Rubio, 2014). Sin embargo, según la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP, 2021), su paso firme generó 182 ANP federales que ocupan 90,830,963 hectáreas, más 421 estatales y 44 municipales (Tlapa *et al.*, 2020).

Para su regulación se publicó la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA, 2021) que define a la EA como:

Proceso de formación dirigido a toda la sociedad, tanto en el ámbito escolar como en el ámbito extraescolar, para facilitar la percepción integrada del ambiente a fin de lograr conductas más racionales a favor del desarrollo social y del ambiente. La educación ambiental comprende la asimilación de conocimientos, la formación de valores, el desarrollo de competencias y conductas con el propósito de garantizar la preservación de la vida. (p. 5)

Según la LGEEPA (2021), la EA debe ser promovida por las autoridades a partir de la educación formal y los medios de comunicación para fortalecer la conciencia ecológica. Además de establecer convenios con instituciones del sector social y privado para la “elaboración de programas que fomenten la prevención, restauración, conservación y protección del ambiente” (LGEEPA, 2021, art. 39.º).

La relación de las ANP con los sectores mencionados es pieza clave para su protección. Sin embargo, se han presentado casos de retroceso en dicha relación. Por ejemplo, el caso expuesto por Betancourt (2011) sobre el Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas, propuesto e impuesto por el Grupo del Banco Mundial como una política de bioeconomía neoliberal que ha dañado los sistemas ecológicos, económicos y epistémicos de grupos indígenas y campesinos, quienes son ignorados a pesar de sus significativos saberes y prácticas.

También se han conseguido logros, como en el caso del Gobierno de Puebla, cuando contribuyó a financiar la conservación del Parque Nacional La Malinche para defender la seguridad hídrica (CONANP, 2020a). Para estos logros, el Programa Nacional de Áreas Naturales Protegidas (PNANP) considera necesario el diálogo de saberes y el principio de conservar produciendo y producir conservando, como respuesta a la marginación social de los habitantes de las ANP. Este diálogo puede ser impulsado por la EA y se genera por los Consejos Asesores de cada ANP para apoyar, recomendar y aconsejar a la directora o director del ANP (CONANP, 2020a).

Las acciones que se proponen en el PNANP para lograr su objetivo de contribuir al desarrollo local y regional son los “Programas de Adaptación al Cambio Climático” y “Reducción de Riesgos de Desastres basada en Ecosistemas” para un desarrollo sostenible y resiliente, pero poco habla de la EA. Además, ya se ha dicho que estas acciones son reduccionistas y no logran responder a las problemáticas ni a la justicia socioambiental (Islas-Vargas, 2020), ya que perpetúan el capitalismo global. Llama la atención que la EA no es uno de los cuatro objetivos del PNANP, solo se vislumbra en acciones puntuales.

Frente a lo que dicen los documentos, es importante rescatar los conocimientos, prácticas y posturas de quienes realizan EA en las ANP a pesar de que han sido poco documentados y visibilizados, pues la CONANP se ha enfocado más en aspectos técnicos de las ciencias naturales que sociales y hay poco interés o conocimiento por parte de las autoridades (Alba, 2007).

Un esfuerzo importante fue el análisis de los encuentros nacionales de educadores ambientales de ANP realizados del 2004 al 2011, en los que se afirmó que es necesaria una metodología participativa de corriente crítica ante la crisis civilizatoria y que su finalidad sea la:

...generación de espacios y procesos formativos que deriven en la emergencia de actores sociales que, con creatividad y arraigo en los valores ecosistémicos y en su adaptación cultural a estos entramados de vida sean capaces de generar estrategias de conservación que sean reconocidas por los demás actores... (Daza, 2013, pp. 204-205)

Desafortunadamente, Daza (2013) comenta que este posicionamiento fue abandonado en 2011 por la falta de presupuesto. Sin embargo, la importancia de la EA en las ANP queda clara en publicaciones como el Programa Nacional de Educación para la Sustentabilidad de Áreas Protegidas, los Lineamientos Estratégicos de Educación Ambiental para el Desarrollo Sustentable de ANP y el Programa Nacional de Educación para la Sustentabilidad de Áreas Protegidas. Sin embargo, estas propuestas no niegan sus dificultades y necesidades de mejora.

Alba (2007), Reyes y Castro (2009), Daza (2013) y CONANP (2020b) coinciden al reportar numerosas dificultades de la EA en las ANP: destacan su débil institucionalización, falta de capacitación, actividades poco relacionadas con la EA, bajos salarios, contratos temporales, poca continuidad de proyectos y procesos administrativos, insuficiente planeación y el no tomarles en cuenta para decisiones institucionales.

En particular, resulta interesante analizar la Estrategia de Educación Ambiental para las ANP de la Región Centro y Eje Neovolcánico (CONANP, 2017), a la cual pertenecen las ANP de este trabajo. En dicha estrategia se busca incorporar a las poblaciones y visitantes de manera creativa, comprometida e incluyente a una cultura para la conservación que conlleve a la sustentabilidad, sin embargo, no propone acciones concretas ni fundamento pedagógico alguno.

En el diagnóstico que se realizó por parte de la CONANP durante 2016 para generar la Estrategia de Educación Ambiental para las ANP de la Región

Centro y Eje Neovolcánico se encontró que de las treinta y siete ANP que conforman esta región solo diecisiete trabajaban el tema de la EA, seis tenían un programa de EA, diecinueve tenían senderos educativos, once poseían materiales educativos, cinco contaban con un Centro de Cultura para la Conservación y ocho tenían cabañas destinadas a diversas acciones de EA. En ellos había treinta educadores ambientales de los cuales diecisiete tenían entre 5 y 10 años de experiencia en el tema y dieciocho no habían recibido capacitación. En cuanto al público que asistía, quince ANP recibían principalmente infantes, catorce recibían jóvenes, once a adultos y ocho a turistas. En general, se puede decir que estos son números bajos y falta todavía un análisis profundo sobre las prácticas que se mencionan para conocer su pertinencia (CONANP, 2017).

Las publicaciones, programas y estrategias mencionadas y citadas, aunado a programas de educación, como las campañas por el orgullo, optan por el discurso de la conservación, una visión biologicista mediada por términos economicistas como los servicios ecosistémicos, recursos naturales y el desarrollo sustentable (Pérez, 2011): aunque se sabe que estas perspectivas sin la apropiada participación social han resultado inadecuadas (Maldonado, Chávez y Bravo, 2020). La urgencia de realizar acciones para el bien de las ANP es indudable, específicamente para el estado de Puebla. Tlapa *et al.* (2020) afirman que estas áreas no funcionan para la conservación debido a factores sociales, políticos, económicos e históricos como es la delimitación imprecisa, falta de planes de manejo o su nula actualización, venta de terrenos, actividades extractivistas; su uso como imagen política más que un compromiso verdadero, falta de información y difusión, limitación de recursos humanos, financieros y coordinación interinstitucional, reforestaciones que introducen especies exóticas, desarrollo urbano acelerado y, por supuesto, inexistencia de EA.

Como mencionan Lagunes-Vázquez, Bobadilla-Jiménez, Beltrán-Morales y Ortega-Rubio (2017), resulta importante sumar esfuerzos para la descolonización de saberes y EA en las ANP latinoamericanas desde posturas como: Sociologías transgresivas, Feminismos Descoloniales, Investigación-Acción-Participación, Evaluación-Rural-Participativa, Geografía Social y los Derechos de la Naturaleza.

Por lo tanto, a través de metodologías participativas latinoamericanas, la perspectiva de género, los derechos de la naturaleza y la interculturalidad crítica, las ANP se pueden convertir en espacios de EA que impulsen la reflexión sobre

la relación humanidad-naturaleza, generando diálogo de seres y saberes (Leff, 2011) como fuentes de identidad y convivencia.

Ser conscientes de que las perspectivas de conservacionismo y desarrollismo deviene de la racionalidad instrumental que ha sustentado al capitalismo depredador de la naturaleza (Pérez, 2011) es imprescindible para generar caminos distintos al conservacionismo biologicista. Si en legislaciones, documentos institucionales y convenios, por ejemplo, el Convenio sobre la Diversidad Biológica del Protocolo de Nagoya, se afirma el impulso de la participación social, el diálogo de saberes y la preocupación por las problemáticas, es necesario respaldarlo con acciones (Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas [CDI], 2015).

Reserva Estatal Sierra del Tentzo

La Cordillera o Sierra del Tentzo fue declarada Reserva Estatal en 2011. Se ubica al centro oeste del estado de Puebla y debe su nombre al Tentzo (Cerro de las Barbas), donde comienza la Sierra.

Dicha sierra comprende 57,815 hectáreas (1.6% del estado), distribuidas en 13 municipios (Figura 1). Según el Estudio Previo Justificativo de la Secretaría de Sustentabilidad Ambiental y Ordenamiento Territorial (SEMADSOT, 2011), para su declaratoria, los ecosistemas y la vegetación de la Sierra del Tentzo enlazan y acoplan procesos ecológicos de cuya continuidad depende la conservación de los servicios ambientales que provee. Su preservación está relacionada con la extraordinaria biodiversidad nativa y endémica que le proporciona un inigualable paisaje y representa un patrimonio natural valioso para ser reconocido, apreciado, protegido, conservado y restaurado.

El estudio se centra en San Diego La Mesa Tochimiltzingo, municipio que ocupa el segundo lugar en superficie de esta riqueza natural con 10,185 hectáreas (Gobierno del estado de Puebla-SEMADSOT, 2011). Según el Estudio Previo Justificativo de la SEMADSOT (2011), esta región cuenta con grandes atributos al garantizar la corriente de agua más importante para el estado, alberga al menos 18 especies de mamíferos, 3 de anfibios y 18 de reptiles, que representan el 50% de anfibios y 72% de reptiles endémicos de México, de las cuales dos se encuentran en categoría de especies amenazadas, una

en peligro de extinción y seis bajo protección especial, como el puma (*Puma concolor*), especie amenazada según la NOM-059-SEMARNAT-2010.

En la zona del Tentzo convergen los climas templados, semicálidos y semiáridos, siendo predominantemente templados. La riqueza natural de la Sierra se manifiesta en sus paisajes como el bosque de encino, el cual se encuentra siendo destruido debido a su uso para leña y carbón; la selva baja caducifolia, que alcanza hasta diez metros de altura; el pastizal, propiciado por ganadería de bovinos y caprinos, además del matorral desértico rosetófilo y grandes zonas de desmonte con fisonomía de izotal.

MUNICIPIOS RESERVA ESTATAL SIERRA DEL TENTZO

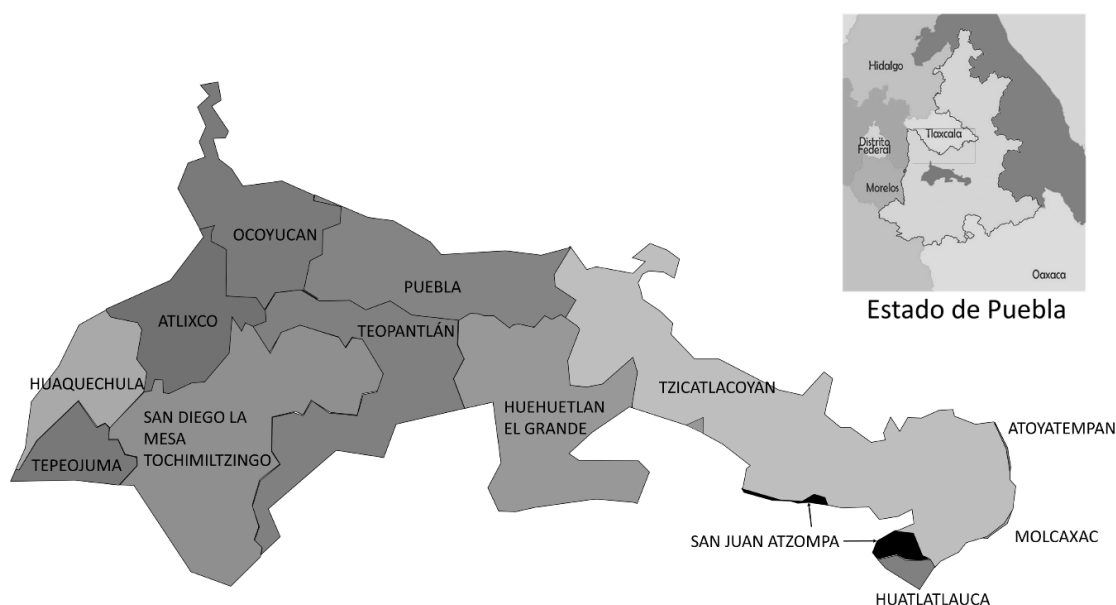


Figura 1. Municipios de la Reserva Estatal Sierra del Tentzo. Modificada del Estudio Previo Justificativo (SEMADSOT, 2011)

En pendientes menores hay extensiones para cultivo temporal de gramíneas (maíz y sorgo) y leguminosas (frijol), y últimamente ha florecido el cultivo de agave mezcalero frente a la disminución de planta silvestre para la elaboración de mezcal. Estos cultivos, además de la cría de aves de corral, constituyen su principal actividad económica.

Debido a las actividades antropogénicas, como el uso de recursos naturales y el crecimiento productivo intensivo y extractivo, el desarrollo urbanístico se torna desordenado. Actividades agrícolas y pastoriles, entre otras, han hecho que la importancia de la conservación de los ecosistemas sea hasta cierto punto irrelevante, por lo que es necesario el manejo del sistema natural a la par con lo social y económico. Esta sería una oportunidad para implementar el principio de la CONANP: “Conservar produciendo y producir conservando”, ya que San Diego es identificado dentro los municipios con gran rezago económico y alta marginación (Subsecretaría de Bienestar, 2020).

Para el establecimiento de ANP, la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA, 2021) considera que:

Art. 7º.- los estados tienen facultades para el establecimiento, regulación, administración y vigilancia de las ANP previstas en la legislación local, con la participación de los gobiernos municipales.

Art. 5º.- que es competencia de la Secretaría de Medio Ambiente el establecimiento, regulación, administración y vigilancia de ANP de competencia estatal, con participación de Gobiernos Municipales.

Art. 63º.- que las Reservas Estatales son las ANP de jurisdicción estatal.

Art. 46 y 64º.- que la administración y manejo de las ANP corresponde a la Secretaría y las Autoridades Municipales, bajo el régimen de concurrencia con la participación de sus habitantes, propietarios o poseedores, y organizaciones sociales, públicas y privadas, que proporcionen el desarrollo integral de la comunidad y aseguren la protección y preservación de los ecosistemas y su biodiversidad, que en las ANP no podrá autorizarse la fundación de nuevos centros de población.

Art. 65º.- que las ANP deberán contar con un programa de manejo que involucre a sus habitantes, dependencias, niveles de gobierno, organizaciones sociales, públicas o privadas y personas interesadas.

Sin embargo, en la práctica se les da poco seguimiento a algunos de estos artículos en la Reserva del Tentzo, pues hasta donde se tiene conocimiento no existen programas o proyectos para el desarrollo integral de la comunidad ni para la protección y preservación de los ecosistemas y su biodiversidad.

El objetivo del Programa de Manejo Sierra del Tentzo consiste en conservar los ecosistemas, hábitats y biodiversidad que alberga el ANP, incluyendo los

procesos ecológicos, los cambios naturales y los servicios ecosistémicos que permiten la continuidad y la evolución de la vida (Gobierno del estado de Puebla- SEMADSOT, 2011).

A pesar de existir una legislación específica para la Reserva Estatal existen problemas socioambientales que ponen en riesgo su conservación, condenándola a la progresiva reducción y paulatina desaparición. En afectaciones de fauna, frecuentemente se efectúan actividades de caza furtiva propiciadas por los mismos habitantes del ANP, quienes no tienen conocimiento sobre calendarios de aprovechamiento y cazan hembras y juveniles en cualquier época del año. Se efectúan labores de desmonte con la finalidad de incrementar las zonas de cultivo o pastizales para el ganado. No falta, asimismo, el interés de desarrollos urbanísticos que pretenden alojarse dentro o peligrosamente cerca de la reserva.

Actualmente la Sierra del Tentzo no cuenta con un programa continuo de EA, lo cual da lugar a que no exista un cambio de valores ambientales, pensamiento, actitudes y participación social para el saber hacer y ser en beneficio de la naturaleza y una sociedad ecológicamente equilibrada (Vega y Álvarez, 2005). Esto ha provocado que los infantes de la comunidad conozcan la fauna de su municipio solo por pláticas con los adultos, sin identificarlos incluso en fotografías. Además, los hombres adultos mayores, ocasionalmente hombres jóvenes, que pretenden la preservación para las generaciones futuras, son vistos como personas fuera de contexto por los otros miembros de la comunidad.

La población de San Diego interesada en EA se integra principalmente por mujeres de 35 a 50 años y por hombres de 20 a 38 años. Sin embargo, solo al 20% de las mujeres les interesa el conocimiento de la flora y la agricultura “sustentable”, y al 25% de los hombres el de la fauna; cabe destacar que algunos de estos últimos se interesan en adquirir conocimientos con fines cinegéticos.

Es necesario proporcionar conocimientos sobre las especies con el objetivo de que los habitantes comprendan la necesidad de su protección; asimismo sobre el uso y propagación de plantas endémicas y nativas: maderables, medicinales y comestibles. La EA deberá ser repensada y orientada para satisfacer las metas que propiciaron su aparición como una educación diferenciada, no solo desde sus componentes pedagógicos, sino fundamentalmente ecológicos, éticos, políticos y sociales (González Gaudiano, 1998).

Cerro de la Estrella

Frente al grave deterioro del Cerro de la Estrella, o *Huizachtepetl*, (cerro de huizaches) por su nombre en Náhuatl, su Programa de Manejo destaca la necesidad de conservarlo y realizar más acciones preventivas que correctivas; justificado por los servicios ambientales que presta y apoyado por la división en zonas de uso público educativo, recreativo y de recuperación (Gobierno de la Ciudad de México, 2007) (Figura 2).

Sin embargo, no se especifican dichas acciones preventivas; la EA obligatoriamente es una de ellas. Estas resultan imprescindibles, pues desde los ochenta ya no había ecosistemas naturales en el *Huizachtepetl*, ya que más del 60% de su superficie tenía una vegetación inadecuada de eucalipto, pirul y cedro blanco, aunado a la pérdida del 85% de su fauna nativa (Gobierno de la Ciudad de México, 2007). Así, ha pasado de un significado prehispánico emblemático a un ANP que se encuentra a punto de desaparecer, aunque las festividades, su aporte a la identidad cultural y su valor natural persisten.

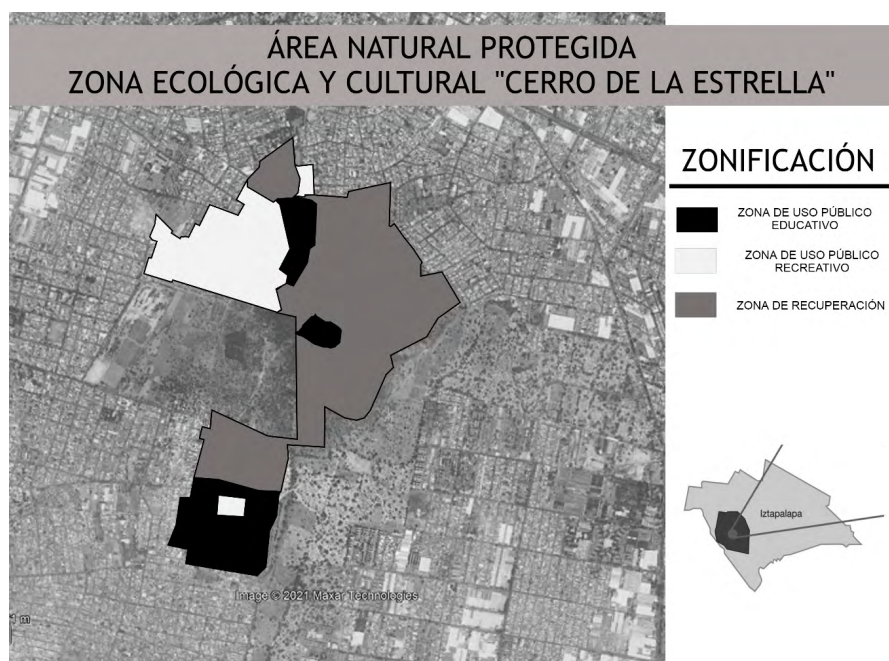


Figura 2. Plano de zonificación zona ecológica y cultural "Cerro de la Estrella". Modificado de Programa de manejo Cerro de la Estrella (Gobierno de la Ciudad de México, 2007)

Actualmente, las reforestaciones y otras acciones parecen haber sido fallidas ante la falta de mantenimiento continuo y la poca incentivación de la participación social que el programa de manejo recomienda, sumado a que muchas de las decisiones son atravesadas por cuestiones políticas y falta de diálogo entre las instituciones a cargo del *Huizachtepetl*.

Se han realizado varias acciones de infraestructura que menciona el Programa de Manejo, pero actividades permanentes como: establecer y operar un programa de actividades culturales, turísticas y recreativas, y promover programas educativos y de divulgación que estimulen el conocimiento del patrimonio cultural y natural, han tenido poca continuidad al depender de cambios administrativos y poca coordinación interinstitucional. A pesar de ello, se puede afirmar que hay una cultura ambiental subyacente en la población que, aunque con buenas intenciones, tienen poco conocimiento de las dinámicas ecológicas, y cuidan de flora y fauna con resultados tanto afortunados como desafortunados. Aunado a ello, el Centro de Educación Ambiental Yautlica ha realizado algunas pláticas de EA en el Museo Fuego Nuevo. Sin embargo, la constancia de actividades se dificulta ya que el Centro se encuentra a 15 km.

Otra acción importante que se ha realizado es la publicación de tres libros, varios artículos de revistas y noticias en periódicos que revelan la importancia sobre el *Huizachtepetl*. Sin embargo, estas acciones no parecen haber sido suficientes como EA para conservar este sitio. Además de dichas fuentes, para hablar de EA en el *Huizachtepetl* se debe contemplar la Ley Ambiental de Protección a la Tierra en el Distrito Federal (LAPTDF, 2021) que en su artículo 3.º define a la EA como un “proceso permanente de carácter interdisciplinario [...] para una convivencia armónica entre seres humanos, su cultura y su medio biofísico...” y agrega en su capítulo II, artículo 21.º que “La política ambiental deberá garantizar los mecanismos de participación social más efectivos en la toma de decisiones y en la elaboración de los programas de protección ambiental y de educación en la materia”.

Llama la atención el impulso de recomendaciones, directrices, contenidos y metodologías para, a través de procesos educativos y de capacitación “alcanzar el desarrollo sustentable, así como la conservación y restauración de los recursos naturales” (LAPTDF, 2021, artículos 74.º). Estas recomendaciones parecen estar basadas en políticas conservacionistas y desarrollistas promovidas por una perspectiva de bioeconomía neoliberal, mientras el énfasis en los mecanismos de participación social y la armonía del medio biofísico y cultural solo queda plasmado en documentos, pero no se traduce en prácticas desde las autoridades.

El 23 de marzo del 2021, durante una conferencia de prensa, se presentó el Consejo Asesor del Cerro de la Estrella para hacer frente de manera eficiente y participativa a determinada problemática. La Alcaldía Iztapalapa (2020)

indica que el objetivo central de este consejo es dar seguimiento y evaluar los programas y proyectos que se desarrollen.

Esto representa un paso en la conservación del *Huizachtepetl*, aunque ha llegado tarde, cuando ya la superficie del ANP se ha reducido al 10 %. Sería importante considerar la participación, propuestas y recomendaciones del consejo como lo establece el PNANP. Aunado a lo anterior, desde 2019 se han realizado diversas acciones, tales como un Plan Maestro, sumado a programas de empleo temporal, enfocados a conservación, manejo y, en menor medida, EA (Martínez, 2019).

A través de la Cooperativa Mecuate *Astrophytum* se han realizado cuatro proyectos de EA en el *Huizachtepetl*. Se exponen de manera cronológica a continuación: el primero incluyó cuatro talleres sobre compostaje, huerto urbano, cultivo de suculentas y control biológico; se relacionaron estas temáticas con las problemáticas del ANP a nivel teórico. El segundo fue un taller de Huerto Urbano de 10 m² en el Museo Fuego Nuevo para construir conocimientos teóricos y prácticos.

El tercer proyecto se llama "CultivArte en el Cerro de la Estrella", donde se fusionan artes, ciencias y humanidades en una exposición de cuatro camas de cultivo acompañadas cada una por un mural, en donde se representan los temas: el suelo del Cerro de la Estrella, sus plantas nativas, plantas medicinales y el pasado chinampero de Iztapalapa. Con ello se logra narrar parte de su historia y generar un espacio de diálogo con las y los visitantes del museo. Por último, se generaron dos talleres donde se abordaron diferentes temáticas sobre la crisis civilizatoria, paradigmas y corrientes de la EA, así como herramientas, técnicas y metodologías para el uso de los medios audiovisuales. Todo ello con la finalidad de generar un documental web de manera comunitaria (que está en proceso de construcción) en donde cada participante rescatará aquellos aspectos que considere importantes sobre el *Huizachtepetl*, mientras la cooperativa genera uno sobre "Las mujeres y el Cerro de la Estrella".

Es notorio que tras cada proyecto se incentiva más la participación social, se establece diálogo de disciplinas, conocimientos, prácticas, seres y saberes, se fortalece el compromiso de la comunidad con el ANP y se defienden los derechos de la población como el derecho a un ambiente sano y a una cultura comunitaria. Con la experiencia se ha observado que el público se constituye principalmente por mujeres de entre veinte y cuarenta años; pocas veces asisten hombres y cuando lo hacen es por acompañar a su pareja. Además,

las personas asisten voluntariamente debido a su interés y conocimientos en temas ambientales. No obstante, es necesario emprender acciones para motivar al público no interesado a acudir a los talleres. Una opción ha sido una botarga (estrategia también utilizada por la CONANP) sobre el Huizachtepetl, lo cual ha tenido resultados satisfactorios, aunque podría explotarse más y encontrar la manera de darle un uso didáctico. Esto permite afirmar que los proyectos surgidos desde la comunidad con metodologías críticas, que nacen desde el entendimiento de la crisis civilizatoria y con apoyo de las instituciones, pueden generar procesos permanentes y de continuo crecimiento.

Discusión y conclusiones

La falta de recursos, la diversidad de intereses, la poca capacitación y comprensión biocultural de las problemáticas dificultan la realización de EA pertinente. Muchas veces, desde el papel se persiguen intereses de una bioeconomía neoliberal, como confirma Betancourt (2011) “las estrategias de conservación llevan una impronta cultural y de clase, y promueven modelos específicos de desarrollo social” (p. 73).

Las posturas conservacionistas (biologicistas) y desarrollistas, expresadas generalmente en los documentos legales, así como en los programas de manejo y estrategias de conservación, resultan ya limitadas y desgastadas ante los nuevos paradigmas, como afirma González Gaudiano (2000): “Considerar a la conservación de la naturaleza *per se* como la quintaesencia de la educación ambiental puede conducir a cometer serios errores conceptuales y estratégicos en este campo, especialmente para los países periféricos como México” (pp. 27-28).

Como menciona Halffter, Guevara y Melic (2007), es necesario involucrar a la población e instituciones en tareas de prevención, conservación, uso, restauración y mejora de las ANP y que no quede expresado solamente en documentos como la LGEEPA (2021). Esto solo se logrará con proyectos integrales e interdisciplinarios de EA.

Es importante ir más allá de la mitigación, la reducción de riesgos y la adaptación al cambio climático, acciones fomentadas por el PNANP para migrar a otros paradigmas que surjan de contextos similares, como el latinoamericano.

Desde la perspectiva del Eje Planeta, Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) 6 y del 12 al 15, no se permite visibilizar la importante relación entre humanos y naturaleza desde la complejidad al seguir un modelo de desarrollo económico y únicamente ofrecer soluciones reduccionistas, biologicistas y economicistas. Por su parte la EA propone que se consideren trasfondos ideológicos y políticos, que ponen de manifiesto su transversalidad imprescindible para el logro de los ODS y sus metas, el desarrollo de la Agenda no le ha otorgado la centralidad necesaria, inclusive en el objetivo sobre Educación de Calidad no se menciona (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, SEMARNAT, 2018).

Es importante concebir a la EA como un campo de lucha política más amplia que recupera el saber tradicional e identidad cultural y que no pretende constituirse en universales (González Gaudiano, 2000). Es necesario superar las limitaciones de las ciencias y sus sistemas epistemológicos basados en la modernidad para poner en discusión racionalidades diversas (Lagunes-Vázquez, *et al.*, 2017).

Estas otras racionalidades, o sentir-pensares, son imprescindibles al tener en cuenta que la crisis de civilización surge a partir de una racionalidad instrumental que ha guiado a gran parte de las ciencias y las tecnologías. Concebir que la EA provenga de esa misma racionalidad es impensable, pues es necesario que dialogue con otras lógicas, como los conocimientos indígenas y las artes (Reyes, Castro y Noguera, 2017).

Es probable que el cerro *Huizachtepetl* hubiera enfrentado hace ochenta y tres años problemáticas similares con las que lucha la Sierra del Tentzo. El temor es que esta última tenga el mismo destino que la primera. Ambos están sujetos a problemas que devienen de legislaciones que no comprenden el problema socioambiental de fondo, que en el mejor de los casos incentivan la participación social y acciones de conservación, pero no se ponen en marcha, sumado a la falta de interés por algunas autoridades.

Se espera que la participación social y el diálogo interinstitucional lleguen a tiempo para la Sierra del Tentzo y planteen un mejor futuro para el *Huizachtepetl*. Para ello, es necesario el intercambio de experiencias y una EA situada y participativa que atienda a las problemáticas socioambientales específicas de cada ANP.

Es importante el impulso de la participación social de habitantes y visitantes de las ANP que rescate sus conocimientos y prácticas, pues es notorio que

hay personas interesadas en el cuidado de la naturaleza: riegan y plantan árboles, observan, registran y monitorean con fotografías y videos. Por ello, se considera importante promover EA dirigida a estas personas para poder entablar acciones con base en la legislación y directrices científicas. Para lograr que los habitantes participen como verdaderos guardas y vigilantes de su ANP, es necesario establecer un sistema de EA que promueva un buen vivir: un nuevo orden donde el desarrollo humano se base en una relación armónica con la naturaleza y responsabilidad, donde los profesionales de la educación formen parte de proyectos de conservación en las ANP, que despierten la conciencia crítica y promuevan las relaciones entre las personas, los sistemas ecológicos y el contexto histórico cultural.

Maldonado, Chávez y Bravo (2020), al revisar programas de EA en ANP, no encontraron medidas relevantes para incentivar la participación comunitaria, lo que es un derecho y debería ser un pilar, un deber y un mecanismo para esta clase de programas. Incentivarla implicaría gran especialización sobre EA inmersa en las dimensiones física, ética, cultural, histórica y afectiva basada en un diálogo de seres y saberes horizontales, sustentado en una comunicación política (Betancourt, 2011) para lograr un cambio en su racionalidad, sensibilidad, creatividad, pensamiento, actitud crítica y contribución.

Este capítulo representa un llamado de atención, una propuesta de análisis y una evidencia de cómo las ciencias (naturales y sociales) pueden convivir en la EA para impulsar acciones encaminadas a una relación armónica con la naturaleza. La EA como parte de la comunicación de la ciencia puede sumar esfuerzos y retomar sus postulados, así como la perspectiva de género, los derechos de la naturaleza y la interculturalidad en paradigmas latinoamericanos con el fin de realizar cambios significativos para el buen vivir de las ANP.

Referencias

- Alba, M. (2007). *Incorporación de la educación ambiental en la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas -CONANP-*. (Informe de actividad profesional, Maestría en Pedagogía). Universidad Nacional Autónoma de México.
- Alcaldía Iztapalapa (23 de marzo 2020). Instalación del Consejo Asesor del Área Natural Protegida del Cerro de la Estrella [Video, Facebook]. https://www.facebook.com/watch/live/?v=448625242880836&ref=watch_permalink
- Andrade, p. (2014). *La construcción del concepto Educación Ambiental a partir del contenido en las Revistas de Divulgación de la Ciencia*. (Tesina Licenciatura en ciencias de la comunicación). Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.
- Arias, M. (2015). *La educación ambiental en la UACM su devenir y posibilidad*. México: Editorial Días de Santos.
- Betancourt, A. (2011). Conocimientos ecológicos tradicionales, crisis ambiental y sociedad del conocimiento. Una crítica al proyecto Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas del Banco Mundial. En Argueta, A., Corona-M., E. y Hersch, p. (coord.), *Saberes colectivos y diálogo de saberes en México* (pp. 73-82). México: Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias, UNAM.
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) (2017). *Estrategia de Educación Ambiental para las Áreas Naturales Protegidas de la Región Centro y Eje Neovolcánico*. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México. <https://www.conanp.gob.mx/pdf/documentos/EDUCACIONAMBIENTALRCYEN.pdf>
- (2020a). *Programa nacional de Áreas Naturales Protegidas 2020-2024*. Programa Institucional. Recuperado de: <https://www.gob.mx/conanp/documentos/programa-nacional-de-areas-naturales-protegidas-2020-2024>
- (28 de octubre 2020b). *Cómo estructurar un proyecto de educación para la conservación. Serie de charlas entre educadores ambientales*. [video Facebook]. Recuperado de <https://www.facebook.com/CONANPmx/videos/737856340134513/>
- (actualización agosto 2021). *Áreas Naturales Protegidas Decretadas* [Página web]. Recuperado de http://sig.conanp.gob.mx/website/pagsig/datos_anp.htm
- Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas (2015). *Convenio sobre la Diversidad Biológica. Protocolo de Nagoya*. Recuperado de: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/56038/cdi-protocolo-nagoya.pdf>
- Daza, S. (2013). *Áreas protegidas de México del conservacionismo a la sustentabilidad. Memoria de un proceso de intervención educativo-ambiental en áreas protegidas de México (2004-2011)*. (Tesis para obtener el título de

- Maestro en Educación ambiental). Universidad de Guadalajara.
- Gobierno de la Ciudad de México (2007). Programa de manejo del Área Natural Protegida con la categoría de zona ecológica y cultural “Cerro de la Estrella”. *Gaceta oficial del Distrito Federal*. Recuperado de: https://paot.org.mx/centro/leyes/df/pdf/GODF/GODF_16_04_2007.pdf
- Gobierno del Estado de Puebla y Secretaría de Sustentabilidad Ambiental y Ordenamiento Territorial (2011). Resumen del Programa de Manejo del Área Natural Protegida de Jurisdicción Estatal, en su modalidad de Reserva Estatal, la Zona denominada “Sierra del Tentzo”. *Periódico Oficial del Gobierno Constitucional del Estado de Puebla*. Tomo CDXXXIII, No. 1 Tercera Edición. Recuperado de: https://ti.implanPuebla.gob.mx/CartaUrbanaDigital/docs/prog_tentzo.pdf
- González, H.; Cortés-Calva, p. ; Íñiguez, L. y Ortega-Rubio, A. (2014). Las áreas naturales protegidas de México. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 22(60), 7-15.
- González Gaudiano, E. (1998). Centro y periferia de la educación ambiental: Un enfoque anti-esencialista. México: Mundi Prensa.
- (2000). Complejidad en educación ambiental. *Tópicos en Educación Ambiental*, 2(4), 21-32.
- Halffter, G., Guevara, S. y Melic, A. (2007). *Hacia una cultura de conservación de la diversidad biológica*. Monografías Tercer Milenio, Sociedad Entomológica Aragonesa.
- Islas-Vargas, M. (2020). Adaptación al cambio climático: definición, sujetos y disputas. *Letras Verdes. Revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales*, (28), 9-30.
- Lagunes-Vázquez, M., Bobadilla-Jiménez, M., Beltrán-Morales, L. y Ortega-Rubio, A. (2017). Bases antropológicas y sociológicas para la conservación en Áreas Naturales Protegidas latinoamericanas con un enfoque pluricultural e intercultural. En Espitia-Moreno, I., Arriola-Padilla, V. y Ortega-Rubio, A. (Ed.), *Gestión, manejo y conservación de Áreas Naturales Protegidas* (pp. 51-76). Morelia, México: Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
- Leff, E. (2011). Diálogo de saberes, saberes locales y racionalidad ambiental en la construcción social de la sustentabilidad. En Argueta, A., Corona-M., E. y Hersch, p. (coord.), *Saberes colectivos y diálogo de saberes en México* (pp. 379-391). México: Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias, UNAM.
- Ley Ambiental de Protección a la Tierra en el Distrito Federal (LAPTFD) (23 de abril 2021). *Gaceta Oficial del Distrito Federal*. México: PAOT.
- Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) (18 de enero 2021). *Diario Oficial de la Federación*. México: Cámara de Diputados de H. Congreso de la Unión.
- Maldonado, O., Chávez, R. y Bravo, M. (2020). Áreas naturales protegidas y participación social en América Latina: problemas y estrategias para lograr la integración comunitaria, *Región y sociedad*, 32, 1-24.

- Martínez, D. (30 de septiembre de 2019). Los guardianes del cerro de la Estrella. *Reporte Indigo*. Recuperado de: <https://www.reporteindigo.com/reportes/los-guardianes-del-cerro-de-la-estrella-jovenes-conservacion-ecologica-cultura/>
- Massarani, L. (2018). Estado del arte de la divulgación de la ciencia en América Latina. *JCOM América Latina*, 1(1), 1-15.
- Pérez, R. (2011). Ambientalismo y desarrollo sustentable: tramas del sistema capitalista. *Revista LiminaR. Estudios sociales y humanísticos*, 9(2), 181-199.
- Reyes, J. y Castro, E. (2009). La educación en las áreas protegidas: una mirada interna. En Castillo, A. y González, É. (coord.). *Educación ambiental y manejo de ecosistemas en México* (pp. 225-256). México: Secretaría del Medio Ambiente.
- Reyes, R. J., Castro, R. E., y Noguera, A.P (2017). *La vida como centro: arte y educación ambiental*. México: Editorial Universidad de Guadalajara.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT, 2018). *La educación ambiental en la Agenda 2030 de México*. Recuperado de: <https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/libros2018/CD003098a.pdf>
- Secretaría de Sustentabilidad Ambiental y Ordenamiento Territorial (SEMADSOT) (2011). Estudio Previo Justificativo para la Declaratoria de la Reserva Estatal Sierra del Tentzo. Recuperado de http://smadsot.Puebla.gob.mx/images/Estudio_Previo_Justificativo_Tentzo.pdf
- Subsecretaría de Bienestar (2020). *Informe anual sobre la situación de pobreza y rezago social*. Recuperado de: <https://www.gob.mx/bienestar/documentos/informe-anual-sobre-la-situacion-de-pobreza-y-rezago-social>
- Tlapa, M., Bustamante, Á., Vargas, S., Ramírez, B., Cervantes, V. y Cruz, G. (2020). Factores del deterioro de las áreas naturales protegidas periurbanas del Valle de Puebla, México. *Estudios Demográficos y Urbano*, 35 (1), 51-82.
- Vega, p. y Álvarez, p. (2005). Planteamiento de un marco teórico de la Educación Ambiental para un desarrollo sostenible. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 4(1), 1-16. Recuperado de: http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen4/ART4_Vol4_N1.pdf
- Walsh, C. (2009). Interculturalidade crítica e pedagogia decolonial: in-surgir, re-existir e re-viver. *Educação intercultural na América Latina: entre concepções, tensões e propostas*. Rio de Janeiro (7), 12-43.

Reseñas de autores

Araceli Corona Viveros

Ingeniera industrial. Promotora Ambiental, SEDEMA, Veracruz. Estudiante del Diplomado: Gestión de Patrimonio Ambiental, CIDES, Chiapas. Trabaja en la Secretaría de Desarrollo Rural del Estado de Puebla. Fue jefa de Innovación y Acceso a Mercados y Rutas Agroturísticas, organizando alianzas de comercialización para productores agroindustriales, agropecuarios y artesanales, apoyando incubación de microempresas; guiando a productores de mezcal a la certificación, organizando encuentros nacionales de UMAs y elaborando rutas agroturísticas para regiones de Puebla. Trabajó en Volkswagen de México, Exiros México e Integración de Servicios Mexicanos. Realiza investigaciones independientes sobre cuestiones ambientales en San Diego la Mesa Tochimiltzingo, Puebla.

Paris Olalde Estrada

Egresado de la carrera de psicología de la UNAM y de la Maestría en Ciencias en la Especialidad de Investigaciones Educativas del CIVNESTAV. Actualmente es coordinador educativo de la Cooperativa de educación ambiental Mecuate Astrophytum y docente en la Universidad de Londres Campus Vertiz. Ha realizado diferentes proyectos de educación ambiental e impartido numerosos talleres relacionados con esta temática en instituciones escolares y extraescolares. Realiza investigación en educación ambiental, Áreas Naturales Protegidas y medios audiovisuales, desde perspectivas latinoamericanas, interculturales y género. Ha publicado dos artículos en revistas indexadas y participado en numerosos congresos.



LA TRANSDISCIPLINA ARTE, CIENCIA Y TECNOLOGÍA (ACT) COMO VEHÍCULO PARA LA DIVULGACIÓN CIENTÍFICA A TRAVÉS DEL ARTE

Ivan Takeshi Cerritos Castro (Tapshike)

*“El desarrollo de un país, de una persona,
de una familia, de una comunidad, se da
cuando la ciencia se convierte en cultura”*

Aziz, 2018

Introducción

Desde niño he sido muy curioso, lo que me llevó a elegir una carrera científica. Sin embargo, al ir avanzando hacia la investigación “formal” sentí que en el camino había perdido algo que antes lo hacía interesante. Quizá ya no hay curiosidad sino solamente la necesidad de demostrar algo. En el arte fotográfico encontré de nuevo una forma interesante de ver la realidad, así decidí fusionar mi trabajo en ciencia y fotografía. En 2019 desarrollé un proyecto de colaboración disciplinar Arte Ciencia y Tecnología en el Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica (IPICYT), con apoyo del Fondo Nacional para la Cultura y las Artes (FONCA) y la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). En este proyecto fusioné mi conocimiento, experiencia y técnicas en el

arte fotográfico y la investigación científica. Durante el desarrollo de este hice una serie de reflexiones acerca de la fusión de estas disciplinas que me llevaron a abundar más en su caracterización. Una característica que me pareció especialmente interesante es la que llamo “su capacidad de divulgación de la ciencia”.

En el presente capítulo aborda la transdisciplina Arte Ciencia y Tecnología (ACT) como una nueva forma de hacer investigación científica, cuyos resultados son inherentemente divulgativos dada su búsqueda intrínseca de comunicar y participar en la sensibilidad de un espectador. Esta transdisciplina plantea diversas ideas innovadoras en torno a la investigación y divulgación científica. De ellas, se recuperan tres para los fines de este libro. Primero, la investigación científica como una forma estética

de buscar respuestas objetivas a las interrogantes. Segundo, el producto directo de la investigación científica como una obra de arte visual, plástica, lingüística o sonora. Y tercero, su capacidad de transmitir el conocimiento científico de forma incluyente y eficaz a través de un lenguaje universal: la experiencia estética. La ejecución de esta transdisciplina plantea retos intelectuales y organizacionales nuevos. No obstante, puede considerarse como un vehículo eficaz para divulgar la investigación científica que se realiza actualmente en México.

El objetivo del capítulo es describir la transdisciplina ACT con bases bibliográficas y la experiencia propia adquirida al desarrollar un proyecto ACT. Además, se busca hacer planteamientos teóricos para llevar a cabo esta transdisciplina. El fin principal es presentar estrategias para divulgar sus resultados en diversos entornos socioeducativos comparando cómo se alinean con los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la agenda ONU 2030 (Naciones Unidas, 2018), la agenda 2024 del CONCYTEP (CONCYTEP 2019) y el contexto nacional de México.

El trabajo se ha dividido en siete secciones. En la primera sección, “Formas de colaboración disciplinar”, se da un panorama general de la forma en que interactúan disciplinas distintas para generar un resultado unificado. En la segunda sección, “La transdisciplina Arte Ciencia y Tecnología (ACT)”, se expone una perspectiva personal de la transdisciplina ACT, sus características y el resultado esperado. En la tercera sección, “La obra ACT y su capacidad de divulgación de la ciencia”, se argumenta por qué considero que el resultado de la transdisciplina ACT tiene un alto potencial para la divulgación de la ciencia. En la cuarta sección, “Una propuesta personal de obra ACT”, se muestra un fragmento de la obra transdisciplinaria “El mensajero del gen, de lo inerte a la vida”. Luego, se describe el cumplimiento de las características transdisciplinarias y cómo favorecen el entendimiento del conocimiento científico por parte del espectador. En la quinta sección, “La divulgación ACT y la divulgación actual”, se exponen algunas preocupaciones respecto a la divulgación actual y cómo la divulgación ACT puede atenderlas. En la sexta sección, “Líneas de acción y su alineamiento con los ODS de la ONU y las estrategias del CONCYTEP”, se proponen dos líneas de acción para la divulgación ACT, sus metas esperadas y cómo se alinean con los ODS de la ONU y estrategias del CONCYTEP. Finalmente, se concluye con algunos comentarios y reflexiones generales.

Formas de colaboración disciplinar

Existen tres formas de colaboración disciplinaria: la multidisciplina, la interdisciplina y la transdisciplina. La multidisciplina implica la participación de más de dos disciplinas en una investigación o trabajo sin perder cada una sus características o abandonar sus métodos. La interdisciplina integra la teoría de varias disciplinas y requiere el diseño de una metodología que se utiliza de común acuerdo (Paoli Bolio, 2019). Finalmente, la transdisciplina más compleja exige una integración disciplinar más profunda del conocimiento, por lo que proponer una única definición podría limitar su alcance.

La transdisciplina es una nueva forma de búsqueda del conocimiento influenciada por la filosofía de la deconstrucción (Paoli Bolio, 2019). En resumen, la deconstrucción evidencia las ambigüedades, fallas, debilidades y contradicciones de una teoría o de un discurso (Porto Pérez & Merino, 2017). La transdisciplina parte de la idea de que el conocimiento empírico no es el único que posee validez. Además, para ser útil a la vida, el conocimiento debe de ser complejo. Dadas estas premisas se cree que la transdisciplina se erige mejor si se integran no solo las ciencias naturales y exactas, sino también las tecnologías, la filosofía y otras disciplinas de las humanidades. Durante esta integración las disciplinas comienzan un proceso opuesto a la especialización, en el que se identifican sus límites y se transgreden (Paoli Bolio, 2019). No obstante, aunque se permite la apertura y tolerancia disciplinar, no se debe de perder el rigor en la argumentación (Anes *et al.*, 1994).

Ricalde Gamboa (2013) resume con una palabra los diferentes grados de interacción disciplinar: la monodisciplina en especialización, la multidisciplina en colaboración, la interdisciplina en interacción y la transdisciplina en transformación. Para los fines del presente trabajo, se define la transdisciplina como: una forma de colaboración disciplinar en el cual se atraviesan los límites de las disciplinas involucradas y el producto de su actividad posee propiedades nuevas, indivisibles e inherentes a cada una de ellas, que en consecuencia impiden su categorización en una sola disciplina. Sin embargo, estas descripciones, aunque acertadas, limitan la esencia del trabajo transdisciplinario.

En 1994 se llevó a cabo el Primer Congreso Mundial de Transdisciplinariedad en el que se crearon quince artículos que otorgan una descripción más precisa (Anes *et al.*, 1994). Los quince artículos presentados y ahora adoptados por el Centro Internacional de Investigación Disciplinar (CIRET) dan un panorama y guía completa de la forma de trabajar a través de la transdisciplina.

La transdisciplina arte ciencia y tecnología (ACT)

El trabajo transdisciplinario llevado a cabo en torno al CIRET en México tiene una participación importante de instituciones relacionadas con las artes y humanidades como: el Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH), la Escuela Nacional de Antropología e Historia (ENAH) y la Secretaría de Cultura; aunque no se percibe una participación de instituciones relacionadas con las ciencias naturales y exactas. Afortunadamente, en 2018 la Secretaría de Cultura y la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) emitieron una convocatoria para apoyar proyectos de colaboración ACT. Los proyectos ACT son una reciente modalidad de colaboración disciplinar que ha comenzado a ser explorada por grandes instituciones, no solo por la propia Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM, 2020), sino también por la Organización Europea para la Investigación Nuclear (CERN, 2021), el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT, 2021) y el Instituto Goethe (Goethe Institut, 2021).

La convocatoria ACT 2018 de la UNAM y de la Secretaría de Cultura, sentó un precedente en México para el desarrollo de proyectos de colaboración disciplinar que incluyeran las artes, humanidades, ciencias naturales y exactas. Con el apoyo de esta convocatoria se desarrolló la obra fotográfica “El mensajero del gen, de lo inerte a la vida”¹. La realización de esta obra me permite reflexionar acerca de la vinculación ACT y sus características. Por ejemplo, la que puede ser nombrada como “su capacidad de divulgación de la ciencia”, la cual se describirá detalladamente en la siguiente sección.

La colaboración ACT puede ser multidisciplinaria, interdisciplinaria o transdisciplinaria. El enfoque de este trabajo es transdisciplinario. Dada la diversidad epistemológica propia de esta transdisciplina, se retomaron algunos conceptos específicos de arte, ciencia y tecnología para abordar la misma. El arte es un término polisémico, aunque hay dos descripciones apropiadas para la investigación. Según la crítica de arte por Avelina Lésper y Pablo Jato: “El arte es una creación, producto del talento, la inteligencia y la sensibilidad humana”. Por su lado, la Real Academia Española (RAE) lo define como “una manifestación de la actividad humana mediante la cual se interpreta lo real o se plasma lo imaginado con recursos plásticos, lingüísticos o sonoros” (RAE, 2021a).

1 Elvan Takeshi Cerritos (2022)

De igual modo, según la RAE (2021b), “la ciencia es un conjunto de conocimientos obtenidos mediante la observación y el razonamiento, sistemáticamente estructurados y de los que se deducen principios y leyes generales con capacidad predictiva y comprobables experimentalmente”. Finalmente, “la tecnología es un conjunto de teorías y de técnicas que permiten el aprovechamiento práctico del conocimiento científico” (RAE, 2021c).

Teniendo en mente estas definiciones y los artículos de la carta a la transdisciplinariedad, se propone la siguiente definición de la transdisciplina ACT: es una forma de colaboración disciplinar que genera una creación visual, plástica, lingüística o sonora que posee las siguientes características:

- 1) Puede interpretar una realidad científica tras la aplicación del método científico a través del talento, la inteligencia y la sensibilidad del creador, y por ende ser estético y comprobable.
- 2) Puede plasmar sensiblemente una realidad imaginada tras la investigación bibliográfica, observación, experimentación o el razonamiento estructurado, y tener capacidad predictiva que oriente una investigación científica.
- 3) En ambos casos se emplean de manera conjunta el conocimiento teórico y técnicas del arte y de la ciencia (su tecnología).
- 4) Una sola creación puede cumplir el punto 1, 2, o ambos, y es conveniente que esté claro en la creación.
- 5) Es deseable que la obra ACT sea planeada como tal desde el inicio de su creación.

La obra ACT y su capacidad de divulgación de la ciencia

Las características de la transdisciplina ACT enumeradas anteriormente son calificables. Sin embargo, calificar la reacción del espectador a la obra ACT es más complejo. Una reacción esperada en el espectador es la experiencia estética, derivada de la búsqueda intrínseca de la obra ACT por comunicar y participar en la sensibilidad del espectador. El éxito de esto dependerá del talento y la sensibilidad del creador, y también de la sensibilidad y bagaje intelectual del espectador, por lo cual es impredecible. La sensibilidad puede

ser definida como “la forma particular de ver el mundo” de una persona y se comunica a menudo a través de un “lenguaje humano” basado en emociones, lo cual da un carácter universal a la comunicación artística.

Según Wenger (2012) la experiencia estética puede ser definida como un “modo de encuentro con el mundo, con los objetos, fenómenos y situaciones ya sean naturales o creados por el ser humano, que produce en quien lo experimenta un placer, un conjunto de emociones y un tipo de conocimiento que puede considerarse de tipo estético (atención activa, apertura mental, contemplación ‘desinteresada’, empatía...)”. Las últimas características referidas representan un canal de comunicación eficaz para la transmisión del conocimiento científico a través de las emociones hacia un público no especializado. En este sentido, un público no especializado es aquel que no tiene una formación profunda en ciencia. Esta situación prevalece en una gran parte de la población mexicana, por lo cual la propuesta ACT es inherentemente incluyente.

Aunque la experiencia estética puede ser un canal de comunicación eficaz para transmitir el conocimiento científico, aspirar a que el espectador asimile en su totalidad una obra ACT no puede ser considerada como la forma adecuada. Al igual que en la apreciación artística, cada individuo puede tener una perspectiva diferente de la obra ACT, y aunque es deseable que la apreciación conlleve cierto grado de realidad científica, pretender limitar la apreciación individual del espectador a costa de la objetividad, podría limitar su interés por la ciencia. La apreciación de la obra ACT es también un camino introductorio ameno hacia el conocimiento científico y el desarrollo del pensamiento crítico. Estas cualidades inherentes a la obra ACT le confieren una fuerte capacidad de divulgar la ciencia de forma incluyente: ya sea transmitir un conocimiento científico, desarrollar el pensamiento crítico, o ambos.

Una propuesta personal de obra ACT

“El mensajero del gen, de lo inerte a la vida” es una propuesta personal de obra transdisciplinaria ACT que surgió a partir de una pregunta: ¿Dónde inicia la vida? Esta pregunta me parece que puede ser recurrente en cualquier persona, científica o no, y puede despertar muchas inquietudes y contextos.

En mi caso la duda exacta era ¿Dónde la materia inanimada más simple se convierte en un ser vivo? La respuesta la encontré en la fotosíntesis.

Para abordar esta pregunta existía en mí ya un imaginario visual, bibliográfico y una pregunta de investigación científica adicional. En el bibliográfico, sabía que las plantas son seres vivos que pueden alimentarse solamente de compuestos que no estuvieron vivos: el agua, el aire y la tierra. Incluso en ocasiones solo de agua (con sales) y el aire (en el caso de la hidroponía). En el visual, imaginaba como el aire podía entrar a las hojas y el agua a las raíces de una planta y viajar a través de las células de la planta hasta convertirse en compuestos de esta como el almidón o la celulosa. Aunado a esto, en mi investigación de doctorado, existía la duda de la ubicación celular de la enzima RuBisCO, responsable de iniciar la conversión del dióxido de carbono en almidón. La distribución de esta enzima categoriza a una planta como C_3 o C_4 , y en nuestro grupo de investigación existía la hipótesis de que la planta de amaranto era C_4 .

La respuesta puntual podría haber sido un solo análisis de localización de RuBisCO en la hoja de esta planta. Al contrario, deseaba explorar a lo largo del crecimiento de la planta la distribución de esta enzima encargada literalmente de iniciar la vida en lo no vivo. Además, el imaginario de la transición de moléculas inertes a un ser vivo no es posible interpretarlo visual y figurativamente con estudios de laboratorio, por lo que decidí plasmarlo a través de la fotografía artística. Para realizarlo, sembré semillas de amaranto y tomé fotografías a lo largo del desarrollo de la planta, así como muestras de la semilla y hojas durante el proceso. Con las fotografías representé mediante saturación selectiva lo vivo e inerte, como color y escala de grises, respectivamente. Con las muestras de hojas, hice análisis inmunohistoquímico para determinar la ubicación de RuBisCO a lo largo del desarrollo de la planta. Al final, obtuve una obra de quince fotografías y quince micrografías (fotografías a través del microscopio) a manera de *time lapse*, que acompañé de un texto curatorial.

A continuación, comparto un pequeño fragmento de la obra:

Inicio del texto curatorial

La planta crece comiendo del aire, y el cotiledón ha dejado espacios vacíos entre sus células para que este fluya libremente. El CO_2 es transmutado en un inicio a los incoloros granos de almidón que yacen dentro de los cloroplastos, y que están rodeados por el púrpura de RuBisCO.

Sin embargo, el aire lo alimenta y lo envenena. En los vientos no solo fluye el preciado CO_2 , también otros gases que perturban el trabajo de RuBisCO: el oxígeno (O_2); una lección de la evolución que aun no entendemos, que sorprende al ver cómo el beneficio conlleva el perjuicio. ¡Esto es una señal! Mi exploración artística fue fructífera. De haber seguido la exploración obediente del rigor científico no hubiera trascendido de lo que me contaron los artículos y libros.

La fotografía de la Figura 1 es una de las fotografías macro que componen la obra. El título es una metáfora al hecho de que al germinar la semilla, el cotiledón (la estructura en forma de pequeña hoja) literalmente se embebe en el aire para comenzar a fijar CO_2 . En la micrografía de la Figura 2, el color verde corresponde a las proteínas de la hoja y el púrpura es la señal de localización de RuBisCO.



Lo que quisiera rescatar de esta propuesta son las estrategias que se abordaron para darle un carácter transdisciplinar, y con ello potenciar su capacidad de divulgación científica. El texto curatorial más allá de enfocarse en explicar el detalle científico se enfoca en expresar “cómo experimento personalmente el conocimiento científico”. Esto ayuda a prescindir de tecnicismos y a generar empatía con el espectador en lugar de pretender adoctrinarlo. Así, se puede lograr una apertura al conocimiento a través de la emoción. Además, espero que el cuidado estético de la fotografía y la búsqueda de plasmar una realidad imaginada en la Figura 1 genere la experiencia estética en el espectador que comience una atención activa y desinteresada en la obra. Se debe agregar que la ciencia *per se* es abstracta, frecuentemente muy abstracta. En la investigación científica tradicional esto no nos preocupa porque nuestro trabajo está pensado para que lo lea alguien que está inmerso en la misma abstracción.

Figura 1. Fotografía macro de una plántula de amaranto. Título “irrumper el aire”

En el caso de la microscopía, en los artículos científicos se presentan a menudo imágenes que son solo una porción de todo un ser vivo (que incluso a mí me cuesta creer que sea representativo). En esta propuesta ACT, procuré pasar de la abstracción de un campo visual limitado (Figura 2A) a un campo mucho más amplio y figurativo (Figura 2B). La Figura 2B es una microscopía de un corte transversal completo de un cotiledón como el de la Figura 1. Se puede discernir que todo el conjunto tiene efectivamente la forma del cotiledón (si lo viéramos de frente). Si yo le dijera a una persona que nunca ha visto a través del microscopio que las hojas de una planta están hechas por células y le mostrara la Figura 2A, quizá me creería por compromiso, pero si le mostrara la Figura 2B es probable que lo asimile más fácilmente al discernir la forma global de la hoja.

Como comenté anteriormente, la obra ACT no pretende limitar la apreciación individual del espectador a costa de la objetividad. Por ello, el texto curatorial no es exhaustivo en la descripción científica y las micrografías no tienen flechas, líneas o textos que obliguen la mirada del espectador. Por el contrario, la intención es llevar de forma desinteresada el conocimiento al espectador para que sea él mismo quien lo juzgue. Quisiera señalar que en un intento por llevar el conocimiento “crudo” al espectador, imprimí las micrografías en una película transparente y las monté en un marco de madera retroiluminado. Este formato genera una experiencia muy similar a la que se experimenta directamente en el microscopio, dando la libertad al espectador de indagar en la muestra por donde desee (Figura 3).

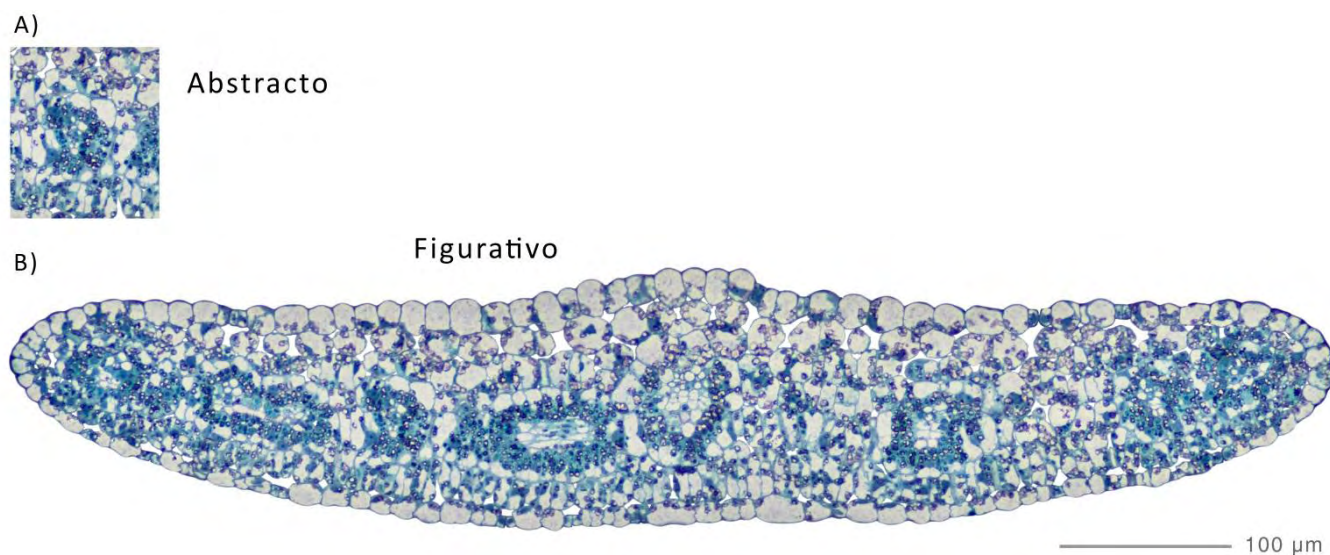


Figura 2. Micrografía digital de un corte transversal de cotiledón teñido con verde rápido y sometido a análisis inmunohistoquímico para detectar RuBisCO. En A) se muestra una sección del corte completo mostrado en B).

El cuadro de la Figura 3 es una de quince micrografías retroiluminadas. Este formato me parece muy ventajoso ya que lleva consigo la esencia fiel de la microscopía y no requiere de un microscopio. Aunque la retroiluminación ayuda a su apreciación no es necesaria. Sin embargo, si este se coloca frente a una ventana provista de una cortina blanca durante el día, el resultado es similar y no requiere electricidad. Como resultado, este formato es funcional para llevar la microscopía a comunidades lejanas donde carecen de servicios básicos como la electricidad. Y no solo la microscopía, sino una historia completa en torno al conocimiento científico. La creación de objetos “auto-suficientes” ACT me parece una buena forma de esparcir el conocimiento en ciudades y comunidades.



Figura 3. Formato físico de la micrografía de la Figura 3.

Título: El aire le alimenta, pero le envenena

Técnica: Fotomicrografía digital

Medidas: 22 x 103 x 4.5 cm

Soporte: Película transparente con marco retroiluminado

Simultáneamente, el resultado de esta obra ACT tuvo hallazgos científicos importantes: la hipótesis inicial de que la planta de amaranto pertenecía a un grupo C_3 o C_4 se rechazó; la distribución de RuBisCO no atiende a ninguna de estas categorías. Esto fue un hallazgo importante para nuestro grupo de investigación y la investigación de la fotosíntesis.

La divulgación ACT y la divulgación actual

Existen un par de características que apremian en la divulgación actual. Usualmente está enfocada en los niñas, niños y público joven, de tal forma que pensando en este público tienen un formato muy lúdico, lo cual es acertado aunque contraproducente, debido a que el público adulto también puede generar una expectativa de que la ciencia solo tiene una función recreativa, histórica o de aportar un “dato curioso”. Así, se limita la trascendencia real que tiene el conocimiento científico en la realidad, como ha evidenciado la infodemia durante la actual pandemia por SARS-CoV-2. Hacen falta formatos para llegar también a un público adulto y ampliar en la sociedad sus perspectivas e imaginarios de la ciencia y su relevancia en la vida cotidiana. Asimismo, sería ventajoso que el imaginario científico en la sociedad sea un tanto independiente de la figura del científico o el laboratorio, para que no permee la idea de que la ciencia es exclusiva de ciertos espacios o personas.

Por otro lado, las aportaciones de los grandes científicos de la historia nacional y extranjera son muy meritorias, muy importantes y merecen todo el reconocimiento. No obstante, glorificar reiteradamente a estos personajes en la divulgación científica, que a menudo viven o vivieron realidades muy distintas a las del espectador, puede crear una distancia entre el espectador y el personaje. Puede crear una sensación de que la investigación científica solo se da en ciertos gremios, ciertos países, ciertas personas, lo cual es erróneo. En este sentido, se debe modificar esta idea para resaltar lo que hacen actualmente los científicos mexicanos, pues su realidad es más cercana al público que se busca, y por lo tanto, es más incluyente. Por lo tanto, la divulgación a través de las obras ACT puede atender estas áreas de oportunidad, dada su naturaleza artística y posibilidad de desarrollo en investigaciones actuales de científicos mexicanos.

Líneas de acción y su alineamiento con los ODS de la ONU y estrategias del CONCYTEP

Las obras ACT como forma de divulgación de la ciencia pueden ayudar a atender algunos de los Objetivos de Desarrollo Sostenible 2030 (ODS) planteados por la Organización de las Naciones Unidas (Naciones Unidas, 2018).

El Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Puebla ya ha planteado algunas estrategias con líneas de acción específicas (CONCYTEP, 2019) para atender esta agenda. A continuación, se recuperan algunos ODS de la ONU y estrategias del CONCYTEP. Se les ha asignado una clave y vínculo como con la propuesta de divulgación ACT.

- ODS que atiende la propuesta de divulgación ACT

[ODS1] Objetivo 1. Poner fin a la pobreza en todas sus formas en todo el mundo.

[ODS4] Objetivo 4. Garantizar una educación inclusiva y equitativa de calidad y promover oportunidades de aprendizaje permanente para todos.

[ODS4.5] Objetivo 4.5. De aquí a 2030, eliminar las disparidades de género en la educación y asegurar el acceso igualitario a todos los niveles de la enseñanza y la formación profesional para las personas vulnerables, incluidas las personas con discapacidad, los pueblos indígenas así como las niñas y niños en situación de vulnerabilidad.

[ODS4.7] Objetivo 4.7 De aquí a 2030, asegurar que todos los alumnos adquieran los conocimientos teóricos y prácticos necesarios para promover el desarrollo sostenible, entre otras cosas mediante la educación para el desarrollo sostenible y los estilos de vida sostenibles, los derechos humanos, la igualdad de género, la promoción de una cultura de paz y no violencia, la ciudadanía mundial y la valoración de la diversidad cultural y la contribución de la cultura al desarrollo sostenible.

[ODS4.a] Objetivo 4.a. Construir y adecuar instalaciones educativas que tengan en cuenta las necesidades de los infantes y las personas con discapacidad y las diferencias de género, y que ofrezcan entornos de aprendizaje seguros, no violentos, inclusivos y eficaces para todos.

[ODS5] Objetivo 5. Lograr la igualdad de género y empoderar a todas las mujeres y las niñas

[ODS5.5] Objetivo 5.5. Asegurar la participación plena y efectiva de las mujeres y la igualdad de oportunidades de liderazgo a todos los niveles decisorios en la vida política, económica y pública.

- Estrategias y líneas de acción planteadas por el CONCYTEP

[E1] Objetivo 1. Impulsar la formación integral del factor humano en humanidades, ciencia, tecnología e investigación.

[E1.2] Línea de acción 2. Elaborar protocolos para realizar eventos de ciencia, tecnologías y humanidades bajo metodologías sustentadas en la ciencia.

[E1.4] Línea de acción 4. Sensibilizar a docentes para apoyarse en pedagogías efectivas, a través de la cultura “Maker” y disciplinas STEAM (ciencia, tecnología, ingeniería, arte y matemáticas)

[E1.9] Línea de acción 9. Impulsar vocaciones científicas en el estado a través de organización de olimpiadas, ferias del conocimiento, estancias de investigación, encuentros o congresos, fortalecimiento de las capacidades docentes.

[E3] Estrategia 3. Vincular el conocimiento con la sociedad para disminuir las desigualdades.

[E3.1] Línea de acción 1. Vincular a los investigadores con el sector público, productivo, científico y académico mediante el establecimiento de convenios de colaboración.

[E3.2] Línea de acción 2. Vincular la ciencia con la sociedad mediante la generación y transferencia del conocimiento y su aplicación en las regiones del estado.

[ETIS] Estrategia Transversal Igualdad Sustantiva

[ETIS1] Línea de acción 1. Promover la educación incluyente con perspectiva de género en humanidades, ciencia, tecnología e innovación.

[ETIS3] Línea de acción 3. Divulgar las humanidades, la ciencia y la tecnología y la innovación para niñas y niños, adolescentes, adultos y adultos mayores.

Así, se proponen dos líneas de acción específica que repercuten en los puntos anteriormente enumerados (Tabla 1).

Línea de acción	Metas esperadas y objetivos ODS que el CONCYTEP atiende
Apoyar proyectos colaborativos multi, inter y transdisciplinarios ACT	Que los productos de los proyectos sean creaciones visuales, plásticas, sonoras o lingüísticas que posean un aspecto artístico-científico claro, y por ende, lleguen al público con un discurso novedoso. Que las creaciones generadas en su conjunto (obra) sean auto explicativas a través de un texto o lenguaje visual, no requieran equipo especializado para su exposición, sean transportables y seguras química y biológicamente. Esto con el objetivo de una exposición duradera que no requiera del creador durante todo el periodo de exposición. Que las creaciones generadas expongan el trabajo de investigación actual hecha por científicas y científicos mexicanos, resaltando la participación equitativa e igualmente importante de mujeres y hombres [ODS5] [ODS5.5] [ETIS1]. Que las creaciones puedan ser expuestas en espacios museísticos o bien resguardadas por escuelas para su uso como material didáctico en beneficio de la educación. Las creaciones en sí mismas pueden representar un material didáctico invaluable para incentivar la curiosidad, el pensamiento crítico y las vocaciones científicas tanto en espacios museísticos como en escuelas. Darían la oportunidad de tener un objeto que procede directamente de la investigación científica de alto nivel en un salón de educación básica, media superior o un museo interactivo que hagan de la ciencia una cultura [ODS4] [ODS4.7] [E1.2] [E1.4] [E1.9] [E3.2].
Apoyar proyectos colaborativos multi, inter y transdisciplinarios ACT	En las creaciones visuales, sonoras o audiovisuales, generar elementos impresos que no requieran electricidad para asegurar su acceso prolongado a sitios marginados. En este aspecto, el CONCYTEP tiene ya en marcha un proyecto que me parece muy oportuno: los “vehículos de la ciencia”. Estos vehículos pueden ser el medio para exponer creaciones visuales, audiovisuales y/o sonoras en la inauguración de una obra en sitios que no tienen acceso a la electricidad y/o equipo audiovisual. Asimismo, tras su retirada, dejar en resguardo material impreso y objetos que den continuidad a la obra por un tiempo más prolongado [ODS4] [ODS4.5]. Aunque la educación no figura textualmente en alguno de las metas o indicadores del ODS1, sí se reconoce que una de las manifestaciones de la pobreza es el acceso limitado a la educación, por lo que se estaría atendiendo en cierta forma a este objetivo.

Crear o gestionar espacios de divulgación científica bajo el formato de museo o museo interactivo en ciudades y comunidades rurales y promover la intervención del científico en la sociedad	Crear espacios de exposición permanente para proyectos de divulgación científica con colecciones itinerantes que muestren el trabajo de investigación científica actual en México. Otras academias tienen sus espacios específicos para mostrar al público su trabajo reciente: el museo, el teatro, el cine, la sala de conciertos, la biblioteca. La academia científica también necesita crear espacios físicos, no solo virtuales, para la exposición de nuestro trabajo como las demás academias, para consolidar su presencia y participación en la sociedad [ODS4.a] [E1.9] [E3.2] [ETIS3]. Durante la exposición, promover la intervención de las científicas y los científicos mexicanos, resaltando la importancia actual de la contribución de ambos géneros en la ciencia mexicana. Al igual que en el punto anterior, quienes integran otras academias tienen actos públicos de exposición de su trabajo. Los científicos deben tomar una iniciativa similar, actos públicos donde presenten su trabajo reciente a la sociedad con un formato ameno [ODS5] [ODS5.5] [E3.1] [ETIS1].
--	--

Tabla 1. Líneas de acción para la divulgación científica incluyente

Elaboración propia (2021)

Comentarios finales

Que la creación de obras ACT sean multidisciplinaria, interdisciplinaria o transdisciplinaria, tiene un gran potencial para divulgar la ciencia. Sin embargo, no reemplaza de ninguna manera a la investigación científica actual, a la creación artística desligada de la ciencia, ni a la divulgación científica actual. Simplemente representa una nueva forma de trabajo colaborativo disciplinar, cuyos resultados tienen potencial para la divulgación de la ciencia. Apoyar este tipo de proyectos es apoyar de forma directa a la divulgación de la ciencia de forma inclusiva.

Por otro lado, actualmente existen muchos proyectos de divulgación y científicos que desean hacer divulgación de la ciencia, pero carecen de apoyo económico y/o tiempo para llevarlo a cabo. Además, la divulgación científica formal no es un producto secundario de la investigación científica tradicional, es el producto de un trabajo especialmente pensado y trabajado para tal fin, y por ende, requiere recursos económicos, tiempo, espacios específicos, así como tener retribución curricular y monetaria formal para

quien la ejerce. La divulgación científica apenas comienza a tener apoyo y considerarse relevante para instituciones como Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, por lo que hace falta ejercicios como el que plantea este libro para lograr cambios que apoyen la divulgación formal.

Referencias

- Anes, J., Astier, A., Bastien, J., Berger, R., Bianchi, F., Blumen, G., ... Brito, J. (1994). *Carta de la transdisciplinariedad*. Recuperado de: <http://ciret-transdisciplinarity.org/chart.php#en>
- Aziz Abid, A., Programa ACT (2018). *Primeras Jornadas Arte-Ciencia: Conservación e historia reciente*. Recuperado de https://www.youtube.com/watch?v=E8lKL_E0Y5U
- Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Puebla (CONCYTEP) (2019). *Instrumentos Derivados del Plan Estatal de Desarrollo 2019-2024*. Recuperado de <http://www.CONCYTEP.gob.mx/wp-content/uploads/2020/07/Programa-Institucional-del-Consejo-de-Ciencia-y-Tecnología.pdf>
- European Organization for Nuclear Research (CERN, 2021). Arts. Geneva, Suiza. <https://home.cern/tags/arts>
- Goethe Institut, Ambassade de France aun Mexique, IFAL, Embajada de España en México, Centro de la Cultura Digital (2021). *Flash ACT, Arte, Ciencias y Tecnología*. Ciudad de México, México. <https://flashact.mx/>
- Lésper, A., Jato, p. (2013). *Entrevista con Avelina Lésper, para el documental* EL ESPEJO DEL ARTE. Recuperado de https://www.youtube.com/watch?v=E8lKL_E0Y5U
- Massachusetts Institute of Technology (MIT, 2021). Arts Centre for ART, Science & Technology AT MIT. Massachusetts, USA. <https://arts.mit.edu/cast/about/>
- Naciones Unidas (2018). *La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe*. Recuperado de https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40155/24/S1801141_es.pdf
- Paoli Bolio, F. J. (2019). Multi, inter y transdisciplinariedad. *Problema Anuario de Filosofía y Teoría Del Derecho*, (13), 347-357. <https://doi.org/10.22201/IIJ.24487937E.2019.13>
- Porto Pérez, J., & Merino, M. (2017). *Definición de deconstrucción*. Definición.De. Recuperado de <https://definicion.de/deconstruccion/>
- Real Academia Española (RAE, 2021a). *arte | Definición | Diccionario de la lengua española |*. Madrid, España. Recuperado de <https://dle.rae.es/arte?m=form>
- Real Academia Española (RAE, 2021b). *ciencia | Definición | Diccionario de*

la lengua española |. Madrid, España.
Recuperado de <https://dle.rae.es/ciencia?m=form>

Universidad Nacional Autónoma de México.

Real Academia Española (RAE, 2021c). *tecnología* | Definición | Diccionario de la lengua española |. Madrid, España. Recuperado de <https://dle.rae.es/tecnología>

Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM, 2020). ACT - Programa Arte, Ciencia y Tecnologías. Ciudad de México, México. Recuperado de <https://www.artecienciaytecnologias.mx/>

Ricalde Gamboa, E. (2013). Los motivos del diseño: entre el proyecto disciplinario y la colaboración transdisciplinaria. En O. Salinas Flores (Ed.), *Diseño industrial: formación, propósitos y acciones* (pp. 17-27). Ciudad de México, México:

Wenger, C. R. (2012). *La experiencia estética; características y definiciones*. Recuperado de <https://perspectivasesteticas.blogspot.com/2012/05/la-experiencia-estetica-caracteristicas.html>

Reseña del autor.

Ivan Takeshi Cerritos Castro (nombre artístico: Tapshike) es maestro en Ciencias en Biología Molecular por el IPICYT con formación en fotografía artística por la Universidad de Guanajuato. Actualmente cursa el doctorado en Biología Molecular y se desempeña de manera independiente en la fotografía artística. Su trabajo simultáneo arte-ciencia ha motivado la fusión del mismo a través de la transdisciplina, explorando nuevas formas de comunicar la ciencia a través del arte. Dentro de su haber, ha realizado dos investigaciones (tesis), es coautor en el capítulo de un libro y ha participado en cinco exposiciones fotográficas (una individual).



PROYECTOS PARTICIPATIVOS DE INVESTIGACIÓN COMUNITARIA, INCLUSIVA E INTERGENERACIONAL PARA EL RECONOCIMIENTO DEL ENTORNO EN LAS CULTURAS-PUEBLO ANCESTRALES

Introducción

El objetivo de este texto es contemplar a los diferentes actores dentro de un grupo social y el cómo cada uno de ellos puede actuar en beneficio común. Se hace un recorrido por metodologías, experiencias y propuestas para la construcción de proyectos de investigación comunitaria, inclusiva e intergeneracional que contribuyan en el reconocimiento y la revalorización de las Culturas-Pueblo Ancestrales¹.

Se plantean cinco apartados que hacen una descripción correlacional de sujetos,

hechos históricos, experiencias y propuestas para el proyecto participativo. El capítulo comienza con un recuento de herramientas metodológicas para la investigación y acción comunitaria. El segundo apartado da un acercamiento a la intergeneracionalidad. Los apartados tres y cuatro muestran una descripción situacional de los grupos generacionales considerados dentro del proyecto: niñeces y personas adultas mayores como participantes principales.

La quinta parte de este texto describe la propuesta metodológica y de proyecto que puede ser aplicada en las distintas Culturas-Pueblo Ancestrales. Este diseño de proyecto

1 Alternativa a los nombramientos de pueblos *indígenas* u *originarios*. Concepto trabajado durante mi estancia en el posgrado y para la defensa de mi tesis “Reconfiguración de la identidad de la Cultura-Pueblo Ancestral Tutunaku de Ecatlán: conocimientos y prácticas culturales en torno a la vestimenta”.

participativo cuenta con el respaldo de experiencias de trabajo dentro de una comunidad tutunaku. La intención es que su metodología pueda ser utilizada y adaptada a las diversas comunidades y sus culturas.

Proyectos participativos: herramientas para la investigación comunitaria

Existe más de un camino para desarrollar trabajos de investigación. Los métodos no están limitados a lo cuantificable, experimental y comprobable de un proceso. También se despliega el trabajo cualitativo, etnográfico y participativo. Hay diversidad en las formas de obtener información y hacer un trabajo de investigación.

En el siglo XX se cimentó la metodología de Investigación-Acción (IA) como una “alternativa para las técnicas predominantes de los trabajos investigativos” (Colmenares, 2012, p. 113), la cual se trabajó desde los años cuarenta por Kurt Lewin. Su principal característica fue la de hacer investigación a partir de inquietudes que pudieran contribuir al cambio social.

Fue Fals Borda quien adoptó y complementó la metodología desprendida del trabajo de Lewin. La Investigación-Acción Participativa (IAP) es una metodología que integra el conocimiento con la acción y tiene como principales intereses “el trabajo social, el estudio de las comunidades, los movimientos sociales, guerrilleros, entre otros” (Colmenares, 2012, p. 113).

Es con el apoyo de la IAP que los actores sociales se vuelven investigadores, lo que da pauta al reconocimiento, a la interpretación y a la transformación. Este método empuja al ejercicio de la comunicación horizontal y permite procesos de autorreflexión permanente, lo que contribuye al logro de objetivos planteados como problemáticas comunes en una comunidad.

Dentro del campo de las metodologías participativas se encuentra el trabajo comunitario. Esta forma de accionar se da a partir de la participación y la gestión alternativa para la solución de conflictos internos. Se trata de un proceso de construcción social que involucra tiempo, diálogo, recursos e inteligencia (Camps, 2000, p. 232) por parte de la comunidad. Esta medida otorga una oportunidad para accionar desde el protagonismo social.

El trabajo comunitario brinda una mirada de lo complicado que puede ser el establecimiento de una metodología de acción. Camps (2000) describe que para este tipo de trabajo se “requiere reforzar los mecanismos participativos, reforzar el sentimiento de comunidad a partir de que la red ciudadana se refuerce y dinamice, lo que generará un sentimiento de pertenencia” (p. 234). El autor también menciona que:

Se trata de buscar formas compartidas que tiendan a la promoción de la defensa de identidades colectivas y mecanismos de interacción y complementariedad con la defensa de la libertad individual y que tengan como resultado la consolidación del poder social. (p. 237)

A la hora de establecer el diálogo para el desarrollo del trabajo comunitario, hay que tomar en cuenta cuáles son los intereses de los y las participantes y buscar la forma en la que cada quien participe desde su individualidad para la conformación de un equipo con empoderamiento y objetivos claros.

Existen ciertas guías metodológicas que brindan herramientas necesarias para los procesos del trabajo comunitario participativo. En ellas se muestran seguimientos interrelacionados de práctica-teoría-práctica. Van desde diagnóstico (práctica), recolección del conocimiento (teoría) y propuesta de acción (práctica).

En la guía de metodologías comunitarias participativas de Maldonado y Soliz (2012) se encuentran herramientas metodológicas útiles para el desarrollo de proyectos participativos como la IAP y la Educación Popular; esta última en relación con los procesos culturales e identitarios. Brito (2008) menciona que “la identidad se convierte en una construcción simbólica, asociada a determinados sentidos y significados que le atribuyen carácter, estructura y funcionalidad, en constante interacción con los contenidos educativos que entran a tener influencia” (p. 38).

También se encuentran las pedagogías insumisas, las cuales tienen la finalidad de reinventar, asociar comunitariamente y situar saberes y cotidianidades dentro del ámbito educativo y escolar. A través de éstas se tienen los objetivos de propiciar criterios, reflexiones y revoluciones sociales y de resistencia para “recuperar la historia y la memoria como lugar de inscripción de las verdaderas voces, las que no permiten que la historia de las resistencias y de las rebeldías sean aplastadas y olvidadas por la historia oficial” (Pinheiro, 2015, p. 342).

Las metodologías comunitarias participativas pretenden “desarrollar procesos de problematización y desnaturalización” (Maldonado y Soliz, 2012, p. 6) para el progreso del trabajo en comunidad, por lo cual tienen como primera finalidad la comprensión. A partir de ello se puede accionar de una manera se centran, horizontal y menos unilateral. Estas comprensiones van centradas en conocer contextos sociohistóricos, problemáticas y dinámicas sociales. Las metodologías de apoyo para los procesos comunitarios de resolución de problemas y transformación social también se despliegan en la búsqueda de “la construcción de SUJETOS. Sujetos de identidad, consciencia y autoconocimiento, no sujetos controlados y dependientes” (Maldonado y Soliz, 2012, p. 50), para concientizar a los actores de su poder destructor y reconstructor a través de reflexiones críticas y colectivas para abrir paso hacia alternativas de revolución (Baronnet, 2009, p. 96).

Intergeneracionalidad: vínculo entre personas adultas mayores y niñeces

¿Cuál es el vínculo existente entre las personas adultas mayores y la niñez? No se puede generalizar. Sin embargo, en las Culturas-Pueblo Ancestrales se aprecia un reconocimiento a las personas mayores. Baronnet (2015) remarca la idea de que “respetar a los ancianos significa adherirse a los códigos de valores y los patrones de comportamiento que vehiculan, como la valoración del trabajo individual y colectivo” (p. 57). Se trata de una reflexión que se ha dado a partir de proyectos pedagógicos en los que se van vinculando los espacios educativos y escolares a contextos cotidianos y la relación comunitaria en general. Pinheiro (2015) menciona que las memorias colectivas “nutren la resistencia histórica de los movimientos populares y sociales de la región y que (re)significan su *ethos* identitario y su *modus vivendi*” (p. 325), por lo que un proyecto comunitario en pro de la transformación social no debe discriminar a ningún integrante de la población por mínima o distinta que sea su experiencia de vida.

En cuanto a aspectos particulares de interrelación, se han realizado algunos trabajos investigativos para el análisis de las relaciones intergeneracionales. Montoro y Pinazo (2004) demostraron que existe una relación más estrecha entre las abuelas y sus nietos o nietas; esto a partir de un trabajo realizado en España. Sin embargo, la explicación consecuente coincide con un aspecto

social que ha existido en el contexto de muchas familias del mundo, de México y de las Culturas-Pueblo Ancestrales.

Montoro y Pinazo (2004) mencionan que “las abuelas se encuentran más satisfechas con su rol que los abuelos. Esto se debe quizás a su mayor experiencia con las relaciones familiares íntimas, ya que las mujeres suelen ser las principales responsables de la crianza” (p. 151). Aunque puede tornarse problemático para las diferentes ideologías y movimientos sociales que se oponen a la idea de las mujeres como criadoras de los hijos y las hijas, la realidad histórica de muchas mujeres no está muy alejada de esa situación encasilladora y romantizada. Intenta romperse y reconfigurarse. Durante algunas charlas con personas de las Culturas-Pueblo Ancestrales, mencionaron que la función social de quienes ahora son abuelas era justamente la de la crianza y el hogar. Por su parte, el rol de padre-hombre trabajador estaba ausente debido a la migración, por lo cual la responsabilidad de la crianza recaía en las mujeres.

En el trabajo de Montoro y Pinazo (2004) se resalta la práctica de la conversación entre abuelos, abuela, nietos y nietas; es decir, existe una relación intergeneracional. La misma situación se encontró durante encontrada durante una investigación realizada en Ecatlán, los habitantes resaltaron la charla como la actividad predominante al estar en convivencia con sus abuelos y abuelas, quienes mantienen el ejercicio de la tradición oral con nietos y nietas. Sin embargo, dicha práctica se ha visto modificada por cuestiones de prácticas y nuevos intereses. Como menciona Bravo (2013), “cada vez es menor la estabilidad transgeneracional que era necesaria para la trasmisión del conocimiento y la cultura” (p. 93).

En las Culturas-Pueblo Ancestrales se experimentan cambios económicos, sociales y políticos (Muratorio, 1996, p. 237), lo que propicia el distanciamiento ideológico entre generaciones jóvenes y adultas. Lo anterior genera sentimientos de pérdida y separación, lo que puede traducirse en debilitamientos culturales y reconfiguraciones identitarias.

Personas adultas mayores: saberes, experiencias y tradición oral

Dentro de las Culturas-Pueblo Ancestrales, las personas adultas mayores son reconocidas por lo que transmiten generacionalmente. A partir de sus experiencias, cuentan con un amplio conocimiento y práctica dentro de sus comunidades. Estos conocimientos y saberes han sido desvalorizados en el ámbito de las ciencias, el positivismo, el eurocentrismo y lo universal. Argueta y Pérez (2011) mencionan:

Después de Lévi-Strauss diversos autores han señalado la necesidad de legitimar, sistematizar, escribir, formalizar, o convalidar los saberes tradicionales, asumiendo que se requieren para ello instrumentos de la ciencia occidental, y pasar de un saber “difuso” hacia uno “objetivo”, y transitar de la validez “local” a la validez “universal”, omitiendo el hecho de que, en ese proceso, los saberes y los recursos locales, tradicionales o indígenas, son expropiados. (p. 32)

Es fundamental tener conciencia de cómo se ha negado validez a cosmovisiones que se encuentran dentro de contextos locales y comunitarios que no pertenecen al lado ideológico occidental. Las formas legitimadas de hacer ciencia no son las únicas vías hacia la generación de conocimiento, “los conocimientos tradicionales han sido desarrollados por pueblos con historias amplias de interacción con el medio ambiente natural, se originaron de manera independiente de la ciencia, en un entorno cultural particular y también críticamente, independientemente de la cultura occidental” (Argueta & Pérez, 2011, p. 39).

En charlas con docentes de la escuela primaria de Ecatlán, hubo comentarios acerca de la intención por recuperar y no perder prácticas culturales que caracterizan a la Cultura-Pueblo Ancestral que reside ahí. Las acciones más mencionadas siempre fueron las de recurrir a las narrativas de abuelos y abuelas a través de tareas de investigación.

Desde 2019 se presentó la oportunidad de comenzar a trabajar con la niñez de esa misma comunidad. Este plan surgió a partir de que las personas adultas compartieran sus inquietudes acerca de una desvinculación intergeneracional y pérdida de la lengua tutunaku. Se pensó que las niñeces no solo se encontraban desvinculadas de sus abuelos y abuelas, sino también de las prácticas comunes del pueblo.

Después de casi dos años de trabajo se reflexionó que aquellas expectativas estaban equivocadas, pero no desligadas a los problemas encontrados. La relación entre la niñez y las personas adultas mayores depende mucho del estilo de vida y la conformación familiar. Quienes viven en casa con abuelos y abuelas, mantienen más prácticas y conocimientos compartidos por ellos y ellas.

Algunos niñas y niños tutunaku comentaron que es gracias a sus abuelas que conocen algunas palabras del tutunaku. También contaron que sus abuelas habían brindado varias enseñanzas encaminadas al estilo de vida tutunaku de Ecatlán. En un proyecto en el que participaron mujeres adultas mayores y niñeces, se trabajaron principalmente dos cuestionamientos: historias del pueblo y cómo era la vida antes.

En la comunidad de Ecatlán se pueden observar las dinámicas que las personas adultas mayores desempeñan dentro de su cultura. Hay hombres y mujeres que, a pesar de la avanzada edad, todavía practican actividades como la cosecha del café o la recolección de leña. Quienes ya son muy mayores o presentan problemas de salud graves permanecen en casa. Por otra parte, algunas abuelas señalaron que ya no reciben visitas por parte de sus nietos y nietas, problema que adjudican al monolingüismo de ambos grupos generacionales. A pesar de las distancias percibidas intergeneracionalmente, la comunidad sabe el papel transmisor de las personas adultas mayores. Reconocen los conocimientos de este grupo generacional y lo respetan.

Los abuelos y abuelas de las Culturas-Pueblo Ancestrales tienen conocimientos y saberes que parten de experiencias y prácticas, por lo que es importante tomarlos en cuenta a la hora de hacer proyectos participativos de investigación comunitaria para el reconocimiento del entorno. Desarrollar charlas con las generaciones mayores ayuda a comprender y tener claridad acerca de cómo eran las cosas antes (Baronnet, 2015). A partir de allí, es posible situar, analizar, reflexionar y tomar decisiones.

Niñez: conocimientos y prácticas que la vinculan con su comunidad

La niñez, al igual que las poblaciones de las Culturas-Pueblo Ancestrales, ha sido callada e invisibilizada. El paternalismo como actitud protectora y autoritaria ha sido uno de los mayores problemas en la forma de dibujar e imaginar a estos grupos sociales y su lugar en el mundo. Moscoso (2009, citado en Pussetto, 2016) sostiene “dejar hablar a los niños desde su propio lugar, esto es, su propia niñez, representa reafirmar su subjetividad y su modo de vivir el presente” (p. 202).

Las ideologías adultocentristas y hegemónicas desembocan en prácticas de dominio y superioridad hacia la niñez, un grupo generacional que se percibe como vulnerable sin serlo. Esos pensamientos han permeado en muchas estructuras sociales en diferentes tiempos y espacios. Se visibilizan según contextos históricos, territoriales, culturales, políticos y económicos.

En el caso de las Culturas-Pueblo Ancestrales, la niñez llega a tener más participación dentro de lo cotidiano-social, lo que permite un mayor acercamiento cultural. La niñez de Ecatlán tiene una fuerte participación en las actividades económicas familiares, conoce las historias del pueblo y comparte saberes particulares de su territorio, sus costumbres y tradiciones. También, lleva a cabo prácticas que les hace identificarse con su cultura (danzas, rituales, celebraciones).

La educación escolar representa uno de los mayores espacios de referencia ideológica e incorpora contenidos (enseñanzas, conocimientos y prácticas) provenientes de una cultura dominante, la de Occidente. Lo anterior se posiciona como una brecha en el reconocimiento y la correlación de un sujeto con su propia cultura y comunidad.

La historia enseñada en las escuelas, por ejemplo, delimita a la historia universal y la historia de México, tratándose de un solo punto de partida lineal, unilateral y generalizado que invisibiliza, disfraza o cambia las narrativas. ¿Quién hace la historia? ¿Quién la plasma? ¿Quién la comparte? ¿Cómo la comparte? Pinheiro (2015) escribe:

El parámetro ordenador de la historia tradicional excluye lo alternativo como elemento también perteneciente a la trama socio política y, en especial,

educativo-pedagógica de la región. Al excluir lo alternativo, niega la conflictividad y la lucha, que son partes constitutivas de nuestra historia. El rol político asumido por la historiografía tradicional se enmarca en el intento de aleccionar nuestra sociedad a partir de los referentes simbólicos propios de la ideología dominante y sus grupos políticos. (p. 327)

No hay que desvalorizar aspectos formativos en la vida de las niñas y los niños. La construcción de elementos identitarios es importante y facilita procesos de pertenencia y participación activa dentro de la comunidad de la que se es parte. En contraste, sí se debe cuestionar y reconfigurar las estructuras sólidas. Pussetto (2016) menciona:

Los estados modernos hicieron de la identidad un asunto de estado, se basaron en una ideología de la exclusión que buscaba la pureza étnica e instauraron una única identidad legitimada. En este sentido los museos nacionales y las escuelas fueron dispositivos ideales para reafirmar una identidad única, indivisible, de tipo occidental cristiana, blanca, producto de un proceso histórico y de un pasado sin violencias, sin fracturas, armonioso. Los grupos subalternos fueron estigmatizados y reconocidos con una valencia negativa. (p. 191)

El mismo autor expone que “es el protagonismo colectivo de la niñez el punto fundamental para garantizar sus derechos, y es, también, el modo en que se comienza a tejer una disputa entre la niñez en el sistema adultocéntrico” (Pussetto, 2016, p. 203), lo que desembocará en una transformación estructural comunitaria y el fortalecimiento de ideologías de resistencia frente a las relaciones de poder.

Reencuentro con mi pueblo y su historia: una propuesta para la investigación comunitaria, inclusiva e intergeneracional

En este espacio se genera la propuesta para la investigación y la divulgación de conocimientos, saberes y ciencias a través de lo comunitario, inclusivo e intergeneracional. La propuesta se basa en tener participación activa de la niñez y personas adultas mayores de las Culturas-Pueblo Ancestrales para una interrelación generacional que pueda dar apertura al intercambio de narrativas orales que contribuya a la reconstrucción de la memoria histórica

colectiva a partir de los intereses comunes. Se trata de una investigación comunitaria en la que la niñez se apropie del rol investigador en una vinculación con las personas adultas mayores. Con esta propuesta se pretende propiciar lazos de pertenencia y resistencia identitaria-cultural junto con los niños y las niñas de las Culturas-Pueblo Ancestrales a través de talleres de reconocimiento del entorno cultural y la vinculación intergeneracional forjada a partir de la investigación comunitaria que involucre investigadores, traductores y compartidores de memorias.

Se tuvo la oportunidad de convivir con la comunidad tutunaku de Ecatlán. Una parte del trabajo consistió en propiciar críticas y reflexiones con los niños y las niñas acerca de su cultura e identidad a través de un taller de reconocimiento del entorno. Se les dieron herramientas básicas de investigación para el ejercicio de la vinculación intergeneracional. Hicieron una guía de preguntas en las que plasmaron sus intereses, de la cual formaron parte de una entrevista realizada a sus abuelas.

Durante el ejercicio hubo momentos de análisis, cuestionamiento y reflexión. Los niños y las niñas tomaban un pensamiento crítico al compartir las memorias de sus abuelas y el cómo era la vida antes. Sus reflexiones se extendían más allá de lo bueno-malo. Dialogaron sobre machismo, funciones sociales, participación política de las mujeres y transformaciones del entorno.

Para llevar a cabo la propuesta de investigación comunitaria es necesario contemplar que en muchas Culturas-Pueblo Ancestrales hay un desplazamiento de la lengua ancestral. El monolingüismo de los niños y las niñas y las personas adultas mayores puede presentarse como un factor de debilidad en el proceso si no se trabaja a partir de las estrategias metodológicas brindadas por lo comunitario y lo participativo. Se habla de la participación y el involucramiento de los actores que puedan ayudar a solventar y cubrir esas necesidades comunicativas: hablantes bilingües, tales como padres, madres, docentes, autoridades o aquellas personas bilingües interesadas en los proyectos comunitarios participativos.

Se considera a la participación como un mecanismo de socialización que propicia la integración social, pues a partir de ello se tendrá la revalorización de la cultura; participación para la reconstrucción, para las alternativas y para las oportunidades que den beneficios comunes. Camps (2000) describe que:

La participación entendida como proceso de empoderamiento, puede servir o ayudar para reforzar la confianza de todos los miembros de un grupo en

el conocimiento y la capacidad de cada cual y puede alentar la capacidad de preguntar, interrogar, cuestionar y contribuir a los sistemas de conocimiento locales. (p. 239)

En esta propuesta, se mantiene la idea del trabajo entre los niños, niñas, abuelos y abuelas con colaboración activa de mediadores-traductores, en donde existan metodologías investigativas y roles de entrevistadores-entrevistados. La idea es que existan dinámicas de intercambio intergeneracional en donde se potencie la curiosidad de los aprendientes y a través de la experiencia se pueda responder a situaciones para el logro de un proyecto (Vergara, 2016).

Se toma en cuenta que uno de los principales pasos y objetivos de esta propuesta es el de “aprender a ser sujeto actuante en la historia; ser un sujeto histórico” (Pinheiro, 2015, p. 333). A partir de ese ejercicio la cotidianidad se vislumbrará distinta, pues hay que considerar que no podemos deshumanizarnos de ella. Las metodologías comunitarias participativas brindan una lista de herramientas que dan apertura a las acciones en grupo y permite construir sujetos partícipes en la recuperación de la memoria colectiva, mapeos para reconocer territorios en relación con la cultura y la cotidianidad, líneas del tiempo para ser conscientes del pasado, la realidad actual y un futuro de beneficio común; diagramas, árboles de problemas, sociogramas y otros mecanismos gráficos que puedan facilitar la estructuración de las metodologías.

En un primer paso está el presentarse ante la comunidad, no solo dirigirse a las autoridades, figuras docentes o informantes clave, sino iniciar un diálogo activo con toda la comunidad. Esta acción ayudará a hacerse presente dentro de la cotidianidad del pueblo. En esta misma oportunidad se debe discutir la idea del proyecto, siempre abierto a reconfiguraciones que puedan darse a partir de los puntos de vista de los pobladores.

A partir de haber comenzado con una práctica de convivencia se irán gestando encuentros, asambleas o visitas para reunir propuestas que sean convincentes para todas aquellas personas con interés en participar. Es importante que todos los actores conozcan los objetivos del proyecto y estén dispuestos a brindar tiempo y cooperación.

El primer ejercicio encaminado a los objetivos del proyecto será el de la creación de talleres para el reconocimiento y la revalorización del entorno. El contenido será dividido en sesiones de trabajo con los niños y las niñas

y se trabajarán métodos dialógicos, horizontales y prácticos. Se desempeñarán actividades en pro del reconocimiento de sus comunidades, cultura, prácticas y manifestaciones culturales como sujetos pertenecientes a una Cultura-Pueblo Ancestral. Se trabajará a partir de dinámicas de dibujo, escritura, juego y reflexión (Tabla 1).

Cronograma			
Sesión	Temática	Primera parte	Segunda parte
1	Actividades cotidianas	Enlistar las actividades desarrolladas cotidianamente dentro de la comunidad de pertenencia Elegir dos actividades cotidianas y dibujarlas.	Exposición de dibujos y actividades elegidas. Reflexión en torno a las actividades cotidianas específicas de la comunidad.
2	Actividades económicas	Decir cuál es la actividad económica desarrollada familiarmente Comentar qué les gusta de esa actividad. Comentar cuál es su participación o tarea dentro de esa actividad familiar.	Reflexión en torno a las actividades económicas, su importancia para el sustento de las familias, su relación con el territorio de la comunidad y su historia dentro de la misma.
3	Lengua	Compartir experiencias con la lengua de sus comunidades para detectar qué porcentaje de los y las participantes hablan, entienden o desconocen de la misma.	Con la participación de abuelos, narrar la historia y comentar las transformaciones que su lengua ha tenido con el paso de los años para propiciar la reflexión en torno al debilitamiento de una práctica cultural.
4	Manifestaciones culturales	Enlistar las manifestaciones culturales de la comunidad de pertenencia. Elegir tres manifestaciones culturales y dibujarlas.	Exposición de dibujos y manifestaciones elegidas. Reflexión en torno a la importancia de las manifestaciones culturales.
5	Prácticas culturales	Enlistar las prácticas culturales de la comunidad de pertenencia Elegir una práctica cultural y dibujarla.	Exposición de dibujos y prácticas culturales. Reflexión en torno a la importancia de las prácticas culturales.
6	Fechas importantes y celebraciones	Enlistar las fechas importantes y celebraciones de la comunidad de pertenencia. Elegir una fecha importante y una celebración de la comunidad, hacer un dibujo de cada una y un pequeño texto en referencia a lo elegido.	Exposición de dibujos y celebraciones. Reflexión final en torno a las fechas importantes del año y las celebraciones de la comunidad.

7	Mitos, leyendas e historias	Escribir una historia con referencia a la comunidad de pertenencia.	Compartir las historias elegidas para comprobar la diversidad de mitos, leyendas y memorias existentes y cómo se han compartido de generación en generación.
8	Tradiciones	Enlistar las tradiciones de la comunidad de pertenencia. Elegir una tradición y hacer un dibujo mural.	Dibujo mural colectivo.

Tabla 1. Cronograma de talleres de reconocimiento del entorno

Fuente: Elaboración propia.

La revalorización de expresiones y prácticas culturales de las Culturas-Pueblo Ancestrales es importante, pues de ellas se obtienen piezas para la reconstrucción histórica que puede reforzar la cultura e identidad. Los mitos, por ejemplo, brindan narraciones vivas que dan sentido a los orígenes, los conocimientos y la realidad de muchas culturas y comunidades.

Para metodologías en las que se pretende una reactivación y un ejercicio de la memoria histórica y colectiva “el mito cobra particular importancia, no tanto por su contenido, sino por su funcionalidad como canal de transmisión de conocimiento” (Bravo, 2013, p. 128), pues a través de la práctica del mito se puede acceder a una reconstrucción identitaria; aquí se toma en cuenta el punto de partida, el pasado común.

También, los ritos o rituales “son prácticas de celebración mediante los cuales se presenta, extiende y conserva una relación armoniosa en el mundo, una forma de conexión y diálogo de los humanos con los elementos naturales y sobrenaturales” (Tintaya, 2014, p. 47), lo que permite la comprensión y revitalización de las cosmovisiones de las Culturas-Pueblo Ancestrales.

Los talleres de reconocimiento del entorno propiciarán la curiosidad y los nuevos intereses que serán de apoyo para los talleres de investigación y fotografía (Tabla 2). En estos espacios se brindarán conceptos básicos para el desarrollo de la investigación cualitativa. Los niños y niñas crearán su propia guía de entrevista para la práctica de vinculación e investigación al lado de sus abuelos y abuelas. El temario para estos talleres es el siguiente:

1. Actividades cotidianas dentro de mi comunidad
2. Actividades económicas desarrolladas en casa
3. La lengua de mi pueblo

4. Manifestaciones culturales de mi pueblo
5. Prácticas culturales de mi pueblo
6. Fechas importantes y celebraciones
7. Mitos, leyendas e historias de mi pueblo
8. Nuestras tradiciones

Investigación	¿Qué es?
Método científico	¿Cómo se obtiene información?
Tipos de investigación	Investigación cualitativa Investigación cuantitativa
Recopilación de información	Instrumentos para la recolección
Consejos para la investigación	Actitudes Formas de interacción Formas de interpretación
Fotografía	¿Qué es? ¿Para qué sirve? Historia Técnicas básicas

Tabla 2. Temario para talleres de investigación y fotografía

Fuente: elaboración propia

A partir de la realización de los talleres, los niños y las niñas podrán formular una guía de entrevista para su investigación. Se considera el acompañamiento de una persona traductora que pueda colaborar en el caso de que los niños y las niñas no hablen o entiendan la lengua de sus abuelos y abuelas. Es importante tener presente el uso de materiales y herramientas para el registro de la información.

En la Tabla 3 se puede ver un ejemplo de guía de entrevista realizada por las niñas tutunaku de Acatlán. Este instrumento refleja los intereses de los niños y las niñas. Muchos de los temas se desprenden de los talleres de reconocimiento, pues es donde se generan encuentros y diálogos en torno a los conocimientos y las prácticas culturales de su pueblo.

Vergara (2016) dice que “la revitalización implica un especial cuidado y respeto a los conocimientos y formas de vida ancestrales, con el propósito de generar así una reconexión con el pasado” (p. 43). Es importante que existan sesiones de diálogo y reflexión como un ejercicio posterior a las vinculaciones e investigaciones intergeneracionales, pues es donde las

niñeces compartirán sus experiencias y pondrán sobre la mesa los conocimientos y saberes que contribuirán a una reconstrucción de la memoria histórica colectiva.

Juguetes
¿Cómo jugaban los niños y las niñas antes?
¿Cómo y con qué materiales hacían sus juguetes antes?
Vestimenta
¿Cómo se vestían los niños y las niñas antes?
¿Cómo se vestían las personas adultas antes?
Formas de organización
¿Cómo eran las relaciones de pareja antes?
¿Cómo votaban o elegían a sus autoridades antes?
Tradiciones
¿Cómo adornaban para sus festividades o celebraciones antes?
¿Qué cambió en las tradiciones de antes y ahora?
Tabla 3. Instrumento de investigación para actividad de vinculación intergeneracional
Fuente: Elaboración propia

En estas mismas sesiones de diálogo se podrá generar la discusión crítica en torno a cómo eran las cosas antes, cómo son ahora y cómo se espera que sean en el futuro. Durante el trabajo con las niñeces tutunaku, ellos y ellas hicieron hincapié en la importancia de las transformaciones de ciertas prácticas que contribuyen a la desigualdad entre hombres y mujeres. Se espera que, con este proyecto y metodología, exista una reconstrucción histórica y crítica.

Con esta propuesta para la investigación comunitaria, inclusiva e intergeneracional se generará una exploración y recopilación de conocimientos que contribuyan a las reconstrucciones de memoria, así como a la revitalización de prácticas que puedan servir como herramientas dentro de las resistencias de las identidades culturalmente diversas. La idea es ser conscientes de que todo el conocimiento es válido, y de que todos y todas podemos hacer investigación y divulgación.

Conclusiones

Se debe dar el debido valor a los métodos y prácticas pedagógicas, pues son piezas sumatorias en los procesos del cambio desde lo comunitario y lo participativo. Como menciona Díaz (1988), "los actores-sujetos-sociales que se ven en la práctica pedagógica son agentes socializadores que interactúan, transmiten y construyen conocimientos, pero también producen y reproducen códigos culturales endógenos y exógenos" (p. 24).

Es importante tener conciencia de la manera en la que las estructuras hegemónicas han trastocado vidas y culturas, desvalorizando prácticas y conocimientos que para las ideologías eurocentristas no son útiles, ya que uno de los puntos del rompimiento comunitario es el individualismo, ejemplificado por Tintaya (2014) con la situación de que "el hombre es antisocial desgajado de sus dependencia y raíces sociales, incapaz de solidaridad" (p. 38). Existen estructuras sociales, económicas y políticas que, de manera global e histórica, "influyen en las dinámicas de transmisión del conocimiento" (Bravo, 2013, p. 25)

La IAP, el trabajo comunitario y las metodologías comunitarias participativas son las opciones que parecen encajar con los proyectos de transformación social, ya que pueden vincularse con la recuperación histórica para el reconocimiento y revalorización de las Culturas-Pueblo Ancestrales. Integran diferentes puntos de vista, intereses, necesidades y preocupaciones, ya que se involucran varios actores sociales.

Referencias bibliográficas

- Argueta, A. & Pérez, M. (2011). Saberes indígenas y diálogo intercultural. *Cultura científica y saberes locales*, (10), 31-56.
- Baronnet, B. (2009). *Autonomía y educación indígena: las escuelas zapatistas de las cañadas de la selva lacandona de Chiapas, México* (Tesis inédita de doctorado). El Colegio de México, México.
- Baronnet, B. (2015). El movimiento zapatista y la educación para la autonomía. En Medina, p. (Coord.). *Pedagogías insumisas. Movimientos político-pedagógicos y memorias colectivas de educaciones otras en América Latina* (p. 49-71). Juan Pablos Editor.
- Bravo, A. (2013). *Cuando los saberes se hacen audibles, la trasmisión del conocimiento en el ecuador del siglo XXI* (Tesis inédita de maestría). Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales, Ecuador.
- Brito, Z. (2008). Educación popular, cultura e identidad desde la perspectiva de Paulo Freire. En CLACSO (Ed.), Paulo Freire. *Contribuciones para la pedagogía* (p. 29-45). CLACSO.
- Camps, F. (2000). Participación comunitaria y gestión alternativa de conflictos. *Cuadernos de Trabajo Social*, (13), 231-251.
- Colmenares, A. (2012). Investigación-acción participativa: una metodología integradora del conocimiento y la acción. *Voces y Silencios: Revista Latinoamericana de Educación*, 3, (1), 102, 115.
- Díaz, M. (1988). Socialización, sociabilización y pedagogía. *Maguaré*, (6-7), 11-26.
- Maldonado, A. & Soliz, F. (2012). *Guía 5. Guía de metodologías comunitarias participativas*. Ecuador: Clínica Ambiental.
- Montoro, J. & Pinazo, S. (2004). La relación entre abuelos y nietos. Factores que predicen la calidad de la relación intergeneracional. *Revista Internacional de Sociología*, (38), 147-168.
- Muratorio, B. (1996). Identidades de mujeres indígenas y política de reproducción cultural en la Amazonía ecuatoriana [conferencia]. XXVII Congreso Anual de la Asociación Canadiense de Estudios Latinoamericanos y del Caribe en Toronto. Toronto.
- Pinheiro, L. (2015). Resistencia histórica y memorias colectivas en América Latina: construyendo pedagogías insumisas, insumiéndose desde otras educaciones. En Medina, p. (Coord.). *Pedagogías insumisas. Movimientos político-pedagógicos y memorias colectivas de educaciones otras en América Latina* (p. 325-346). Juan Pablos Editor.
- Pussetto, M. (2016). Entre niñez, estado y adultocentrismo. Cercanías y distancias desde una práctica extensionista. *Crítica y Resistencias. Revista de conflictos sociales latinoamericanos*, (2), 188-205.
- Tintaya, p. , (2014). Sentido de convivencia y construcción de saberes válidos. *Lecturas en psicología*, (12), 31-57.

Vergara, A. (2016). Aprender lenguas indígenas hoy en día: el caso del mapudungun en Santiago de Chile; entre revitalización, enseñanza/aprendizaje y transmisión familiar. *La Clé des Langues*. Recuperado de <http://cle.ens-lyon.fr/espagnol/civilisation/>

histoire-latino-americaine/chili/aprender-lenguas-indigenas-hoy-en-dia-el-caso-del-mapudungun-en-santiago-de-chile-entre-revitalizacion-ensenanza-aprendizaje-y-t

Reseña de la autora

Ana Miriam García García

Maestra en Ambientes Interculturales de Aprendizaje (Universidad Intercultural del Estado de Puebla) y comunicóloga para el desarrollo (Benemérita Universidad Autónoma de Puebla). Su trabajo investigativo se ha desarrollado en las Culturas-Pueblo Ancestrales y sus reconfiguraciones identitarias y culturales. Tiene experiencia en el trabajo con mujeres adultas mayores y niñas. Ha sido promotora comunitaria por parte del Instituto Poblano de los Pueblos Indígenas y colaboradora en asociaciones y colectivos enfocados a los proyectos en diferentes ámbitos económicos, productivos, artísticos, culturales y sociales de las Culturas-Pueblo Ancestrales de la Sierra Nororiental del estado de Puebla



ESTUDIO SOCIODEMOGRÁFICO DE LOS PRESENTADORES DE CIENCIA Y HUMANIDADES EN YOUTUBE COMO MEDIO PARA DIFUNDIR INVESTIGACIONES

Esmeralda Escobar Muciño

Introducción

Actualmente las tecnologías de comunicación de internet brindan nuevas oportunidades para las personas que se inician en la difusión de la información en las redes sociales (Park, Lim y Park, 2015). En general la popularidad de un video profesional de ciencia y humanidades presentado en Youtube posee varios indicadores, como el número de visualizaciones, tiempo de visualización, la cantidad de preferencias que los usuarios asignan al video dando click al apartado "me gusta", el número de suscripción al canal generado por el video etiquetado y los comentarios publicados por los usuarios en el video (Zeni, Miorandi y De Pellegrini, 2016).

Pero en muchos de los casos se desconocen los desafíos que enfrenta un presentador

científico que difunde las ciencias y humanidades en YouTube, por lo que una guía básica para promover temas relacionados sería de importancia para la comprensión de los beneficios de YouTube y las oportunidades que ofrece para divulgar la ciencia y humanidades. Asimismo, es de utilidad comprender las características de los presentadores y los *YouTubers* dedicados a promocionar la ciencia y las humanidades en diferentes países (Velho y Barata, 2020).

De lo anterior, se observa un aumento en la participación de los hombres en difusión de ciencia. Aunado a esto, las mujeres se han sentido atraídas por el campo de la ciencia y han emprendido en él a pesar de los obstáculos a lo largo de los siglos (Tietjen, 2020^a). A partir de ello, las mujeres científicas se unieron, formaron organizaciones y ejercieron su participación política. Además, se

encontraron con oportunidades en las instituciones académicas, el gobierno y las empresas en todo el mundo (Tietjen, 2020^b).

De acuerdo a las estadísticas de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, hay 13 países donde existe situación de paridad de género en cuanto al aspecto académico y difusión de ciencia. Por otra parte, hay catorce países donde la proporción de mujeres supera la paridad de género; nueve en desarrollo con un menor porcentaje de mujeres científicas, y Nepal destaca porque tiene el porcentaje más bajo de participación de la mujer en la difusión de ciencia con un 7.8% (Narasimhan, 2021).

A raíz de este análisis es importante destacar que no se menciona el estatus de México en cuanto a equidad de género en la difusión de la ciencia y humanidades. Se muestra que, en el país, la participación de las mujeres en la ciencia ha mejorado, pero las mujeres siguen presentando poca participación en las publicaciones científicas por motivos de diferente índole social (Hartzler *et al.*, 2021). Esto se refleja especialmente en las sesiones científicas donde los panelistas tienen una representación preponderante masculina. Asimismo, los análisis realizados en diferentes regiones de América han demostrado una baja participación de mujeres especialmente en paneles intervencionistas y roles de liderazgo (Burgos *et al.*, 2021), demostrando que un tercio de los oradores de divulgación científica son mujeres. Esto indica un sesgo que implica una desventaja académica (Hartzler *et al.*, 2021).

Con lo anterior, y con la pandemia actual por Covid-19, se ha notado una disminución de la participación de la mujer en la difusión de la ciencia y humanidades. Pero gracias a los congresos virtuales tanto hombres como mujeres han desarrollado habilidades como oradores y presentadores de trabajos científicos (Hartzler *et al.*, 2021; Jiménez *et al.*, 2021), por ello resulta de interés analizar en algunos estados de la República Mexicana a los científicos que actúan como presentadores de ciencia y humanidades, en presentaciones orales en congresos y actividades de años, de 2015 a 2021.

Por tal motivo, los objetivos del presente estudio son la búsqueda de videos de presentadoras mexicanas en el TEDx talks con la finalidad de conocer el papel de ambos géneros como presentadores de ciencia y humanidades en el canal oficial de YouTube. Finalmente, se plantea conocer la motivación y barreras percibidas por los investigadores de ciencia y humanidades hacia tales actividades.

Este capítulo describe el uso de YouTube como herramienta para la difusión de las ciencias y humanidades, dirigido al público investigador que gusta por difundir ciencia y humanidades. Con la finalidad de dar un seguimiento, se busca analizar el papel de los hombres y mujeres mexicanos en la difusión de la ciencia y humanidades, para que la información sirva para implementar mejoras futuras en el desarrollo de alguna estrategia correctiva necesaria, ya que esto implica la apertura de nuevos trabajos para las mujeres con desventaja académica y en la investigación.

Con lo anterior, el presente artículo se divide en tres secciones: (i) las características sociodemográficas de los presentadores y los *YouTubers* mexicanos que difunden la ciencia y humanidades en el canal de *TEDx Talks*, (ii) las características sociodemográficas de las presentadoras mexicanas de ciencia y humanidades que exponen sus trabajos en el canal *TEDx Talks* y (iii) la comparación de las características sociodemográficas de los presentadores de temas relacionados con el área de ciencia y humanidades de cinco países, incluido México.

Metodología

Las características socioeconómicas de los presentadores y los *YouTubers* que difunden ciencia y humanidades

Se planteó analizar los videos de ciencia y tecnología reportados en la página del *TEDx*, con un filtro de búsqueda de “*TEDx BUAP*, ciencia y tecnología”, mostrando un total de 126 videos con una duración de 15 a 20 minutos. Los videos considerados para el análisis cuali-cuantitativo de variables socioeconómicas de los presentadores de YouTube de ciencia fueron escogidos en un rango de tiempo del 2016 al 2021. Las variables evaluadas fueron el género, área a la que pertenecían (facultad, rama industrial, docente, etc.), edad aparente del presentador, los “me gusta” obtenidos de cada video presentado y si eran investigadores con renombre (buscando sus perfiles en Google académico) (Martins Flores y Muniz de Medeiros, 2018; Velho y Barata, 2020; Debove, Füchslin, Louis y Masselot, 2021). Para el segundo estudio se analizaron cien videos bajo el filtro “*TEDx Women*, ciencia y tecnología” bajo los mismos criterios del primer estudio. Y en el tercer estudio se analizaron cien videos con el filtro “*TEDx-BUAP*, humanidades” (Canal de YouTube del

TEDx-BUAP *women* de humanidades, revisado 2021). Finalmente, para un cuarto estudio se analizaron cien videos con el filtro “TEDx-BUAP *women*, humanidades” (Canal de YouTube del TEDx-BUAP *women* de humanidades, revisado 2021), bajo los mismos criterios mencionados en el primer estudio.

Resultados del estudio sociodemográfico de presentadores mexicanos que divulgan ciencia y humanidades en YouTube

Actualmente en México no existen muchos reportes sobre el análisis sociodemográfico de las principales características de los presentadores de ciencia en YouTube o en redes sociales, los cuales exponen ciertas temáticas en distintas áreas (Sandoval-Almazan y Gil-García, 2013). El presente estudio se realizó con base en la propuesta de investigadores de otros países como Brasil, Estados Unidos de América o Inglaterra, para hacer una comparación sobre las características sociodemográficas de los presentadores-investigadores de ciencia en el canal *TEDx talks* de YouTube de México (Canal de YouTube del TEDx BUAP, revisado en 2021). En el contexto actual mexicano de la difusión de ciencia por medio de presentadores mexicanos resulta de interés investigar y conocer las características de una población de científicos, emprendedores, docentes e investigadores que participan en la difusión de la ciencia por medio de pláticas en canales de YouTube como es el caso del *TEDx talks*, que ofrece la oportunidad a cada individuo de exponer sus experiencias y difundir la ciencia en diferentes áreas (Canal de YouTube del TEDx BUAP, revisado en 2021).

Durante la revisión se encontró una gran variedad de videos de presentadores mexicanos hombres y mujeres. Se observó que la mujer está participando en menor porcentaje en la difusión de ciencia en el canal del TEDx de México que en otros países. A continuación, se presentan los datos representativos obtenidos a partir del análisis de 126 videos de presentadores de ciencia revisados en el canal del *TEDx talks*, así como sus principales características.

En la Tabla 1 se muestran todas las métricas sociodemográficas obtenidas del análisis de presentadores de videos científicos presentados en el canal *TEDx talks* en YouTube de México. Se observa la evolución de los investigadores en cuanto al grado académico, al pasar del grado de maestría al grado de doctorado en diferentes áreas de la ciencia y tecnología, lo que establece que estos investigadores han adquirido competencias y habilidades que son y serán utilizadas en futuras actividades de investigación y docencia en el área (Santiago, Affonso y Días, 2020).

Nombre el video/ Autor/ Institución	Profesión/ Trabajo	"Me gusta"	Año de publicación del video	Vistas	Estado	Duración del video	Liga
El poder de tu iniciativa Rodrigo Spesia Ruiz TEDx BUAP	Ingeniería en ciencias de la computación en la BUAP	49	2017	3 018	Puebla	21:52	https://www. YouTube.com/ watch?v=-Wj- 5toSvb0c
Perspectivas de la adopción tecnológica en México Alejandro Trejo Almonte TEDx BUAP	Coordinador de proyectos de tecnología e Innovación en sector público y privado	22	2019	3 974	Puebla	14:05	https://www. YouTube.com/ watch?v=O- d5z1amOU- cl&t=121s
La ciencia en contra de la mujer Joaquín Ruiz TEDx Ciudad de Puebla	Ginecólogo y obstetra	104	2018	4 081	Puebla	16:00	https://www. YouTube.com/ watch?v=M0KD- vIZJDm4
El cielo ya no es el límite Eduardo Guizar Sainz TEDx BUAP	Ingeniero indus- trial egresado del Instituto Tecnológico de Culiacán/ Colabora con la NASA	28	2019	1154	Sinaloa	17:59	https://www. YouTube.com/ watch?v=YYPO- hh9oeOs
Cómo allanar el camino de las científicas en América Latina Lilia Meza Montes TEDx BUAP Women	Física/coor- dinadora de la Delegación Mexicana y organizadora de los congresos International Conference Women in Physics de la Unión Internacional de Física Pura y Aplicada (IUPAP)/	9	2019	435	Puebla	13:12	https://www. YouTube. com/watch?- v=A6EeWrNbfM4

Inventé una máquina que convierte plástico en combustible Valentín Gálvez TEDx Pitic	Ingeniero químico	354	2016	23,179	México	15:09	https://www.YouTube.com/watch?v=tqX_b37mDgo
--	-------------------	-----	------	--------	--------	-------	---

Tabla 1. Características de los presentadores mexicanos de videos de ciencia y tecnología en TED talks obtenidos de una muestra de 126 videos a partir del año 2015 a la fecha

Elaboración propia (2021) a partir del análisis de videos publicados en la base de datos del canal de *TEDx talks*

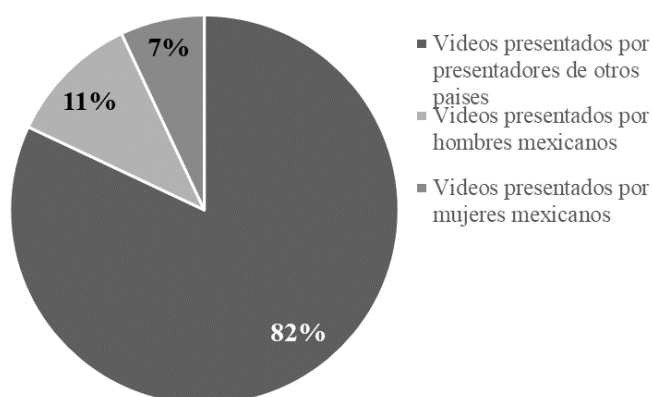


Figura 1. Porcentajes de participación de hombres y mujeres mexicanos que presentaron videos de ciencia y tecnología en el TEDx talks. Imagen elaborada por la autora con base en los datos procesados del TEDx talks.

Con respecto a los presentadores mexicanos de videos de ciencia y tecnología hay una participación de un 13% en difusión de ciencia y tecnología y el porcentaje restante corresponde a presentadores de otros países (86 %) como se muestra en la Figura 1. Por otro lado, en cuanto al análisis de los géneros de los presentadores de videos de ciencia y tecnología en *TEDx talks* de México se encontró que las mujeres mexicanas presentaron menos videos (dos) en comparación con los hombres (dieciséis), confirmando una baja participación de la mujer en este evento de difusión de ciencia.

Las características socioeconómicas de las presentadoras mexicanas de ciencia en *TEDx Talks*

Con los resultados anteriores, se planteó un segundo estudio en el que se analizaron videos bajo el filtro “*TEDxWomen*, ciencia y tecnología”, utilizando los mismos criterios mencionados para el análisis del apartado anterior, con el objetivo de conocer más a detalle las características de las mujeres que participan en la difusión de ciencia en formato de video en un rango de tiempo del año 2016 al 2021 (Canal de YouTube del *TEDx talks* de humanidades, revisado 2021). Mediante este análisis se observa que las mujeres destacan por haber terminado una carrera, igual que como en otros países (Santiago, Affonso y Días, 2020). Se encuentran pocos resultados bajo el filtro de búsqueda establecido. No obstante, las mujeres se han visto motivadas

para presentar videos en el TEDxWomen con temáticas de ciencia y tecnología con el porcentaje más alto de videos presentados en TEDx talks. El video con mejor respuesta por parte del público científico y general fue el de una doctora en ingeniería fotónica, investigadora posdoctoral del CIBERFES, con 12,305 visitas en el año 2018; seguido de un video de un investigador con doctorado en ciencias biomédicas que trabaja en el Instituto de Fisiología Celular de la UNAM con 8,634 visitas.

Se concluye en este apartado que las mujeres tienen participación en la divulgación de la ciencia. Del total de los videos analizados hay un 50% de presentadoras que son del Estado de México y el porcentaje restante fueron de otros estados de la República Mexicana (Canal de YouTube del TEDx talks de humanidades, revisado 2021). Por lo tanto, el TEDxWomen da un apoyo para que la mujer presente aun más trabajos científicos que en el TEDx talks con solo doce trabajos presentados por mujeres en el lapso analizado. A continuación, se muestran los resultados más representativos obtenidos del filtro de búsqueda de videos de mujeres mexicanas en TEDWomen.

Nombre del video/ Autor/TEDx	Profesión	"Me gusta"	Año	Visitas del video	Lugar de trabajo	Duración del video (min)	Sitio web video
El desafío de las mujeres y la tecnología/Margarita Bautista Fabila/TEDx Palmitas	Industria de tecnología y telecomunicaciones/directora de Marketing Avaya, México	1309	2018	1,000	México	20:34	https://www.YouTube.com/watch?v=GyxC-M99XxRA
Lina Raquel Riego Ruiz	Doctorado en Ciencias Biomédicas en el Instituto de Fisiología Celular de la UNAM/Doctorado en Ciencias Biomédicas en el Instituto de Fisiología Celular de la UNAM	140	2017	8,634	San Luis Potosí	13:21	https://www.YouTube.com/watch?v=9A-ziORLVNuE

El clic de la cuestión, las mujeres hacemos ciencia/Estefanía Prior B & Jennifer Mayordomo (TEDx UC3M)	Doctora en Ingeniería Fotónica/ Investigadora posdoctoral CIBERFES	247	2018	12,305	España/ México	10:17	https://www.YouTube.com/watch?v=T4bCE-ceFxSQ
¿Cómo reducir la brecha de género en las STEM? / Nataly Medina Rodríguez/ TEDx Tijuana	Ingeniería/ coordinadora de la Ingeniería Cibernética Electrónica (ICE) de Cetys Universidad campus Tijuana	61	2019	2,808	Tijuana	7:41	https://www.YouTube.com/watch?v=2G80ak-9bZMw
La ciencia abre futuros brillantes/ Margaret Domínguez/ TEDx México City Women	Doctorado en Ciencias Ópticas/ miembro del programa Pathways de la NASA	53	2018	1,502	Tecamachalco, Puebla	14:12	https://www.YouTube.com/watch?v=Q5iEU-HkBDVg
Impulsando a la próxima generación de mujeres en Tec. / Daniela González/ TEDx TecdeMty Chiapas	Ciencias Comunicación en el Tec de Monterrey, se especializó en marketing digital y en el contenido digital/Epic Queen	32	2016	1,839	México	14:12	https://www.YouTube.com/watch?v=bY_kk6e3RSc
Educación, Tecnología y Redes Sociales/ Aleyda G. G. Gatell/ TEDx UGM Minatitlán	Estudiante del doctorado en educación, tecnologías del aprendizaje y conocimiento.	33	2019	1,551	Veracruz, México	22:43	https://www.YouTube.com/watch?v=vlb-1NuEDtnw

Tabla 2. Características de los presentadores mexicanos de videos de ciencia y tecnología en TEDx talks obtenidos de una muestra de 100 videos del TEDxWomen a partir del año 2016 a la fecha

Elaboración propia (2021) a partir del análisis de videos publicados en la base de datos del canal de TEDx talks

Las características socioeconómicas de los presentadores de temas relacionados con el área de humanidades del TEDx talks-BUAP

Para este estudio se analizaron cien videos con el filtro “TEDx-BUAP, humanidades” (Canal de YouTube del TEDx-BUAP *women* de humanidades, revisado 2021). Los resultados del análisis de presentadores fueron en un rango de tiempo considerando del año 2016 al 2021 y los resultados se muestran en la Tabla 3. El 18 % de los presentadores fueron mexicanos y el 82% fueron presentadores de otros países.

En cuanto a los presentadores mexicanos se encontró que el 11% de los presentadores mexicanos fueron hombres en comparación con las mujeres que representaron el 7 %. Al analizar los estados de la república se encontró que el 12 % de los presentadores son de Puebla y el 6% pertenecen al Estado de México (Figura 2).

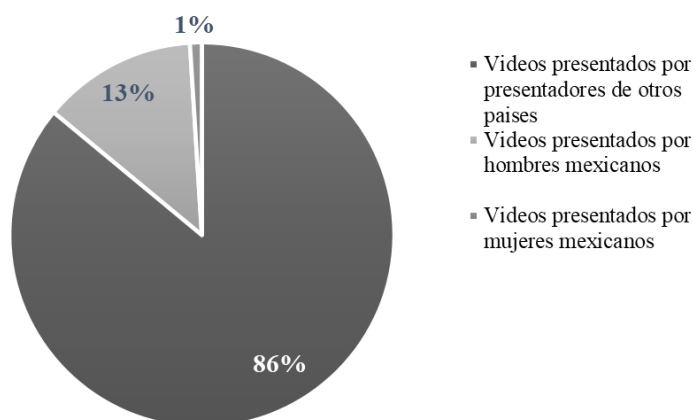


Figura 2. Porcentajes de presentadores mexicanos de videos de humanidades obtenidos en el presente estudio con base a los datos reportados en el TEDx talks. Imagen elaborada por la autora a partir de los datos procesados del TEDx talks

De la información encontrada en TEDx talks, once videos son expuestos (70.5%) por parte de presentadores poblanos (mujeres y hombres) y el resto fueron presentadores de otros estados de México (29.41%). Además, se evidenció que la profesión o el cargo de cada presentador no estaba correlacionado con el número de visitas. El video más visto fue el que presentó una doctora en antropología con 83 398 vistas, seguido por un video presentado por un investigador con grado de doctor en derecho de la Facultad de Derecho y Ciencias Sociales de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla con 67,700 vistas. Ambos presentadores son poblanos. Estos resultados destacan el papel de los investigadores poblanos en la difusión y presentación de temas de interés en el área de humanidades durante los años 2017 y 2019, respectivamente. Los mejores resultados se muestran a continuación.

Nombre del video/ Autor/TEDx	Profesión	"Me gusta"	Año	Visitas del video	Lugar de trabajo	Duración del video (min)	Sitio web video
Conectando raíces/María Elena Sánchez Pérez/ TEDx BUAP Women	Trabajó en la ciudad de Nueva York como supervisora en Surprise Lake Camp	53	2019	1832	Puebla	14:11	https://www.YouTube.com/watch?v=HrEbJ_yEoCw
Aprendizaje basado en proyectos/David Eduardo Pinto Avendaño/TEDx BUAP	Doctorado en informática	11	2017	1770	Puebla	14:27	https://www.YouTube.com/watch?v=wA4K05f1n3o
La educación inter-cultural en contextos de diversidad/ Elizabeth Martínez Buenabad/TEDx BUAP	Doctora en antropología	1380	2017	83 398	Puebla	16:52	https://www.YouTube.com/watch?v=UBo-5YpxfPZE&t=171s
El poder de las alianzas estratégicas/ Constanza Corona Carrillo/TEDx BUAP	Licenciada en comercio internacional	266	2017	21 844	Puebla	16:22	https://www.YouTube.com/watch?v=rMcLgVX2JiM
Transformando mi entorno/Luis Fernando Roldán/ TEDx UPAEP	Maestría en ciencias humanas	1499	2019	4719	Puebla	15:26	https://www.YouTube.com/watch?v=HRx4ZNblvB4
La inteligencia emocional en el trabajo/Gabriel Rodríguez González/ TEDx BUAP	Doctor en derecho por la facultad de derecho y ciencias sociales de la BUAP y una especialidad en dirección estratégica por la UDLAP	755	2019	67 700	Puebla	13:54	https://www.YouTube.com/watch?v=LoHw-4BkmROY&t=45s

Prejuicios de género y selección sexual/Palestina Guevara Fiore/TEDx BUAP Women	Maestría en ciencias biológicas de la facultad de ciencias biológicas de la BUAP	57	2019	1659	Puebla	14:36	https://www.YouTube.com/watch?v=vi6q8v5osFY
---	--	----	------	------	--------	-------	---

Tabla 3. Características de los presentadores mexicanos de videos de humanidades obtenidos de una muestra de 100 videos del TEDx talks a partir del año 2016 a la fecha

Elaboración propia (2021) a partir del análisis de videos publicados en la base de datos del canal de TEDx talks

Asimismo, se analizaron cien videos con el filtro “TEDx-BUAP women, humanidades” (Canal de YouTube del TEDx-BUAP women de humanidades, revisado 2021) (Tabla 4). Los resultados analizados representaron un 16% de la participación de la mujer en la difusión y presentación de videos de humanidades. El 84% restante correspondió a mujeres presentadoras de otras partes del mundo, como España y Sudamérica.

El análisis de los videos determinó que el de mayor preferencia por parte del público fue el presentado por una mujer zapoteca del estado de Oaxaca con 903 019 vistas en el año 2016, seguida por la presentación de un doctor en filosofía graduado en México con 7 315 visitas en 2019. Por otra parte, los investigadores de México representaron el 46.66% de participación de la ciencia como presentadores de ciencia. Mientras que, el estado de Puebla representó un 33% de participación en la difusión de la ciencia como presentadores. El porcentaje restante (20.33%) correspondió a presentadores de otros estados de la república mexicana.

Nombre del video/ Autor/ TEDx	Profesión	“Me gusta”	Año	Visitas del video	Lugar de trabajo	Duración del video (min)	Sitio web video
Humanizando lo inhumano/ Rebeca García/ TEDx UPAEP	Egresada de la facultad de psicología en UPAEP	28	2021	817	Estudiante en la UPAEP	12:50	https://www.YouTube.com/watch?v=4t-bhamyjTgE

Por qué no todos los cuentos (y vidas) tienen un final feliz/Maru Cárdenas/TEDx Universidad Anáhuac	Doctor en filosofía	193	2019	7 315	México	17:13	https://www.YouTube.com/watch?v=hre2_nKHJjo
El valor de aprender en época de pandemia/ Andrea Araceli Farías Olvera/TEDx Universidad Michoacana	Doctora en ciencias de la educación por la Universidad Contemporánea de las Américas	14	2021	1 152	Michoacán	4:59	https://www.YouTube.com/watch?v=HOA-Vhy6p4ac
La vida entre los dedos/ Ana Paula Hernández/ TEDx Humboldt México City	Vicepresidente del LATAM	38	2018	1 572	México	11:19	https://www.YouTube.com/watch?v=ku-VLoGcbwwc
Un personaje para mí/Lucía Anaya/TEDx Garza García	Maestría en humanidades	8	2021	198	México	15:14	https://www.YouTube.com/watch?v=V-j5sWfbCZTk
¿Por qué quiero que leas? / Cecilia Durán Mena/ TEDx Piedad/Cecilia Durán Mena/ TEDx La Piedad	Escritora y editora	36	2020	1 463	México	18:50	https://www.YouTube.com/watch?v=L-VH7-Kq0eCs
Como arrebaté los derechos que la vida me negó/ Eufrosina Cruz Mendoza/TEDx Cuauhtémoc	Contadora pública y diputada local	24218	2016	903,019	Indígena zapoteca/ Oaxaca	12:17	https://www.YouTube.com/watch?v=UJYZV-4Yaok8&t=95s

Brecha Digital de Género: Una Brecha para crear puentes/ Ximena Rodríguez/ TEDx Youth@ GarzaGarcía	Licenciada en lenguajes audio-visual egresada de la UANL	60	2016	4 597	UANL	8:19	https://www.YouTube.com/watch?v=jhR-M7RYfWE4
El derecho a la cultura se construye en comunidad/ Yelitza Ruiz/TEDx Universidad Loyola del Pacífico	Maestra en estudios de arte y literatura	9	2021	561	Puebla	17:13	https://www.YouTube.com/watch?v=_v_DK3GTgf4

Tabla 4. Características de los presentadores mexicanos de videos de humanidades obtenidos de una muestra de 100 videos del TEDxWomen a partir del año 2016 a la fecha

Elaboración propia (2021) a partir del análisis de videos publicados en la base de datos del canal de TEDx talks

El estudio resaltó que hay similitudes en cuanto a los resultados obtenidos por diferentes autores en el mundo, demostrando que los presentadores del género masculino tienen mayor presencia en la difusión de la ciencia. Se ha encontrado en este estudio que México ha crecido en cuanto a difusión de ciencia y humanidades. También se ha demostrado que las mujeres han participado mayormente en difusión de ciencia mostrando una fuerte participación en las STEM (*Science, Technology, Engineering and Mathematics*, por sus siglas en inglés) y en el arte (Canal de YouTube del TEDx-BUAP *women*, humanidades, revisado 2021; Riedlinger, Schiele y Barata, 2021), que cada vez cobra mayor importancia y atención por parte de los investigadores y profesionales de la comunicación científica, ya sea hombres o mujeres (Riedlinger, Schiele y Barata, 2021).

En el contexto de la participación de la mujer en temas de investigación en México se reportan investigadoras de alto nivel. Alrededor del 40% de las mujeres participan en la difusión y creación de ciencia; en contraste, 59.2 % son hombres. Además, el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) ha reportado que las mujeres participan mayormente en áreas de salud, sociedad, ambiente, desarrollo sustentable, desarrollo tecnológico, energía y el conocimiento del universo. Asimismo, las mujeres que participan en el Sistema Nacional de Investigadores (SNI) ocupando los niveles 1, 2 y 3

representan una minoría en comparación con los hombres investigadores. Por ello, existe una necesidad de involucrar a la mujer en proyectos de ciencia, tecnología y humanidades e insertarla en trabajos como docente y en la industria para continuar desempeñándose en la rama de la tecnología, investigación e innovación (Riedlinger, Schiele y Barata, 2021).

En contraste, en otros países se ha investigado el efecto significativo sobre la producción científica de varios factores sociodemográficos como la posición científica y la edad de las mujeres científicas de varios laboratorios de investigación de ciencia y tecnología. Los resultados indican que las mujeres que publican artículos científicos están en un rango de edad entre 31 y 40 años con títulos de doctorado y han realizado una estancia postdoctoral. Esto indica mejores oportunidades de financiamiento para investigadores jóvenes, pero se debe mantener la participación de las mujeres científicas experimentadas durante más años para aumentar la producción de artículos científicos dirigidos por mujeres con experiencia científica (Mukherjee, 2021).

Por otra parte, hay que denotar que existe una asimetría en la movilidad académica de científicos mexicanos a otros países con respecto al género, áreas de conocimiento y la distribución geográfica de los centros de investigación en México, observando que los hombres representan el 60.28% de participación en todas las áreas de investigación. Por otro lado, la mujer tiene mayor participación en ciencias médicas, ciencias de la salud, humanidades, ciencias del comportamiento e igual participación que los hombres en el área de las ciencias sociales (Robles-Belmont en 2021).

Los datos mencionados demuestran que tanto los hombres y las mujeres están dispuestos de los hombres y las mujeres que están dispuestos a difundir temas de interés en video, participando en la creación de trabajos científicos y de humanidades. Se aprecia que la mujer tiene un papel protagónico menor como presentadora de trabajos de ciencia y tecnología, por lo que sería de interés que se cree una nueva cultura de difundir ciencia en video, ya que la actual pandemia por Covid-19 lo exige como un recurso de información (Li, Bailey, Huynh y Chan, 2020; Karafillakis *et al.*, 2021). Con este hecho se demuestra que el uso de tecnologías y las redes sociales han cambiado el panorama de la comunicación, pues se crea y comparte contenido de ciencia y humanidades en video (Karafillakis *et al.*, 2021).

Además, las tecnologías permiten la creación de comunidades virtuales en las que se pueden organizar eventos sociales-virtuales para discutir un tema en común, considerando los eventos como una herramienta moderna para el

aprendizaje a distancia en vivo (Porpiglia *et al.*, 2020). Con estas herramientas muchos estudiantes e investigadores de ambos géneros han logrado difundir ciencia. Incluso algunos de los comunicadores científicos han comentado que se están adaptando y prosperando en línea (Porpiglia *et al.*, 2020; Karafillakis *et al.*, 2021).

Algunos investigadores reportan que las mujeres que son comunicadoras de ciencia han recibido acoso en el campo de la divulgación científica, motivo por el cual han tomado medidas necesarias para evitar el abuso (McDonald, Barriault y Merritt, 2020). En otros casos, se han hecho comentarios malintencionados, críticas negativas, comentarios sexistas y sexuales hacia las presentadoras por parte del público en general al revisar los videos expuestos en algunos canales de YouTube (Amarasekara y Grant, 2019). Otros problemas son la falta de tiempo y las limitaciones institucionales que actúan como barrera en las actividades de divulgación que se pueden adjudicar, tanto en mujeres como hombres (Ho, Looi y Goh, 2020).

En el caso de las mujeres que participan en difusión de ciencia se tienen pocos datos de congresos virtuales, pero existen algunos como el “*Latin American Conference of Women in Bioinformatics and Data Science*”, que permite que todas las mujeres del mundo difundan ciencia en video en el ambiente académico científico y tecnológico, respetando sus preferencias sexuales e ideologías. Este congreso surgió porque de acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, las mujeres representan solo el 30% de las investigadoras a nivel mundial y en Latinoamérica un 40%. Otra razón de importancia fue que la pandemia actual por Covid-19 no permitió que las científicas compartieran los hallazgos de sus grupos de trabajo de manera independiente (Jiménez *et al.*, 2021; Narasimhan, 2021).

Otros ejemplos de la participación de la mujer en difusión de ciencia y tecnología en canales de YouTube que son los canales de YouTube de *PyLadies* y *R-Ladies Global*, ambos permiten a las mujeres de todo el mundo exponer sus conocimientos en el área de la bioinformática y uso de lenguaje de programación como R y Python (RLadies, 2021). En México existen estos grupos de lenguaje de programación como *R-Ladies* de Puebla, el cual administra un canal de reciente creación. En años recientes, comenzó a compartir que este año por causa de la pandemia y difusión empezó a compartir videos de conocimiento en programación en el que varias mujeres participan como oradoras (PyLadies, 2021).

Igualmente, existen congresos *on-line* o híbridos en México que ayudan a que la mujer específicamente difunda ciencia, como el "Congreso de Mujeres en la Ciencia" (Cerro Rodríguez, Macías-González, 2017) y el "XVII Encuentro Participación de la Mujer en la Ciencia". Ambos son espacios creados para que la mujer difunda ciencia, tecnología y humanidades con base a sus colaboraciones multidisciplinarias con otros investigadores. Particularmente en el área de humanidades las mujeres brindan pláticas informativas con perspectiva de género y experiencias de vida (Congreso de la Mujer en la Ciencia, revisado 2021). Finalmente, el "II Congreso de Ciencia, Feminismo y Masculinidades" (CICFEM) expone la perspectiva de género, igualdad y superación de la violencia de la mujer en este contexto social en el cual las mujeres y el público en general advirtieron su importancia (Congreso de Ciencia del Feminismo y Masculinismo, revisado 2021).

A su vez, los datos obtenidos en este estudio han confirmado que la participación de la mujer mexicana en el área de humanidades y sociales es mayor que en las ciencias. En esta última área la mujer ha llegado a obtener trabajos importantes, con estudios de nivel de doctorado y postdoctorado (como máximo rango de estudios), ha destacado por ser activista y emprendedora al igual que el hombre (Amarasekara y Grant, 2019). Los científicos que conforman esta área destacan porque en algunos casos desean ser modelos a seguir, tienen el gusto de difundir temáticas de interés, les gusta mejorar las habilidades y técnicas para producir videos de alta calidad y del tipo profesional (Gavhi-Molefe, Jensen y Joubert, 2021). En otros casos el bienestar público y el asegurar fondos para la investigación han sido los principales motivadores para llevar a cabo actividades de divulgación de ciencia y humanidades en la pandemia actual (Ho, Looi y Goh, 2020).

Es importante resaltar un estudio comparativo del análisis de las características sociodemográficas de cinco países de estudio con respecto a la presentación de ciencia y humanidades en formato de video y presentación en canales oficiales de YouTube. En la Tabla 5 se resaltan diez parámetros obtenidos del análisis de videos cuali-cuantitativo a partir de distintas fuentes bibliográficas que se compararon con el presente estudio.

Parámetros/país	Brasil	Francia	EUA	Inglaterra	TED-talks (México)*
Edad	18 y 35 años	40 años	45	43 años	35-60 años
Género	Masculino y femenino	Masculino y femenino	Masculino y femenino	Masculino y femenino	Masculino y femenino
Área de estudio	Ciencias exactas y Ciencias de la Tierra	Ciencia, Historia, Física y Biología, Ambiente, Matemáticas y Biología	Ciencia	Ciencia	Ciencia, tecnología e ingeniería
Grado / Escolaridad Académico	Docente universitario	Grado de maestría y doctorado	Docentes/ doctorado	Profesionales	La mayoría, maestría y doctorado
Publicaciones	Sí	No se analizó	Sí	No se analizó	Sí, los que poseen grado de doctor
Citas	Sí	No se analizó	Sí	No se analizó	Sí, en algunos casos
Activos en las redes sociales	Sí, algunos	No se analizó	Sí	No se analizó	Sí, LinkedIn
Honorarios	Tienen trabajo profesional pero no reciben honorarios por presentar trabajos	Con empleo profesional o como estudiante de doctorado/ solo el 14 % de los YouTubers investigadores no reciben algún ingreso de su canal	No se menciona/ docentes de universidades	No se menciona	No se menciona/ trabajo como profesional, investigador-docente
Motivación	Mejorar las habilidades y técnicas para producir videos de alta calidad y del tipo profesional	Difundir ciencia	Difundir ciencia	Difundir ciencia	Difundir ciencia

Videos creados por universidades o empresas	Alianza brasileña de canales de YouTube	YouTubers presentadores (estudio al azar)	Universidades prestigiosas	TEDx	TEDx talks-BUAP TEDx talks women
---	---	---	----------------------------	------	-------------------------------------

Tabla 5. Resumen de las características sociodemográficas de los presentadores de ciencia y humanidades en canales de YouTube

Elaboración propia (2021) con base en (Hermann & Cyrot-Lackmann, 2002; Batista & Leta, 2009; Sugimoto *et al.*, 2013; Martins & Muniz de Medeiros, 2018; Canal de YouTube del TEDx BUAP, revisado en 2021, Canal de YouTube del TEDx talks de humanidades, revisado 2021; Debove, Fűchslin, Louis & Masselot, 2021). Y el análisis de presentadores mexicanos que son investigadores fue obtenido en el presente estudio

Conclusiones

De acuerdo con la presente investigación no hay estudios mexicanos donde se analicen las características sociodemográficas de presentadores de ciencia y humanidades de universidades o empresas que se dedican a la difusión de ciencia. Se revela que los hombres cubren un mayor porcentaje en la difusión de ciencia y humanidades. Bajo la modalidad de presentación de video en canales oficiales de YouTube, la edad de los presentadores fue de 18 a 60 años. En muchos casos los presentadores de ciencia y humanidades fueron jóvenes estudiantes, investigadores y público en general.

En algunos casos se ha encontrado que los congresos han sido de utilidad para que las mujeres en específico compartan sus trabajos y los difundan en formato de video, lo cual resulta de mucha utilidad para las investigadoras y alumnas de posgrado que son dirigidas por asesores de investigación. Asimismo, la difusión de la ciencia en canales de YouTube es alta, pero se necesitan más análisis cuali-cuantitativos que evalúen el impacto de los videos en el público científico y en general. Asimismo, se reporta un bajo número de trabajos cuali-cuantitativos sobre los presentadores de ciencia y humanidades que usan canales de YouTube para difundir hallazgos de investigadores.

Finalmente, saber cómo la comunidad científica participa en eventos de participación pública es fundamental para los organizadores de festivales y congresos celebrados en diferentes regiones, que dependen de los científicos como voluntarios para difundir ciencia y humanidades. Estos conocimientos también podrían ayudar a promover el compromiso público de las y los investigadores de ciencia y humanidades, ocupando un lugar destacado en los marcos de difusión de conocimiento a un público determinado.

Referencias

- Amarasekara, I., & Grant, W. J. (2019). Exploring the YouTube science communication gender gap: A sentiment analysis. *Public Understanding of Science*, 28(1), 68-84.
- André Azevedo da Fonseca. Alianza brasileña de YouTubers. sitio web: <https://azevedodafonseca.medium.com/super-lista-dos-canais-de-divulga%C3%A7%C3%A3o-cient%C3%ADfica-do-science-vlogs-brasil-76fd3b30ccad>. Revisada en septiembre del 2021.
- Batista, p. D., & Leta, J. (2009). Brazilian authors' scientific performance: does gender matter. In *Proceedings of the 12th international conference on scientometrics and informetrics* (pp. 343-353). Brazil: Rio de Janeiro.
- Boletín del instituto nacional de mujeres (Inmujeres). Año 4, Número 2, febrero de 2018. http://cedoc.inmujeres.gob.mx/documentos_download/BoletinN2_2018.pdf.
- Burgos, L. M., Farina, J., Perez, A. L. S., Lopez, H. I. A. O., Gupta, S. D., Baranchuk, A.,... & of Cardiology, I. S. (2021). Gender equity imbalance in cardiology scientific sessions in the Americas. *Current Problems in Cardiology*, 46, 1-13.
- Canal de YouTube de pyLadies. Sitio web. <https://www.YouTube.com/c/RLadiesPuebla>. Revisado en 2021.
- Canal de YouTube de RLadies. Sitio web. <https://www.YouTube.com/c/RLadiesGlobal>. Revisado en 2021.
- Canal de YouTube del TEDx talks de humanidades. Página web. https://www.YouTube.com/results?search_query=TEDx-buap%2C+humanidades. Revisado en 2021.
- Canal de YouTube del TEDx-BUAP women, humanidades. Página web. https://www.YouTube.com/results?search_query=TEDx-buap+women%2C+humanidades. Revisado en 2021.
- Canal de YouTube del TEDx-BUAP. revisado en 2021. Página web. <https://www.YouTube.com/user/TEDxTalk>. Revisado en 2021.
- Cerros Rodríguez E, Macías González GG (2017). Mujeres en la ciencia para el fortalecimiento del desarrollo sustentable. Universidad de Guadalajara y la BUAP. ISBN 978-607-547-031-3. Pp. 244. Sitio web. <https://CONACYT.mx/>. Revisado en 2021.
- Congreso de ciencia del feminismo y masculinismo. Sitio web. <https://www.google.com/url?q=https://www.iislafe.es/es/actualidad/eventos/299/ii-congreso-de-ciencia-feminismo-y-masculina&sa=D&source=editors&ust=1633287117888000&usg=AOvVaw1tLN3faNPeg-XTkdVFq5Vl>. Revisado 2021.
- Congreso de la mujer en la ciencia. Sitio web. http://congresos.cio.mx/17_enc_mujer/evento_en_linea.php. Revisado en 2021.
- Debove, S., Fuchslin, T., Louis, T., & Masselot, p. (2021). French Science Communication on YouTube: A Survey of Individual and Institutional

- Communicators and Their Channel Characteristics. *Frontiers in Communication*, 6, 1-15.
- Ehrenpreis, M. (2018). IOPscience. *The Charleston Advisor*, 20(1), 45-47.
- Gavhi-Molefe, M. R., Jensen, E., & Joubert, M. (2021). Why scientists agree to participate in science festivals: evidence from South Africa. *International Journal of Science Education, Part B*, 11(2), 127-142.
- Hartzler, A. L., Leroy, G., Daurelle, B., Ochoa, M., Williamson, J., Cohen, D., & Stipelman, C. (2021). Comparison of women and men in biomedical informatics scientific dissemination: retrospective observational case study of the AMIA Annual Symposium: 2017-2020. *Journal of the American Medical Informatics Association*, 28(9), 1928-1935.
- Hermann, C., & Cyrot-Lackmann, F. (2002). Women in science in France. *Science in context*, 15(4), 529-556.
- Ho, S. S., Looi, J., & Goh, T. J. (2020). Scientists as public communicators: individual-and institutional-level motivations and barriers for public communication in Singapore. *Asian Journal of Communication*, 30(2), 155-178.
- Jiménez, L., Contevelle, L. C., Feldfeber, I., Didier, M. G., Stegmayer, G., Marino-Buslje, C., & Rueda, A. J. V. (2021). Highlights of the 1st Latin American Conference of Women in Bioinformatics and Data Science. *The Biophysicist*. 2(3), 1-4.
- Karafillakis, E., Martin, S., Simas, C., Olsson, K., Takacs, J., Dada, S., & Larson, H. J. (2021). Methods for social media monitoring related to vaccination: systematic scoping review. *JMIR public health and surveillance*, 7(2), 1-17.
- Li, H. O. Y., Bailey, A., Huynh, D., & Chan, J. (2020). YouTube as a source of information on Covid-19: a pandemic of misinformation? *BMJ global health*, 5(5), 1-6.
- Martins Flores, N., & Muniz de Medeiros, p. (2018). Science on YouTube: Legitimation strategies of Brazilian science YouTubers. *Revue Française des Sciences de l'information et de la communication*, 15. Sitio web: <https://doi.org/10.4000/rfsic.4782>.
- McDonald, L., Barriault, C., & Merritt, T. (2020). Effects of gender harassment on science popularization behaviors. *Public Understanding of Science*, 29(7), 718-728.
- Mukherjee, B. (2021). Publication pattern expressed by scientific position, service tenure, and age-A comparative analysis with working women scientists of science and technology laboratories of India. *Annals of Library and Information Studies (ALIS)*, 68(3), 318-325.
- Narasimhan, S. (2021). Participation of women in science in the developed and developing worlds: inverted U of feminization of the scientific workforce, gender equity and retention. *Pure and Applied Chemistry*, 93(8), 913-925.
- Park, S. J., Lim, Y. S., & Park, H. W. (2015). Comparing Twitter and YouTube networks in information diffusion: The case of the "Occupy Wall Street" movement. *Technological forecasting and social change*, 95, 208-217.

- Porpiglia, F., Checcucci, E., Autorino, R., Amparore, D., Cooperberg, M. R., Ficarra, V., & Novara, G. (2020). Traditional and virtual congress meetings during the Covid-19 pandemic and the post-Covid-19 era: is it time to change the paradigm? *European urology*, 78(3), 301–303.
- Riedlinger, M., Schiele, A., & Barata, G. (2021). Emerging Practices in Science Communication in Canada. In *Science Cultures in a Diverse World: Knowing, Sharing, Caring* (pp. 91-109). Springer, Singapore.
- Robles-Belmont, E. (2021). Mobility of the Members of the National System of Researchers of Mexico in their Academic Training in Latin America. *Journal of Scientometric Research*, 10, 71-77.
- Sandoval-Almazan, R., & Gil-Garcia, J. R. (2013, January). Cyberactivism through Social Media: Twitter, YouTube, and the Mexican Political Movement” I’m Number 132”. In *2013 46th Hawaii International Conference on System Sciences* (pp. 1704-1713). IEEE.
- Santiago, M. D. O., Affonso, F., & Dias, T. M. R. (2020). Scientific production of women in Brazil. *Transinformação*, 32, 1-11.
- Sugimoto, C. R., Thelwall, M., Larivière, V., Tsou, A., Mongeon, p. , & Macaluso, B. (2013). Scientists popularizing science: characteristics and impact of TED talk presenters. *PloS one*, 8(4), 1-8.
- Tietjen, J. S. (2020). History of Science. In *Scientific Women* (pp. 5-32). Springer, Cham.
- Tietjen, J. S. (2020). Science in the New Millenium. In *Scientific Women* (pp. 127-176). Springer, Cham.
- Velho, R. M., & Barata, G. (2020). Profiles, Challenges, and Motivations of Science YouTubers. *Frontiers in Communication*, 5, 1-15.
- Zeni, M., Miorandi, D., & De Pellegrini, F. (2016). Understanding the Diffusion of YouTube Videos. In *Proceedings of ECCS 2014* (pp. 309-319). Springer, Cham.

Reseña de la autora

La autora cursó una licenciatura en Ingeniería en Alimentos en la Facultad de Ingeniería Química de la BUAP. Posteriormente, una maestría y doctorado en ciencias microbiológicas en el ICUAP-Microbiología de la BUAP. Ha sido profesora en la Escuela media Superior de Tlaxcala. En los últimos años ha elaborado trabajos de divulgación científica referentes al Covid-19, metodologías para la detección del virus del SARS-CoV-2, la forma de inhibir la virulencia de microorganismos patógenos y cómo se regulan. Actualmente está cursando una estancia postdoctoral en el IPICYT.

PROPUESTA INNOVADORA PARA PREPARAR A NIÑOS PREESCOLARES PARA LA ENSEÑANZA DE LAS MATEMÁTICAS

Yulia Solovieva y Luis Quintanar Rojas

*“En el dominio de las matemáticas
lo indemostrable era inútil y,
si podía demostrarse, los misterios del mundo
cabían en las manos de la gente,
como ostras blandas.”*

Haruki Murakami (2019)

Introducción

La enseñanza de las matemáticas es un tema de gran preocupación en la pedagogía, la psicología y la neurociencia. Muchos alumnos de primaria y secundaria manifiestan desinterés hacia el estudio de esta materia, que se acompaña con bajas notas, fracaso escolar y problemas en el aprendizaje. Se puede pensar que estas dificultades son generalizadas en la población y no necesariamente se deben a condiciones patológicas o discapacidad.

En muchos países se observa un nivel bajo en el dominio de las matemáticas a la edad de quince años. De acuerdo con los datos

de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OECD, 2019), el 16% de los estudiantes de los países de la OECD alcanzan niveles de competencia de excelencia en matemáticas, matemáticas; en cambio, en México, solamente representa el 1 %. Se plantea que, en estos niveles, los estudiantes pueden aplicar sus conocimientos y habilidades científicas de una manera creativa y autónoma, en una gran variedad de situaciones, tanto conocidas como novedosas. En el área de las matemáticas, los estudiantes que no alcanzan el nivel 2 (dominio básico) pueden realizar, en algunas ocasiones (cuando reciben todas las instrucciones), procedimientos rutinarios como operaciones aritméticas, pero tienen

problemas para representar matemáticamente una situación simple del mundo real (comparar la distancia entre dos rutas alternativas o conversión de monedas).

En los países de la OECD (2016), poco más del 20% de los estudiantes no alcanza el nivel mínimo de competencia en ciencias (nivel 2). En tal caso, los estudiantes son capaces de hacer uso de su conocimiento básico de los contenidos y procedimientos de ciencias para formular una respuesta apropiada, interpretar datos e identificar las preguntas que emergen de un simple experimento. Todos los estudiantes que concluyen la educación obligatoria deberían alcanzar el nivel 2 en ciencias. Sin embargo, el 48% de estudiantes mexicanos no alcanzan este nivel.

La prueba PISA (OECD, 2004, 2006) evalúa seis componentes del conocimiento de las matemáticas, dividido en sub-escalas de cantidad, forma, espacio, cambio, relaciones y probabilidad. Se valora por el tipo del proceso que se aplica durante la solución de problemas: reproducción, conexión y reflexión. Cada proceso se presenta en diversas situaciones o contextos, los cuales pueden ser personales contextos pueden ser personales, educativos-laborales, públicos (comunitarios) o científicos-matemáticos (OECD, 2002). Es interesante revisar la forma de evaluación del conocimiento de las matemáticas, debido a que la forma de enseñanza puede, o no, estar determinada por las propuestas de evaluación. Se pueden plantear las siguientes preguntas: ¿de qué forma se pueden lograr los conocimientos de matemáticas que se valoran? y ¿en qué periodo se debe iniciar su formación en el sistema educativo?

El objetivo de este capítulo es analizar el contenido de la enseñanza de las matemáticas en la edad preescolar y proponer una forma innovadora de enseñanza. En consecuencia, se propondrán estrategias para la superación y la prevención de las dificultades en la enseñanza de las matemáticas.

La enseñanza de las matemáticas desde la ciencia psicológica

Diferentes enfoques psicológicos y pedagógicos comprenden el proceso de enseñanza-aprendizaje de las matemáticas sin llegar a un consenso.

La forma de “enseñanza tradicional” implica que los alumnos repitan, memoricen y reproduzcan modelos de tareas concretas que presenta el maestro. Ejemplos de estas tareas son: el conteo directo e indirecto, la representación de la serie numérica, las operaciones matemáticas de suma y resta, etc. Los alumnos actúan predominantemente de manera individual, de acuerdo con las instrucciones de los maestros: “cuenten sus dedos”, “cuenten estos juguetes”, “cuenten del uno al diez”, “¿cuánto es dos dulces más tres dulces?”, etc., y como tarea se les pide a los niños que realicen planas de series numéricas y ejemplos de sumas y restas.

En este modelo tradicional de enseñanza, que se relaciona con el modelo conductista en psicología, los niños no alcanzan a comprender la esencia de las matemáticas, las relaciones numéricas ni la lógica de las operaciones. Todas las tareas se realizan sin reflexión y, como consecuencia, sin interés para los alumnos. Los objetivos del maestro no incluyen la explicación de las relaciones matemáticas, ni la formación de los conceptos numéricos y se sustituye por la memorización mecánica de los contenidos de la materia de matemáticas. Se debe admitir que esta es la forma que predomina en el sistema educativo mexicano público y privado, a pesar de que los programas oficiales podrían integrarse desde un modelo alternativo. A continuación, se consideran algunas propuestas:

El constructivismo. En el modelo constructivista se plantea que los conceptos se forman desde el nivel concreto hasta el nivel abstracto. Esta postura, introducida en parte por los seguidores de Jean Piaget, supone que los niños aprenden inicialmente las matemáticas desde los conceptos numéricos concretos o la representación de las cantidades antes que los conceptos generales (Piaget e Inhelder, 1971). No se enseña el valor simbólico del dígito, sino que presupone que el niño lo domine o lo descubra. Se trabaja la introducción de las cantidades y su determinación numérica, sin descubrir ante los alumnos las relaciones simbólicas y teóricas entre la posibilidad de usar estas cantidades, modificarlas o representarlas de manera diversa. Estas ideas predominan a tal grado que los pedagogos e investigadores están convencidos que es la única manera y que posteriormente los niños alcanzarán los niveles más abstractos en las matemáticas (Báez, Cervantes y Cervantes, 2020).

El cognitivismo. El modelo se orienta no al estudio de las operaciones lógicas con los objetos, sino a las funciones cognitivas generales que permitan la adquisición posterior de las matemáticas. Entre estas funciones se encuentran la atención, la memoria de trabajo, la memoria visuo-espacial y las

funciones ejecutivas (Schuchardt y Maehler, 2010; Mammarella, Lucangeli y Cornoldi, 2010; Locuniak, y Jordan, 2008; Bryant, 2005). Al mismo tiempo, estas funciones se consideran como predictores de la adquisición, positiva o negativa de las matemáticas en la escuela primaria (Passolunghi, Mammarella y Altoe, 2008; LeFevre *et al.* 2010; Bull, Espy, y Wibe, 2008; Michel, Molitor y Schneider, 2020). En este enfoque se observa mayor preocupación por los procesos cognitivos que por los contenidos y el contexto.

La teoría de la actividad. Una alternativa que es poco conocida, desde el punto de vista operativo y práctico, es la propuesta de organización de la educación de acuerdo con la teoría de la actividad, como una continuación de la teoría histórico-cultural (Talizina, 2018, 2019; Quintanar y solovieva, 2020). En este modelo se propone organizar la preparación del niño para la escuela, no directamente con los conocimientos matemáticos formales, sino con los componentes previos a la introducción de las matemáticas (Salmina y Filimonova, 2016). Tales componentes se pueden comprender como las “formaciones psicológicas nuevas”, las cuales pueden surgir al final de la edad preescolar como logros cualitativos del desarrollo del niño (Vigotsky, 1984). Las estas neoformaciones se encuentran la actividad voluntaria, la imaginación, la función simbólica y la reflexión (Davidov, 1996; Elkonin, 2016). Estas características surgen durante las actividades colectivas organizadas, las que preparan al niño para el aprendizaje de las matemáticas sin que ellos realmente estudien matemáticas en la edad preescolar (solovieva y Quintanar, 2016; Quintanar y solovieva, 2020).

La teoría de la actividad permite acercarse al análisis de los programas educativos desde el análisis del contenido y la estructura de las actividades que se plantean (solovieva, 2016; Rosas y solovieva, 2018, 2019). En el caso de la enseñanza de las matemáticas, es posible analizar la estructura de las actividades que los niños realizan, es decir, lo que el programa realmente menciona y plantea.

Programas de educación preescolar

La Secretaría de Educación Pública (SEP) (2017) en México ha elaborado un programa general que se debe aplicar en el nivel preescolar en todas las instituciones públicas y privadas. Cada institución particular puede

utilizar un programa alternativo, siempre y cuando siga los señalamientos del programa de la SEP².

En relación con la definición de la materia de las matemáticas, se plantea lo siguiente:

Las matemáticas son un conjunto de conceptos, métodos y técnicas mediante los cuales es posible analizar fenómenos y situaciones en contextos diversos; interpretar y procesar información, tanto cuantitativa como cualitativa; identificar patrones y regularidades, así como plantear y resolver problemas. Proporcionan un lenguaje preciso y conciso para modelar, analizar y comunicar observaciones que se realizan en distintos campos. (p. 217)

Se puede observar que el pensamiento matemático se plantea como un pensamiento deductivo, que desarrolla la capacidad de inferir resultados de acuerdo con las condiciones. La consigna es: “aprender resolviendo”, lo cual marca una clara postura activa constructivista del programa. En el texto se critica a la enseñanza repetitiva y mecánica, la cual proponen sustituir por la enseñanza en situaciones de problemas. Los problemas deben establecerse en situaciones que permitan a los niños explicar, razonar, usar recursos personales, participar en la búsqueda de soluciones y cooperar con los compañeros.

El programa que implementa la SEP hace énfasis en la necesidad de introducir las relaciones lógicas, los conceptos, enseñar las habilidades de “clasificar, analizar, inferir, generalizar y abstraer, así como fortalecer el pensamiento lógico, el razonamiento inductivo, el deductivo y el analógico” (p. 217). Dicho programa establece un método de trabajo didáctico y señala la implementación de situaciones de diversos contextos a través de problemas que provocan un “desafío o desequilibrio” (González y Weinstein, 1998). Se agrega que, para la solución de este desafío, los niños deben lograrlo a través de ensayo y error. El programa indica que se trata de “retar intelectualmente” a los niños (Fuenlabrada, 2009). Sin embargo, no señala ninguna propuesta para que el adulto proporcione alguna orientación. Los problemas solo deben indicar qué es lo que se debe lograr, pero nunca señalan cómo “pues ellos deben buscar el camino a la solución y los recursos que requieren para ello, con lo que movilizan sus habilidades y conocimientos” (SEP, 2018, g. 232). El problema debe ser claro para los niños, puede repetirse varias veces a cada

2 Aprendizajes claves para la educación integral. Educación preescolar. Plan y programas de estudio, orientaciones didácticas y sugerencias de evaluación

niño o a todo el grupo. Los niños pueden trabajar solos, pero pueden colaborar y discutir entre ellos y los problemas deben ser cercanos a la realidad y a su contexto.

Entre las tareas que se plantean para cumplir dichos objetivos, se establecen las siguientes: determinar la cantidad en conjuntos pequeños, ya sea por conteo o por la percepción (no hay tareas de la correspondencia recíproca), comparar, igualar y verificar cantidades, comprender problemas y comunicarlos, reconocer números escritos (¿cuál es mayor entre 4 y 8?), realizar dibujos de colecciones y marcas gráficas. Los niños deben comprender la función comunicativa de los números (Fuenlabrada, 2008). Además, el trabajo con las matemáticas en la edad preescolar se complementa con el álbum de trabajo “Mi álbum 3 preescolar” (SEP, 2020-2021, p. 48), que incluye hojas de ilustraciones y de trabajo para que el alumno realice las tareas.

El programa de la SEP analizado carece de conceptos científicos, de uso de juego como actividad compartida y de orientación. Las formas de comunicación incluyen el trabajo individual, en equipos y en parejas, lo cual debe propiciar e inspirar la confianza y la autodeterminación de los niños. No se aclaran los conceptos matemáticos que se trabajan, pero se pueden identificar los conceptos cotidianos de longitud, forma y espacio. No se establecen las diferencias claras entre el trabajo en la edad preescolar y escolar.

Propuesta innovadora de enseñanza-aprendizaje en el colegio Kepler³: Desarrollo Próximo⁴

El colegio Kepler, ubicado en la ciudad de Puebla, es el único colegio en México que plantea un método de enseñanza y desarrollo de acuerdo con la teoría de la actividad y el enfoque histórico-cultural.

A partir de las aportaciones de Vigotsky (1982) se hace una diferencia teórica y metodológica entre los conceptos científicos (teóricos) y conceptos cotidianos (espontáneos). La enseñanza en la escuela primaria se plantea como

3 Colegio reconocido por CONCYTEP como Centro de Investigación Educativa.

4 Desarrollo próximo® Marca Registrada

una etapa psicológica en la vida del niño, en la cual se introducen y se forman los conceptos teóricos, a diferencia de la edad preescolar, en la cual el niño utiliza conceptos cotidianos (Davidov, 1996; Talizina, 1984; Obukhova, 2006). El éxito del aprendizaje de las matemáticas depende de una metodología para la introducción y la formación de los conceptos matemáticos en la escuela primaria (Galperin, 2000; Davidov, 2000; Salmina, 2017; Talizina, solovieva y Quintanar, 2017).

Leontiev (1967) escribió que “Las aptitudes del ser humano hacia las formas de actividad histórico-social, es decir, las aptitudes específicamente humanas, se presentan como auténticas ‘formaciones nuevas’, elaboradas en el proceso de desarrollo del individuo, y de ningún modo, como expresiones o variaciones de la herencia. Esta es la principal peculiaridad de las aptitudes específicas del hombre, de origen histórico-social” (p. 73). Las habilidades matemáticas se incluyen en estas aptitudes histórico-culturales y se pueden considerar como “formaciones nuevas” del desarrollo (Leontiev, 2005).

En el caso de las matemáticas, los primeros conceptos que deben introducirse son los conceptos de número y de sistema de numeración (Salmina, 2017). Estos conceptos se forman dentro de acciones intelectuales, específicas y generales. Las *acciones específicas* requieren del uso del material numérico (signos matemáticos), mientras que las *acciones generales* son las acciones lógicas y simbólicas que no necesariamente requieren del uso del material numérico. Los términos de seriación, correspondencia recíproca, agrupación y formación de conjuntos pueden comprenderse como acciones intelectuales generales que se forman a través de la enseñanza (Talizina, 2019). Estas acciones no surgen espontáneamente en el niño, como lo plantea el constructivismo (Rosas y solovieva, 2018, 2019), sino que deben ser formadas adecuadamente por el maestro (Obukhova, 2013; Rosas, solovieva y Quintanar, 2020).

En la teoría de la actividad, las edades del desarrollo psicológico se consideran como periodos cualitativos diferenciales, con sus propias actividades rectoras (Elkonin, 2016). En la edad preescolar no se sugiere iniciar la formación de los conceptos científicos matemáticos, sino garantizar la preparación psicológica del niño para la escuela (Salmina, 2013a, 2013b). El concepto de “preparación del niño para la escuela” tiene su propio contenido psicológico y se puede expresar como “neoformaciones de la edad preescolar” (Obukhova, 2006; González y solovieva, 2019).

Debido a lo anterior, se hace necesario utilizar métodos adecuados para la formación de dichas neoformaciones de la edad preescolar (solovieva y Quintanar, 2016). Uno de ellos es la introducción de la actividad del *juego temático de roles*, que incluye en su contenido el uso de signos y símbolos, reglas y comportamiento voluntario (solovieva y Quintanar, 2016, 2017, 2019; solovieva y Gonzáles, 2017; Gonzáles y solovieva, 2016, 2019).

En la edad preescolar se realizan las actividades que se dirigen al desarrollo de las neoformaciones psicológicas de la edad preescolar (Vigotsky, 1984; Elkonin, 2016; Obukhova, 2006) y no un programa para la enseñanza de las matemáticas. La adquisición de estas neoformaciones psicológicas garantiza el nivel óptimo de preparación psicológica del niño para la escuela (Salmina, 2013 b).

Posteriormente, en el primer grado de primaria (edad de 6 a 7 años) se realiza la introducción de las habilidades matemáticas previas, de acuerdo con la propuesta de Salmina y Filimonova (2016), que consiste en el trabajo con los componentes numérico, simbólico y lógico. En el colegio Kepler inicialmente se realiza este trabajo en el plano materializado, y posteriormente, en el plano perceptivo, después de lo cual se continúa con la introducción del concepto de número (Salmina, 2017; Talizina, 2019).

El programa de educación preescolar experimental analizado no plantea el trabajo con conceptos científicos de las matemáticas. El concepto de orientación constituye el eje conceptual del programa y todas las tareas se realizan en forma colectiva (actividad de juego temático de roles y dibujo formativo). El maestro orienta a los niños y participa en la realización de todas las tareas. Se utilizan los planos de la acción material, materializada, perceptiva concreta y perceptiva generalizada.

En el colegio no se realizan acciones prácticas cotidianas, sino acciones simbólicas materializadas y perceptivas. Todas las acciones son guiadas a partir de un objetivo establecido y la explicación de cómo lograrlo entre todos. No se utilizan tareas individuales. En el juego de roles se realizan acciones lúdicas objetales, simbólicas y verbales. Se utilizan objetos concretos, juguetes, signos y símbolos que se determinan específicamente para cada tarea, imágenes concretas e imágenes esquematizadas, elaboradas específicamente para cada sesión (Imagen 1).

En este ejemplo se aprecia la realización del juego de roles con el tema “el zoológico”. En el juego participan los visitantes del zoológico, un guía y un fotógrafo. Los visitantes pueden interactuar y tocar a los animales acuáticos.

Las diversas áreas del zoológico se señalan con símbolos elaborados por los niños que se observan en el lado izquierdo de la fotografía⁵.

Discusión

En el programa oficial no hay una comprensión del contenido de los conceptos matemáticos fundamentales. El término concepto se utiliza indistintamente para términos como nociones, características, objetos y fenómenos, tareas y acciones. No hay diferenciación entre el concepto y las acciones intelectuales de los alumnos y no se acepta que los docentes utilicen la orientación para la formación de conceptos. No está claro de qué manera realizando tareas cotidianas los niños pueden comunicar las hipótesis y los resultados del análisis de datos y, además, relacionarlo con la disciplina de las matemáticas. Este análisis muestra que no se comprende la necesidad del desarrollo psicológico de los niños en la edad preescolar, la cual se concibe como un agregado previo al periodo escolar.

Davidov (1996) señala que el eje central de una materia es su programa, debido a que incluye una “descripción sistemática y jerárquica de aquellos conocimientos y habilidades que se someten a la adquisición. El programa que fija el contenido de la materia, a su vez, determina los métodos de enseñanza, el carácter de los materiales didácticos, los tiempos de la enseñanza y otros aspectos del proceso educativo” (pág. 275). Lo más importante, en opinión de Davidov, es que el contenido de las materias debe garantizar en los alumnos la formación del pensamiento científico.

En el programa de la SEP analizado este tipo de contenido no existe. Se puede opinar que son programas para la edad preescolar, pero en este caso, no queda clara la intención de la formación de los conceptos empíricos. Estos conceptos, como ha mostrado Vigotsky (1982) y los representantes de la teoría de la actividad, no conforman un tipo de conocimiento previo en



Imagen 1. Implementación de la actividad de juego temático de roles (zoológico), en la cual se utilizan diversos medios simbólicos.

5 Fotografía del archivo del Colegio Kepler.

relación con los conceptos teóricos (Davidov, 2000; Talizina, 2019). Por el contrario, pueden obstruir gravemente su adquisición.

Como lo señala el epígrafe utilizado para este capítulo, las matemáticas son una ciencia exacta, por lo que requiere de métodos exactos y de una preparación rigurosa de los maestros para el apropiado proceso de enseñanza-aprendizaje. El método pedagógico es la clave del éxito educativo, pero esto no se expresa con claridad en los programas educativos, en los que se observa el fenómeno contrario: los programas se alejan del planteamiento específico de la enseñanza preescolar y escolar y muestran una visión difusa sobre los tiempos de la enseñanza y el papel del maestro en estos niveles.

En los diversos programas, tanto de la SEP como de escuelas particulares, se identifica la inclusión, implícita o explícita, de acciones prácticas que implican reconocer la forma de los objetos, la ubicación espacial y la secuencialidad o duración temporal de los procesos, además de que se presta atención a las cantidades y conjuntos (colecciones). Por su parte, en el colegio Kepler trabajan con acciones simbólicas intelectuales de manera reflexiva, debido a que los niños utilizan los signos que introduce el maestro para cada tarea (dibujo) o que ellos mismos pueden crear (juego). En este colegio, las características de forma, relaciones espaciales y duración de los procesos no se consideran como conceptos matemáticos, sino como características de los objetos y fenómenos.

De esta forma, se observa un contraste respecto a la posibilidad de enseñanza de las matemáticas entre el programa SEP y la metodología utilizada en el colegio Kepler, donde se fomenta la teoría de la actividad:

- Desde la SEP, se trabajan los conceptos cotidianos sin considerar la motivación lúdica de los niños preescolares. Las actividades de juego se proponen como herramientas o contextos para la introducción de las matemáticas, sin señalar la forma de organización de los juegos. El programa no plantea la enseñanza formal de las matemáticas en la edad preescolar y considera que, durante la actividad de juego libre y la observación, surgen espontáneamente las nociones básicas útiles para la adquisición de las matemáticas. Como resultado, se forman los pseudo-conceptos en las acciones prácticas.
- Desde la metodología de la teoría de la actividad, se considera la motivación lúdica de los niños preescolares y utiliza la metodología del juego temático de roles, que garantiza la formación de las

neoformaciones psicológicas de la edad preescolar. No se enseñan formalmente las matemáticas conceptuales, sino que se garantiza el desarrollo de la actividad voluntaria y la función simbólica dentro del juego y del dibujo como medios operativos de estas actividades. En consecuencia, se forman las acciones intelectuales (lógicas generales), como la identificación de las características de objetos y situaciones, así como la creación y el uso de medios simbólicos durante las sesiones de juego temático de roles. Se utiliza la orientación a partir de la modelación simbólica de situaciones, reglas y comportamientos.

Conclusiones

1. El análisis realizado muestra la existencia de tres variantes de enseñanza de las matemáticas: a) la *tradicional*, que utiliza operaciones lógicas concretas, sin orientación; b) la *constructivista*, que utiliza situaciones lúdicas, sin orientación; y c) la de *desarrollo próximo* (colegio Kepler), que organiza las sesiones de juego y dibujo como actividades formativas, partiendo del modelo histórico-cultural y de la teoría de la actividad.
2. Los programas de educación pública enfocados a la edad preescolar no ofrecen una solución al problema de la enseñanza de las matemáticas, ni al contenido previo.
3. En los programas de preescolar y de primaria no existe una diferenciación de la forma de enseñanza. No se precisan los tipos de acciones y conceptos que se forman durante el proceso educativo.
4. La metodología que se utiliza en el colegio Kepler, denominada *desarrollo próximo*, permite diferenciar el trabajo en la edad preescolar y escolar y constituye una propuesta innovadora para solucionar el tema de la enseñanza de las matemáticas.
5. Este trabajo puede servir como ejemplo de elaboración y aplicación de métodos innovadores de enseñanza que conduzcan al desarrollo psicológico de los niños en el estado de Puebla.
6. Es necesario plantear la necesidad de difundir las propuestas de la enseñanza de las matemáticas desde la teoría de la actividad y capacitar a los educadores y maestros de las escuelas públicas y particulares.

Referencias

- Báez, J., Cervantes, O. y Cervantes, R. (2020). Las matemáticas como inductoras del pensamiento científico. En: V. Covarrubias Salvatori (Ed.) *Bases para la introducción y el desarrollo del pensamiento científico en la niñez y la preadolescencia* (pp. 19-76). Puebla: CONCYTEP.
- Bryant, D.P. (2005). Commentary on early identification and intervention for students with mathematics difficulties. *Journal of Learning Disabilities*, 38(4), 340-345.
- Bull, R., Espy, K.A., y Wibe, S.A. (2008). Short-term memory, working memory, and executive functioning in preschoolers: Longitudinal predictors of mathematical achievement at age 7 years. *Developmental Neuropsychology*, 33(3), 205-228.
- Davidov, V.V. (1996). *La teoría de la enseñanza que conduce al desarrollo*. Moscú: INTER.
- Davidov, V.V. (2000). *Tipos de generalización en la enseñanza*. Moscú: Sociedad Pedagógica de Rusia.
- Elkonin, D.B. (2016). Hacia el problema de la periodización del desarrollo en la edad infantil. En: L. Quintanar y Yu. sólovieva (Eds.) *Las funciones psicológicas en el desarrollo del niño* (pp. 191-209). México: Trillas.
- Fuenlabrada, I. (2008). *Fichero de actividades para preescolar*, México: SEP.
- Fuenlabrada, I. (2009). ¿Hasta el 100?... ¡No! ¿Y las cuentas?... ¡Tampoco! Entonces... ¿Qué?, México: SEP.
- Galperin, p. Yu. (2000). *Cuatro conferencias sobre psicología*. Moscú: Escuela Superior.
- González, C., y sólovieva, Yu. (2016). Impacto del juego de roles sociales en la formación de la función simbólica en preescolares. *Revista de Psicología de la Universidad de Antioquía*, 8(2), 49-70.
- González, C. X. y sólovieva, Yu. (2019). Evaluación de las neoformaciones de la edad preescolar en niños colombianos. *Revista de Psicología de la Universidad de Antioquia*, 11(2), 7-44.
- González, A. y Weinstein, E. (1998). *¿Cómo enseñar matemáticas en el jardín?* Argentina: Ediciones Colhue.
- LeFevre, J.A., Fast, L., Smith-Chant, B., Kamawar, D., Penner-Wilger, M., Skwarchuk, S. y Bisanz, J. (2010). Pathways to mathematics: Longitudinal predictors of performance. *Child Development*, 81(6), 1753-1767.
- Leontiev, A. N. (1967). *El hombre y la cultura*. Kiev: Editorial pedagógica.
- Leontiev, A. N. (2005). On the development of arithmetical thinking in the child. *Journal of Russian and East European Psychology*, 43(3), 78-95.

- Locuniak, M.N., y Jordan, N.C. (2008). Using kindergarten number sense to predict calculation fluency in second grade. *Journal of Learning Disabilities*, 41(5), 451-459.
- Mammarella, I.C., Lucangeli, D. y Cornoldi, C. (2010). Spatial working memory and arithmetic deficits in children with nonverbal learning difficulties. *Journal of Learning Disabilities*, 43(5), 455-468.
- Michel, E., Molitor, S. y Schneider, W. (2020). Executive functions and fine motor skills in kindergarten as predictors of arithmetic skills in elementary school. *Developmental Neuropsychology*, 45(6), 367-379.
- Obukhova, L.F. (2006). *Psicología del desarrollo por edades*. Moscú: Educación Superior.
- Obukhova, L.F. (2013). Aplicación del método de la formación de las acciones mentales para el análisis de los resultados del experimento de F. Frank. En: Yu. sólovieva y L. Quintanar (Eds.) *Antología del desarrollo psicológico del niño en la edad preescolar* (pp. 205-223). México: Trillas.
- OECD (2002). *Aptitudes para lectura, matemáticas y ciencias*. México: Aula XXI Santillana.
- OECD (2004). *Learning for Tomorrow's World. First Results from PISA 2003*. Paris: OECD.
- OECD (2006). *Assessing Scientific, Reading and Mathematical Literacy. A Framework for PISA* OECD Publishing.
- OECD (2016). Programa para la evaluación internacional de alumnos (PISA). PISA 2015-Resultados-México. Recuperado de: <https://www.oecd.org/pisa/PISA-2015-Mexico-ESP.pdf>
- OECD (2019). *PISA 2018 Results (Volume I): What Students Know and Can Do*. Paris, PISA, OECD Publishing, <https://doi.org/10.1787/5f07c754-en>
- Passolunghi, M.C., Mammarella, I.C. y Altoe, G. (2008). Cognitive abilities as precursors of the early acquisition of mathematical skills during first through second grades. *Developmental Neuropsychology*, 33(3), 229-250.
- Piaget, J. y Inhelder, B. (1971). *El Desarrollo de las cantidades en el niño*. Barcelona: Nova Terra.
- Quintanar, L. y sólovieva, Yu. (2020). Importancia de la teoría de la actividad. En: V. Covarrubias Salvatori (Ed.), *Bases para la introducción y el desarrollo del pensamiento científico en la niñez y la preadolescencia* (pp. 111-172). Puebla: CONCYTEP.
- Rosas, Yo. y sólovieva, Yu. (2018). Organización de la enseñanza de la solución de problemas aritméticos: trabajo con maestros de primaria. *Obucheníye. Revista de la didáctica y Psicología Pedagógica*, 2(3), 723-739.
- Rosas, Yo. y sólovieva, Yu. (2019). Trabajo con solución de problemas matemáticos en tercer grado de primaria: análisis de dos escuelas privadas. *Ensino em Revista*, 26(2), 415-436.
- Rosas, Y., sólovieva, Yu. y Quintanar, L. (2017). La formación del concepto de número: aplicación de la metódica

- en una institución mexicana. En: N. Talizina, Yu. sólovia, y L. Quintanar (Eds.), *Enseñanza de las matemáticas desde la teoría de la actividad* (pp. 107-128). México: CEIDE.
- Salmina, N.G. (2017). La enseñanza de las matemáticas en la escuela primaria. En: N. Talizina, Yu. sólovia, y L. Quintanar (Eds.), *Enseñanza de las matemáticas desde la teoría de la actividad* (pp. 23-68). México: CEIDE.
- Salmina, N.G. (2013a). Indicadores de preparación de niños para la escuela. En: Yu. sólovia y L. Quintanar (Eds.), *Antología del desarrollo en la edad preescolar* (pp. 67-74). México: Trillas.
- Salmina, N.G. (2013b). La función semiótica y el desarrollo intelectual. En: Yu. sólovia y L. Quintanar (Eds.), *Antología del desarrollo en la edad preescolar* (pp. 75-86). México: Trillas.
- Salmina, N.G. y Filimonova, O.G. (2016). *Problemas en el aprendizaje de las matemáticas básicas y su corrección*. México: Instituto universitario de estudios avanzados.
- Schuchardt, K. y Maehler, C. (2010). Do dyscalculia subgroups differ in their working memory, basic arithmetical knowledge and numerical competencies? *Zeitschrift Fur Entwicklungspsychologie Und Padagogische Psychologie*, 42(4), 217-225.
- sólovia, Yu. (2016). *Enseñanza del lenguaje escrito*. México: Trillas.
- sólovia, Yu. y Gonzales, C. (2017). Case study of play activity in preschool classroom. In: T. Bruce, p. Hakarainen y M. Bredikyte (Eds), *The Routledge International Handbook of Early Childhood Play* (pp. 108-124). London: Taylor y Francis.
- sólovia, Yu. y Quintanar, L. (2016). *Actividad de juego en la edad preescolar*. México: Trillas.
- sólovia, Yu. y Quintanar, L. (2017). Organization of playing activity at preschool age. In: T. Bruce, p. Hakarainen y M. Bredikyte (Eds), *The Routledge International Handbook of Early Childhood Play* (pp. 340-354). London: Taylor y Francis.
- sólovia, Yu. y Quintanar, L. (2019). Playing activity with orientation as a Method for Preschool Development. *Psychological Educational Studies*, 11(4), 49-66.
- Talizina, N.F. (1984). *Proceso de dirección de asimilación de conocimientos*. Moscú: Universidad Estatal de Moscú.
- Talizina, N.F. (2018). *La teoría de la enseñanza-aprendizaje de acuerdo con la concepción de la actividad*. Moscú: Universidad Estatal de Moscú.
- Talizina, N.F. (2019). *La teoría de la actividad aplicada a la enseñanza*. México: Universidad Autónoma de Puebla.
- Talizina, N., sólovia, Yu. y Quintanar, L. (2017). *Enseñanza de las matemáticas desde la teoría de la actividad*. México: CEIDE.
- Vigotsky, L.S. (1982). *Obras escogidas*. Vol. II. *Pensamiento y lenguaje*. Moscú: Pedagogía.
- Vigotsky, L.S. (1984). *Obras escogidas*. Vol. IV. Moscú: Pedagogía.

Reseña autores

Yulia Solovieva

Miembro del Sistema Nacional de Investigadores (Nivel 2); doctora en Ciencias Psicológicas por la Universidad Estatal de Moscú, Coordinadora y Profesor-Investigador de la Facultad de Psicología de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla y de la Universidad Autónoma de Tlaxcala, Doctor Honoris Causa por la Universidad Nacional del Perú (Universidad de Huánuco), Asesor de Doctorado Interinstitucional en Ciencias de Educación de la Universidad Iberoamericana. Es autora de libros y artículos dedicados a temáticas de la psicología y neuropsicología histórico-cultural, innovación educativa y desarrollo del niño por edades. Actualmente es miembro del Consejo Técnico de CONCYTEP, colaborador de proyectos de CONCYTEP y evaluadora CONCYTEP. Es miembro de la sociedad internacional de neuropsicología SLAN e ISLAN y editora invitada de varias revistas internacionales. e-mail: aveivolosaily@gmail.com

Luis Quintanar Rojas

Miembro del Sistema Nacional de Investigadores (Nivel 2); doctor en Ciencias Psicológicas por la Universidad Estatal de Moscú, Fundador y Profesor-Investigador de la Maestría en Diagnóstico y Rehabilitación Neuropsicológica de la Facultad de Psicología de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla; profesor-investigador de la Universidad Autónoma de Tlaxcala; Doctor Honoris Causa por la Universidad Nacional del Perú (Universidad de Huánuco). Es autor de libros y artículos sobre la evaluación y la rehabilitación neuropsicológica de niños y adultos, así como de la psicología educativa histórico-cultural. Actualmente es miembro del Consejo Técnico de CONCYTEP y colaborador de proyectos de esta misma institución. Es miembro de la sociedad internacional de neuropsicología SLAN e ISLAN y editor invitado de varias revistas internacionales. e-mail: ranatniuuq@icloud.com



CIENCIA EN MINIATURA: LA IMPORTANCIA DE LA TECNOLOGÍA DE MICROCHIPS EN LA DIFUSIÓN Y EDUCACIÓN INTERDISCIPLINARIA

Miguel Ángel Olmedo Suárez, Pamela Vázquez Vergara, Karla María Rubio Nava

“Nunca pienso en el futuro. Ya llega suficientemente pronto”

- Albert Einstein -

Introducción

Los dispositivos *Lab-on-a-chip* (LoC) son un sistema de laboratorio miniaturizado, automatizado y generalmente portátil usado en áreas del quehacer humano como la salud, farmacéutica y ciencias químico-biológicas. A pesar de que diferentes áreas de la ciencia y de la industria, como la industria alimentaria, los análisis clínicos y biomédicos, ciencias genómicas, monitoreo ambiental, etc., están siendo beneficiadas por el uso de los micro-laboratorios y a su cada vez mayor facilidad para su fabricación, su uso en temas de enseñanza o difusión de las ciencias de manera formal e informal es muy reducido, a pesar de que esta ciencia y tecnología está entrando a su cuarta década. La causa puede

ser que las instalaciones para la fabricación de estos sistemas son cuartos limpios y especializados, además de una serie de maquinaria especializada, lo cual supone un mayor costo.

Otro aspecto a tomar en cuenta es que los fenómenos físicos dominantes en los microsistemas no corresponden a lo que observamos en sistemas macroscópicos. Por ejemplo, las microgotas de rocío estáticas y esféricas sobre las hojas de algunas plantas o los mosquitos caminando sobre el agua. Otro ejemplo es la mayor área de superficie por unidad de volumen en los microcanales, con lo cual en el cultivo celular se mimetizan mejor las condiciones fisiológicas de un organismo.

Es por ello que ambos problemas representan áreas de oportunidad en el campo de las ciencias aplicadas. Se han desarrollado métodos de fabricación que no requieren de cuartos especializados, empleando maquinaria y materias primas más accesibles, como las máquinas CNC y acrílico. En cuanto al segundo punto, es un reto abstraer la serie de procesos, químicos, físicos y biológicos que conviven en un único microsistema, pero gracias a la interdisciplinariedad, se puede encontrar una forma eficaz para explicarlo. Los microsistemas permiten integrar y resumir conceptos científicos de una forma novedosa y atractiva. Todas estas ventajas pueden permitir una mayor accesibilidad al conocimiento científico para personas de bajos recursos o personas sin acceso a la educación, con un enfoque sustentable y versatilidad, que permitiría despertar el interés hacia el aprendizaje de las ciencias.

En este capítulo se presenta a la microfluídica como la base científica para el desarrollo del concepto de laboratorios de “bolsillo” o *Lab-on-a-chip*, sus aplicaciones y usos actuales. Se describirán las posibles aplicaciones en la enseñanza de las ciencias como el micro mezclado, el cultivo celular y su potencial como herramienta para desarrollo de pruebas diagnósticas basadas en ciencias “ómicas”, que están en constante evolución.

¿Qué es un laboratorio en chip?

En su afán de mejorar la calidad de vida, el hombre ha descubierto que ciertos procesos de la naturaleza humana pueden ser manipulados con el uso de tecnología (León-Torres & Torrealba-Anzola, 2011). Desde la invención de los circuitos integrados hasta nuestros días, el hombre ha querido ir hacia la conversión en miniatura utilizando un conjunto de teorías y de técnicas para el desarrollo de dispositivos a escalas nanométricas que operen a nivel atómico y molecular (Durán, Ramirez, & Zehe, 2003; León-Torres & Torrealba-Anzola, 2011). Bajo este pensamiento se concibió la posibilidad de crear laboratorios miniaturizados para realizar procedimientos de laboratorio en entornos tan pequeños como la palma de su mano. Así fue como surgió el concepto de “laboratorio en chip”.

Un laboratorio en chip (del inglés *Lab-on-a-chip*, LoC) es un sistema miniaturizado que integra en un dispositivo uno o varios análisis que generalmente se realizan en un laboratorio. Las principales investigaciones sobre estos dispositivos se centran en aplicaciones médicas para el diagnóstico y

tratamiento de diferentes enfermedades, así como en los análisis de ADN. Sin embargo, el uso de los microdispositivos puede llegar a tener más alcances (Juarez-Jimenez, 2018). La miniaturización de las operaciones bioquímicas que normalmente se realizan en un laboratorio tiene numerosas ventajas, como la rentabilidad, la paralelización, la ergonomía, la velocidad de diagnóstico y la sensibilidad (Velve, 2020). El objetivo de estos sistemas miniaturizados o sistemas de análisis de microfluidos es automatizar los procesos de laboratorio estándar en un formato miniaturizado tal y como se observa en la Figura 1.

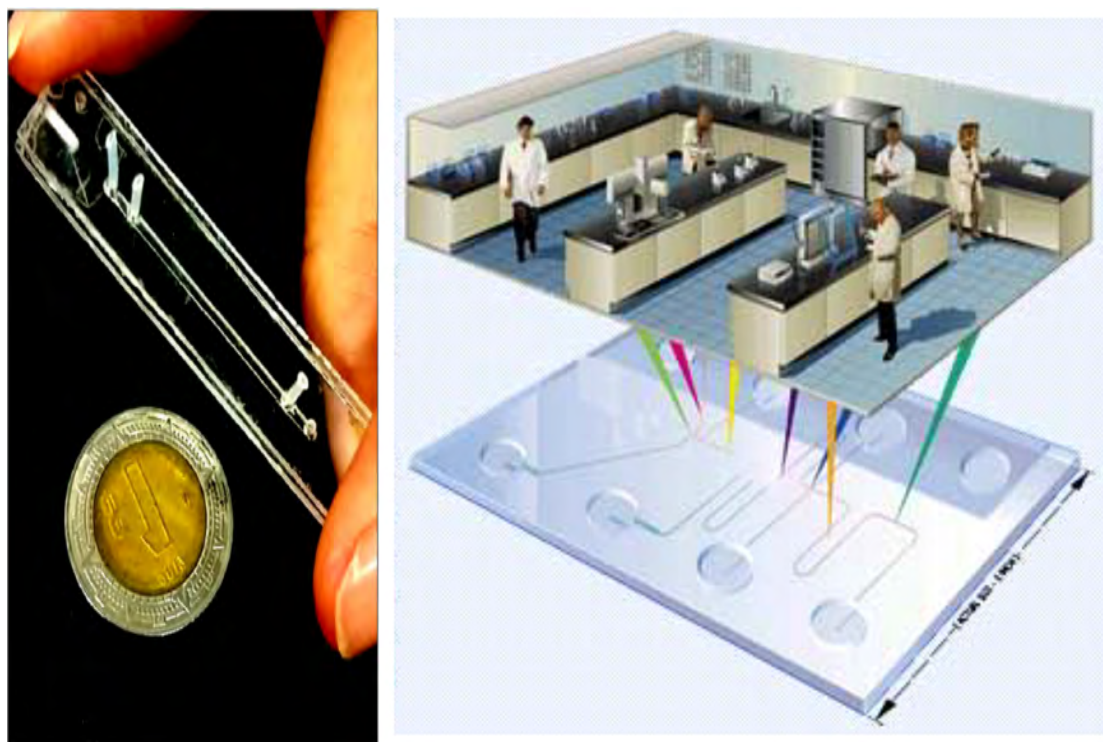


Figura 1. (A) Ilustración esquemática de la traducción de las principales operaciones de los laboratorios convencionales en los LOC (Imagen tomada de Luttge, 2011). (B) Ejemplo de un dispositivo de microfluídica de un solo canal (Tomado de Vazquez-Vergara et al., 2021)

El surgimiento del campo del laboratorio en un chip se basa principalmente en dos tecnologías centrales: la microfluídica y la biología molecular (Velve, 2020). De acuerdo con George Whitesides, una de las personalidades más importantes en este campo, la microfluídica representa “la ciencia y la tecnología de los sistemas que procesan o manipulan pequeñas cantidades de fluidos, utilizando canales con dimensiones de decenas a cientos de micrómetros” (Niculescu et al., 2021; Whitesides, 2006). La microfluídica evolucionó a partir de la convergencia de tecnologías y principios de varios

dominios preexistentes, como la química, la física, la biología, la ciencia de los materiales, la dinámica de fluidos y la microelectrónica (Niculescu *et al.*, 2021).

¿Cómo se fabrican los dispositivos *Lab-on-a-chip*?

Gran parte del trabajo en el campo de la microfluídica y los *Lab-on-a-chip* se realizó utilizando la técnica de litografía suave introducida por Whitesides en 1998 (Gale *et al.*, 2018; Xia & Whitesides, 1998). Los métodos basados en litografía suave se han implementado en polímeros elásticos como polidimetilsiloxano (PDMS). Actualmente, existen una amplia gama de técnicas que permiten fabricar microdispositivos que incluyen laminado de polímeros, diversas tecnologías de moldeo de polímeros y desarrollos recientes en nanofabricación (Gale *et al.*, 2018). La impresión 3D, también conocida como tecnología de fabricación aditiva, ha traído ventajas considerables en la producción de chips (Yazdi *et al.*, 2016). El micromaquinado (*micromilling*) es un método de fabricación flexible, de bajo costo y rápido (Guckenberger *et al.*, 2015; Liu *et al.*, 2020) que permite crear microcanales del orden de los micrómetros usando una máquina de grabado controlada por computadora (CNC) en materiales de bajo costo como el acrílico (Figura 2A-C).

Con la gran diversidad de técnicas de fabricación de dispositivos el potencial de avances en el campo de la microfluídica aumenta abruptamente, aportando nuevas perspectivas al sector académico e industrial (Niculescu *et al.*, 2021).

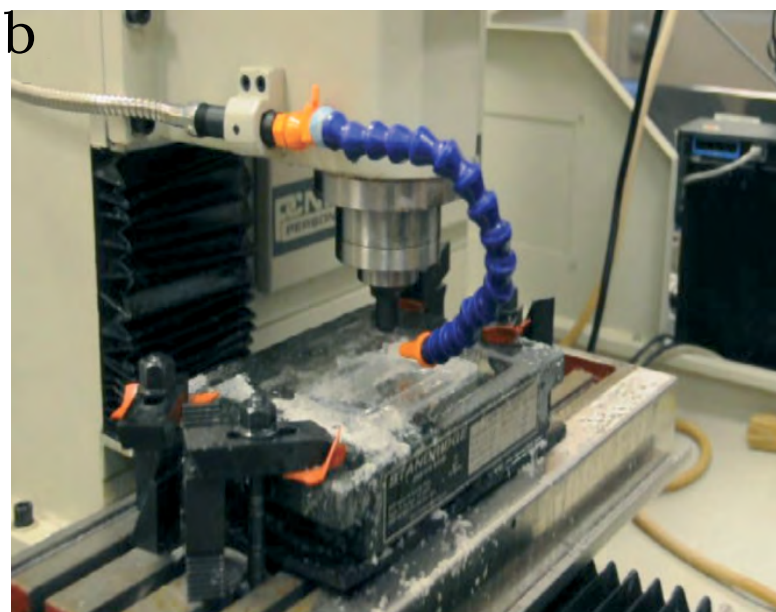
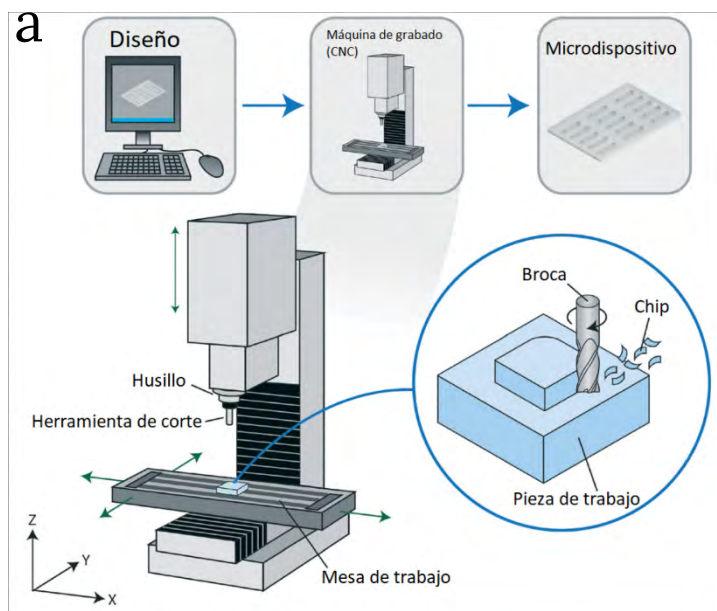


Figura 2. (A) Esquema del proceso de fabricación de microdispositivos en una máquina CNC a partir de diseños asistidos por computadora (CAD). (B) Fotografía que muestra una máquina CNC en funcionamiento. (C) Fotografía de un dispositivo de acrílico que contiene grabado una variedad de geometrías y tamaños. Tomado de Guckenberger et al., 2015

Algunas aplicaciones de los microlaboratorios en investigación científica

Originalmente, la tecnología de *Lab-on-a-Chip* se centró en dispositivos analíticos y estableció conceptos como el análisis por inyección en flujo (FIA) en microchips. A lo largo de la última década, sin embargo, ha surgido una revolución en las ciencias de la vida. Estos se han dirigido a una amplia gama de reacciones bioquímicas en cultivos celulares y dispositivos de diagnóstico clínico, por ejemplo, para el tratamiento del cáncer. El impulsor de esto es el surgimiento de la genética como un campo médico, donde se requiere de herramientas con mayor capacidad analítica que permitan un mayor progreso experimental (Luttge, 2011).

Otra de las áreas directas de aplicación de *Lab-on-a-Chip* surge de la necesidad de enfocar las técnicas existentes a modelos experimentales más cercanos al microambiente fisiológico de células y tejidos humanos. Esta área se denomina epigenética y se refiere al estudio de los mecanismos (muchas veces resumidos como vías bioquímicas) que permiten o inhiben la expresión del código genético sin cambiar la secuencia del ADN subyacente de un individuo. A diferencia de las mutaciones genéticas, los cambios epigenéticos son reversibles y responden a las influencias ambientales, lo cual es indicativo del impacto que su estudio representa en microlaboratorios.

Las alteraciones epigenéticas son un factor común en diferentes subtipos de cáncer en seres humanos. Los marcadores epigenéticos de manera individual o como “firma epigenética” están comenzando a incorporarse a nivel clínico. Sin embargo, el uso traslacional de estos biomarcadores no ha sido validado a nivel “ómico”. La ómica es un neologismo proveniente del inglés que se utiliza como sufijo para referirse al estudio de la totalidad o del conjunto de biomoléculas como proteínas (proteómica), genes (genómica) o metabolitos (metabolómica).

El cultivo celular es el resultado de una colección de técnicas para el aislamiento y mantenimiento de células en condiciones estándar de laboratorio. Es un área de la biotecnología que en la actualidad avanza a pasos agigantados debido a su gran campo de acción en las ciencias de la vida, como la farmacología, genética, toxicología; así como en diagnóstico médico, monitoreo ambiental, entre otros (Freshney, 2010; Olmedo-Suárez, 2020). Por otra parte, desde su introducción en 1912, los métodos para el cultivo de células *in vitro* no han cambiado significativamente (Mehling & Tay, 2014).

Dado que el cultivo celular convencional aun no está lo suficientemente avanzado en su técnica, se dificulta relacionar las células cultivadas *in vitro* con las células funcionales ubicadas en el tejido del cual son derivadas dado que en la mayoría de los casos presentan propiedades muy diferentes (Olmedo-Suárez, 2020). Gracias a la microfluídica y a los LoC se han desarrollado sistemas de cultivo de células tan complejos como el órgano en un chip (*Organ-on-a-chip*, OOAC), proyecto seleccionado como una de las “Diez mejores tecnologías emergentes” en el Foro Económico Mundial (Wu *et al.*, 2020). Un OOAC se refiere a un sistema biomimético de órganos construido en un chip (Wu *et al.*, 2020).

Mediante una combinación de biología celular, ingeniería y tecnología de biomateriales, el microchip simula el microambiente fisiológico del órgano

en términos de interfaces de tejidos y estimulación mecánica (Figura 3A,B). Esto refleja las características estructurales y funcionales del tejido humano y puede predecir la respuesta a una serie de estímulos, incluidas las respuestas a los fármacos y efectos ambientales (Wu *et al.*, 2020). Por ejemplo, recientemente un modelo de tejido epitelial en chip de vía aérea bronquial (*bronchial-airway epithelium-on-chip*) se utilizó como modelo biomimético de pulmón para la búsqueda de potenciales fármacos contra el SARS-CoV-2 (Si *et al.*, 2021). Por otro lado, se han desarrollado dispositivos autónomos y portátiles de cultivo celular endotelial con control de oxígeno. Esto permitió establecer por primera vez un sistema portátil de cultivo 3D, además de mimetizar procesos de angiogénesis (la formación de vasos sanguíneos) inducida por hipoxia (Olmedo-Suárez, Sekiguchi, Takano, Cañizares-Macías, & Futai, 2020) (Olmedo-Suárez *et al.*, 2020) (Figura 3C)

Por último, la microfluídica encuentra aplicaciones en otros campos de la ciencia: incluida la química analítica (Gómez-Hens & Fernández-Romero, 2017), la generación de energía e intercambiadores de calor (Safdar, Jänis, & Sánchez, 2016), el monitoreo ambiental (Wang, Yu, & Xie, 2020), preparación de nanopartículas y encapsulación de fármacos (Niculescu *et al.*, 2021). Los estudios dirigidos a la separación y análisis de una sola célula o *single-cell analysis* (Heath, Ribas, & Mischel, 2016), la secuenciación de genes de siguiente generación (Gawad, Koh, & Quake, 2016) y el diagnóstico de punto de cuidado o *point of care* (Vashist, Lippa, Yeo, Ozcan, & Luong, 2015) han sido más accesibles debido a la microfluídica.

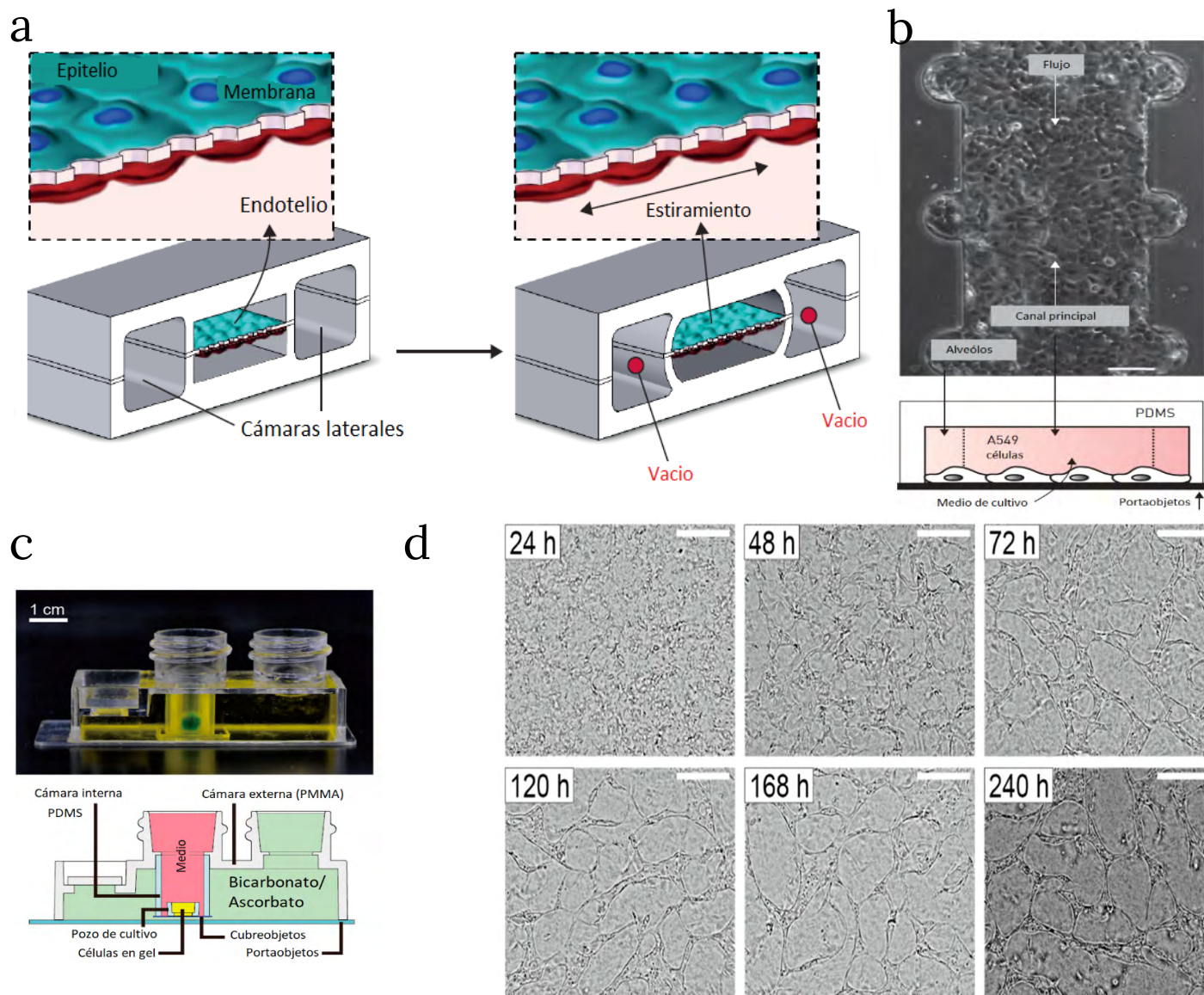


Figura 3. Sistemas de cultivo de *Organ-on-a-chip*. (A1) Representación esquemática de la sección transversal del modelo de pulmón en chip que contiene dos compartimentos de poli (dimetilsiloxano) (PDMS) separados por una fina membrana porosa y rodeados por dos cámaras de vacío. El compartimento superior "aire" está revestido por células epiteliales humanas; el compartimento "líquido" inferior se cultiva con células endoteliales humanas; (A2) se puede aplicar vacío para estirar cíclicamente la barrera epitelial-endotelial diseñada por microingeniería y para imitar los movimientos respiratorios fisiológicos. (B) Canal microfluídico alveolado revestido con cavidades cilíndricas colocadas regularmente que replican la morfología acinar *in vivo*. Barra de escala = 100 μm . Modificado de Gkatzis *et al.*, 2018. (C1) Dispositivo portátil para el desarrollo de vasos sanguíneos bajo concentraciones controladas de oxígeno y dióxido de carbono. El dispositivo consta de dos reservorios: el reservorio interior donde se cultivan las células dentro de un hidrogel de fibrina-colágeno, y el depósito exterior hecho de polimetilmetacrilato (PMMA) para introducir disoluciones amortiguadoras de bicarbonato / ascorbato. Estos depósitos están divididos por una pared tubular hecha de poli (dimetilsiloxano) (PDMS), donde se produce el intercambio de gases (O_2 y CO_2) y humedad; (C2) Desarrollo de redes vasculares de células endoteliales de la vena umbilical humana (HUVEC) formadas dentro del dispositivo bajo normoxia durante 240 h. Barra de escala = 150 μm . Tomado de Olmedo-Suarez *et al.*, 2020

El problema de la divulgación científica y las desigualdades sociales. Importancia de una sociedad del conocimiento

Una sociedad del conocimiento destaca por las nuevas formas de producir conocimiento. Para ello cobran importancia los procesos educativos y formativos en una sociedad. Una sociedad bien educada se requiere para competir y tener éxito frente a los cambios sociales, económicos y tecnológicos del mundo moderno, aquella que sea capaz de impulsar el desarrollo sustentable (García Sánchez & Godínez Alarcón, 2015). Hoy en día, el conocimiento debe ser formado y difundido en beneficio de la humanidad entera, por ello, la evolución actual de la sociedad del conocimiento va aparejada a un conjunto de desigualdades y conflictos sociales e interculturales, de tal suerte que las habilidades de una sociedad del conocimiento solo podrán contribuir al desarrollo humano sostenible si se da seguimiento y cumplen condiciones mínimas de equidad (García Sánchez & Godínez Alarcón, 2015).

La importancia de las herramientas e instrumentos en el desarrollo de nuevas tecnologías y del conocimiento científico ha sido reconocida desde hace mucho tiempo (Galison, 1997; Latour & Woolgar, 1986; Mody & Lynch, 2009; Olsen, 2010). Además de jugar un papel importante en la innovación (von Hippel, 1988), también se ha sugerido que los instrumentos científicos son un vehículo para la difusión del conocimiento tecnológico (Fujimura, 1992; Olsen, 2010). En ese sentido, la microfluídica y los LoC tienen potencial como instrumento científico para la generación y divulgación del conocimiento a las nuevas generaciones. Aunado al hecho de que existe una desigualdad en el acceso al aprendizaje. No hay suficiente literatura sobre la inclusión de la microfluídica en el aula o en la difusión de las ciencias (Rackus, Riedel-Kruse, & Pamme, 2019).

En los estudios sobre desigualdad económica existe una corriente que la analiza en conjunto con la desigualdad educativa. Los datos disponibles en investigaciones, incluyendo los informes del Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación (INEE) de 2014, sugieren que el sistema educativo mexicano está permeado por una dinámica que estratifica el acceso al aprendizaje, lo cual reproduce desigualdades (Tapia & Valenti, 2016).

La estratificación o desigualdad de los aprendizajes permite predecir que, en general, los alumnos de cursos comunitarios y de primarias indígenas

tenderán a obtener resultados por debajo de sus pares en primarias públicas y privadas solo por el hecho de frecuentar un centro educativo dentro de aquellas modalidades. La desigual distribución de los aprendizajes entre escuelas y alumnos de distintos estratos sociales resulta un hecho relevante en la encomienda de cerrar las desigualdades sociales y económicas en el país (Tapia & Valenti, 2016).

La disminución de la desigualdad con base en políticas sociales específicas no es sustentable a el largo plazo, más allá de su importancia crucial en el corto y mediano plazo. Las políticas sociales deben también fortalecer las capacidades para innovación, integrando las nuevas tecnologías a la vida cotidiana; en consecuencia, se podrán resolver los problemas más apremiantes de la población haciendo el mejor uso posible del conocimiento. A este proceso se le denomina igualdad pro-activa (Sutz, 2010). Las potenciales ventajas de los LoC en la enseñanza de las ciencias, además de ser innovadores, tienen el potencial para fomentar la curiosidad científica. Además, los LoC podrán reducir la infraestructura necesaria para hacer experimentos de laboratorio, siendo adecuado en comunidades de escasos recursos.

Desde principios de los años ochenta y a nivel mundial, el interés de los jóvenes entró en declive en lo referente al estudio de las ciencias exactas, como matemáticas, física y química (Rocard, Csermely, Jorde, Walberg-Henriksson, & Hemmo, 2007). El fenómeno se prolongó después a lo largo de la década de los noventa hasta involucrar a todos los países industrializados, con clara acentuación en países en vías de desarrollo. A tal desinterés se agregan los retos intrínsecos que suponen el rápido crecimiento de nuevas áreas, como la Biotecnología y la Biomedicina, las cuales proveen bases fundamentales de conocimiento para todas las demás disciplinas científicas o relacionadas con el cuidado de la salud.

Actualmente se ha identificado esta falla en el sistema educativo y se buscan nuevas estrategias que impulsen el interés de los estudiantes de nivel básico y medio por estas áreas emergentes. Además, la estratificación del acceso al aprendizaje puede resultar una limitante en la incorporación de tecnologías emergentes para el aprendizaje o divulgación de las ciencias.

Por otro lado, en los últimos años se ha registrado un movimiento que sostiene que es relevante y necesario incluir la dimensión de género (mayor participación de las mujeres) en el desarrollo de las investigaciones de toda índole (Foro Consultivo Científico y Tecnológico, 2019). Sin embargo, una de las razones de la baja representación de las mujeres en ciencia, tecnología,

ingeniería y matemáticas es la falta de experiencias positivas desde la infancia, además de una presión cultural para ajustarse a los roles tradicionales de género (Blickenstaff, 2005; Oliveros-Ruiz *et al.*, 2016). Los LoC favorecen un aprendizaje interdisciplinario gracias a su potencial para despertar la creatividad y curiosidad en la ciencia, por lo tanto, puede generar experiencias positivas en mujeres desde edades tempranas promoviendo una mayor inclusión de ellas en la ciencia.

En el reporte del Primer Encuentro Nacional de Jóvenes en la Ingeniería en noviembre de 2015 (Academia de Ingeniería México, 2015) en relación con la presencia de las mujeres en ingeniería, se señaló que todavía hay discriminación de género, y que ello limita las oportunidades en el mercado laboral (Oliveros-Ruiz *et al.*, 2016). Una mayor accesibilidad o inclusión de nuevas tecnologías basadas en micro-ingeniería buscará romper de una vez por todas con esta situación.

En este capítulo hemos explicado algunas bases de la tecnología LoC para proponerlo como un material educativo específico. La verdadera capacidad de los dispositivos LoC para promover una sociedad más igualitaria radica en el hecho de romper con la barrera del acceso a las tecnologías de punta, no solo en el entorno escolar, incluso en el sanitario.

La portabilidad y miniaturización de los LoC facilita el muestreo masivo de refugiados en las fronteras, donde asegurar el control de enfermedades promueve la inclusión y el derecho a la salud. Por ejemplo, se ha probado el uso de estos sistemas LoC para detectar VIH y sífilis en pacientes de clínicas comunitarias en Ruanda (Balagaddé, 2014; Stevens *et al.*, 2021). Sin embargo, aun falta más investigación por realizar. Incluso, en el futuro, tener un LoC con la capacidad de detectar secuencias genéticas entre individuos nos mostrará las similitudes, en vez de las diferencias. No obstante, para llegar a ello se requiere que los estudiantes más jóvenes se interesen en la ciencia y en el desarrollo de esta tecnología. Para ello se requiere favorecer una orientación estratégica enfocada a la inclusión de los LoC en los sistemas de educación.

Orientación estratégica de los *Lab-on-a-chip* para la divulgación de la ciencia en un contexto de derechos humanos y desarrollo sostenible

Los LoC se han descrito como herramientas para mediar el aprendizaje interdisciplinario en el laboratorio de investigación (Olsen, 2010), y no hay ninguna razón por la que esto no se extienda, por lo cual, se puede implementar en la divulgación de las ciencias. La enseñanza interdisciplinaria es importante para preparar a los estudiantes para el mundo más allá del aula, ya que el mundo es intrínsecamente interdisciplinario y, por lo tanto, la enseñanza interdisciplinaria tiene el potencial de brindar una oportunidad para experiencias de aprendizaje auténticas (Lattuca, Voight, & Fath, 2004; Rackus *et al.*, 2019). Debido a su naturaleza multidisciplinaria (es decir, combinar los campos de biología, química, física e ingeniería), la microfluídica ofrece un gran potencial para aplicaciones educativas, tanto en el nivel universitario como en la educación primaria y secundaria (Rackus *et al.*, 2019).

Algo potencialmente crítico en las estadísticas educativas globales es la cuestión de género, lo cual debe tratarse con atención en las estrategias sugeridas. El porcentaje de mujeres graduadas en áreas de ciencia y tecnología no ha cambiado en las últimas décadas y permanece significativamente por debajo de la de los hombres (Arredondo Trapero, Vázquez Parra, & Velázquez Sánchez, 2019). Entre las razones que mantienen a las mujeres alejadas de las ciencias exactas están la herencia cultural, el contexto social, el miedo a afrontar carreras profesionales dominadas por los hombres, sobre todo en los más altos niveles. Aunado a ello, la complejidad de esta situación se acentúa en las minorías étnicas y los inmigrantes.

Además, la microfluídica es netamente experimental y puede favorecer la creatividad de los estudiantes, sin importar su origen socioeconómico, ni cultural, y mucho menos su género. El elemento clave que subyace a esta propuesta de innovación en la enseñanza de las ciencias es el enfoque empírico para que los estudiantes participen en observaciones directas de fenómenos biológicos miniaturizados como un proceso rutinario incluido en el método científico. En consecuencia, se podrá atraer a los estudiantes a la ciencia con un método de aprendizaje estructurado y se refute las visiones populares de la ciencia como hechos aislados. Existen diversas actividades prácticas basadas en chips que los estudiantes pueden realizar, las cuales fomentan el aprendizaje basado en la investigación (*inquiry-based learning*),

lo que permite a los alumnos participar en la toma de decisiones de la misma manera que los expertos en el campo (Pedaste *et al.*, 2015; Rackus *et al.*, 2019).

La naturaleza práctica también hace que la microfluídica sea una herramienta atractiva para la divulgación científica ya que se puede demostrar su eficiencia con actividades visuales prácticas que involucran objetos cotidianos como ladrillos tipo LEGO® (Owens & Hart, 2018), objetos artesanales (Jimenez & Bridle, 2015) y productos alimenticios o colorantes alimentarios (Esfahani *et al.*, 2016), los cuales ayudan a involucrar al público y audiencia.

Uno de estos trabajos de divulgación fue el presentado por Jimenez y Bridle en 2015, en el cual introdujeron el concepto de sistemas de microfluídica basados en separación magnética y sensores piezoeléctricos para aislar y detectar bacterias patógenas en agua potable, demostrando la potencial aplicación de estos sistemas en posibles investigaciones dirigida a temas de relevancia en el futuro como la resistencia a antibióticos.

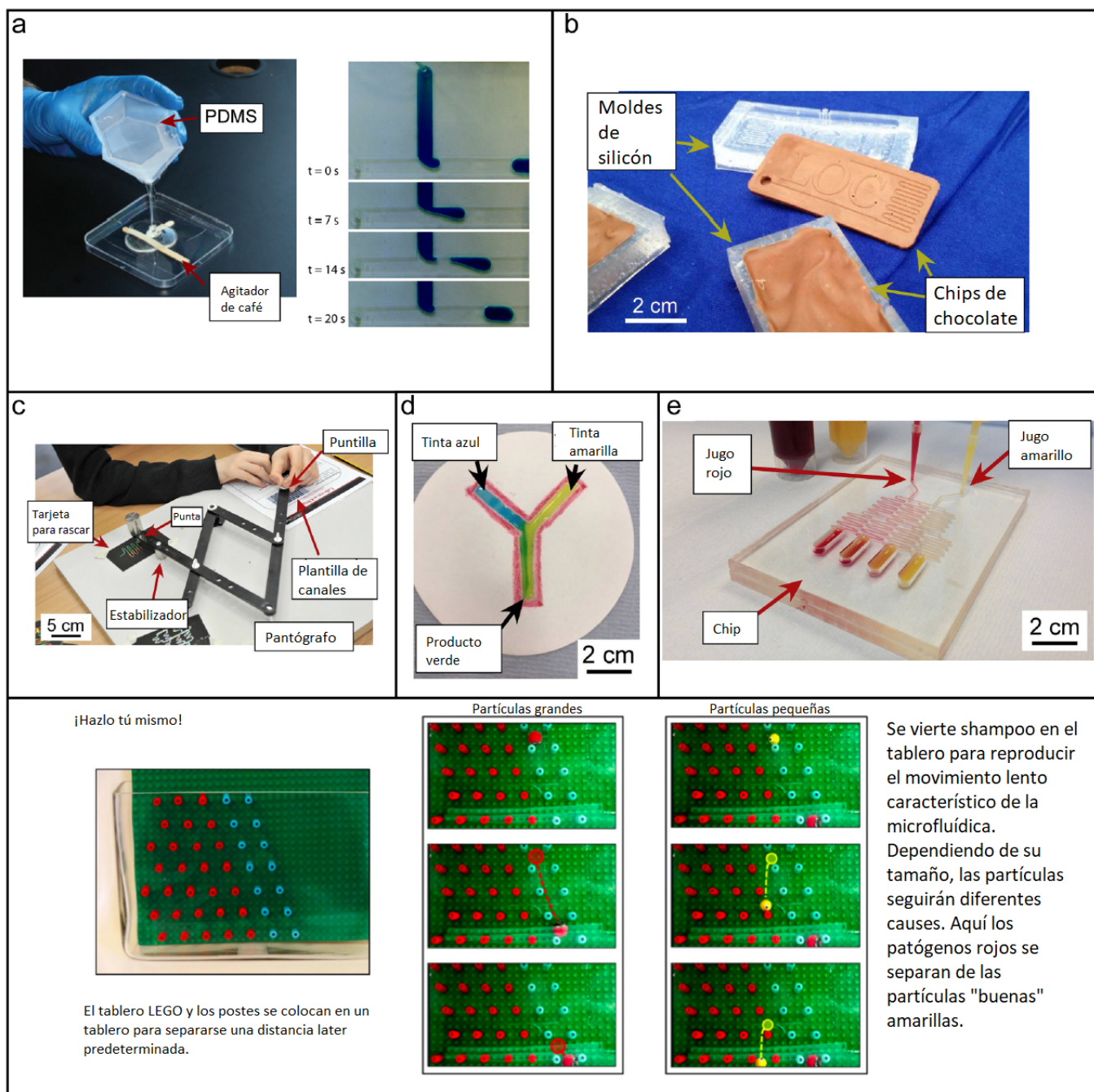


Figura 4. Actividades de divulgación científica empleando microfluídica. (a). Generador de microgotas hecho de agitadores para café y PDMS (izquierda), Fotografía de la generación de gotas usando el chip (derecha). (b) Chips de chocolate formados a partir de moldes de silicona para demostrar los principios del moldeo por inyección. (c) Un pantógrafo imita una máquina CNC. El lápiz traza las plantillas de los canales y la punta traza el patrón en una tarjeta (scratch card). (d) Dispositivo fluídico de papel simple para mezclar tintes azules y amarillos hechos con papel de filtro y crayones de cera. (e) Demostración del flujo laminar, la difusión y mezclado con un chip de gradiente y jugos de color rojo y amarillo. (f) Dispositivo compuesto por una tabla LEGO, alfileres y champú. Tal configuración puede demostrar la separación de partículas grandes y pequeñas. Modificado de Rackus *et al.*, 2019

Necesidad de un aprendizaje multidisciplinario para la resolución de los problemas a futuro: Reflexiones finales

A pesar de los numerosos proyectos y acciones que se están implementando para revertir la tendencia preocupante de bajo ingreso de los estudiantes de nivel superior a carreras relacionadas con biotecnología y biomedicina, la mejora está lejos de ser satisfactoria. Sin acciones más interdisciplinarias, la capacidad de innovación a largo plazo de muchos países en vías de desarrollo y la calidad de su investigación también podrían declinar considerablemente. Además, entre la población en general, la adquisición de habilidades se vuelve imprescindible para ejercer profesiones en donde se ve aplicada la ciencia.

La tecnología de LoC ha experimentado un crecimiento en los últimos años con aplicaciones que incluyen el diagnóstico de enfermedades infecciosas, dispositivos de diagnóstico portátiles y detección de analitos (Stevens *et al.*, 2021). Esto abre un panorama a la medicina traslacional o de precisión que considera a los marcadores bioquímicos como indicativos del riesgo o la progresión de la enfermedad con el fin de diseñar una estrategia de prevención o tratamiento optimizada para cada paciente (Cardon & Harris, 2016; Xu *et al.*, 2020).

Para personalizar la atención médica se deben tomar en cuenta factores genéticos fundamentales, factores ambientales y de estilo de vida. Sin embargo, la identificación de biomarcadores epigenéticos robustos y su traducción a pruebas clínicas ha sido difícil debido en parte a las limitaciones de las plataformas disponibles para detectar características epigenéticas en todo el genoma (ensayos epigenómicos) (Xu *et al.*, 2020).

Cuando el análisis rápido y confiable de los epigenomas de los pacientes se convierta en una rutina clínica, la comprensión mejorada disponible ofrecerá información sobre la combinación única de marcas epigenómicas que desempeñan un papel crucial en las vías de la enfermedad en pacientes individuales. Tecnologías de LoC permitan un mayor acercamiento o accesibilidad de estos potenciales análisis. Por ello, se deben promover colaboraciones multidisciplinarias desde las regulaciones gubernamentales de otorgamiento de subsidios a proyectos de prioridad social. Difundir la microfluídica a las nuevas generaciones de estudiantes no solo es importante para promover este campo de estudio, sino que también ayudará a preparar la próxima

generación de científicos e ingenieros que utilizarán esta tecnología para resolver desafíos en temas de salud, de biología y de medio ambiente (Rackus et al., 2019).

Por último, las técnicas utilizadas en laboratorios solo han sido accesibles para investigadores o técnicos equipados con la infraestructura exclusiva para realizar experimentos científicos. Sin embargo, la ciencia es demasiado recreativa para limitarla a un único espacio. El objetivo debería ser transformar los procedimientos científicos en un dispositivo o juego de mano que logre revolucionar la percepción actual de la ciencia.

Referencias

- Arredondo Trapero, F. G., Vázquez Parra, J. C., & Velázquez Sánchez, L. M. (2019). STEM y Brecha de Género en Latinoamérica. *Revista de El Colegio de San Luis*, 9(18), 137. <https://doi.org/10.21696/rcsl9182019947>
- Balagaddé, F. (2014). "Where the chips fall – lab-on-chip diagnostic." Retrieved from <http://www.medicaldevice-developments.com/features/featurewhere-the-chips-fall-lab-on-chip-diagnostics-4212684>
- Blickenstaff, J. C. (2005). Women and science careers: Leaky pipeline or gender filter? *Gender and Education*, 17(4), 369–386. <https://doi.org/10.1080/09540250500145072>
- Cardon, L. R., & Harris, T. (2016). Precision medicine, genomics and drug discovery. *Human Molecular Genetics*, 25(R2), R166–R172. <https://doi.org/10.1093/hmg/ddw246>
- Durán, R., Ramirez, A., & Zehe, A. (2003). La aplicación de efectos electrocinéticos como herramienta nanobioelectrónica. *La Aplicación de Efectos Electrocinéticos Como Herramienta Nanobioelectrónica*, 1(1), 20–34.
- Esfahani, M. M. N., Tarn, M. D., Choudhury, T. A., Hewitt, L. C., Mayo, A. J., Rubin, T. A., & Pamme, N. (2016). Lab-on-a-chip workshop activities for secondary school students. *Biomicrofluidics*, 10(1). <https://doi.org/10.1063/1.4940884>
- Foro Consultivo Científico y Tecnológico, A.C. (2019). *La perspectiva de género tecnología e innovación*. https://www.foroconsultivo.org.mx/FCCyT/libros_editados/perspectiva_genero_sector_CTI_2019.pdf
- Freshney, R. I. (2010). *Culture of animal cells: a manual of basic technique and specialized applications* (6th ed.). Hoboken: John Wiley & Sons, Inc. <https://doi.org/10.1002/9780470649367>
- Fujimura, J. H. (1992). Crafting Science: Standardized Packages, Boundary Objects and "Translation." In A.

- Pickering (Ed.), *Science as Practice and Culture* (pp. 168–211). Chicago: University of Chicago Press.
- Gale, B. K., Jafek, A. R., Lambert, C. J., Goenner, B. L., Moghimifam, H., Nze, U. C., & Kamarapu, S. K. (2018). A review of current methods in microfluidic device fabrication and future commercialization prospects. *Inventions*, 3(3). <https://doi.org/10.3390/inventions3030060>
- Galison, p. (1997). Image and Logic: A Material Culture of Microphysics. In *Technology and Culture*, (40). <https://doi.org/10.1353/tech.1999.0170>
- García Sánchez, M. del R., y Godínez Alarcón, G. (2015). Sociedad del conocimiento frente a la desigualdad social. *Revista Iberoamericana de Producción Académica y Gestión Educativa*, 2(3). Retrieved from http://cenid.org.mx/ctes_2015/memorias/index.php/ctes/article/viewFile/179/170
- Gawad, C., Koh, W., & Quake, S. R. (2016). Single-cell genome sequencing: Current state of the science. *Nature Reviews Genetics*, 17(3), 175–188. <https://doi.org/10.1038/nrg.2015.16>
- Gómez-Hens, A., & Fernández-Romero, J. M. (2017). Microfluidic Systems in Analytical Chemistry. *Encyclopedia of Analytical Chemistry*, 1–20. <https://doi.org/10.1002/9780470027318.a9591>
- Guckenberger, D. J., De Groot, T. E., Wan, A. M. D., Beebe, D. J., & Young, E. W. K. (2015). Micromilling: A method for ultra-rapid prototyping of plastic microfluidic devices. *Lab on a Chip*, 15(11), 2364–2378. <https://doi.org/10.1039/c5lc00234f>
- Heath, J. R., Ribas, A., & Mischel, p. S. (2016). Single-cell analysis tools for drug discovery and development. *Nature Reviews Drug Discovery*, 15(3), 204–216. <https://doi.org/10.1038/nrd.2015.16>
- Jimenez, M., & Bridle, H. L. (2015). Angry pathogens, how to get rid of them: Introducing microfluidics for waterborne pathogen separation to children. *Lab on a Chip*, 15(4), 947–957. <https://doi.org/10.1039/c4lc00944d>
- Juarez-Jimenez, p. (2018). Dispositivo Microflídico Modular. *Lab-on-a-Chip*. (Proyecto fin de Carrera para la obtención del título de ingeniero industrial). Universidad Politécnica de Madrid.
- Latour, B., & Woolgar, S. (1986). Laboratory Life: The Construction of Scientific Facts. In *European Journal of Philosophy*, (2). Retrieved from <http://www.loc.gov/catdir/bios/ucal051/91035142.html> <http://www.loc.gov/catdir/description/ucal041/91035142.html> <http://ark.cdlib.org/ark:/13030/ft9m3nb6fh>
- Lattuca, L. R., Voight, L. J., & Fath, K. Q. (2004). Does interdisciplinarity promote learning? Theoretical support and researchable questions. *Review of Higher Education*, 28(1), 23–48. <https://doi.org/10.1353/rhe.2004.0028>
- León-Torres, E. L., & Torrealba-Anzola, F. (2011). The Lab_on_a_chip: existing applications and challenges. *Revista Digital de Investigación y Postgrado*, 1(1), 2. Retrieved from <http://aplicacionesbiblioteca.udea.edu.co:2056/servlet/articulo?codigo=3895312&info=resumen&idioma=ENG>
- Liu, X., Dong, Z., Zhao, Q., & Li, G. (2020). Optimization of micromilled channels for microfluidic applications using

- gas-blowing-assisted PDMS coating. *Microfluidics and Nanofluidics*, 24(1), 1–8.
- Luttge, R. (2011). Microfluidic Components, Devices and Integrated Lab-on-a-Chip Systems. In *Microfabrication for Industrial Applications* (pp. 1–11). <https://doi.org/10.1016/b978-0-8155-1582-1.00001-0>
- Marinho, M. L., & Quiroz, V. (2018). *Estratificación social: una propuesta metodológica multidimensional para la subregión norte de América Latina y el Caribe*. Ciudad de México: Naciones Unidas.
- Mehling, M., & Tay, S. (2014). Microfluidic cell culture. *Current Opinion in Biotechnology*, 25, 95–102. <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2013.10.005>
- Mody, C. C. M., & Lynch, M. (2009). Test objects and other epistemic things: A history of a nanoscale object. *British Journal for the History of Science*, 43(3), 423–458. <https://doi.org/10.1017/S0007087409990689>
- Niculescu, A. G., Chircov, C., Bîrcă, A. C., & Grumezescu, A. M. (2021). Fabrication and applications of microfluidic devices: A review. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(4), 1–26. <https://doi.org/10.3390/ijms22042011>
- Oliveros Ruiz, M. A., Cabrera Córdoba, E., Valdez Salas, B., & Wiener, M. S. (2016). La motivación de las mujeres por las carreras de ingeniería y tecnología. *Entreciencias*, 4(9), 89–96.
- Olmedo-Suárez, M. Á. (2020). *Desarrollo de microdispositivos para cultivo celular*. (Tesis de Doctorado9. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).
- Olmedo-Suárez, M. Á., Sekiguchi, T., Takano, A., Cañizares-Macías, M. D. P., & Futai, N. (2020). Integrated On-Chip 3D Vascular Network Culture under Hypoxia. *Micromachines*, 11(5), 475. <https://doi.org/10.3390/mi11050475>
- Olsen, D. S. (2010). “Old” Technology in New Hands: Instruments as Mediators of Interdisciplinary Learning in Microfluidics. *Spontaneous Generations: A Journal for the History and Philosophy of Science*, 4(1), 231–254. <https://doi.org/10.4245/sponge.v4i1.11942>
- Owens, C. E., & Hart, A. J. (2018). High-precision modular microfluidics by micromilling of interlocking injection-molded blocks. *Lab on a Chip*, 18(6), 890–901. <https://doi.org/10.1039/c7lc00951h>
- Pedaste, M., Mäeots, M., Siiman, L. A., de Jong, T., van Riesen, S. A. N., Kamp, E. T., & Tsourlidaki, E. (2015). Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle. *Educational Research Review*, 14, 47–61. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2015.02.003>
- Rackus, D. G., Riedel-Kruse, I. H., & Pamme, N. (2019). “Learning on a chip:” Microfluidics for formal and informal science education. *Biomicrofluidics*, 13(4). <https://doi.org/10.1063/1.5096030>
- Rocard, M., Csermely, p. , Jorde, D., Walberg-Henriksson, H., & Hemmo, V. (2007). *A Renewed Pedagogy for the Future of Europe*. Office for Official Publications of the European Communities, 29. Retrieved from http://ec.europa.eu/research/science-society/document_library/

- Safdar, M., Jänis, J., & Sánchez, S. (2016). Microfluidic fuel cells for energy generation. *Lab on a Chip*, 16(15), 2754–2758. <https://doi.org/10.1039/c6lc90070d>
- Si, L., Bai, H., Rodas, M., Cao, W., Oh, C. Y., Jiang, A., & Ingber, D. E. (2021). A human-airway-on-a-chip for the rapid identification of candidate antiviral therapeutics and prophylactics. *Nature Biomedical Engineering*, 5(8), 815–829. <https://doi.org/10.1038/s41551-021-00718-9>
- Stevens, G., Bosschere, K. D. E., & Verdonck, p. (2021). Is healthcare ready for a digital future? In: Duranton M, De Bosschere K, Coppens B, Gamrat C, Hoberg T, Munk H, et Al., Editors. *HiPEAC Vision 2021: High Performance Embedded Architecture and Compilation*. HiPEAC, (January), 198–205. <https://doi.org/10.5281/zenodo.4719708>
- Sutz, J. (2010). Ciencia, Tecnología, Innovación e Inclusión Social una agenda urgente para universidades y políticas. *Psicología, Conocimiento y Sociedad*, 1(1), 3–49.
- Tapia, L. A. G., & Valenti, G. (2016). Desigualdad educativa y desigualdad social en México. Nuevas evidencias desde las primarias generales en los estados. *Perfiles Educativos*, 38(151), 32–54. <https://doi.org/10.22201/iissue.24486167e.2016.151.54885>
- Vashist, S. K., Lippa, p. B., Yeo, L. Y., Ozcan, A., & Luong, J. H. T. (2015). Emerging Technologies for Next-Generation Point-of-Care Testing. *Trends in Biotechnology*, 33(11), 692–705. <https://doi.org/10.1016/j.tibtech.2015.09.001>
- Vazquez-Vergara, p. , Torres-Herrera, U., Caballero-Robledo, G. A., Olguin, L. F., & Corvera Poiré, E. (2021). Experimental Resonances in Viscoelastic Microfluidics. *Frontiers in Physics*, 9(June), 1–14. <https://doi.org/10.3389/fphy.2021.636070>
- Velve, G. (2020). Introduction To Lab-On-A-Chip 2020: Review, History And Future. [online]. Retrieved from Elveflow website: <https://www.elveflow.com/microfluidic-reviews/general-microfluidics/introduction-to-lab-on-a-chip-2015-review-history-and-future>
- von Hiepel, E. (1988). *The Sources of Innovation*. New York: Oxford University Press.
- Wang, T., Yu, C., & Xie, X. (2020). *Microfluidics for Environmental Applications*. https://doi.org/10.1007/10_2020_128
- Whitesides, G. M. (2006). The origins and the future of microfluidics. *Nature*, 442(7101), 368–373. <https://doi.org/10.1038/nature05058>
- Wu, Q., Liu, J., Wang, X., Feng, L., Wu, J., Zhu, X., & Gong, X. (2020). Organ-on-a-chip: Recent breakthroughs and future prospects. *BioMedical Engineering Online*, 19(1), 1–19. <https://doi.org/10.1186/s12938-020-0752-0>
- Xia, Y., & Whitesides, G. M. (1998). Soft lithography. *Angewandte Chemie - International Edition*, 37(5), 550–575. [https://doi.org/10.1002/\(sici\)1521-3773\(19980316\)37:5<550::aid-anie550>3.3.co;2-7](https://doi.org/10.1002/(sici)1521-3773(19980316)37:5<550::aid-anie550>3.3.co;2-7)
- Xu, Y., Doonan, S. R., Ordog, T., & Bailey, R. C. (2020). Translational opportunities for microfluidic technologies

to enable precision epigenomics. *Analytical Chemistry*, 92(12), 7989–7997. <https://doi.org/10.1021/acs.analchem.0c01288>

Yazdi, A. A., Popma, A., Wong, W., Nguyen, T., Pan, Y., & Xu, J. (2016). 3D printing: an emerging tool for novel microfluidics and lab-on-a-chip applications. *Microfluidics and Nanofluidics*, 20(3), 1–18. <https://doi.org/10.1007/s10404-016-1715-4>

Reseña de los autores

Dr. Miguel Ángel Olmedo Suárez.

Químico en alimentos, maestro y recientemente doctor en Ciencias Químicas por la UNAM. Durante su doctorado se enfocó al desarrollo de microchips de cultivo celular para el estudio de citotoxicidad y capacidad antioxidante. Ha presentado su trabajo en congresos como el *Lab-on-a-chip World Congress* en Estados Unidos. Posteriormente, en el 2019 realizó una estancia de investigación en Tokio, Japón donde desarrolló microchips portátiles de cultivo celular 3D. Actualmente es postdoctorante en el Laboratorio Internacional EPIGEN donde se enfoca en la aplicación de nuevas tecnologías de preservación de células y tejidos para el estudio de mecanismos de reprogramación del epigenoma humano.

Dra. Pamela Vázquez Vergara.

Doctora en Ingeniería y Física Biomédica. Ha trabajado en proyectos interdisciplinarios que involucran las áreas de fisiología, farmacología, mecánica de fluidos y desarrollo tecnológico. Actualmente, trabaja en un proyecto para desarrollar nuevos métodos de diagnóstico a microescala basados en el flujo de biofluidos dentro de microchips. Este es un proyecto en el que colaboran la UNAM, la Universidad de Barcelona y la empresa Rheo Diagnostics.

Dra. Karla María Rubio Nava

Responsable del Laboratorio Internacional EPIGEN, CONCYTEP, Universidad de la Salud del Estado de Puebla, México. Investigadora Postdoctoral en Instituto IMoPA, Universidad de Lorraine, en Nancy, Francia. Doctora en Ciencias por el Instituto Max Planck de Investigación en Corazón y Pulmón (Prof. Barreto) en Bad Nauheim, y la Universidad Justus-Liebig en Giessen, Alemania. Su investigación abarca los mecanismos de regulación epigenética en enfermedades pulmonares, neurodegenerativas y asociadas a contaminación ambiental. Ha sido galardonada con los premios de la Fundación Von Behring-Röntgen, de la Medizinische Gesellschaft Giessen, y de la Sociedad Alemana de Neumología y Medicina Respiratoria. Pertenece al Sistema Nacional de Investigadores CONACYT.

CÓMPUTO AFECTIVO APLICADO EN LA ENSEÑANZA DE ESTRUCTURA DE DATOS PARA ESTUDIANTES DE NIVEL SUPERIOR

Cristina Joaquín Salas, María Eugenia Carreón Romero, Ricardo Alberto Serrano Herrera

Introducción

Actualmente, los avances tecnológicos y el proceso de digitalización en la industria hacen cada vez más notable la demanda de trabajadores altamente calificados para los sectores del software, tecnologías de la comunicación y la información (Afi, 2017). Asimismo, la actual virtualización de la educación con motivo del confinamiento originado por la pandemia hizo evidente la importancia del desarrollo de habilidades tecnológicas en los estudiantes de todos los niveles educativos (Fajardo y Cervantes, 2020). Aunado a lo anterior, el confinamiento resaltó la necesidad de implementar soluciones tecnológicas e innovadoras para brindar una educación a distancia bajo diversos escenarios, proporcionando soluciones equitativas y de acceso

universal (UNESCO, 2021). En el ámbito laboral, la cuarentena impulsó el *home office* en muchos sectores económicos, dando pie a una gran demanda de profesionistas capacitados en habilidades tecnológicas, específicamente en el área de sistemas y programación (OIT, 2020). Por otra parte, la Organización de las Naciones Unidas, en su agenda 2030 y los objetivos de desarrollo sostenible, enmarca la necesidad de asegurar el acceso igualitario a una educación superior de calidad (ONU, 2018).

Bajo este contexto, las instituciones de educación superior tienen como responsabilidad formar profesionistas tecnológicos que satisfagan las necesidades de la industria y sector empresarial, así como de establecer estrategias que permitan la accesibilidad igualitaria de la educación. En otras palabras, tienen el reto de formar en

la medida de lo posible la mayor cantidad de jóvenes profesionistas a la velocidad que se mueven las tecnologías de la información (Stromquist, 2019).

El presente estudio busca mostrar la importancia de generar e implementar herramientas tecnológicas innovadoras que permitan a los estudiantes de nivel superior del estado de Puebla poseer una herramienta de aprendizaje efectiva dentro de un dispositivo móvil y así mejorar su proceso de aprendizaje, para, impulsarlos en continuar con su formación profesional. En primera instancia, se aborda la importancia del aprendizaje de la programación computacional en la formación de ingenieros. Posteriormente, se enfatiza en el Cómputo Afectivo, específicamente en el uso de Sistemas Tutores Afectivos-STA, como estrategia de seguimiento oportuno y personalizado de los estudiantes, ya sea de manera presencial o a distancia. Seguidamente, se presenta la propuesta de aplicación móvil de un STA implementado en el Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán, mostrando el proceso de desarrollo y las características principales del mismo. Finalmente, se encuentran los resultados obtenidos en la implementación y las conclusiones del estudio realizado.

La programación en la formación de ingenieros

En la actual era digital, la sociedad demanda ingenieros capaces de utilizar diversos entornos computacionales y desarrollar nuevas funcionalidades, lo cual requiere de un pensamiento computacional donde la programación juega un papel importante (Monjelat y Rodríguez, 2018). Aprender a programar o dicho de otro modo, codificar, requiere de diseñar soluciones a problemas diversos mediante el uso de la computadora; competencia que hoy en día es necesaria en cualquier ingeniería (Rey, 2019). De esta manera, desarrollar habilidades de programación computacional es parte fundamental en la formación profesional de un estudiante, donde los procesos lógicos y abstractos son las bases para la construcción y reconstrucción del conocimiento, de manera que este adquiera las destrezas necesarias para desempeñarse adecuadamente (Jaramillo y Puga, 2016).

Desarrollar la competencia de programación requiere ejercitar al estudiante en soluciones desde un enfoque lógico-matemático, resolviendo problemas desde perspectivas distintas (Zenteno, 2017). De esta forma, cada estudiante

diseñará una solución en función de su razonamiento y habilidades, aspectos que deben desarrollarse correctamente, de lo contrario detonarán una serie de dificultades al momento de codificar, y como resultado de ello, situaciones de bajo desempeño académico, incluso altos índices de reprobación o deserción en las materias relacionadas con tópicos de programación (Fuentes-Rosado y Moo-Medina, 2017).

Específicamente, en la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales la materia de Estructuras de Datos es fundamental para el área de programación e incluye los temas de organización de datos, búsqueda, ordenación, almacenamiento y control de información; tópicos indispensables para desarrollar aplicaciones de software con alto rendimiento computacional; es decir, rápidas y con amplia capacidad de almacenamiento. Bajo este contexto, una estructura de datos se define como una colección de datos caracterizada por su organización. Las operaciones que se definen en ella se basan, generalmente, en la capacidad que tiene la computadora para recuperar y almacenar datos en cualquier lugar de la memoria (Joyanes Aguilar, 2008). Dichas estructuras hacen uso de matemáticas abstractas, tópico que supone alto grado de complejidad, que al agregar conceptos de computación y un lenguaje de programación ponen al estudiante en un escenario complicado de asimilar, debido a la diversidad de conceptos aplicados durante la resolución de problemas.

Lo anterior pone de manifiesto la importancia de conocer y aplicar los temas de la materia de Estructura de Datos. Sin embargo, su dominio puede resultar complejo si no se aplica una estrategia que garantice una disciplina mental en el manejo de la lógica (Sánchez, Urías y Gutiérrez, 2015).

La programación de inicio es un reto de aprendizaje, ya que requiere de un razonamiento abstracto para resolver problemas eficientemente, por tanto, aplicar una forma creativa que motive al estudiante es fundamental (Alemán, Navarro, Suárez, Izquierdo y Encinas, 2018). En este sentido se distinguen dos tipos de motivación: motivación interna donde el estudiante desea aprender porque le gusta y la motivación externa donde este mismo estudia por obligación; a dosificación y alternancia de ambos es fundamental para generar éxito en el aprendizaje (Compañ, Satorre, Llorens y Molina, 2015).

Cómputo afectivo: Sistemas Tutores Afectivos

El cómputo afectivo es un área de las ciencias de la computación que se encarga del estudio y desarrollo de sistemas informáticos, así como de dispositivos digitales para reconocer, estimular, procesar e interpretar emociones humanas, con el objetivo de que estos puedan adaptar su comportamiento y respuestas al estado emocional de la persona. Dicho de otra manera, busca que las máquinas puedan detectar, medir, comunicar, manejar, entender e influenciar en las emociones humanas (Picard, 2012). Existen diversos modelos computacionales enfocados en el reconocimiento de emociones para la generación de nuevas aplicaciones útiles en la vida cotidiana (Picard, 2010). En el ámbito académico, existen diversas herramientas tecnológicas desarrolladas como apoyo al proceso de enseñanza-aprendizaje en todas las áreas de la ciencia, tales como, simuladores, laboratorios virtuales, aplicaciones web y móviles, entre otras (Gamboa Araya, 2008).

Por otra parte, las emociones juegan un papel importante en el proceso de enseñanza-aprendizaje, las cuales definen gran parte del desempeño académico del estudiante. Las emociones centradas en el aprendizaje se producen cuando los estudiantes al realizar diferentes actividades manifiestan diversos estados afectivos que pueden ser positivos y negativos. Los estados afectivos positivos se presentan mediante la concentración y relajación, que colocan al estudiante en situaciones que les permite apropiarse del conocimiento; mientras la frustración o el aburrimiento son considerados como estados negativos y dejan al estudiante en situaciones de desinterés y abandono (Daniel, 2015).

El uso de herramientas computacionales para apoyar el proceso de enseñanza es muy común. Una de las más utilizadas son los Sistemas Tutores Inteligentes-STI, los cuales aplican técnicas de inteligencia artificial que dotan a una computadora de elementos con la capacidad de apoyar en el proceso de enseñanza-aprendizaje al proveer de asistencia a los estudiantes, tal como lo haría un instructor o profesor (Huapaya, 2009). La aplicabilidad de los STI en la educación radica en su funcionamiento, al proporcionar al estudiante un ambiente interactivo que propicia el aprendizaje individual, distinguiéndose de otras herramientas por su capacidad para modelar el estado cognitivo del usuario, lo que permitirá guiarlo, al brindar la retroalimentación necesaria en cada una de las etapas del proceso de aprendizaje (Durango y Pascuas, 2016).

Los STI que prestan atención a las emociones manifestadas por el estudiante durante el proceso de aprendizaje se conocen como Sistemas Tutores Afectivos. Estos sistemas están enfocados a identificar los estados afectivos presentados por el estudiante mientras resuelve una actividad. El objetivo principal de un STA es evaluar las emociones presentadas por el estudiante, y a partir de ellas, definir las acciones para guiar y retroalimentarlo, de tal forma que realice eficientemente la actividad asignada y con ello lograr la apropiación del conocimiento (Petrovica, Anohina y Ekenel, 2016). Sin embargo, el uso de sistemas tutores afectivos no es tan común debido al tipo de aspectos como la expresividad, la capacidad de reconocimiento de las emociones, así como accesibilidad y facilidad de uso, por lo que resulta importante identificar las ventajas de atender individualmente las emociones presentadas por cada estudiante y analizar la pertinencia de implementar estas herramientas en las instituciones educativas de nivel superior (Mao y Li, 2010).

Propuesta

El estudio parte de la implementación de un Sistema Tutor Afectivo, desarrollado como herramienta de apoyo para el proceso de enseñanza-aprendizaje de la asignatura de Estructura de Datos, la cual se incluye el plan de estudios vigente de la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales (ISC) ofertada en varios campus del Tecnológico Nacional de México. La investigación es de tipo cuasi experimental, ya que el grupo experimental fue definido previamente por cuestiones de planificación escolar, mostrando limitado control en la selección de los estudiantes participantes.

El estudio sigue un diseño de tipo transversal, con un alcance correlacional para determinar la relación existente entre las emociones presentes en el aprendizaje y el desempeño académico en la dimensión de dominio de conceptos básicos. El grupo de estudio se integró por veinte estudiantes registrados en la materia de Estructuras de Datos. La experimentación se realizó en un periodo de cuatro semanas, tiempo durante el cual se recolectó la información relacionada con el uso del sistema tutor afectivo, organizando las actividades de la siguiente manera: la primera semana fue designada para aplicar el *pretest*, instrumento que evalúa los conocimientos previos de los estudiantes y que se encuentra incorporado dentro del STA; las dos semanas subsecuentes fueron destinadas para la realización de las

Pre Test

Son ejemplos de estructuras de datos

Pila ☐

String ☒

Grafo ☐

Lista enlazada ☒

Condicionales ☐

Clases ☐

SIGUIENTE

Figura 1 Pregunta de selección múltiple.

Fuente: Elaboración propia

Pre Test

Es un modelo donde los datos estan organizados, manejados y almacenados de manera eficiente para su acceso y modificación de los datos

☐ Estructura de datos

☐ Algoritmo

☐ Arbol

☐ Clases Abstractas

SIGUIENTE

Figura 2 Pregunta de opción múltiple.

Fuente: Elaboración propia

actividades diseñadas para reforzar el contenido presentado por el docente en las sesiones de clase, las cuales se encuentran incluidas en el sistema tutor afectivo; la cuarta y última semana fue utilizada para aplicar el *postest*, instrumento que proporciona los datos que mostrarían la eficiencia del sistema tutor afectivo.

Como se mencionó anteriormente, el instrumento diseñado para medir el dominio conceptual de la variable de desempeño académico fue un cuestionario, utilizado como *pretest* y *postest* en el estudio. En la Figura 1 y Figura 2, se muestran algunos de los ítems que integran el cuestionario utilizado. Dicho instrumento consta de diez ítems enfocados a medir el dominio de los tópicos básicos de la asignatura de Estructura de Datos.

Para el desarrollo del sistema tutor afectivo se implementó el marco de trabajo Kuali-Beh, enfocado en mejorar las formas de trabajo de grupos pequeños de desarrollo de software (Oktaba *et al.*, 2012). El Diagrama 1 muestra las prácticas propuestas para el desarrollo del sistema tutor afectivo las cuales se dividen en cuatro grupos donde se encuentran las acciones a realizar de cada etapa.

En relación al sistema tutor afectivo propuesto, se empleó la arquitectura básica de un STI (Reyes *et al.*, 2014). El Diagrama 2 muestra el módulo afectivo encargado de procesar las emociones registradas de cada estudiante; el módulo de dominio, encargado de proveer del conocimiento a los estudiantes, en este caso de los temas definidos en el plan de estudios vigente de la asignatura de Estructura de Datos; el módulo de estudiante se encarga de atender a cada estudiante a partir del nivel de conocimiento y perfil definido por el *pretest*; finalmente, se presenta el módulo del tutor, encargado de definir las acciones a realizar por el STA, que se ejecutará en función de las emociones presentadas por el estudiante al interactuar con este.

Para la codificación del STA, las herramientas tecnológicas utilizadas fueron Node.js y entorno de ejecución de JavaScript, diseñado para crear aplicaciones escalables

(Tilkov y Vinoski, 2010); angular, plataforma para el desarrollo de aplicaciones web utilizando HTML, CCS y JavaScript, (Cincovic *et al.*, 2019); ionic, *framework* de desarrollo para aplicaciones móviles con HTML, CCS y JavaScript (Chaudhary, 2018); capacitor, entorno de ejecución multiplataforma que facilita la creación de aplicaciones híbridas para IOs, Android y Web (Huber *et al.*, 2019); firebase, plataforma que provee servicios de almacenamiento de base de datos (Moroney, 2017); vision AI, servicio de Google Cloud que permite extraer información de imágenes en la nube, mediante el reconocimiento que permite detectar emociones entre otras cosas (Keary, 2018).

En cuanto a las actividades diseñadas para apoyar a los estudiantes durante el proceso de aprendizaje de tópicos fundamentales de la asignatura de Estructura de Datos, se incorporó al STA una opción con ejercicios que corresponden al diseño algorítmico, se presenta una ventana que muestra un editor de código donde los estudiantes pueden observar el código resultante del algoritmo especificado. En las Figuras 3, 4 y 5 se pueden observar las pantallas que corresponden a las actividades relacionadas con el tema “métodos de ordenamiento”. El editor de código se presenta como un complemento de gran relevancia, específicamente para los estudiantes que no cuentan con equipo de cómputo, ya que permite realizar actividades sin ningún problema, equiparando las alternativas de ejecución de cualquier entorno de programación utilizado en una computadora.

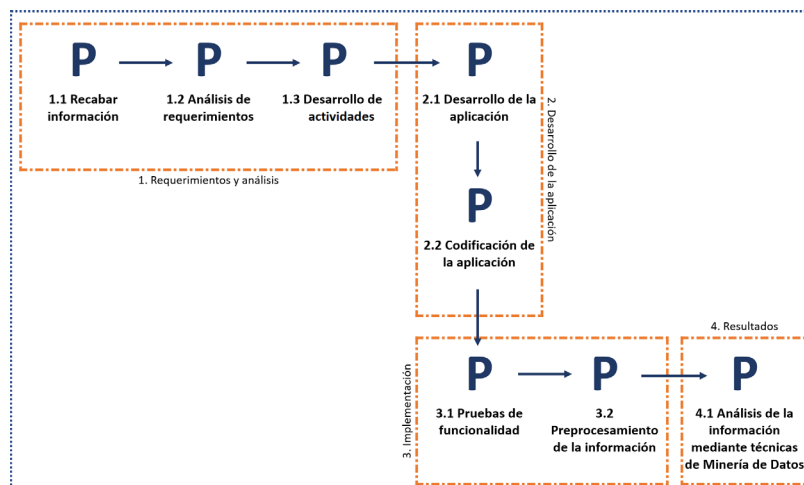


Diagrama 1. Prácticas definidas para el desarrollo del proyecto.

Fuente: Elaboración propia.

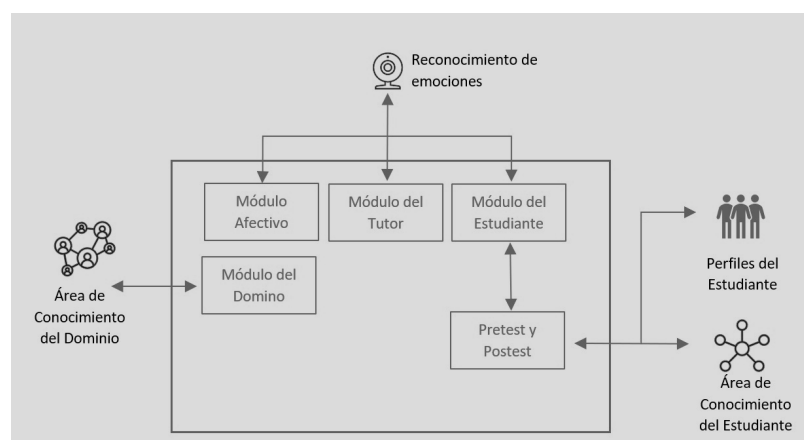


Diagrama 2 Arquitectura del STA.

Fuente: Elaboración Propia

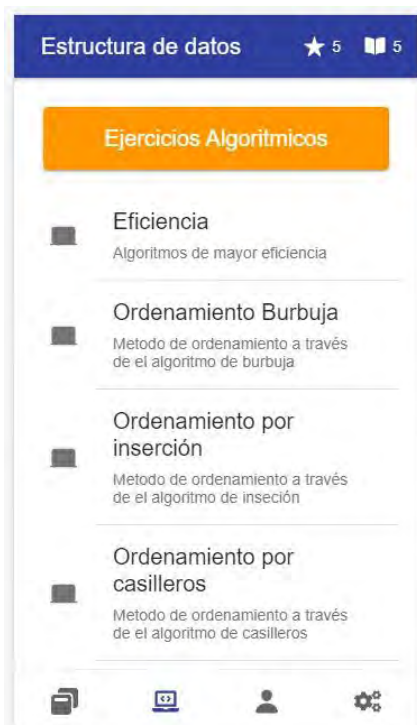


Figura 3. Menú de actividades sobre métodos de ordenamiento.

Fuente Elaboración propia



Figura 4. Descripción de una actividad.

Fuente: Elaboración propia

Una de las pantallas importantes para el estudiante es la que se muestra en la Figura 6, la cual permite visualizar las actividades realizadas, así como los resultados de su desempeño obtenidos con respecto a la actividad. Además, proporciona a los estudiantes una retroalimentación de los conceptos aplicados de forma incorrecta, mediante el repaso del tema.

Resultados

Posteriormente a la implementación del STA, se realizó el análisis de la información obteniendo los siguientes resultados. En primera instancia, la comparativa entre las puntuaciones obtenidas en el *pretest* y *posttest*, que permitió verificar la eficiencia de la aplicación, al observarse un mejor desempeño de los estudiantes después de haber utilizado la aplicación móvil como estrategia de apoyo durante la impartición de las clases de la materia de Estructura de Datos. Como se observa en la Gráfica 1, durante el *pretest* los estudiantes obtuvieron un puntaje promedio de 43 de un total de 100, lo cual denota la falta de dominio en los conceptos básicos de los tópicos relacionados con las Estructuras de Datos.

Posterior al uso de la aplicación, y la aplicación del *posttest*, se observó que la cantidad de las respuestas correctas obtenidas por los estudiantes mejoraron considerablemente, un incremento del 39%, es decir, se obtuvo un promedio de 82. Es importante mencionar que si bien hubo un porcentaje de respuestas incorrectas en algunos de los estudiantes, fue mínimo en relación con el porcentaje de respuestas correctas obtenidas por el grupo de estudio. Lo anterior demuestra la eficiencia de la estrategia aplicada y la importancia de agregar en la aplicación actividades para cada uno de los tópicos de la asignatura donde el estudiante muestre bajo desempeño. Los resultados del *pretest* y *posttest* revelan que brindar una retroalimentación puntual de las actividades propuestas con base a las características de cada estudiante identificadas por el STA facilita la asimilación de conceptos.

De esta manera, los resultados generados en esta primera etapa de estudio demuestran ser satisfactorios.

Por otra parte, en la Tabla 1 se observa el resultado de aplicar una prueba de *t-student*, mostrando una diferencia significativa en el desempeño de los estudiantes, lo que indica que el uso del sistema tutor afectivo favoreció considerablemente el aprendizaje.

En relación con la variable emociones, después de implementar el tutor y realizar el preprocesamiento de los datos, se obtuvo una base de datos que permitió realizar un análisis preliminar de las emociones emociones, manifestando una mayor. Sin embargo, el uso de la cámara frontal del dispositivo móvil para el reconocimiento de emociones presentó algunos inconvenientes debido a la posición del rostro, calidad de la cámara y la conexión a internet, requiriendo de mayor tiempo de interacción.

Con el objetivo de identificar las siete emociones universales, se realizó un agrupamiento por clústeres, utilizando el método de *k-means*. En relación con las emociones observadas en diferentes momentos de interacción, se realizó una clasificación de grupos con base en la similitud de emociones presentadas por los estudiantes. La Gráfica 2 muestra en color gris el grupo siete, el conjunto de emociones con mayor presencia en la población de estudio. Asimismo, se observó a los estudiantes identificados con los números 12, 14 y 15 con una emoción predominante durante toda la interacción que tuvieron con el STA, situación que da pauta a nuevos casos de estudio. Si bien el agrupamiento presentado permitió analizar la población definida de estudiantes, se considera pertinente un estudio con un agrupamiento menor, que permita observar características detalladas de la población estudiada.

Al realizar un nuevo agrupamiento con respecto a la similitud de las emociones presentadas, se obtienen tres grupos principales, como se muestra en la Gráfica 3. Se puede observar que los alumnos pertenecientes al grupo de estudio presentaron de manera general tres emociones principales



Figura 5. Editor de código incorporado en el STA.

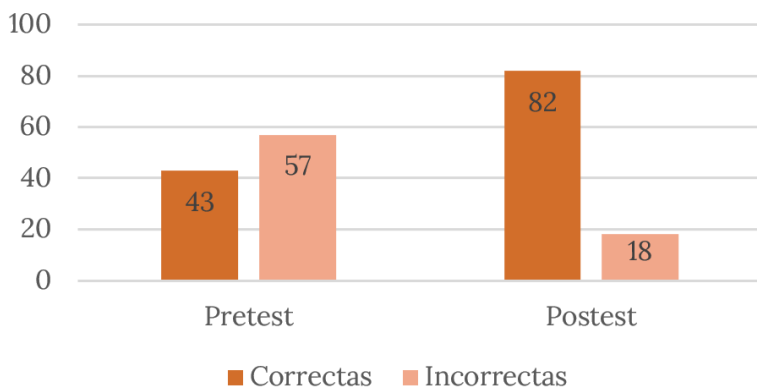
Fuente: Elaboración propia



Figura 6 Pantalla de seguimiento del alumno.

Fuente: Elaboración propia

Puntuaciones generales



Gráfica 1. Puntuaciones generales en pretest y posttest.

Fuente: Elaboración propia

	Pretest	Posttest
Media	4.3	8.25
Varianza	9.168421053	1.56578947
Observaciones	20	20
Coefficiente de correlación de Pearson	0.951531152	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	19	
Estadístico t	-9.410519593	
P(T<=t) una cola	0.00000000694	
Valor crítico de t (una cola)	1.729132812	
P(T<=t) dos colas	0.0000000139	
Valor crítico de t (dos colas)	2.093024054	

Tabla 1 Prueba t-student aplicada a las calificaciones obtenidas por los estudiantes

Fuente: Elaboración propia

que pudieran caracterizar a la población de estudio.

Los datos de la Gráfica 3 permitieron generar un análisis para identificar las emociones predominantes de la población estudiada. El resultado obtenido se muestra en la Gráfica 4, donde las emociones de disgusto y alegría sobresalen con respecto a las demás, resalta a la emoción de disgusto en primer lugar y la de alegría en la segunda posición.

Es importante señalar que, dada la naturaleza y forma de recolectar los datos de las emociones presentadas por estudiantes, existe una variabilidad de los datos, generando ciertos sesgos en la información asociada al desempeño del estudiante. La Gráfica 5 y la Gráfica 6 muestran la varianza explicada de los datos, donde la emoción de disgusto representa el 28.5% de la población, mientras que la alegría alcanza el 22.2%. Dichos porcentajes integran el 50.7% de la población, dato que dificulta llegar a conclusiones más precisas sobre las principales emociones presentadas por los estudiantes al interactuar con el STA diseñado para la enseñanza de la materia de Estructuras de Datos.

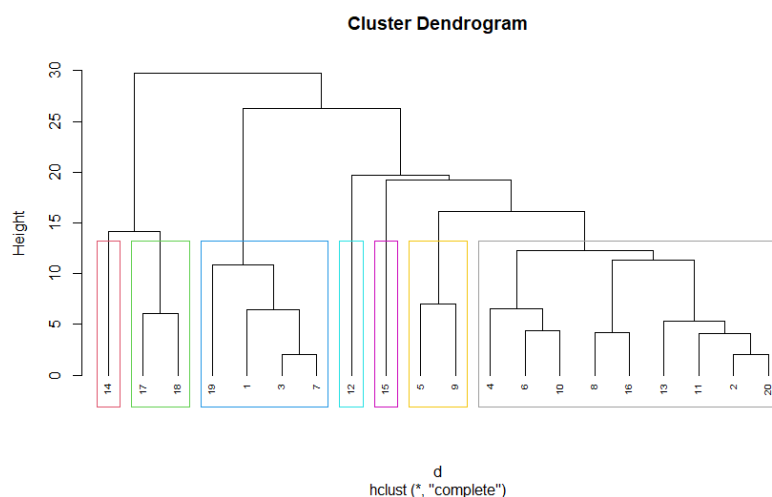
Conclusiones

En referencia a la implementación de la aplicación móvil en modalidad de sistema tutor afectivo, los datos obtenidos en el estudio revelan importantes beneficios académicos. Se mostró que las actividades incluidas permitieron reforzar los conocimientos

teóricos y prácticos, dando pie a una retroalimentación efectiva, lo que brindó un proceso de aprendizaje más dinámico, y sobre todo, adecuado a las necesidades particulares de cada estudiante. De esta forma, la aplicación resultó ser sumamente atractiva para los estudiantes, pues además de brindar acompañamiento personalizado durante el aprendizaje, presenta una interfaz simple y fácil de utilizar.

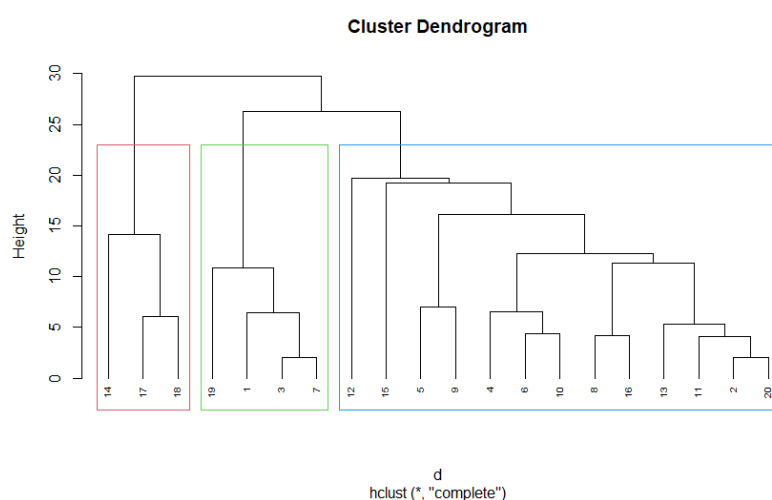
Con referencia a las emociones identificadas por el tutor, en general, el grupo fue caracterizado por dos emociones: el disgusto y la alegría. La presencia de disgusto se debió principalmente a los errores cometidos al realizar los primeros intentos de una actividad, información que denota que los estudiantes carecían de la comprensión adecuada del tema abordado. Por otra parte, la presencia de alegría se encontró ampliamente relacionada con el logro de las actividades y la retroalimentación presentada por el sistema tutor afectivo.

De manera general el estudio demostró la importancia del manejo adecuado de las emociones durante el proceso de enseñanza-aprendizaje. Además, resaltó cómo la implementación de un sistema tutor afectivo es una herramienta eficaz para apoyar el proceso de aprendizaje en estudiantes que cursan una ingeniería, pero principalmente resultó de gran apoyo para equiparar las condiciones de aprendizaje de aquellos que no cuentan con los recursos tecnológicos apropiados, como lo es una computadora personal. El desarrollo de herramientas de esta índole brindan respuestas a las necesidades del sector educativo al dotar a estudiantes de soluciones accesibles para quienes no cuentan con los recursos económicos necesarios para adquirir un equipo de cómputo y deseen continuar con sus estudios. Adicionalmente, la implementación del STA en dispositivos móviles permite mayor disponibilidad y presencia, incluso en estudiantes con dificultad de



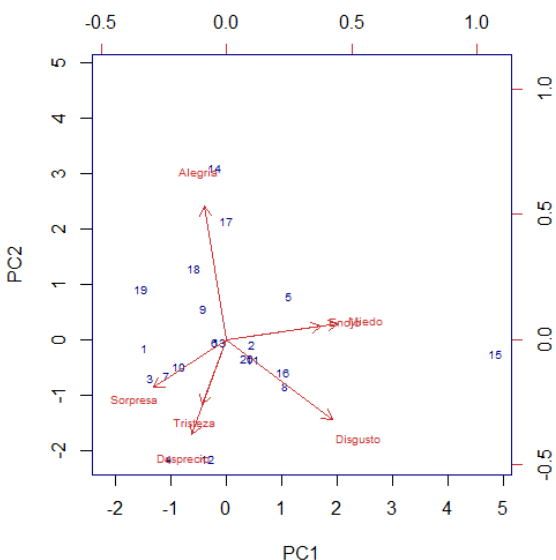
Gráfica 2 Agrupamiento por clúster considerando 7 grupos.

Fuente: Elaboración propia



Gráfica 3 Agrupamiento por clúster considerando 3 grupos.

Fuente: Elaboración propia



acceso a una formación superior. De esta manera, el uso del STA desarrollado ofrece una solución que busca ante todo una educación inclusiva que garantice el acceso, permanencia, participación y aprendizaje de estudiantes de diversas instituciones de educación superior en el país.

Referencias

Afi. (2017). *El trabajo del futuro*. 17. www.afi.es

y su incidencia en el contexto de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC). *Revistas Unimilitar*.

Alemán Marichal, B., Navarro de Armas, O. L., Suárez Díaz, R. M., Izquierdo Barceló, Y., & Encinas Alemán, T. d. (2018). así aplicar una forma creativa que motive al estudiante es fundamenta. *Revista Médica Electrónica*.

Fuentes-Rosado, J. I., & Moo-Medina, M. (2017). Dificultades de aprender a programar. *Revista Educación En Ingeniería*, 12(24), 76. <https://doi.org/10.26507/rei.v12n24.728>

Gamboa Araya, R. (2008). Uso de la tecnología en la enseñanza de las matemáticas. *Cuadernos de Investigación y Formación En Educación Matemática*, 0(3), 11-44.

Huapaya, C. R. (2009). *Sistemas Tutoriales Inteligentes Un análisis crítico*. 74.

Jaramillo Naranjo, L. M., & Puga Peña, L. A. (2016). El pensamiento lógico-abs-tracto como sustento para potenciar los procesos cognitivos en la educación. *Redalyc*.

Joyanes Aguilar, L. (2008). *Fundamentos de programación: algoritmos, estructura de datos y objetos*. Madrid, España: McGraw Hill.

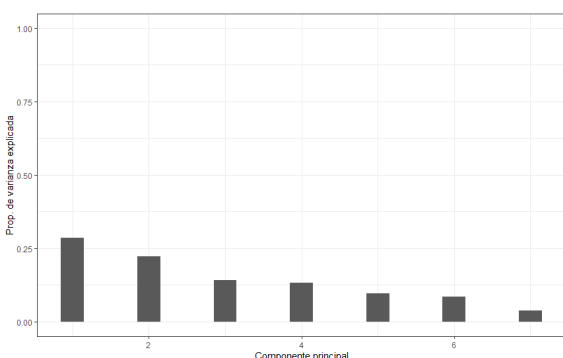
Daniel, L. H. (2015). Reconocimiento de emociones centradas en el aprendizaje por medio de expresiones faciales.

Fajardo Pascagaza, E., & Cervantes Estrada, L. C. (2020). Modernización de la educación virtual

Keary, A. (2018). *Affective Computing for Emotion Detection using Vision and Affective Computing for Emotion*

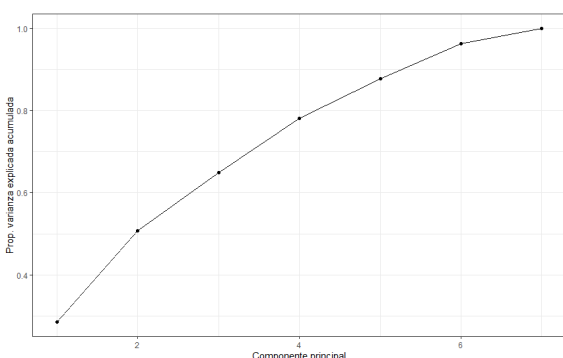
Gráfica 4 Componentes principales 1 y 2.

Fuente: Elaboración propia



Gráfica 5 Varianza de las emociones.

Fuente: Elaboración propia



Gráfica 6 Varianza acumulada de las emociones.

Fuente: Elaboración propia

Detection using Vision and Wearable Sensors.

OIT. (2020). *El teletrabajo durante la pandemia de Covid-19 y después de ella – Guía práctica*. Ginebra, Suiza.: Oficina Internacional del Trabajo.

Oktaba, H., Morales, M., & Dávila, M. (2012). KUALI-BEH: *Software Project Common Concepts*. August. http://scholar.google.com.mx/scholar?hl=en&q=Kuali-Beh&btnG=&as_sdt=1%-2C5&as_sdt=0

ONU. (2018). La Agenda 2030 y sus Objetivos de Desarrollo Sostenible. In *Revista de Derecho Ambiental* (Issue 10). <https://doi.org/10.5354/0719-4633.2018.52077>

Picard, R. W. (2010). Affective Computing: From laughter to IEEE. *IEEE Transactions on Affective Computing*, 1(1), 11–17. <https://doi.org/10.1109/T-AFFC.2010.10>

Picard, R. W. (2012). Toward Machines With Emotional Intelligence. *The Science of Emotional Intelligence: Knowns and Unknowns*, 1–22. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780195181890.003.0016>

Rey, E. J. (2019). Computación en Ingeniería: La experiencia de pensar para solucionar problemas con algoritmos y programas en aula real y aula virtual. *SAEI, Simposio Argentino de Educación En Informática Computación*, 1–16.

Reyes González, Y., Natalia, D., & Sánchez, M. (2014). La toma de decisiones en los Sistemas Tutoriales Inteligentes utilizando el agrupamiento conceptual. *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*, 8, 2227–1899. <http://rcci.uci.cu>

Sánchez García, J. E., Urías Ruiz, M., & Gutiérrez Herrera, B. E. (2015). ANÁLISIS DE LOS PROBLEMAS DE APRENDIZAJE DE LA PROGRAMACIÓN ORIENTADA A OBJETOS. *Ra Ximhai*.

Stromquist, N. P. (2019). World Development Report 2019: The changing nature of work. In *International Review of Education* (Vol. 65, Issue 2). <https://doi.org/10.1007/s11159-019-09762-9>

UNESCO. (2021). *Education and Technological Transformations for Human-centered recovery*.

Zenteno Ruiz, F. A. (2017). Método de resolución de problemas y rendimiento académico en lógica matemática. *Redalyc*.

Reseñas de os autores

Cristina Joaquín Salas

Maestra en Educación Matemática por la Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla. Actualmente, profesora investigadora en el Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán. Jurado en eventos académicos de innovación tecnológica a nivel nacional. Asesora de proyectos de desarrollo tecnológico e innovación a nivel nacional e internacional obteniendo primeros lugares en diversos concursos. Líder del cuerpo académico institucional Innovación Tecnológica Aplicada.

María Eugenia Carreón Romero

Doctora en Investigación Educativa por la Universidad de Puebla. Actualmente es profesora investigadora en el Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán, a nivel maestría y licenciatura en el área de Sistemas Computacionales impartiendo materias enfocadas al desarrollo de software y de proyectos de investigación. Líder de proyectos enfocados a soluciones de software del área educativa e industrial y asesora interna y externa de soluciones tecnológicas.

Ricardo Alberto Serrano Herrera

Maestro en Sistemas Computacionales por el Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán. Actualmente, profesor investigador en la misma Institución. Asesor de proyectos de desarrollo tecnológico e innovación a nivel nacional. Desarrollador Full Stack con actividad empresarial.

GUÍA PARA INCORPORAR LA PERSPECTIVA DE GÉNERO EN LA DIVULGACIÓN DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Lilia D. Tapia Mariscal

Introducción

La presente investigación es una reinterpretación de la divulgación científica desde la teoría feminista, en la cual se propone una guía para incorporar la perspectiva de género en la divulgación científica y tecnológica, que consta de cuatro ejes que se relacionan entre sí: indicadores de género, genealogía feminista, lenguaje no sexista e inclusivo y violencia machista. El interés de efectuar este estudio nace como un acto volitivo hacia la mayoría de las prácticas divulgativas que se realizan con el objetivo de motivar e inspirar a niñas y adolescentes,

brindándoles modelos a seguir (dinámica *role model*⁸), muchas veces sin profundizar en lo que es la genealogía feminista y con una insondable ceguera de género. Ahondar en los factores que influyen en la no elección de vocaciones científicas y tecnológicas fue un interés académico y el hilo conductor de este trabajo.

En la sociedad de datos actual, cualquier acción realizada deja huella: los datos se han convertido en la representación de la realidad. De acuerdo con lo anterior, según los datos extraídos del informe de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (2018), solo el 35%

8 Dinámica implementada por el sociólogo Robert Merton, que promueve el acercamiento o vinculación de personas jóvenes con referentes que representan modelos a seguir, de acuerdo con su comportamiento o historia de éxito.

del alumnado matriculado en universidades españolas en carreras STEM (ciencia, tecnología, ingeniería o matemáticas) corresponde a mujeres. En cambio, en carreras relacionadas con el cuidado las mujeres ocupan el 72%. Por otra parte, el 10% de las mujeres en la ingeniería se incorporan a sectores masculinizados como el motor o videojuegos y el 50% a la biomedicina o biotecnología.

En México, según el Censo de Población y Vivienda 2010, 18.66% de la población mexicana de 18 años y más con educación superior eligió una carrera relacionada con la ingeniería, la manufactura o la construcción. De esta proporción, solo 3.65% son mujeres, en contraste con el 15% que son hombres. En las ciencias exactas es menor la brecha, pero sigue habiendo una mayoría masculina, ya que del 7.16% de jóvenes que eligen estas carreras, 3.29% son mujeres y 3.86% son hombres (Vázquez, 2016, p. 1)

¿Qué es lo que ocurre? ¿La ciencia y tecnología reproducen esquemas y prejuicios de género? ¿Cómo influye la divulgación científica en despertar vocaciones STEM? ¿Dónde están las ingenieras? ¿Cómo construimos conocimiento? ¿Cómo edificamos una metodología para divulgar ciencia y tecnología con perspectiva de género? Como dice Alice Rossi (1965): ¿Por qué tan pocas?. Muchas de las interrogantes que se han planteado para esta investigación se recogen en parte de las contribuciones de la Teoría de Sexo-Género, y a las acciones de sensibilización que se han realizado con alumnado de secundaria y bachillerato para acercarlos a la ciencia y tecnología, así como también, al visionado del trabajo de diversas iniciativas de divulgación en ciencia y tecnología, especialmente en México y España. En la Figura 1 se ilustran los elementos que rigen esta investigación.

Como se indicó antes, se utilizó como base teórica a La Teoría Sexo-género, proporciona los elementos para profundizar el papel que juegan los estereotipos de género en la ciencia y tecnología. Existen creencias arraigadas fuertemente en la sociedad acerca de cómo son o cómo deben ser las mujeres y los hombres, las cuales se inculcan de manera inconsciente desde el nacimiento. Son ideas preconcebidas, heredadas de un modelo social anticuado, que determinan la vida de las niñas y los niños en función del sexo: el rosa para las niñas, el azul para los niños; en la escuela, los niños van en la cancha, las niñas en las bancas. Todo lo anterior desemboca en el término socialización de género, que es determinante para cambiar el paradigma positivista y estimular el interés por las disciplinas STEM.



Figura 1. Ejes rectores del trabajo de investigación

Fuente de la ilustración: elaboración propia

Por otra parte, en esta investigación se cuestiona la forma en que se crea el conocimiento en las áreas científico-tecnológicas, teniendo como elemento bisagra las epistemologías feministas, las cuales permiten diseccionar el cómo se intersecta el género en estos campos de estudio. Teniendo en cuenta que la impronta de educación hoy en día se nutre de la corriente positivista, en la que las mujeres no somos sujetos activos de la ciencia y que gracias a los estudios de ciencia y género tenemos otra posición, tal y como traslada Eulalia Pérez Sedeño (1994) que, a través de la historia, se han identificado sesgos en las teorías tecnocientíficas.

Los objetivos principales de este trabajo consisten en examinar las acciones de divulgación donde el factor crucial es provocar una captación hacia las profesiones científico-tecnológicas, así como diferenciar las características

de lo que es divulgar con y sin perspectiva de género. Se propone una guía para incorporar la perspectiva de género en el quehacer divulgativo, a través de cuatro elementos imprescindibles: elaboración de indicadores de género, uso del lenguaje no sexista e inclusivo, incorporación de la genealogía feminista para evitar el efecto Matilda y las violencias machistas. Otra finalidad de esta investigación es exponer la situación actual de la divulgación de la ciencia y tecnología en España y México, teniendo en cuenta los sesgos de género.

Para la fundamentación de esta investigación se ha realizado una revisión exhaustiva sobre los estudios más relevantes en las bases de datos académicas WOS y Dialnet, a partir de la cual se vislumbra la escasez de investigaciones que hay en torno a la implementación de la perspectiva del género en áreas de ciencia y tecnología. En cuanto a la divulgación con perspectiva de género, no se encontró nada aun. También, se ha analizado el trabajo de 121 divulgadores y divulgadoras científicas. Para la recolección de datos, se elaboró una batería de diez preguntas. En cuanto a la metodología empleada, se ha utilizado el diseño etnográfico.

Después de hacer un recorrido por los elementos fundamentales que constituyen este capítulo, es necesario crear una guía como una forma de confrontación al imaginario colectivo habitual para crear proyectos divulgativos con perspectiva de género. En consecuencia la aportación de esta investigación está en consonancia con el objetivo del libro “Formas incluyentes para entender y divulgar la ciencia 2021” ya que promueve, impulsa y apoya la investigación y la divulgación del conocimiento en torno a las humanidades, ciencia y tecnología de manera incluyente.

El desarrollo de este capítulo consta de cuatro secciones, las cuales se distribuyen de la siguiente manera: justificación del trabajo de investigación, el marco teórico, la situación de la divulgación científica, metodología y por último, conclusiones y líneas futuras de investigación.

Marco Teórico

En la construcción de la perspectiva de género, las contribuciones de tres mujeres fueron cruciales para la base fundamental de la teoría de género: Gayle Rubín, Joan Scott y Simone de Beauvoir. Gayle Rubín es conocida por

definir por primera vez el sistema sexo/género, aunque simultáneamente Joan Scott estaba trabajando también en ello. El trabajo de ambas fue gracias a lo que realizó Simone de Beauvoir en la primera parte del segundo sexo. Por lo tanto, se puede decir que el conocimiento es social y que la teoría de género es un proceso epistemológico de desarrollo de ideas, teorías y prácticas de activistas académicos, por lo que no se puede pretender impulsar la perspectiva de género sin feminismo. En la Figura 2, se ilustra la cronografía de la creación de la teoría Sexo-Género.

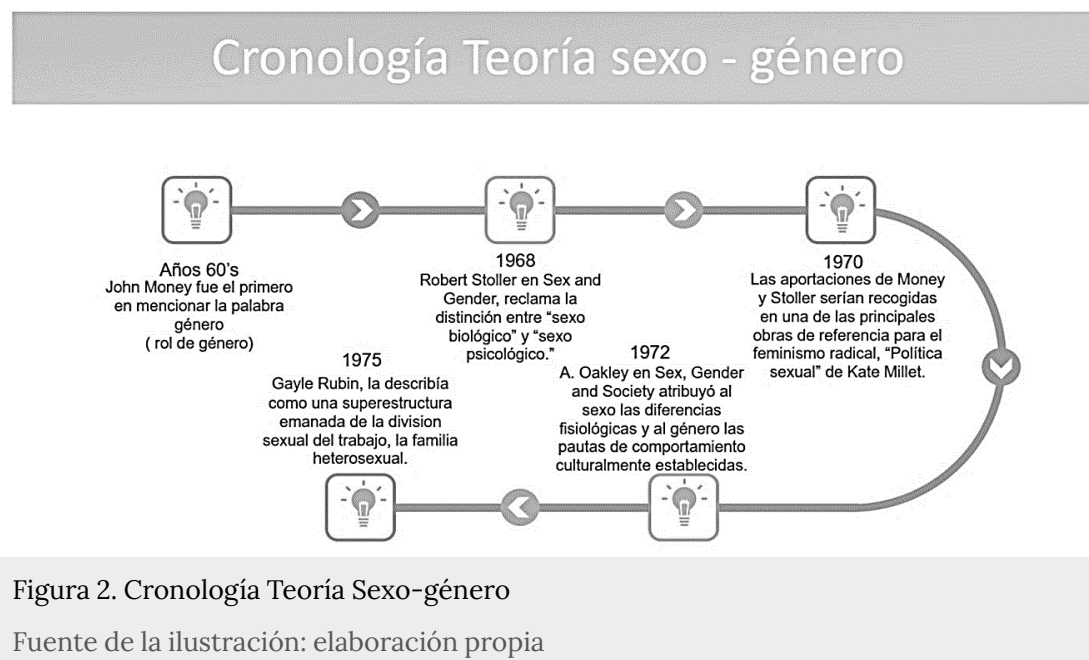


Figura 2. Cronología Teoría Sexo-género

Fuente de la ilustración: elaboración propia

La perspectiva de género permite comprender las características que definen a las mujeres y a los hombres de manera específica, así como sus semejanzas y diferencias. Analiza las posibilidades vitales de las mujeres y los hombres, el sentido de sus vidas, sus expectativas y oportunidades, las complejas y diversas relaciones (Serret, 2008). Es por ello que es fundamental mirar la realidad con perspectiva de género, lo cual implica analizar las circunstancias diferenciales que afectan a la vida de ellas y a la de ellos, y hacerlas visibles para actuar. Tal y como dice Marcela Lagarde:

La perspectiva de género no es una ideología más, ni un análisis endosable a las concepciones previas. Si somos personas conservadoras, pone en crisis toda nuestra concepción del mundo, nuestros valores, nuestros modos de vida y la legitimidad del mundo. El análisis de género es la síntesis entre la teoría de género y la llamada perspectiva de género derivada de la concepción feminista del mundo y de la vida. Esta perspectiva se estructura a partir de la

ética y conduce a una filosofía posthumanista, por su crítica de la concepción androcéntrica de la humanidad que dejó fuera a la mitad del género humano: a las mujeres. (Lagarde, 1996, p. 13)

Divulgación científica

En esta sección, se profundiza en la divulgación de ciencia y tecnología y se presenta la propuesta que da origen a esta investigación, que surge de la necesidad de incluir la perspectiva de género en el quehacer divulgativo. La literatura científica desarrollada hasta el momento se centra únicamente en el campo de acción de la divulgación científica: ¿Cuál es el objetivo de las instituciones al tener un área de cultura científica? ¿Quién está a cargo de estas áreas? ¿Hay interés de incluir a las mujeres en las experiencias divulgativas que se plantean? En las páginas que siguen se argumentan cada una de las cuestiones planteadas que comprende lo imprescindible: la transversalidad de género. De acuerdo con Capitolina Díaz Martínez (2017) con respecto a la perspectiva de género en la ciencia, esto lleva a considerar la trayectoria de la mujer en la ciencia y la forma en que la ciencia la contempla a ella como objeto científico.

Un enfoque más sistemático sería identificar la forma en la que los elementos interactúan para realimentar las desigualdades existentes entre mujeres y hombres. Fourez plantea que la divulgación de la investigación científica: “Consiste en una actividad de relaciones públicas de la comunidad científica que se interesa por mostrar al “buen pueblo” las maravillas que los científicos son capaces de producir” (1992, pp. 120). Muchas emisiones de televisión o artículos de divulgación tienen este objetivo, tratan de explicar las actividades de los científicos a un público más general..

La finalidad de la divulgación no es transmitir un verdadero conocimiento, ya que al terminar la emisión lo único que se sabe con certeza es la poca comprensión de los fenómenos explicados. Este tipo de divulgación da un cierto *barniz de saber*; pero precisamente en la medida en que no se ofrece un conocimiento que permita actuar, da un conocimiento superficial. Es un saber que no lo es porque no es poder.

Feminismo y positivismo: ¿Cómo se crea el conocimiento?

En el apartado anterior se constató lo vital que resulta saber cómo se construye el conocimiento y qué elementos confluyen en la ciencia. También, se mostró la influencia de las epistemologías feministas en la ciencia, en donde la premisa principal es la de tener en cuenta el componente de género en todas sus vertientes, tal y como dice Norma Blázquez Graf:

La epistemología feminista estudia lo anterior, abordando la manera en que el género influye en las concepciones del conocimiento, en la persona que conoce y en las prácticas de investigar, preguntar y justificar. Identifica las concepciones dominantes y las prácticas de atribución, adquisición y justificación del conocimiento que sistemáticamente ponen en desventaja a las mujeres porque se les excluye de la investigación, se les niega que tengan autoridad epistémica, se denigran los estilos y modos cognitivos femeninos de conocimiento, se producen teorías de las mujeres que las representan como inferiores o desviadas con respecto al modelo masculino, se producen teorías de fenómenos sociales que invisibilizan las actividades y los intereses de las mujeres o a las relaciones desiguales de poder genéricas, y se produce conocimiento científico y tecnológico que refuerza y reproduce jerarquías de género. (2012, p. 56)

En la divulgación científica, es importante conocer de dónde y cómo se parte para hacer llegar la ciencia y la tecnología, de qué manera en esas prácticas divulgativas se reproducen sesgos de género, estereotipos, etc. En el análisis realizado en este proyecto de investigación, se consideró situar las diferencias entre el método científico y la metodología feminista, parte medular que da muchas explicaciones a la resistencia que se muestra en ciertos sectores de la divulgación de ciencia y tecnología a incluir la perspectiva de género.

¿Por qué es imprescindible divulgar ciencia y tecnología?

Divulgar hace más democrática la ciencia y la tecnología. El impacto que tiene en despertar la motivación por las vocaciones científicas es determinante, es por ello que se insiste en repensar desde qué mirada se está trabajando, y si realmente se está incluyendo a las mujeres en las dinimizaciones de los proyectos divulgativos. En los tiempos que corren, acceder a las nuevas tecnologías está a la orden del día, y la divulgación juega un papel estratégico. Se puede encontrar cada vez más a divulgadoras y divulgadores que presentan sus proyectos en redes sociales como Instagram y TikTok, nichos más enfocados a promover la imagen.

En el año 2001, el Eurobarómetro europeo, ciencia y tecnología, mostró cuáles son las fuentes de información (no excluyentes entre sí) sobre temas científicos para la ciudadanía de los estados miembros de la Unión Europea: televisión: 60.3%, prensa: 37%, radio: 27.3%, escuela y universidad: 22.3%, revistas científicas: 20.1%, internet: 16.7% (Eurobarómetro, 2021). Otros datos avalan este hecho: 85.8 % de los habitantes de grandes ciudades reciben información sobre avances científicos, médicos y tecnológicos de la televisión, la prensa, periódicos o revistas especializadas, radio e Internet, y solo un grupo limitado de personas incorpora los libros, las conferencias sobre divulgación científica y las visitas a los museos de ciencia como fuentes adicionales en su acceso a la cultura científica (De Semir et al., 2003).

Divulgación con perspectiva de género

En este apartado se propone una construcción metodológica para divulgar ciencia y tecnología con perspectiva de género. Esta guía se rige por cuatro ejes rectores, conectados de forma síncrona y con ejecución dependiente. Como se mencionó al inicio, la configuración de estos cuatro elementos se conforma del bagaje teórico y experimental que se han vivido durante ocho años de sensibilizar y formar a través de talleres. A continuación, se ilustran en la Figura 3 los ejes rectores y se explican cada uno de ellos.



Los elementos que forman parte del sistema que se propone son: indicadores de género, lenguaje no sexista, genealogía feminista y violencias machistas. En esta propuesta, la conciencia de clase y la interseccionalidad forman parte de los ejes vertebradores. A continuación, se explicarán cada uno de ellos.

Indicadores de género

Los indicadores de género tienen la función de señalar los cambios sociales en términos de relaciones de género a lo largo del tiempo, ya que proporciona los resultados de las acciones e iniciativas (Guía de indicadores de género, 2003). En el ámbito de la divulgación, permiten hacer un bosquejo de los elementos que se deben tener en cuenta para realizar una planeación estratégica eficaz e inclusiva. Además, sirven también como diagnóstico.

Lenguaje no sexista e inclusivo

Una de las razones de elaborar esta investigación tiene su raíz en la ausencia del lenguaje no sexista e inclusivo en gran parte de las experiencias divulgativas que se consultaron. Es importante tener en cuenta que el lenguaje es poder. El lenguaje no sexista e inclusivo es un elemento imprescindible en la divulgación científica y tecnológica, y aunque sea el gran olvidado en muchas de las prácticas divulgativas, es vital tomar conciencia de que lo que no se nombra no existe y lo que no se nombra, construye realidades.

El uso del masculino genérico para despertar vocaciones en STEAM, en las niñas y adolescentes, tiene un efecto contrario al objetivo planteado: no están representadas, se acostumbran a estar invisibilizadas. Modificar el uso del lenguaje para incluir a las niñas en la ciencia es una tarea pendiente. Como dice María del Carmen García Aguilar (2021), el lenguaje es un factor fundamental en la construcción de referentes culturales. De lo contrario, si solo usamos un lenguaje masculino, las niñas no solo aprenden a subsumirse en este lenguaje, sino que se acostumbran a estar invisibilizadas en los discursos e imágenes.

Una de las precursoras en la construcción del lenguaje no sexista fue Victoria Sau (2000) que dejó un legado invaluable: el diccionario ideológico feminista. Otro referente fundamental es Eulalia Lledó, una de las primeras filólogas que ha defendido el uso del lenguaje no sexista y la eliminación de los sesgos androcéntricos. Junto con el Instituto de la Mujer, editaron una de las primeras guías de uso de lenguaje no sexista: NOMBRA. Femenino y masculino. La representación del femenino y el masculino en el lenguaje (1995).

En cuanto a guías de lenguaje no sexista e inclusivo, existen por fortuna una infinidad con buenos contenidos y ejemplos muy didácticos. Se han seleccionado tres guías que pueden servir como orientación; la primera es el “Manual de Comunicación no sexista, hacia un lenguaje incluyente”, realizado por Claudia Guichard Bello (2015). La segunda recomendación es la guía de “Lenguaje no sexista, tips para evitar el uso sexista del lenguaje cotidiano” de Oxfam Intermón (2015) y, por último, se presenta la “Guía y glosario de buenas prácticas del uso sexista del lenguaje desde una perspectiva del asociacionismo vecinal” (Tapia Mariscal, 2018).

Violencias machistas

El cuidado de los espacios libres de acoso y violencias machistas es otro de los ejes rectores que se incluyen en esta propuesta metodológica. Las violencias machistas se caracterizan porque se nutren de otras que anulan, callan o aíslan la voluntad de las mujeres. Algunas de estas violencias son físicas, psicológicas, sexuales, simbólicas, patrimoniales y económicas, las cuales dejan expuestas a todas las mujeres. Este trabajo se posiciona en contra del machismo disfrazado que experimentan muchas divulgadoras divulgadoras, por lo cual, es necesario promover espacios seguros.

Las redes sociales son un reflejo del sexismo que existe en el mundo real. En YouTube predominan los espacios dedicados a la divulgación de ciencia y tecnología. Marta Macho (2019) dice que los ataques a las mujeres son brutales ya que no es aceptable el insulto a través de las redes. Otro ejemplo de sexismo en las redes sociales es el caso de Emily Graslie⁹ del canal de divulgación de ciencia Brain Scoop¹⁰, una de cuatro mujeres que presentan contenido en dicho canal para incrementar la presencia de mujeres en la red.

Genealogía feminista

La necesidad de nuevos referentes simbólicos

Promover modelos femeninos a niñas y adolescentes para que se dediquen a las áreas STEM. Es necesario para visibilizar referentes simbólicos y

9 Emily Graslie lanzó un canal de You Tube sobre museos de ciencia y las colecciones de patrimonio científico.

10 The Brain Scoop es básicamente un canal de You Tube en el que encontramos vídeos educativos que teniendo como base las colecciones del museo explican distintos conceptos sobre zoología, evolución de las especies, botánica, meteoritos, fósiles y se explican varias de las funciones tanto educativas como de investigación que se realizan en el museo.

romper con los estereotipo de género que existen en estas áreas. Visibilizar por justicia histórica a todas aquellas mujeres que han sido invisibles a lo largo de la historia por el efecto Matilda es una de las acciones divulgativas más comunes. Como indica Eulalia Pérez Sedeño (1999) se ha comenzado a trabajar en rescatar del olvido a figuras que habían pasado inadvertidas o deliberadamente ocultas en la historia de la ciencia y la tecnología, bien por los sesgos inherentes, bien por concepciones estrechas de las disciplinas que las reconstruyen a partir de los nombres de grandes personajes.

Tareas pendientes

Para concluir esta sección, en el análisis de la situación actual de la divulgación surgen dos elementos claves: ausencia de una agenda de género en la ciencia el tipo de formación que hoy en día se oferta para crear profesionales de la divulgación y cultura científica. En este último punto, se han analizado los contenidos, guías didácticas y objetivos de algunos diplomados, másteres, cursos sobre cultura científica en México y España. Los resultados han sido muy desalentadores: no hay interés por incluir la perspectiva de género. Con este tipo de formaciones, se seguirán perpetuando roles y estereotipos de género, en el que las mujeres son el último eslabón de una cadena de discriminaciones, entre ellas la invisibilización.

Metodología

En esta investigación se ha utilizado la metodología de investigación feminista relacionada con la metodología de investigación cualitativa, específicamente se ha empleado el método etnográfico y de investigación de acción. Para la recolección de datos, se diseñó una batería de diez preguntas, que se empleó en el análisis de 121 proyectos divulgativos de México y España.



Propuesta de investigación

El objetivo de este estudio es analizar a profundidad los sesgos de género que suceden de forma normalizada en las prácticas divulgativas de ciencia y tecnología, incorporando para su análisis los cuatro ejes vertebradores que se han explicado anteriormente: un trabajo de cotejo y deconstrucción. En cuanto al tratamiento de datos, se propone trabajar siempre con datos desagregados. En la Figura 4 se ilustra la batería de preguntas.

Recolección de datos

Se ha empleado la técnica de instrumentación de investigación etnográfica, que consiste en el estudio personal y de primera mano de los asentamientos locales. Los criterios de selección utilizados se realizaron haciendo una búsqueda exhaustiva en redes sociales, visionado de videos en YouTube y asistencia a espectáculos divulgativos.

Zona	Presencia	Hombres	Mujeres
España	46	34	12
México	75	48	27

Tabla 2. Distribución por zonas

Fuente de la tabla: elaboración propia

Análisis de datos

En los proyectos divulgativos se ha contabilizado el número de personas participantes por cada proyecto. De la muestra analizada, el 39% son mujeres (47 divulgadoras) y el 61% (74 divulgadores) son hombres. Todo el análisis de datos se desglosa con datos desagregados por sexo, como se ilustra en la figura 5.

Como se mencionó anteriormente, la población participante en esta investigación procede de México y España. En la figura 6, se muestra la distribución por zonas, y, además, se añade la cantidad de profesionales de la cultura científica. En cuanto a los objetivos de los proyectos divulgativos analizados, se tiene lo siguiente (ver tabla 3):

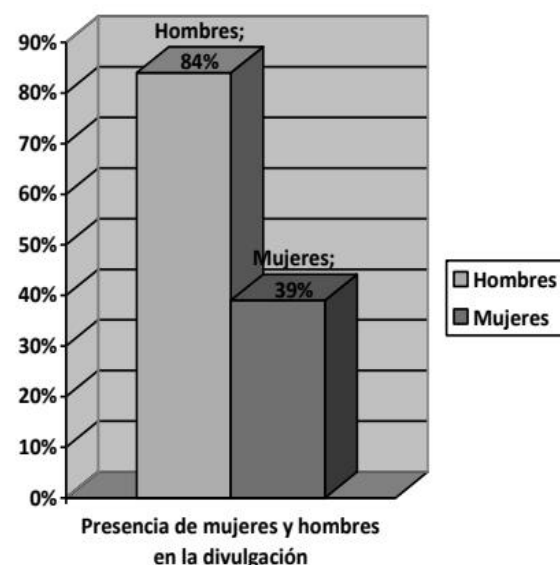


Figura 5. Presencia de mujeres y hombres en la divulgación

Fuente de la ilustración: elaboración propia

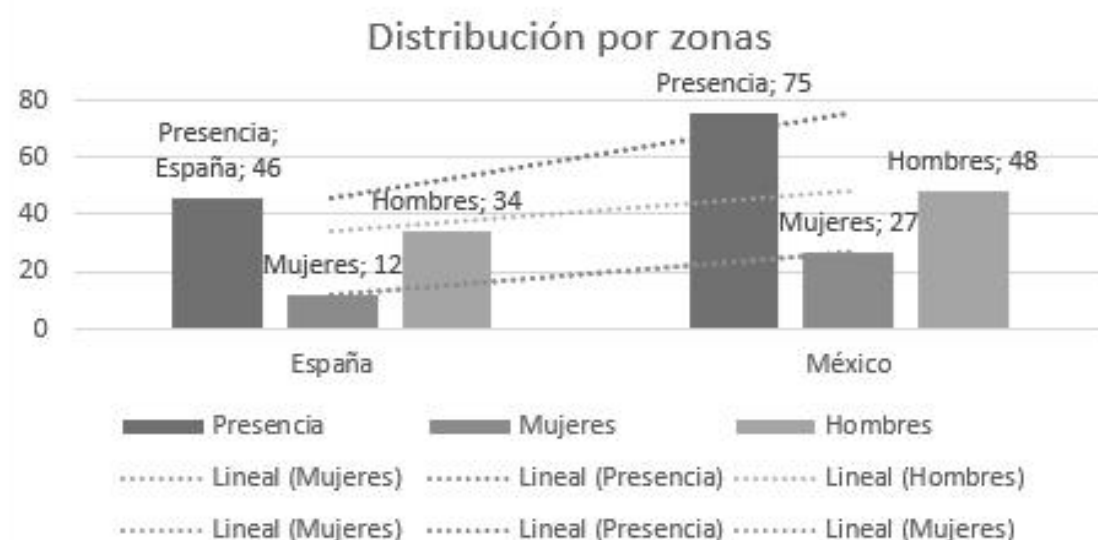


Figura 6. Distribución por zonas

Fuente de la ilustración: elaboración propia

Conclusiones y recomendaciones

Proyecto	Presencia total	Mujeres	Hombres
Despertar vocaciones STEM (general)	10	5	5
Despertar vocaciones STEM (Niñas)	38	29	9
Acercar a la ciencia a las infancias	11	6	5
Divulgación en la Astronomía	15	6	9
Incentivar la robótica en la niñez	2	0	2
Chicas en las Tics	10	9	1
Genealogía de mujeres en STEAM	6	4	2
Neurociencias	23	14	9
Matemáticas	4	4	0
Programación en Machine Learning	2	1	1

Nota. Esta tabla muestra la distribución de las temáticas más empleadas en la divulgación científica. Los datos se presentan de forma desagregada por sexos

Tabla 3. Objetivos de los proyectos divulgativos

- a) Ha quedado constancia de cuáles son los factores que invisibilizan a las mujeres en el ámbito científico tecnológico, y, por consiguiente, es importante cuestionar si los proyectos que se elaboran ocultan a niñas, adolescentes y mujeres.
- b) Controvertir de qué manera se crea el conocimiento en la ciencia y tecnología nos permite situar la posición de las mujeres en estos campos de aprendizaje. Seguir impulsando titulaciones para formar especialistas en divulgación científica sin la transversalización de género necesaria hace a las mujeres especialmente vulnerables, perpetuando así, conceptos estereotipados que no hacen otra cosa que denigrar y alejar cualquier despertar de vocaciones STEM en niñas y adolescentes.
- c) Se aportan cuatro ejes vertebradores para crear una cultura científica mucho más inclusiva y no sexista, creando un proceso emancipador y promoviendo espacios seguros y libres de violencia machista.
- d) Se ha hecho énfasis en lo importante que es el uso del lenguaje no sexista e inclusivo y se han mostrado múltiples ejemplos del poder ejecutor que tiene para visibilizar. Lo que no se nombra no existe y lo que se nombra construye realidades. Por lo tanto, resulta imprescindible realizar prácticas divulgativas en donde las niñas y adolescentes se sientan representadas en todo momento, evitando el androcentrismo y el masculino genérico.
- e) De acuerdo con los resultados, se puede destacar que los hombres siguen liderando los planes de divulgación. En cuanto a la distribución por zonas (España y México) ocupan mayoritariamente las prácticas divulgativas. Referente a las temáticas que se desarrollan, se concluye que las mujeres tienen mayor presencia en las actividades enfocadas a los cuidados. Finalmente, los resultados sobre comunicación sexista no fueron muy alentadores y en un porcentaje aplastante se siguen reproduciendo sesgos de género.

Líneas futuras

Hay un abundante espacio para seguir avanzando en futuras investigaciones, ya que son pocos los estudios sobre la inclusión de género en la divulgación científica. En el desarrollo de este capítulo, han surgido muchas inquietudes para continuar añadiendo variables como:

- a) Aumentar la muestra de investigación y el número de proyectos.
- b) Añadir en la muestra países anglosajones, realizando una comparativa de las diferencias y/o similitudes en la elaboración y exposición de experiencias divulgativas, tomando en cuenta los sesgos de género que se reproducen.
- c) Realizar un estudio en el que se analice de qué manera influye el uso de lenguaje sexista y no inclusivo en el despertar de vocaciones científicas en niñas y adolescentes.
- d) Utilizar las técnicas de *Machine Learning* e Inteligencia Artificial para crear modelos predictivos, empleando los datos que resulten de la batería de preguntas, añadiendo más muestras.

Referencias

- Alario, C., Bengoechea, M., Lledó, E. y Vargas, A. (1995). NOMBRA. La representación del femenino y el masculino y en el lenguaje. Madrid: Instituto de la Mujer. Disponible en http://www.ehu.eus/documents/1734204/1884196/Nombra_La_representacion_del_femenino_y_el_masculino_en_el_lenguaje.pdf
- Barral, M. J. (Ed.). (1999). Interacciones ciencia y género: discursos y prácticas científicas de mujeres (Vol. 148). Icaria Editorial.
- Blázquez Graf, N., Flores Palacios, F., & Ríos Everardo, M. (2010). Investigación feminista. Epistemología, metodología y representaciones sociales. Universidad Nacional Autónoma de México.
- De Semir, V. (2003). Medios de comunicación y cultura científica. Quark, 22-34.
- Díaz Martínez, Capitolina. (noviembre de 2017). La perspectiva de género en la ciencia. Investigación y ciencia. Recuperado de <https://www.investigacionyciencia.es/revistas/investigacion-y-ciencia/sexo-genero-y-ciencia-720/la-perspectiva-de-genero-en-ciencia-1573>
- Fourez, G. 1992. 1997. Alfabetización científica y tecnológica. Edición es Colihue. Buenos Aires, Argentina.
- Guichard Bello, C. (2018). Manual de comunicación no sexista, hacia un lenguaje incluyente. Inmujeres. http://cedoc.inmujeres.gob.mx/documentos_download/101265.pdf
- Indicadores de género. Guías indicadores de género. Instituto Andaluz de la Mujer. 2003. Recuperado en: https://www.juntadeandalucia.es/turismoydeporte/export/sites/ctc/.galleries/descargas-unidad-genero/Mxdulo_5.Indicadores_de_Gxnerox1x.pdf
- Lagarde, Marcela, “El género”, fragmento literal: ‘La perspectiva de género’, en Género y feminismo. Desarrollo humano y democracia, Ed. horas y HORAS, España, 1996, pp. 13-38
- Los datos completos del Eurobarómetro «europeos, ciencia y sociedad» pueden ser consultados en <http://www.upf.es/occ/cat/Eurob-eng1.doc>. Fecha consulta: 3/03/2021
- Madrid, Allison. “Modificar el uso del lenguaje para incluir a las niñas en la ciencia”. Lado B. Recuperado en: <https://www.ladobe.com.mx/2021/02/modificar-el-uso-del-lenguaje-para-incluir-a-las-ninas-en-la-ciencia/>
- Ministerio de educación y formación. (2018). Panorama de la educación de indicadores de la OCDE 2018. <https://www.educacionyfp.gob.es/inee/indicadores/indicadores-internacionales/ocde/2018.html>
- Oxfam Intermon. (2015). Lenguaje no sexista, tips para evitar el uso sexista del lenguaje cotidiano. https://cdn2.hubspot.net/hubfs/426027/Ebooks/ebook_Lenguaje_no_sexista.pdf
- Pérez Sedeño, E. (1994), Mujeres matemáticas en la historia de la ciencia, en Matemáticas y coeducación. OECM Ada Byron.

Rossi, Alice. (1965). "Women in science. Why so few?", *Science*, vol. 148, n° 3674, pp. 1196-1202

Sau, Victoria, (2000). *Diccionario ideológico feminista*. Barcelona, Ed. Icaria

Serret B. E., Qué es y para qué es la perspectiva de género. Libro de texto para la asignatura: perspectiva de género en educación superior. Instituto de la Mujer Oaxaqueña, México, 2008, p. 49.

Tabanera, Noelia. (5 de julio de 2019). El machismo disfrazado de piropo al que hacen frente las divulgadoras científicas. Público. Recuperado de: [https://](https://www.publico.es/sociedad/machismo-disfrazadopiropo-al-frente.htm)

www.publico.es/sociedad/machismo-disfrazadopiropo-al-frente.htm

Tapia Mariscal, L. (2018). Guía y glosario de buenas prácticas del uso sexista del lenguaje desde una perspectiva del asociacionismo vecinal. Federación de Asociaciones Vecinales Al-Zahara, en colaboración con el Excmo. Ayuntamiento de Córdoba, 28 pp.

Vázquez Parra, J. C.; Arredondo Trapero, F. G., y De la Garza, J. (2016). Brecha de género en los países miembros de la Alianza del Pacífico. *Estudios Gerenciales*, 32(141): 336-345. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.estger.2016.09.003>

FOMENTO DE VOCACIONES CIENTÍFICAS CON PERSPECTIVA DE GÉNERO EN EL ESTADO DE PUEBLA: JORNADA POR LA CIENCIA

Leticia García Solano, Liliana Michelle Ramos Regino, Lilia Meza Montes

Introducción

En las últimas décadas la educación de las mujeres ha sido uno de los principales intereses de la población a nivel mundial. Esto se puede constatar en los objetivos 4 y 5 de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible (Grupo de Trabajo de la UNESCO sobre la Agenda 2030 para el desarrollo Sostenible, 2017). En el presente artículo se pretende destacar la trascendencia de la educación para la incorporación y la participación de las jóvenes en la ciencia. Con base en el dato emitido por la UNESCO (2021) el 11 de febrero de 2021 (Día internacional de la mujer y la niña en la ciencia), el 30% de investigadores científicos en el mundo son mujeres. Lo anterior se puede explicar en cierto grado por la feminización y masculinización de las profesiones, razón por la cual en el caso de

las mujeres no se promueven las carreras relacionadas a las ciencias básicas por considerarse estas espacios para los hombres.

Los antecedentes escolares previos al ingreso a la licenciatura suelen ser determinantes en el ánimo o inclinación de las y los alumnos para elegir carreras de corte científico, por lo que resultan significativas las experiencias que puedan generarse en el espacio escolar. Como parte del proyecto “Análisis de las intervenciones para fomentar y reforzar vocaciones científicas, el caso de las mujeres”, apoyado por Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, y que tuvo lugar en el estado de Puebla durante 2019, se realizaron una serie de acciones con el objetivo de fomentar vocaciones científicas en las carreras de ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM por sus siglas en inglés). Una de esas acciones lleva por título:

“Jornada por la ciencia”. Se trata de una intervención educativa que tuvo lugar en cuatro escuelas de nivel medio superior en el estado de Puebla, dos en la ciudad y dos más en los complejos regionales que se encuentran en el interior del estado.

El objetivo de este trabajo es presentar la experiencia educativa Jornada por la ciencia desarrollada en las escuelas preparatorias de Tlatlauquitepec y Cuetzalan del estado de Puebla y sus resultados desde la perspectiva de género. Se pretende contribuir a divulgar estrategias de intervención educativas para divulgar la ciencia con una perspectiva de género. En el primer apartado se describe en qué consistió esta experiencia de intervención educativa. En el segundo apartado, se presenta la construcción del instrumento y su fundamento para la evaluación de las jornadas por la ciencia, mientras que en el tercer apartado se da cuenta de los hallazgos más importantes y sus interpretaciones desde la perspectiva de género. Finalmente, se encuentran las conclusiones.

Jornada por la ciencia

La “Jornada por la ciencia” forma parte de las actividades realizadas en el marco del proyecto “Análisis de las intervenciones para fomentar y reforzar vocaciones científicas”. En el caso de las mujeres, el objetivo es analizar qué tanto influyen estas actividades de divulgación en la percepción que los estudiantes tienen sobre la ciencia y la participación de las mujeres en ella. Dicho proyecto estuvo apoyado durante 2019 por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología mediante el convenio No. I12000/43/2019 C304/2019 y presentado por la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla y la Red Mexicana de Ciencia, Tecnología y Género. La continuación de este proyecto fue aprobada nuevamente en la Convocatoria Para Fomentar y Fortalecer las Vocaciones Científicas 2020.

La “Jornada por la ciencia” es una intervención educativa que tuvo lugar en cuatro escuelas de nivel medio superior en el estado de Puebla, dos en la ciudad y dos más en los complejos regionales que se encuentran en el interior del Estado. Cada jornada consistía en ofrecer al alumnado una conferencia aproximadamente de una hora, a cargo de una científica, en donde abordaría la importancia del conocimiento científico de su área a partir de su experiencia, con el ánimo de motivar a quien la escuchara a interesarse por

la ciencia. Posteriormente, como parte del programa del día, el estudiantado participaba de una serie de experimentos científicos, mismos que estuvieron conducidos en mayor medida por mujeres estudiantes de nivel superior, esto con la intención de visibilizar que las mujeres también hacen ciencia y que puede ser lúdica y apasionante.

Para el caso que aquí nos ocupa, se dará cuenta de la experiencia de dos de las escuelas que formaron parte del proyecto: Preparatoria Tlatlauquitepec y Preparatoria Cuetzalan, ambas del Complejo Regional Nororiental de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Para el contacto con las preparatorias participantes, contamos con el apoyo del Director de Divulgación de la Vicerrectoría de Investigación y Estudios de Posgrado de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Dr. José Eduardo Espinosa Rosales.



Ilustración 1. Estudiantes

Fotografía propiedad de Lilia Meza Montes

Jornada por la ciencia: Preparatoria Cuetzalan

Cuetzalan se localiza en el corazón de la Sierra Norte del estado de Puebla. La sede fue la preparatoria, en la cual se impartieron once talleres: Microscopio Láser, Kit óptico, Cubitos de Colores, La vela que no se apaga, Resonancia acústica, Microscopio, Observando el sonido, Polarización y Cristales,

impartidos por los talleristas: Razo Martínez Paola, Castillo González Kitzia Nallely, Romero Reyes Kevin Alejandro, Amador García Faustino Moisés, Pacheco Romero David Israel, Manzanilla Meza Jazmín, Gracida Zapata Rafael, Téllez Zárate Fernando, Montes Pérez Areli, Maritza Iveth Pérez Valverde y Javier Alanís Pérez. La conferencia estuvo a cargo de la Dra. Claudia Reyes Betanzo, del Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica del estado de Puebla con la ponencia: Microelectrónica.



Ilustración 2. Jornada por la Ciencia en Cuetzalan
Fotografía Propiedad de Lila Meza Montes



Ilustración 3. Material de los talleres impartidos en Cuetzalan

Fotografía Propiedad de Lila Meza Montes



Ilustración 4. Participantes de la Jornada por la Ciencia en Cuetzalan

Fotografía Propiedad de Lila Meza Montes

Jornada por la ciencia: Preparatoria Tlatlauquitepec.

Tlatlauquitepec se localiza en la Sierra Nororiental de Puebla y en ella también se realizó una “Jornada por la ciencia”. Se presentaron nueve experimentos: Espectroscopia, Resonancia con copas, Cubitos de colores, Microscopio láser, Efecto Moiré, Túnel de espejos y hologramas, Campo eléctrico, El aire ocupa espacio y

Microscopio *Foldscape*, con el apoyo de los talleristas: Razo Martínez Paola, Castillo González Kitzia Nallely, Romero Reyes Kevin Alejandro, Álvarez Arenas Miriam, Amador García Faustino Moisés, Castillo González Kitzia Nallely, Cuetlach Martínez Aletvia Andrea, De Lima Mar Juan Carlos, Pacheco Romero David Israel, Pérez Francisco Ingrid Verónica. La conferencia estuvo a cargo de la Dra. Lilia Meza Montes de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, con la conferencia: Nuevos materiales y la electrónica del futuro.

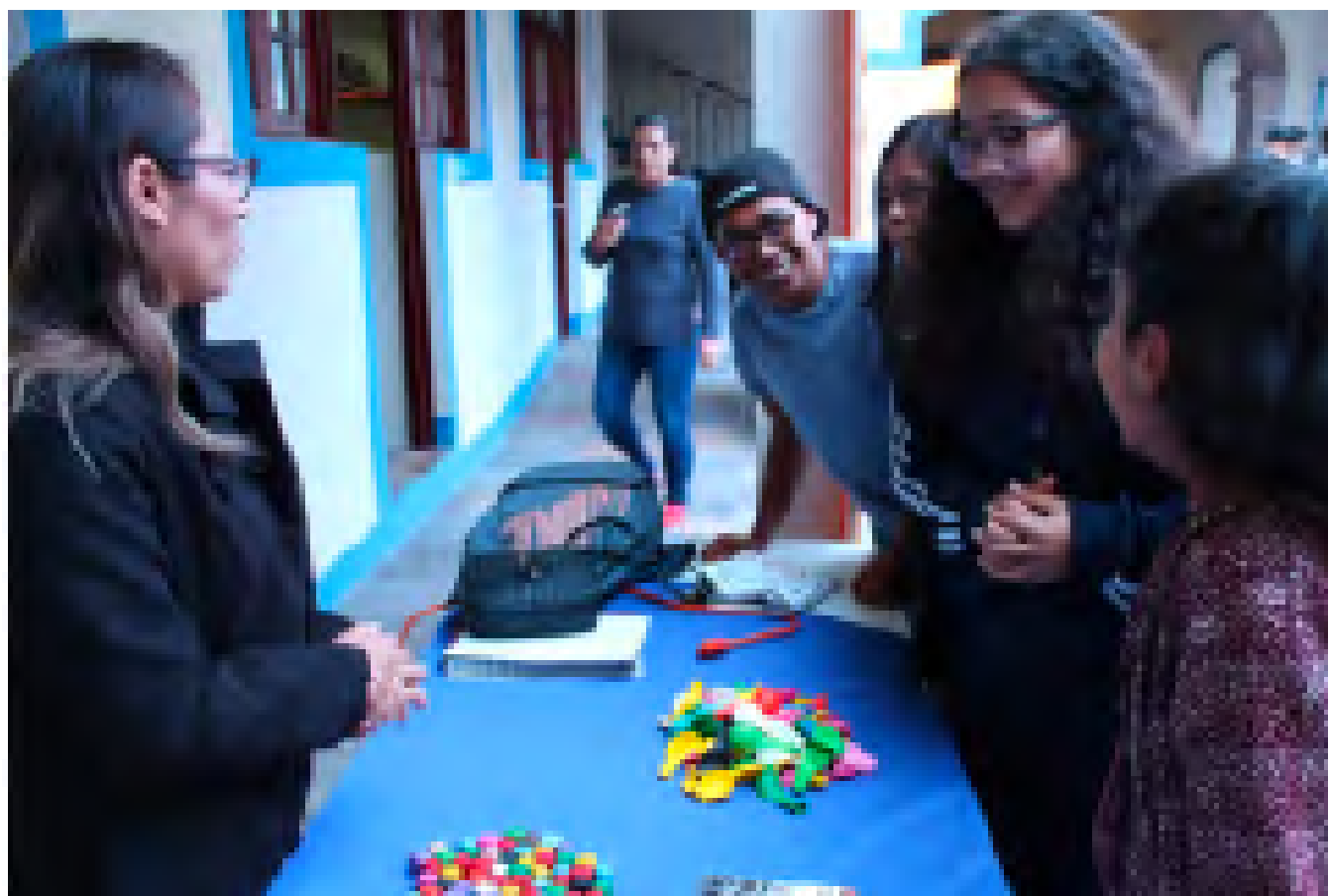


Ilustración 5. Equipo de talleristas en Tlatlauquitepec

Fotografía Propiedad de Lila Meza Montes



Ilustración 6, 7, 8. Talleres en Tlatlauquitepec

Fotografía Propiedad de Lila Meza Montes

Metodología para la evaluación de la intervención educativa: Jornada por la ciencia

Para evaluar el nivel de impacto de la intervención educativa “Jornada por la ciencia” se elaboraron instrumentos: un cuestionario pre y post que se aplicó al estudiantado, un cuestionario para las y los responsables de los experimentos que tuvieron lugar durante la jornada y una entrevista grupal semiestructurada que se aplicó al final de la actividad a un grupo de estudiantes mujeres y hombres. Con el fin de permitir que el grupo se expresara libremente, respondieron de forma anónima.

El cuestionario pre/post fue elaborado desde la perspectiva de género, el cual tuvo como objetivo identificar y nombrar en el análisis cuantitativo y cualitativo las desigualdades presentes entre el estudiantado. El género como una categoría de análisis nos permite visibilizar a las mujeres en su lenguaje, quehacer social, papel en la construcción de la historia, la producción económica y sus aportes en la ciencia. Como lo señala Blazquez (2018): “La inclusión del análisis de sexo y género en la ciencia permite desarrollar una idea del mundo que toma en cuenta a las mujeres y al hacerlo corrige las distorsiones, sesgos y explicaciones erróneas que se elaboran en los diversos campos del conocimiento” (pp. 9-10). En la actualidad, parafraseando a Sánchez, Solís y García (2018), reconocer la pertinencia de la perspectiva de género en las ciencias significa visibilizar a la mujer en un sinnúmero de actividades y campos, tales como: mercados de trabajo, participación en la política, ingreso y permanencia en el sistema educativo, contribución en el campo de la ciencia, condición de salud, entre otras.



Ilustración 9. Estudiantes respondiendo el cuestionario pre/post

Fotografía Propiedad de Lila Meza Montes

El cuestionario consta de veinte ítems, escala tipo Likert agrupados en tres categorías: enseñanza de la ciencia (preguntas: 9,13,17,20), imagen

sexo/genérica en la ciencia (preguntas: 1,3,4,5,6,7,10,11,14,16,18), habilidades científicas (preguntas:2,8,12,15,19). Este instrumento tiene como objetivo visualizar los cambios de actitud antes y después de haber participado en la “Jornada por la ciencia”. Las actitudes hacia la ciencia pueden definirse como “las disposiciones, tendencias o inclinaciones a responder hacia todos los elementos (acciones, personas, situaciones o ideas) implicados en el aprendizaje de la ciencia” (Vásquez y Manassero citado por Ortega, 1992, p. 2). A continuación, se presenta cada categoría y los ítems considerados.

Enseñanza de la ciencia: Una de las instituciones más influyentes en la transmisión de los roles de género es la escuela, la cual busca reproducir en sus estudiantes, mujeres y hombres, el ideal de persona que las normas culturales marcan en un momento determinado. Dicha homogeneización, y en eso coinciden Rodríguez y Ursini, (2008) y Farfán y Simón (2018), se hace en gran medida a través de las formas de enseñanza, de aprendizaje y de conocimiento. De esta manera se sitúa la importancia que tienen los contenidos y las formas de transmisión de conocimiento (libros, lenguaje, imágenes, estímulos, ejemplos, etc.) en la reproducción de los sesgos de género, que se traducen en la división genérica de profesiones.

Esta división da como resultado la feminización y masculinización de algunas ocupaciones en los mercados profesionales, al tiempo que el quehacer de la ciencia se ubica como un estereotipo socialmente construido para los hombres, ubicando a las mujeres en otros lugares. En este sentido el profesorado tiene un lugar central. Las afirmaciones que integran esta categoría son: “En mis clases siempre me enseñan la contribución que han hecho las mujeres a la ciencia” (9); “Participar en jornadas como esta se me hace pesado y aburrido” (13); “Me “desconecto” cuando empieza cualquier conferencia” (17); y “Soy participativa(o) en las actividades que propone la escuela” (20).

Imagen sexo/genérica en las ciencias. En primera instancia se alude a la imagen relacionada con las interacciones entre sociedad, ciencia y tecnología. Gran parte de la historia de la ciencia, señalan García y Pérez (2018), se ha constituido con imágenes de mentes masculinas que conocen “naturalezas” femeninas o “lo humano” construido a partir de lo masculino, la consecuencia es que apenas existe un imaginario que represente a mujeres como sujetas de conocimiento. “Por mucho tiempo, la unidad de medida del conocimiento ha sido el hombre blanco de clase media alta, y todo lo que no llega a esa unidad queda fuera” (Inzunza, 2019, p. 23). Muestra de ello es la vasta bibliografía escrita sobre el sexismo y androcentrismo en las teorías científicas del siglo XIX que pretendía demostrar la inferioridad “natural”

de las mujeres (fundamentalmente en inteligencia) o su complementariedad esencial con los hombres (con medidas de personalidad).

Las afirmaciones que integran esta categoría son: “El estudio y la ciencia la hacen solo los hombres” (1); “Es mejor que el conferencista sea un científico” (3); “El estudio de la ciencia es para las mujeres” (4); “Un experimento lo explica mejor un chico que una chica” (5); “Hacer experimentos es cosa de chicas” (6); “Un equipo de trabajo es mejor que esté formado por hombres y mujeres” (7); “Es mejor que la conferencista sea una científica” (10); “Las mujeres contribuyen a la ciencia” (11); “Un equipo de trabajo es mejor que esté formado por hombres” (14); “La mayoría de mis compañeras no son buenas para el estudio de las matemáticas, química, física, etc.” (16); y “Los hombres son mejores en las ciencias exactas e ingenierías y las mujeres en las ciencias sociales y humanidades” (18).

Habilidades científicas: Uno de los temas centrales que ha guiado las investigaciones sobre educación científica es el referente a las diferencias en el desempeño en matemáticas entre niñas y jóvenes respecto a sus compañeros varones, pues diversos estudios muestran que éstos aventajan a sus compañeras en los puntajes obtenidos en esa materia, especialmente a partir de la secundaria, y esta brecha se amplía conforme ellos y ellas avanzan en sus estudios. Tales datos han llevado a reforzar la idea de las diferencias “naturales” entre mujeres y varones, a sostener la tesis de que existen diferentes “capacidades” intelectuales, e incluso, atribuir estos resultados a diferencias neuroanatómicas entre unos y otras.

Sin embargo, Farfán y Simón (2018) señalan que retrocediendo un poco en la historia sobre mujeres y matemáticas se puede demostrar cómo las mujeres siempre han sido parte fundamental del desarrollo del conocimiento matemático; desde las filósofas griegas, pasando por las astrónomas hasta Ada Lovelace o Maryam Mirzakhani (la primera mujer en ganar la medalla Fields, reconocimiento internacional que se otorga a los descubrimientos sobresalientes en matemáticas), las mujeres siempre han estado presentes en el desarrollo de las matemáticas. Las afirmaciones que integran esta categoría son: “Me gusta resolver problemas relacionados con las ciencias experimentales” (2); “Me gustaría estudiar algo relacionado con las ciencias sociales” (8); “Me gusta hacer experimentos” (12); “Me resulta desagradable hacer experimentos” (15); “Me gustaría estudiar algo relacionado con las ciencias exactas” (19).

A continuación, se presentan parte de los resultados de la categoría imagen sexo/genéricas en las ciencias, retomando los cuestionarios pre y post y las entrevistas grupales de las dos instituciones antes nombradas.

Resultados

Una de las limitaciones para que más niñas quieran seguir una carrera científica es la falta de referentes femeninos en estos campos. Las científicas no son una imagen que tengan en primera instancia el estudiantado, por ello, promover la imagen de las científicas representa un motivador para que las estudiantes en particular comiencen o fortalezcan la idea de ser científicas. Después de la jornada por la ciencia aumentó la idea de que los hombres no son los únicos que hacen ciencia, como se puede apreciar en la Gráfica 1.

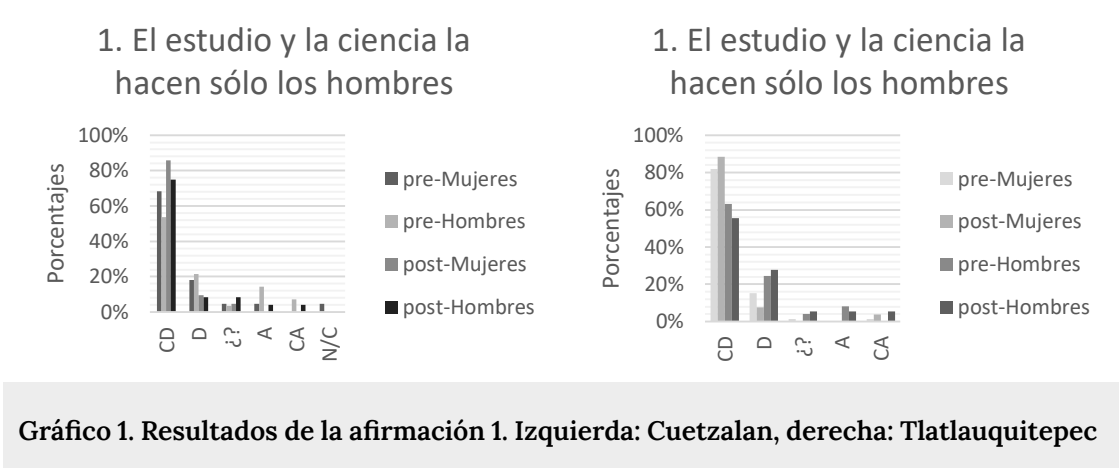


Gráfico 1. Resultados de la afirmación 1. Izquierda: Cuetzalan, derecha: Tlatlauquitepec

Idea que se fortalece con los resultados obtenidos en la afirmación: “Es mejor que el conferencista sea un científico”, ya que, los porcentajes de la respuesta totalmente en desacuerdo aumentaron después de la jornada por la ciencia; pasaron de 16% a 26% en Cuetzalan y de 9% a 24% en Tlatlauquitepec. Además, se puede señalar la reflexión que algunas estudiantes hicieron, como se muestra en el siguiente testimonio:

En la encuesta, nos preguntaron que, si las mujeres hacían ciencia, eso me puso a pensar, creo que hemos visto más que lo hacen los hombres, que los hombres son científicos, así lo vemos en la historia aquí en la escuela y ahorita que vimos cómo las mujeres, cómo las chicas explicaban y así, yo me di cuenta que ellas también pueden aportar mucho. Aquí las chicas explicaban todo (Anónimo, Tlatlauquitepec, 25 de octubre de 2019).

Cuando se les preguntó si el estudio de la ciencia era para las mujeres, las estudiantes expresaron lo siguiente:

Yo, sinceramente no conocía a ninguna chica, que se escuchara su nombre en las clases. No sé, no me la imaginaba, tal vez porque pensaba que no podía, pero ahora creo que es algo que sí existe, que sí se ve. En otros tiempos las muchachas no tenían posibilidades de poder hacerlo y ahora con el paso del tiempo, sí, las mujeres están al frente de los experimentos. (Anónimo, Tlatlauquitepec, 25 de octubre de 2019).

Es de llamar la atención el porcentaje tan elevado tanto de hombres como de mujeres que indicaron en el pre que la ciencia no era para las mujeres y aunque en el post estos niveles bajan tanto en hombres como mujeres siguen siendo altos y quienes lo expresan en su mayoría son hombres 50% en pre y 48% en el post. Las respuestas de totalmente en desacuerdo pasaron del 34% en el pre al 6.7% en el post y en la respuesta de acuerdo pasó de 26.5% a 22%.

En relación a las respuestas de las mujeres se puede observar en el Gráfico 2, que el porcentaje de estudiantes mujeres que piensan que la ciencia es para las mujeres (Acuerdo y totalmente de acuerdo) no llega al 20% en Cuetzalan; mientras que en Tlatlauquitepec apenas alcanza el 30 %. Por lo tanto, los resultados de la pregunta plantean el reto de continuar fomentando la ciencia como una actividad que también pueden realizar las mujeres.

En relación a si un experimento lo explica mejor un hombre que una mujer o que hacer experimentos es cosa de chicas, después de la “Jornada por la ciencia”, las jóvenes se muestran entusiasmadas con realizar esta actividad: “A mí me gusta, que muchas mujeres estuvieran participando, que las mujeres sean quienes expliquen. ¡Me parece muy chido!” (Anónimo, Cuetzalan, 15 de noviembre de 2019).

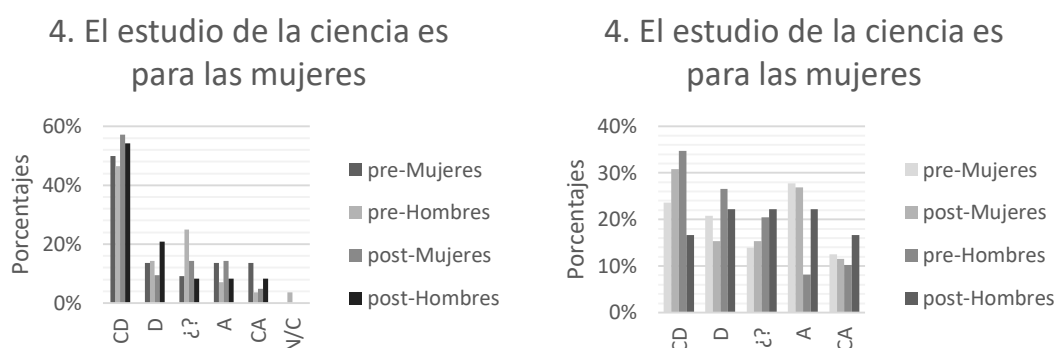


Gráfico 2. Resultados de la afirmación 4. Izquierda: Cuetzalan, derecha: Tlatlauquitepec.

En el Gráfico 3 se observa la respuesta del estudiantado ante la afirmación del trabajo conjunto entre hombres y mujeres. Uno de los comentarios sobre el tema fue el siguiente. “Ver que las mujeres estaban explicando en los talleres nos motiva en particular a nosotras. Nosotras vimos que tanto hombres como mujeres podemos aprender de diferentes áreas” (Anónimo, Cuetzalan, 15 de noviembre de 2019).

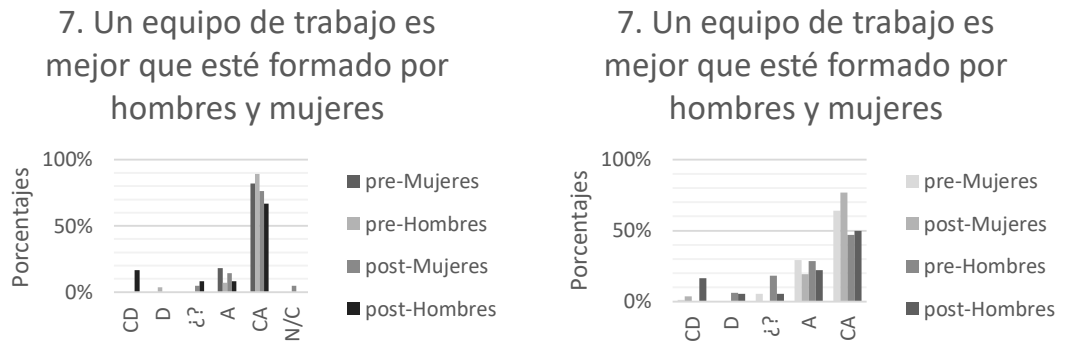


Gráfico 3. Resultados de la afirmación 7. Izquierda: Cuetzalan, derecha: Tlatlauquitepec.

Por otro lado, en el Gráfico 4, se puede notar en ambas instituciones una tendencia negativa ante la pregunta 10, si es mejor que la conferencia sobre ciencia sea impartida por una científica. Sin embargo, los testimonios son más alentadores:

Nunca había pensado cómo podría ser una científica. Yo me la imagino con la típica batita y sus lentes, muy diferente a mí. (Anónimo, Cuetzalan, 15 de noviembre de 2019). Una persona muy seria, con su respectivo atuendo: con una bata. (Anónimo, Cuetzalan, 15 de noviembre de 2019)

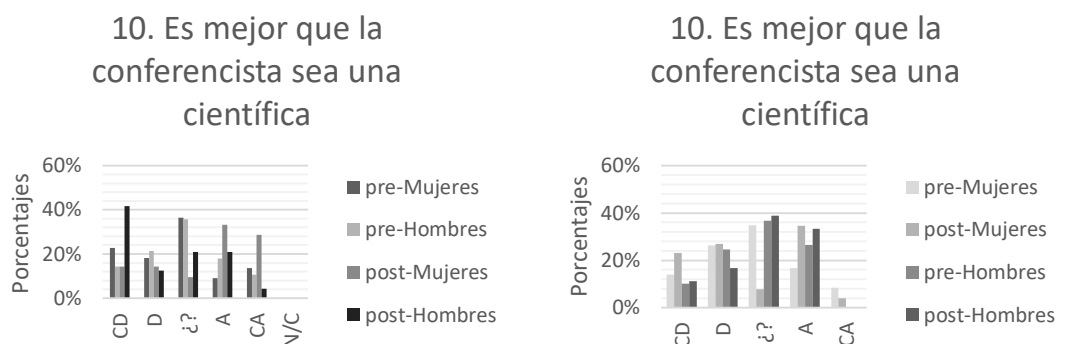


Gráfico 4. Resultados de la afirmación 10. Izquierda: Cuetzalan, derecha: Tlatlauquitepec.

“La afirmación 16 tiene como resultado estadístico la Gráfica 5.”

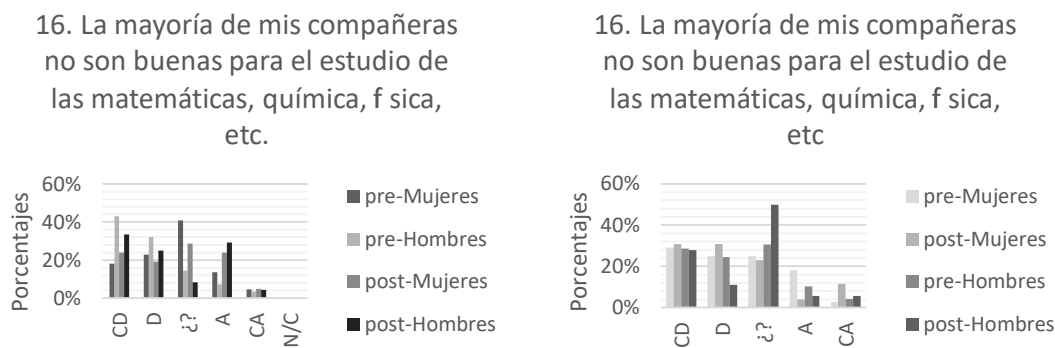


Gráfico 5. Resultados de la afirmación 16. Izquierda: Cuetzalan, derecha: Tlatlauquitepec.

Aunado a que son consideradas como un gran obstáculo, las matemáticas no logran despertar el gusto y la pasión en los alumnos, en especial en las mujeres. Y de ahí también se obtiene la respuesta en un porcentaje más amplio sobre la idea de que los hombres son mejores en las ciencias exactas e ingenierías y las mujeres en las ciencias sociales y humanidades.

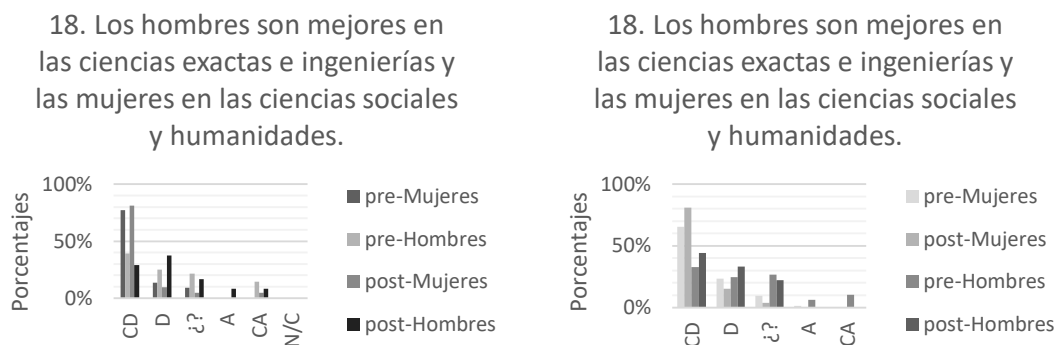


Gráfico 6. Resultados de la afirmación 18. Izquierda: Cuetzalan, derecha: Tlatlauquitepec

Hasta aquí algunos hallazgos e interpretaciones de la evaluación de la intervención educativa realizada en los municipios de Cuetzalan y Tlatlauquitepec.

Conclusiones

Con lo expuesto anteriormente se concluye que: a) la mayoría del estudiantado carece de referentes en cuanto a los aportes de las mujeres a la ciencia; b) después de que el alumnado tiene la experiencia de la “Jornada de la ciencia”, cambia su percepción de que la ciencia es aburrida y solo para algunas personas que son inteligentes; c) las mujeres hacen ciencia; y d) la perspectiva de género en la divulgación permite que un mayor número de estudiantes se vean motivadas a estudiar una carrera científica.

Por lo anterior, se puede agregar que existe la necesidad de incorporar el conocimiento de las carreras STEM en el nivel de bachillerato, para que amplíen sus posibilidades de elección de carrera y no se continúe eligiendo las licenciaturas de siempre, además de posicionar los aportes de las mujeres en las diferentes disciplinas en particular en las ciencias. Hacer investigación y/o divulgación con perspectiva de género posibilitará construir una nueva relación de las mujeres con el estudio de la ciencia, así como transformar las relaciones de poder entre los géneros para que no se siga reproduciendo el estereotipo de carreras feminizadas y masculinizadas, sino que haya participación de hombres y mujeres en igual en todos los campos del conocimiento.

Finalmente, esta pandemia ha venido a aumentar la brecha de género en materia de ciencia, y por ello resulta indispensable redoblar esfuerzos para que haya cada vez más vocaciones científicas sin sesgo de género. Las escuelas de nivel bachillerato tienen una importante tarea y al mismo tiempo un gran reto, en el cual se espera contribuir con el trabajo expuesto anteriormente, pues el vínculo entre los diferentes niveles educativos en el desarrollo de actividades formativas y lúdicas ha demostrado tener resultados positivos para apoyar en este caso a la población de educación media superior en particular a las jóvenes estudiantes.

Referencias

Blazquez, N. y Chapa, A. (Coord.) (2018) *Inclusión del análisis de género en la ciencia*. Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de

México/Red Mexicana de Ciencia Tecnología y Género/Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología/Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Ciudad de México.

- Farfán, R. y Simón, M. (2018) Género en el aprendizaje de las matemáticas. En Blázquez, N., y Chapa, A. (Coord.), *Inclusión del análisis de género en la ciencia*, (pp. 59-77). México: Universidad Nacional Autónoma de México/Red Mexicana de Ciencia Tecnología y Género/Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología/Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Ciudad de México, México.
- García, D. y Pérez Eulalia (2018) *Las "mentiras" científicas sobre las mujeres*, segunda edición, Madrid: Catarata.
- García R., et al. (2010) Actitudes del alumnado hacia la igualdad de género. *Revista de Investigación Educativa*, 28 (1), pp 2017-32. España: Universidad de Sevilla.
- Grupo de Trabajo de la UNESCO sobre la Agenda 2030 para el desarrollo sostenible. (2017). *La UNESCO Avanza: La Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible*. https://es.unesco.org/creativity/sites/creativity/files/247785sp_1_1_1.compressed.pdf Recuperado el 20 de noviembre de 2021.
- Guevara, E. (2018) Género en investigación educativa. En Blázquez, N. y Chapa, A. (Coord.), *Inclusión del análisis de género en la ciencia*, (pp. 47-58). México: Universidad Nacional Autónoma de México/Red Mexicana de Ciencia Tecnología y Género/Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología/Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Ciudad de México, México.
- Inzunza, A. (2019) Necesaria la inclusión del análisis de género en la ciencia: Norma Blázquez Graf. *Fórum. Noticias del Foro Consultivo*, núm. 54, noviembre de 2019, pp. 22-27. México.
- Pelcastre, L., Gómez, A. y Zavala, G. (2015) Actitudes hacia la ciencia de estudiantes de educación preuniversitaria del centro de México. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, vol. 12, núm. 3, 2015, pp. 475-490. España: Asociación de Profesores Amigos de la Ciencia: EUREKA.
- Ortega P., Saura, J.P., Minguez, R., García de las Bayonas, A. y Martínez, D. (1992) Diseño y aplicación de una escala de actitudes hacia el estudio de las ciencias experimentales. *Revista Enseñanza de las Ciencias*, 10 (3), pp. 295-303.
- Sánchez, A., Solís M. y García L. (2018) *Guía Educativa para el Profesorado de Bachillerato. Género, Ciencia y Práctica Docente en el Bachillerato*. México: UNAM/FES Acatlán/Red Mexicana de Ciencia, Tecnología y Género.
- Rodríguez, W., Jiménez, R., Caicedo-maya, C. (2007) Protocolo de actitudes relacionadas con la ciencia: adaptación para Colombia. *Revista Psychologia. Avances de la disciplina*, vol. 1, núm. 2, julio-diciembre, pp. 85-100. Bogotá: Universidad de San Buenaventura.
- UNESCO (2021) Día internacional de la mujer y la niña en la ciencia. <https://www.un.org/es/observances/women-and-girls-in-science-day> Recuperado el 11 de febrero de 2021.

Reseña de las autoras

Leticia García Solano

Maestra en pedagogía por la Facultad de Filosofía y Letras de la UNAM, Profesora en la Facultad de Estudios Superiores Acatlán de la UNAM. Líneas de investigación: sujetos de la educación y género y ciencia. Responsable del Área Académica de la Red de Ciencia, Tecnología y Género. Su publicación más reciente es La incorporación de las mujeres en la Escuela Nacional Preparatoria, base del desarrollo científico nacional. Ejemplos de ayer y hoy: Matilde Petra Montoya Lafragua y Linda Silvia Torres Castilleja en el libro Los ciento cincuenta años de la Escuela Nacional Preparatoria, FFyL, México. ISBN 978-607-30-4580-3, publicado en 2021.

Liliana Michelle Ramos Regino

Licenciada en Física Aplicada por la Facultad de Ciencias Físico Matemáticas de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Líneas de investigación: Altas energías en la parte experimental y computacional. En 2020 fue seleccionada nacional por el estado de Puebla para la Estancia de Verano Científicas en Laboratorios Experimentales en Física de Altas Energías en el Extranjero. Acreedora de la Beca Santander “Líderes en Desarrollo” (2020) Miembro fundador de la Sociedad Científica Juvenil sede Puebla. Promotora de la Ciencia y los Estudios Superiores entre la niñez y juventud en Altepexi, Puebla.

Lilia Meza Montes

Doctora en Física por la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP). Investigadora Titular C del Instituto de Física Luis Rivera Terrazas de la BUAP. Sus líneas de investigación son: Espintrónica en Nanoestructuras semiconductoras, Propiedades electrónicas, magnéticas y mecánicas de materiales bidimensionales y Situación de las investigadoras jóvenes y de las físicas latinoamericanas. Cuenta con 35 publicaciones de Física en revistas indexadas. Más de 100 trabajos presentados en congresos nacionales e internacionales. Organizadora de eventos locales, nacionales e internacionales. Ha desempeñado diversos cargos universitarios y en sociedades científicas. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores, Nivel I.



AL RITMO DE LA EPIGENÉTICA CONSTRUIMOS LA CIENCIA DIVULGACIÓN INCLUYENTE DE CONCEPTOS EPIGENÉTICOS EN EDUCACIÓN MEDIA SUPERIOR

Andrea Pérez, Sagrario Lobato y Karla Rubio

“Defender la alegría como una bandera defenderla del rayo y la melancolía de los ingenuos y de los canallas de la retórica y los paros cardíacos de las epidemias y las academias...”

Defensa de la alegría (Fragmento). Mario Benedetti

Introducción

El presente capítulo describe una estrategia de divulgación científica incluyente de conceptos epigenéticos dirigida a estudiantes de educación media superior del estado de Puebla. Se conforma por dos secciones: la primera, titulada "Divulgación incluyente de la ciencia", expone el que se expone el enfoque teórico conceptual que enmarca la estrategia propuesta, así como la problemática social que justifica el cambio de paradigma de divulgación de la ciencia, de uno difusionista a uno incluyente participativo, basado en derechos humanos.

La segunda sección, “Al ritmo de la epigenética construimos la ciencia”, consiste en una estrategia de divulgación incluyente de conceptos epigenéticos elaborada por

el equipo de investigadores del Laboratorio Internacional EPIGEN. Se explican las tres etapas secuenciales de la estrategia, comenzando con la capacitación del magisterio poblano de educación media superior por parte de EPIGEN sobre epigenética básica, gestión de la información científica, uso eficiente de las bases públicas de datos y un taller sobre simuladores de genes y mecanismos epigenéticos en modelos computacionales.

La segunda etapa de la estrategia es una dinámica en la que las y los maestros titulares de las asignaturas correspondientes a las ciencias naturales, y a las terminales relacionadas con la salud, enseñen conceptos de genética y epigenética al compás de la música. Por último, en la tercera etapa, se propone simular un grupo de investigación interdisciplinar de epigenética en el aula para

que la comunidad estudiantil ponga en práctica los conceptos aprendidos en la etapa anterior, resolviendo problemas, de forma que esta experiencia les inspire a orientar su desarrollo profesional hacia un área de la ciencia.

Finalmente, se concluye que con la estrategia “Al ritmo de la epigenética construimos la ciencia” se puede incentivar el desarrollo del pensamiento crítico y activo en la comunidad estudiantil de educación media superior, evitando la memorización, llevando experimentos científicos atractivos a las aulas locales, así como impidiendo que se subestimen sus habilidades para involucrarse en las ciencias biomédicas desde etapas tempranas de su educación.

Divulgación incluyente de la ciencia

La divulgación de la ciencia implica un proceso de comunicación del conocimiento dirigida a público abierto, es decir, a grupos sociales que no poseen la formación suficiente para comprender en primera instancia el lenguaje técnico científico. De ahí la importancia de implementar estrategias de divulgación incluyentes que le permitan cumplir eficientemente con su función social.

La divulgación científica es además una conexión vital entre la comunidad científica y el público en general. La divulgación alienta a las y los jóvenes que de otra manera podrían estar desconectados de la ciencia, la ingeniería y la tecnología; campos que siguen ocupados principalmente por hombres. Además, facilita la comunicación científica necesaria en el clima actual de noticias inconsistentes e información científica errónea (McClure, *et al.*, 2020; Moscoe & Hanes, 2019).

La educación pública y la divulgación son pilares esencial para alcanzar los objetivos establecidos en la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, por lo que la defensa de la ciencia abierta ha aumentado en las últimas décadas. Pero incluso cuando las publicaciones académicas son más accesibles en su consulta, los hallazgos empíricos frecuentemente quedan encapsulados en un lenguaje técnico incomprensible para la sociedad en general. Así, la comunidad científica reconoce cada vez más la importancia de la comunicación y la educación extracurricular como medios para socializar el conocimiento. Además, una mayor visibilidad de la ciencia y de los profesionales

involucrados en actividades científicas puede contrarrestar los estereotipos sobre quién hace ciencia e inspirar a las próximas generaciones (Hinde *et al.*, 2021).

Por otra parte, las desigualdades sociales que aquejan a la comunidad estudiantil de México se agudizaron a partir de marzo de 2020, ante el reto sanitario provocado por el virus SARS CoV-2, lo cual provocó abandono escolar por la falta de acceso a tecnologías de información. El cierre de las escuelas y el abandono de ellas constituye también una amenaza latente para las décadas de logros alcanzados en la igualdad de género, al dejar a numerosas niñas expuestas a un incremento de la violencia basada en cuestiones de género, la explotación sexual, los embarazos precoces y los matrimonios forzados (Secretaría de Educación Pública, 2021).

Fernando Flores (2012) describe un panorama general del contexto educativo en el que se pretende impartir ciencia en México, hace una crítica asertiva sobre las reformas educativas que se han suscitado en nuestro país a lo largo de la historia. Él afirma que las reformas curriculares no deben estar supeditadas a los tiempos políticos sexenales, más bien, deben sustentarse y promoverse a partir de un diagnóstico estudiantil, docente y de sus prácticas educativas. A pesar de que en una reforma se busca suscitar cambios, no se toma en cuenta que muchos de ellos son semejantes a los planteados en reformas previas.

Por otra parte, las reformas requieren de tiempo para producir cambios trascendentes en las prácticas del aula. Por ejemplo, en algunas ocasiones, a consecuencia de los tiempos políticos, se privilegia una estrategia de implantación “súbita”, sin dar tiempo a verificar que los postulados que sustentan las nuevas propuestas se validen en la práctica. De esta forma, es de suma importancia retomar las experiencias de programas y prácticas educativas exitosas que se han detectado y documentado en reformas anteriores, así como analizar críticamente las de otros países para formular propuestas viables y congruentes ante las necesidades actuales de la comunidad escolar.

En este sentido, cobra importancia la selección de canales adecuados de comunicación para lograr una divulgación inclusiva de la ciencia. Existen dos modelos comunicacionales. Por un lado, el modelo difusionista se caracteriza por ser unidireccional, descendente, impidiendo un proceso dialógico entre todos los actores partícipes del circuito comunicativo. Por lo tanto, existe un ente activo poseedor del conocimiento que enseña a los entes pasivos, que son dimensionados por el primero como sujetos carentes de información.

Por otro lado, el modelo participativo, propuesto por los organismos pertenecientes a la Organización de las Naciones Unidas (ONU), es un proceso horizontal multidimensional, dialógico y democrático, que favorece la participación de todos los actores del circuito de la comunicación, dando como resultado el empoderamiento social (Valente & Rogers, 1995).

Si bien los esfuerzos tradicionales de divulgación científica a menudo se han centrado en una transferencia unidireccional de información de “expertos” a “aprendices”, recientemente se proponen modelos de divulgación alternativa que prioricen la construcción de una relación recíproca entre la comunidad científica y la sociedad. Se distinguen por basarse en comunicación bidireccional activa como una forma más productiva de aprender y retener información, así como abrir oportunidades para mejorar la apreciación de las diversas disciplinas científicas (Lopes, *et al.*, 2018).

En la actualidad se cuenta con un contexto político global, nacional y estatal que facilita la redirección de estrategias de divulgación científica a un enfoque participativo. La mayoría de las agencias de subvenciones ahora requieren planes de educación y divulgación sostenibles que lleguen a una audiencia amplia, maximicen los recursos y brinden un impacto sustancial para todas las partes involucradas: educadores, estudiantes y el público. En consecuencia, la comunidad científica debe saber cómo establecer asociaciones estratégicas que mejoren la alfabetización científica pública y apoyen las habilidades traslacionales de comunicación científica de los estudiantes (Knippenberg, *et al.*, 2020; McCauley, Gomes & Davison, 2018).

La mayoría de los científicos reconoce la necesidad de que la propia comunidad se involucre en el diseño de políticas educativas para mejorar las habilidades de pensamiento crítico que contribuyan al éxito de una divulgación científica incluyente. Es necesario contar con mallas curriculares, es decir, con una organización de asignaturas que promuevan el pensamiento activo en lugar de la memorización, desarrollando programas para involucrar a los profesionales de la enseñanza con experiencias científicas auténticas y estrategias de enseñanza (Zack, Vacha & Staub, 2017).

Divulgar la ciencia con enfoque participativo facilita la inclusión social, además de brindar a la comunidad científica la oportunidad para enseñar, orientar y comunicarse con el público no especializado. Las y los estudiantes pueden aplicar sus conocimientos y adquirir habilidades sociales como adaptabilidad y confianza en sí mismos, para prepararlos hacia nuevos roles en el ámbito científico. En términos generales, la divulgación pública

incluyente permite a la comunidad estudiantil desarrollar habilidades para involucrar a personas de diferentes orígenes y experiencias (Hinde, *et al.*, 2021; Knippenberg, *et al.*, 2020; McClure, *et al.*, 2020).

Por lo anterior, el Laboratorio Internacional EPIGEN concuerda con posturas como la de McClure y colaboradores (2020) sobre compartir el conocimiento, la educación y el amor por el aprendizaje con las comunidades, sin distinción de creencias, identidades ni clases sociales, proponiendo una estrategia de divulgación incluyente de conceptos epigenéticos en educación media superior.

“Al ritmo de la epigenética construimos la ciencia”

El concepto epigenética proviene del griego *epi*, “sobre o más allá” (del genoma). Es un campo de la ciencia emergente que estudia los cambios hereditarios causados por la activación e inactivación de genes sin ningún cambio en la secuencia de ADN subyacente del organismo (*National Institutes of Health*, 2021). Los factores que influyen en el epigenoma de un organismo son la edad, el medio ambiente, el estilo de vida y el estado de salud, entre otros (Zhu, *et al.*, 2019; Busch, *et al.*, 2018).

La epigenética no se considera en los planes de estudios de educación básica, se incluye hasta el nivel superior en los programas académicos relacionados con las ciencias naturales y las ciencias de la vida (Alonso & Palomares, 2021). La introducción de campos científicos de mayor complejidad, con un lenguaje accesible para las y los estudiantes de educación básica, es el eje central de la presente estrategia titulada “Al ritmo de la epigenética construimos la ciencia”, cuyo propósito es que, desde etapas tempranas, el magisterio contribuya en la autonomía de las y los estudiantes para que exploren bases de datos públicas, generen preguntas científicas adecuadas. Se busca que los alumnos puedan validar a pequeña escala con pruebas *in silico*, a través del desarrollo de habilidades traslacionales, entendidas como un puente de entendimiento transdisciplinar (Hernández & Sánchez, 2018) entre el magisterio, el cuerpo de investigadores del Laboratorio Internacional EPIGEN y la comunidad estudiantil de educación media superior perteneciente a Instituciones Educativas Públicas del estado de Puebla.

Se trata de una estrategia de comunicación participativa e incluyente basada en una divulgación científica interpersonal organizada en tres etapas principales. La primera consiste en un encuentro entre el cuerpo de investigadores del Laboratorio Internacional EPIGEN con el magisterio poblano de educación media superior, donde se impartirán cursos-talleres de epigenética básica para la comprensión de esta ciencia, gestión de la información científica que contribuya al conocimiento y uso eficiente de las bases públicas de datos, además de un taller sobre pruebas sencillas *in silico*, es decir, simuladores de genes y mecanismos epigenéticos en modelos computacionales (Figura 1) (Raies & Bajic, 2016).

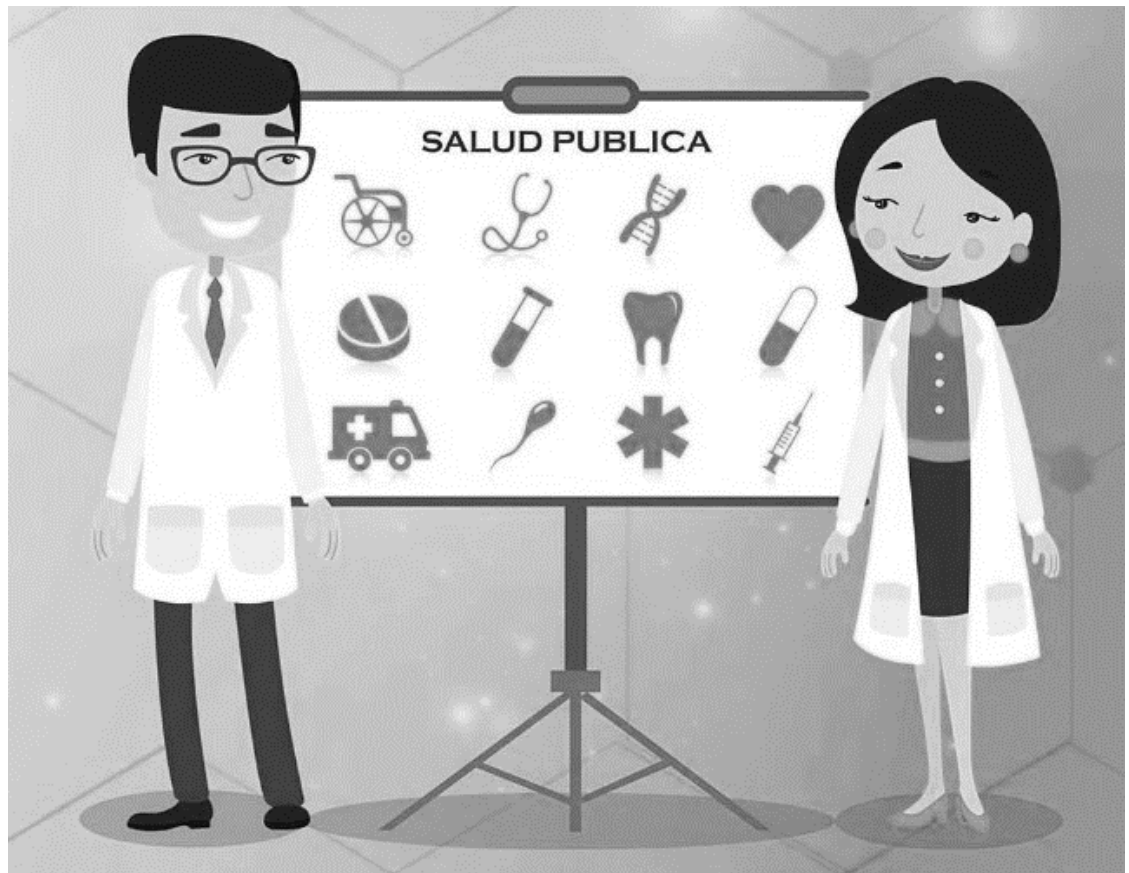


Figura 1. Capacitación de los docentes en conceptos epigenéticos por miembros del laboratorio EPIGEN (Etapa 1).

En la primera etapa, la capacitación de epigenética básica se realizará mediante asociaciones y cuestionamientos para el descubrimiento de cómo los factores ambientales afectan la expresión del genoma. Se discutirán las siguientes preguntas: ¿Cómo es posible que dos gemelos genéticamente idénticos no sean físicamente ni funcionalmente idénticos? ¿Por qué si la secuencia del ácido desoxirribonucleico (ADN) de todas las células es igual, tenemos tantas células y tejidos diferentes en nuestro organismo?

¿Qué factores podrían explicar esto? De esta manera, el o la docente puede pertacartse de los conceptos que la comunidad estudiantil maneja acerca del tema y lo que debe reforzar o explicar con más detalle (Primer momento) (Figura 2, panel izquierdo).

Después, se analizará el caso “El embarazo de mamá, alimentos integrales”, haciendo hincapié en los hábitos saludables que “tomó la mamá y que dieron como resultado un bebé sano”. Así, los y las estudiantes serán capaces de identificar los hábitos que podrían modificar el fenotipo del individuo. En este lapso, la o el docente brinda retroalimentación, evalúa el razonamiento de la comunidad estudiantil y aclara sus dudas (Segundo momento) (Figura 2, panel central).

Posteriormente, se propone realizar una actividad, basada en un modelo de monstruo hipotético que va cambiando, dependiendo de los resultados que se obtienen al tirar una moneda. El ejercicio permite desarrollar su creatividad y los hace conscientes de cómo el entorno afecta a su monstruo. De esta manera los alumnos reflexionan sobre la importancia del medio ambiente en la expresión del genoma (García, 2020) (Tercer momento) (Figura 2, panel derecho).

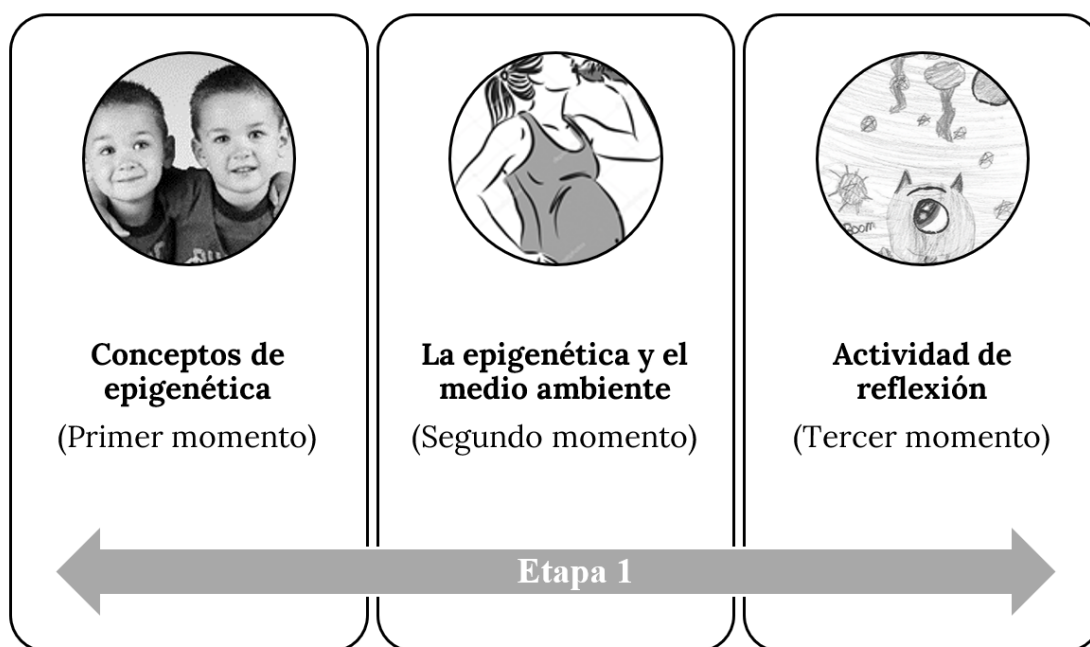


Figura 2. Eje temático y actividades a desarrollar en el curso-taller para docentes en conceptos epigenéticos (Etapa 1).

La segunda etapa es una dinámica transdisciplinaria en la que las y los maestros titulares de las asignaturas correspondientes a las ciencias naturales y

a las terminales relacionadas con la salud enseñen conceptos de genética y epigenética junto con el potencial de la música como una excelente oportunidad para mejorar la educación en el nivel medio superior. Esta práctica se fundamenta en la analogía entre las notas musicales y las bases genéticas, que producen una melodía o un código genético coherente para las funciones celulares, respectivamente.

El sonido, la letra de una canción compuesta por los propios alumnos, arreglos de canciones conocidas, incluso pasos de coreografías montadas por ellos, pueden ser formas para identificar conceptos como las bases nitrogenadas. Es decir, los propios talentos de la comunidad estudiantil pueden ayudar a la comprensión del código genético. Este método podría ser un parteaguas para la educación biológica futura que ayudaría a los estudiantes a avanzar en los campos de la biología molecular y evolutiva a un ritmo mucho más acelerado (Figura 3) (Alonso & Palomares, 2021).

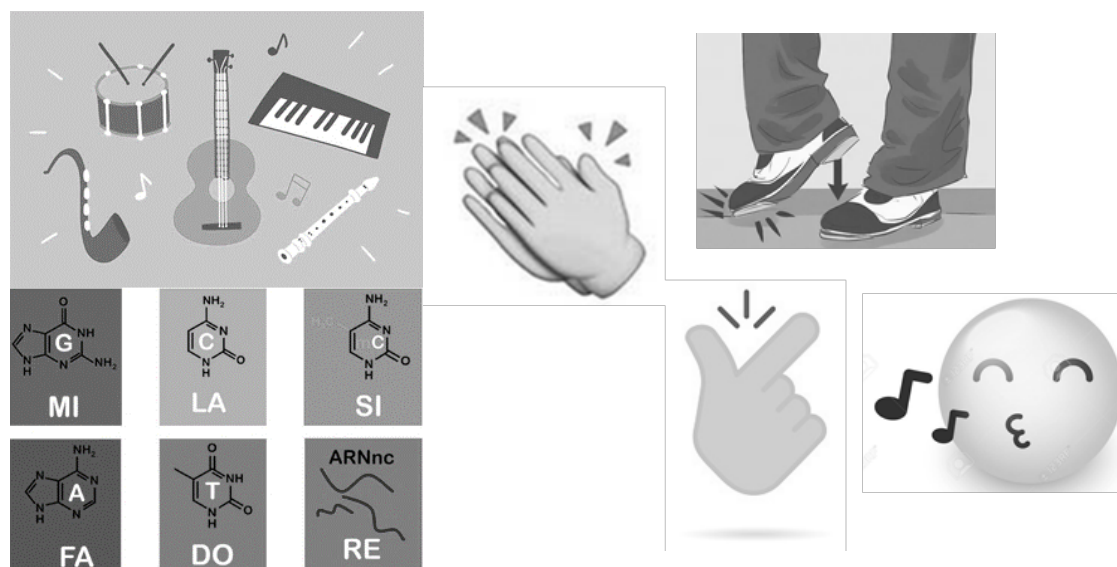


Figura 3. Actividades lúdicas y artísticas para el aprendizaje de conceptos epigenéticos en educación media superior.

En la tercera etapa, y continuando con la comunidad estudiantil de educación media superior, se propone simular un grupo de investigación interdisciplinar de epigenética en el aula, donde dependiendo del número de integrantes, sus habilidades y talentos se repartan roles para lograr un objetivo en común.

Primero, todos buscan información en revistas de divulgación científica acerca de un tema de interés, sugieren una hipótesis y objetivos, se discuten las ventajas, limitaciones y recursos con los que se cuentan para el desarrollo del proyecto. Quien tenga aptitudes de líder delega las actividades para que

cada miembro cumpla con roles específicos, incluidos buscar bases de datos, realizar los análisis OMIC's y simulaciones -para los y las estudiantes que se inclinan a la parte Bioinformática- de utilidad para predecir los resultados experimentales. Posteriormente, se realizan los ensayos experimentales, se representan los resultados de forma gráfica, semanalmente se entablan mesas de diálogos para discutir los avances de cada integrante, el cual prepara una presentación para exponer al grupo, incluido la o el maestro que sirve de guía en el proceso, pues conoce el área de cada uno de los proyectos. Esta interacción favorecerá el intercambio de ideas entre compañeros y compañeras para mejorar la labor de cada uno (Figura 4).

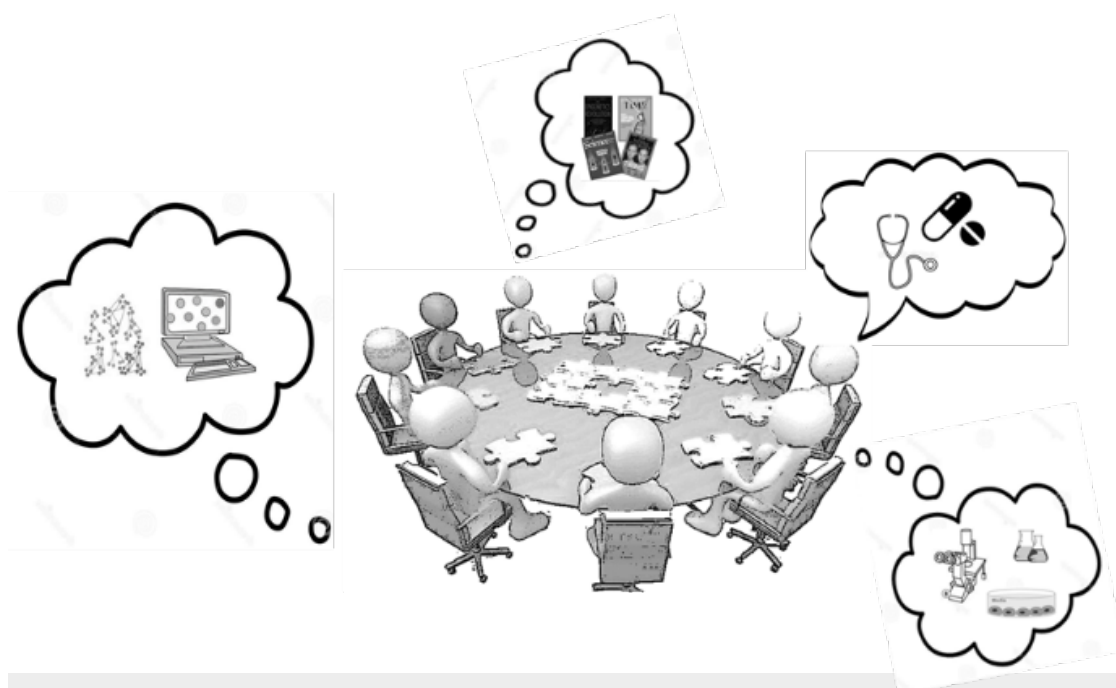


Figura 4. Modelo hipotético del grupo de investigación interdisciplinario en las aulas de educación media superior.

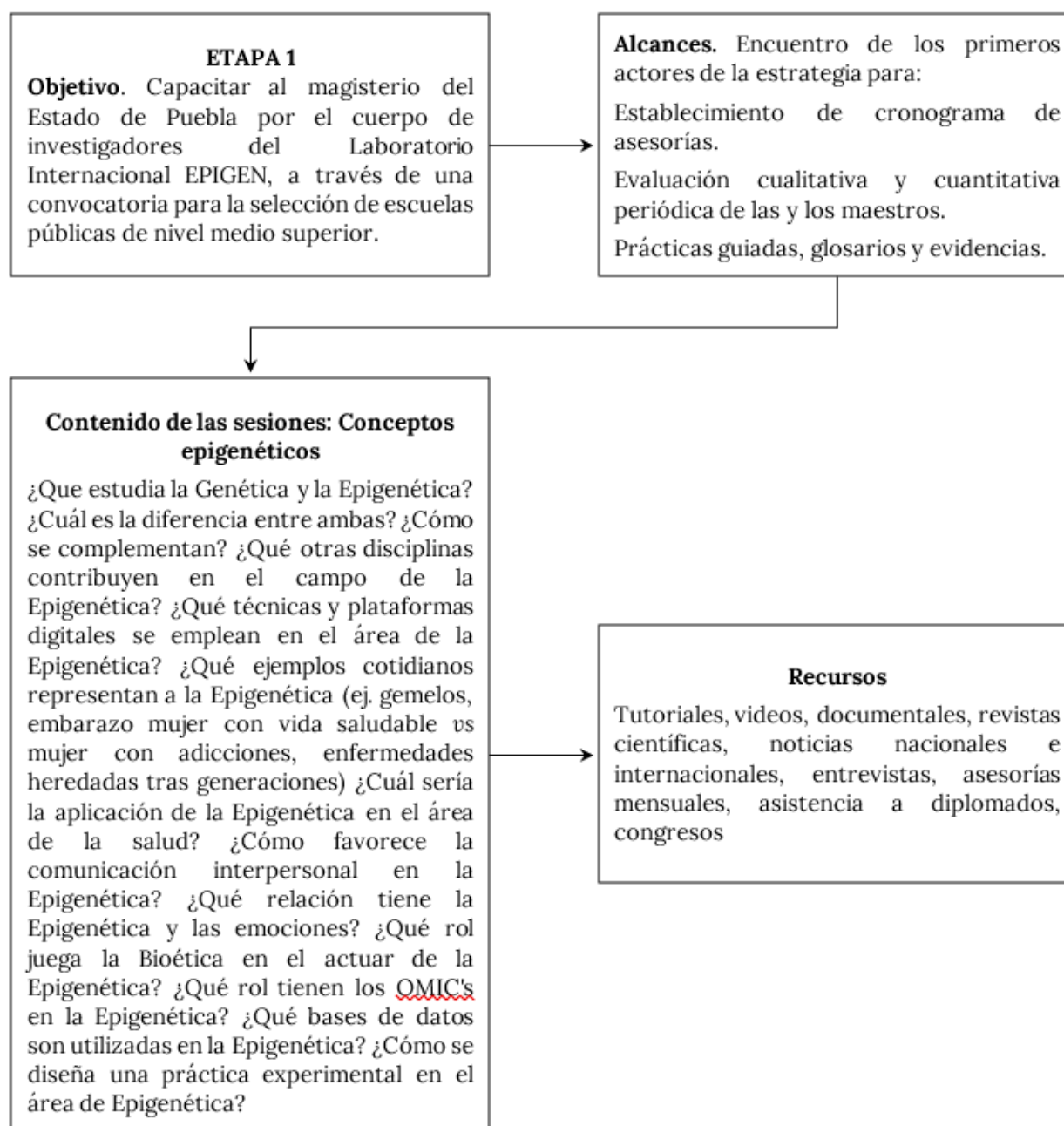
Las tres etapas utilizarían la narrativa como medio pedagógico, porque permite que las y los estudiantes hagan inferencias y experimenten emociones. La información construida en forma narrativa es más sencilla de comprender, leer, recordar y las inconsistencias se detectan más fácilmente que en otras formas de exposición. En lugar de compartir listas de hechos sobre un tema en particular, los narradores científicos presentan hechos incrustados en preguntas, hipótesis y descripciones, de tal forma que todos los espectadores pasan a ser observadores de los fenómenos biológicos, el dinamismo de la narrativa mejora. El compromiso emocional entre los participantes y los hechos científicos (Hinde, *et al*, 2021).

Los enfoques basados en la narrativa a menudo están integrados por juegos de computadora, inteligencia artificial y sistemas basados en realidad virtual, cuyo acceso se distribuye de manera desigual a nivel global (Hinde *et al.*, 2021). Con la estrategia “Al ritmo de la epigenética construimos la ciencia” se busca que la comunidad acceda de manera eficiente a las bases de datos y modelos computacionales de acceso abierto, para que las y los estudiantes puedan retener, reutilizar, revisar y redistribuir la información epigenética.

Por otra parte, la estrategia que se ha desarrollado considera también a la narrativa oral como herramienta de aprendizaje de los principales conceptos epigenéticos. Se ha documentado que, en numerosas culturas indígenas, la niñez aprende a conocer su entorno a través de la narración de historias de los ancianos. La tradición oral es fundamental para relacionarse con el mundo natural. Entre las comunidades de las Primeras Naciones en Canadá, los niños que basaron su aprendizaje experimental en el método narrativo e intergeneracional mostraron mejores resultados. Además, enfocar las narrativas de las relaciones naturaleza-cultura y el dinamismo de la tierra puede contribuir de manera importante a los diálogos globales sobre la crisis climática (Hinde *et al.*, 2021).

Es importante que la noción de inclusión se transversalice a lo largo de las tres etapas, mediante la vigilancia y cumplimiento de la paridad de género, representatividad del magisterio de todas las zonas escolares de la entidad y respeto a la diversidad basado en derechos humanos. Además, a partir de una prueba piloto y siguiendo los resultados de la evaluación, se deben realizar las adecuaciones necesarias según las características de los grupos de trabajo.

A continuación, se presenta la guía detallada para implementar la estrategia de divulgación incluyente de conceptos epigenéticos en educación media superior “Al ritmo de la epigenética construimos la ciencia”:



ETAPA 2

Objetivo. Incentivar a la comunidad estudiantil a descubrir el campo de la Epigenética mediante la música como herramienta de aprendizaje lúdica.

Alcances. La comunidad estudiantil valore el conocimiento científico entre la población local y potencialmente les inspire a orientar su desarrollo profesional hacia un área de la ciencia

Unidad 1. Introducción al código genético

Asociación entre las bases genéticas con frutas coloridas y de temporada, o bien; por pasos de baile, con las notas musicales como diferentes códigos de información.

El/la maestra define y describe el código y tipos de códigos

En hojas de color el/la estudiante dibujará las bases nitrogenadas. Luego, lo traducirán en un diagrama de color (nota musical=base nitrogenada).

Tocar combinaciones de notas con instrumentos musicales y asignen pasos de baile.

Los y las estudiantes se agrupan con otros compañeros para modificar la melodía, jugando con el concepto de variabilidad genética.

Evaluación. Lista de conceptos aprendidos, llamada "inventario de conceptos".

Unidad 2. Regulación epigenética como operador de información genética

Relación entre las secuencias genéticas funcionales y las partituras o canciones, ya que ambas establecen un ensamblaje coherente de código mediante el uso de alteraciones.

Definir genotipo, fenotipo, mecanismos epigenéticos (ej. metilación de ADN, ARN no codificable) y el rol del medio ambiente en la regulación epigenética. Asociar la alteración del sonido con la expresión génica. Explicar el efecto de la metilación del ADN en la expresión génica. Complementaria a la anterior, se agrega la 5 **metil**-citocina con un color y sonido diferentes, tocar nuevas melodías. Observar mediante fotografías del grupo o de artistas conocidos la variación en las características corporales. Se proporcionará una partitura de una canción conocida sin título. Se tocará ignorando los silencios. Los estudiantes intentarán adivinar la canción. En un segundo paso, los estudiantes deben intentar tocar la partitura real con todas las alteraciones anotadas y repetir la prueba de adivinanzas. Esto se definirá como fenotipos diferentes.

Evaluación: lista de preguntas sobre los nuevos conceptos.

CONTINÚA...

...**Unidad 3.** La orquesta: un código único para múltiples tipos de células y entornos.

Analogía entre un organismo complejo y una orquesta, con información coordinada para diferentes tipos de células e instrumentos. El entorno sería el director para afinar la interpretación de la orquesta.

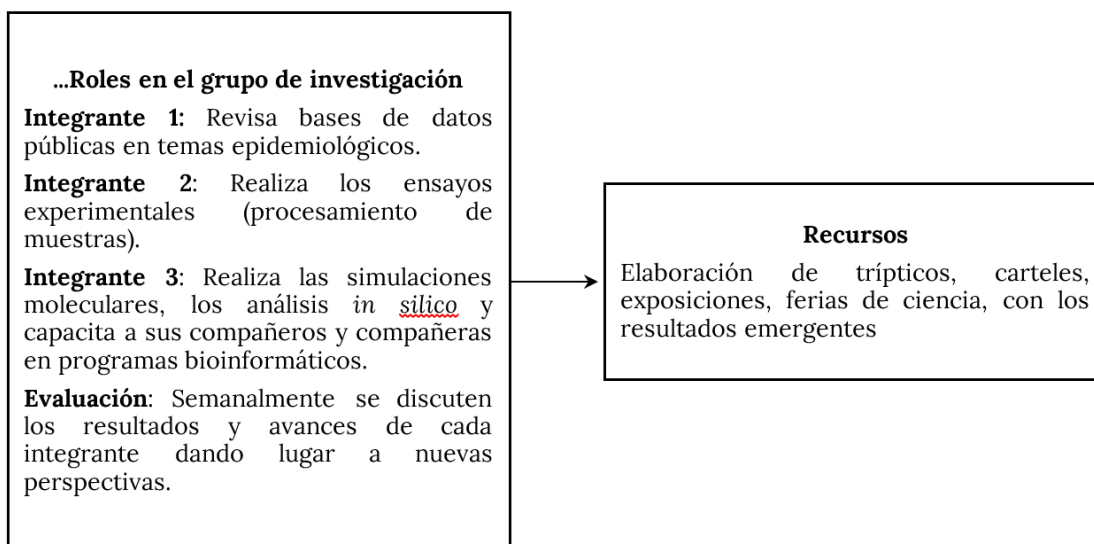
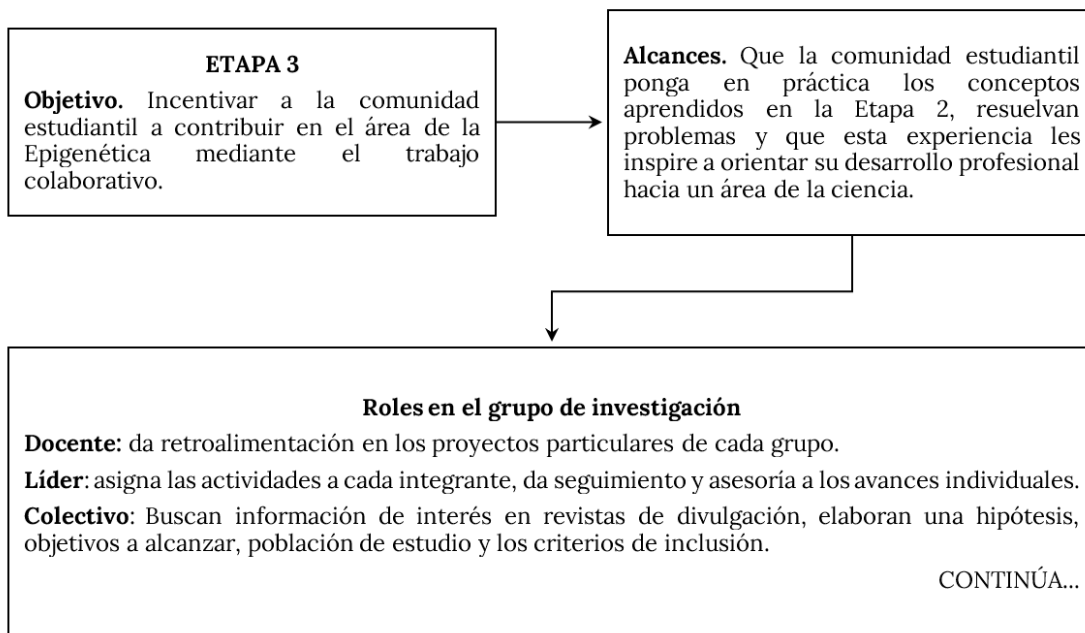
El/la maestra asocia las partes de la planta con un instrumento musical, que en conjunto forman una orquesta y se necesitan diferentes alteraciones en cada partitura para ensamblar los sonidos. De manera similar, la Epigenética modula la acción de cada célula y órgano para construir un individuo integrado. Se hará la reflexión del efecto del ambiente en el desarrollo de la planta, considerando diferentes escenarios.

Por equipos elegirán una canción, cantarán estrofas de manera individual y después, todos juntos.

Evaluación: proyecto integrador donde se cultivarán plantas en condiciones contrastantes, exposición de cartel con observaciones

Recursos

Documental, nota científica, lápiz, hojas de colores, frutas coloridas de temporada, instrumentos musicales, plantas, cartulina, imágenes, collage.



Conclusiones

El grupo de investigadores del Laboratorio Internacional EPIGEN está motivado ante la posibilidad de participar en la divulgación científica con perspectiva incluyente, con respeto a la diversidad y en especial, porque el grupo cree en la posibilidad de poner la ciencia al servicio de la sociedad como un derecho humano y social universal.

Con esta estrategia se busca incentivar el desarrollo del pensamiento crítico y activo en la comunidad estudiantil de educación media superior, evitando la memorización, llevando experimentos científicos atractivos a las aulas locales. El principal objetivo es evitar que se subestimen sus habilidades para involucrarse en las ciencias biomédicas desde etapas tempranas de su educación, valorando sus aportaciones en el pensamiento científico.

Si en México existiera un mejor diseño en las sesiones y prácticas experimentales, atendiendo la parte socioafectiva del educando, particularmente, en el área de las Ciencias Naturales desde etapas tempranas, el desarrollo de vocaciones científicas crecería exponencialmente, trayendo un sinnúmero de beneficios en todos los ámbitos. Incluso, daría como resultado la formación de más profesionales competentes en el área de las Ciencias Biológicas y de la Salud, con un mayor sentido de responsabilidad acerca del rol social que desempeñan ante las situaciones adversas.

Referencias

- Alonso, C. & Palomares, Y. (2021). Playing with genetic and epigenetic concepts at the school: an Epigenetic Orchestra project. *Evolution: Education and Outreach*, 14(6). <https://doi.org/10.1186/s12052-021-00146-y>
- Busch, E. L., Galanko, J. A., Sandler, R. S., Goel, A., & Keku, T. O. (2018). Lifestyle Factors, Colorectal Tumor Methylation, and Survival Among African Americans and European Americans. *Scientific reports*, 8(1), 9470. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-27738-x>
- Flores, F. (Coord.) (2012). La enseñanza de la ciencia en la educación básica en México. México: INEE.
- García, M. (2020) Epigenetics. Better Lesson. Recuperado de la red (16/10/2021) de <https://betterlesson.com/lesson/635178/epigenetics>

- Hernández, F.B. & Sánchez, M. (2018). Investigación traslacional en educación: un puente entre teoría y práctica educativa. *Revista Digital Universitaria*, 19(4). <https://doi.org/10.22201/codeic.16076079e.2018.v19n4.a4>
- Hinde, K., Amorim, C., Brokaw, A. F., Burt, N., Casillas, M. C., Chen, A.,...Anderson, C. N. (2021). March Mammal Madness and the power of narrative in science outreach. *eLife*, 10, e65066. <https://doi.org/10.7554/eLife.65066>
- Knippenberg, M. T., Leak, A., Disseler, S., & Segarra, V. A. (2020). Establishing Partnerships for Science Outreach Inside and Outside the Undergraduate Classroom. *Journal of microbiology & biology education*, 21(2), 21.2.60. <https://doi.org/10.1128/jmbe.v21i2.2025>
- Lopes, L.E; Waldis, S.J; Terrell, S.M; Lindgren, K.A. & Charkoudian, L.K. (2018) Vibrant symbiosis: Achieving reciprocal science outreach through biological art. *PLoS Biololy*, 16(11): e3000061. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.3000061>
- McCauley, V; Gomes, D.M. & Davison, K.G. (2018). Constructivism in the third space: challenging pedagogical perceptions of science outreach and science education. *International Journal Of Science Education*, Part B, 8(2). 115–134. <https://doi.org/10.1080/21548455.2017.1409444>
- McClure, M. B; Hall, K.C; Brooks, E.F; Allen, C.T. & Lyle, K.S. (2020) A pedagogical approach to science outreach. *PLoS Biology*, 18(4). e3000650. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.3000650>
- Moscoe, L.J. & Hanes, M.M. (2019). Taste of Life: Science outreach made delicious. *Plants, People, Planet*, 1, 183–187.
- National Institutes of Health. (2021). epigenética. National Human Genome Research Institute. Recuperado de <https://www.genome.gov/genetics-glossary/Epigenetics>.
- Raies, A. B., & Bajic, V. B. (2016). In silico toxicology: computational methods for the prediction of chemical toxicity. *Wiley interdisciplinary reviews. Computational molecular science*, 6(2), 147–172. <https://doi.org/10.1002/wcms.1240>
- Secretaría de Educación Pública (2021). *Herramientas Educativas para el Inicio, Permanencia y Egreso del Ciclo Escolar de las niñas, niños y adolescentes de Educación Básica*. <https://educacionbasica.sep.gob.mx/multimedia/RSC/BASICA/Documento/202108/202108-RSC-Herramientas%20educativas%20para%20el%20inicio,%20permanencia%20y%20egreso%20del%20ciclo%20escolar%20de%20las%20ni%C3%B1as%20ni%C3%B1os%20y%20adolescentes%20de%20la%20educaci%C3%B3n%20b%C3%A1sica.pdf>
- Valente, T. W., & Rogers, E. M. (1995). The Origins and Development of the Diffusion of Innovations Paradigm as an Example of Scientific Growth. *Science Communication*, 16(3), 242–273. <https://doi.org/10.1177/1075547095016003002>
- Zack, R; Vacha, F.E. & Staub, N.L. (2017). Science in Action! Outreach Program Promotes Confidence in Teaching Science. *The American Biology*

Teacher, 79(9), 711-719, <https://doi.org/10.1525/abt.2017.79.9.711>

Zhu, K., Ou Yang, TH., Dorie, V. et al. (2019). Meta-analysis of expression and methylation signatures indicates a

stress-related epigenetic mechanism in multiple neuropsychiatric disorders. *Journal Translational Psychiatry*, 9(32). <https://doi.org/10.1038/s41398-018-0358-5>

Reseña de las autoras

Mtra. Andrea Pérez González

Técnico del Laboratorio Internacional EPIGEN, CONCYTEP, Universidad de la Salud del Estado de Puebla, México. Maestra en Ciencias Químicas en el área de Bioquímica y Biología Molecular por la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Licenciada en Ingeniería en Biotecnología por la Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla (UPAEP). Ha participado en proyectos de investigación en el área Nanotecnología y Biomateriales, como Consultor Tecnológico en Biotecnología en colaboración UPAEP y empresas de giro del sector salud. Actualmente, participa en el desarrollo de la línea de investigación epigenética de enfermedades asociadas a la contaminación.

Dra. Sagrario Lobato Huerta

Médica cirujana y partera por la BUAP. Cursó la especialización y la maestría en Medicina Social en la UAM-Xochimilco, obteniendo en ambos grados la medalla al mérito universitario. Actualmente realiza una investigación en el Laboratorio Internacional EPIGEN sobre obesidad asociada a contaminación atmosférica, para obtener el doctorado en Ciencias Aplicadas al Aprovechamiento de Recursos Naturales por el Centro de Estudios Justo Sierra, Sinaloa. Ha sido beneficiaria de becas para estudiar seminarios de profundización a nivel internacional. Es autora y coautora de varias publicaciones, además de ser profesora de tiempo completo en la Universidad de la Salud del Estado de Puebla.

Dra. Karla María Rubio Nava, PhD

Responsable del Laboratorio Internacional EPIGEN, CONCYTEP, Universidad de la Salud del Estado de Puebla, México. Investigadora Postdoctoral en Instituto IMoPA, Universidad de Lorraine, en Nancy, Francia. Doctora en Ciencias por el Instituto Max Planck de Investigación en Corazón y Pulmón (Prof. Barreto) en Bad Nauheim,

y la Universidad Justus-Liebig en Giessen, Alemania. Su investigación abarca mecanismos de regulación epigenética en enfermedades pulmonares, neurodegenerativas y asociadas a contaminación ambiental. Ha sido galardonado con Premios de la Fundación von Behring-Röntgen, de la Medizinische Gesellschaft Giessen, y de la Sociedad Alemana de Neumología y Medicina Respiratoria. Pertenece al Sistema Nacional de Investigadores CONACYT.

CREACIÓN DE MATERIAL DIDÁCTICO PARA PROMOVER VOCACIONES STEM EN NIÑAS DE ENTRE CINCO Y OCHO AÑOS

Belinka González Fernández

Introducción

El número de mujeres que se dedican a carreras conocidas como STEM (de ciencias exactas, tecnología, ingeniería y matemáticas, por sus siglas en inglés) sigue siendo una minoría. Según datos de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos, en promedio, solo el 5% de mujeres de los países que la conforman aspiran a una carrera de ingeniería o informática, en contraste con un 18% de hombres (OCDE, 2012). En México, las cifras no son mucho mejores: solo el 8% de las mujeres elige este tipo de carreras contra un 27% de hombres (Notimex AM/Querétaro, 2019).

De acuerdo con un estudio realizado en 14 países, la probabilidad de que las estudiantes terminen una licenciatura, una maestría y un

doctorado en alguna disciplina relacionada con la ciencia es del 18%, 8% y 2%, respectivamente, mientras que la probabilidad para los estudiantes masculinos es del 37%, 18% y 6% (CIBERISCIII, 2021). La matrícula de estudiantes femeninas es particularmente baja en campos como el de la tecnología de la información y las comunicaciones (TIC), con 3%; ciencias naturales, matemáticas y estadísticas, con 5%, y en ingeniería, manufactura y construcción, con 8% (ONU, s.f.).

Estereotipos de género y barreras sociales, y culturales, impiden que las niñas desarrollen sus vocaciones en estas áreas, por lo que es necesario tomar acciones que ayuden a revertir este panorama desde edades tempranas. De esta forma se contribuye con el objetivo al objetivo 5 de la Agenda 2030 para el desarrollo sostenible (Centro de noticias de la ONU, 2015), que plantea que

la igualdad de género es un fundamento esencial para construir un mundo próspero y sostenible, además de un derecho humano fundamental.

Es este contexto que se propone el proyecto conjunto entre la Red de Ciencia, Tecnología y Género (Red Citeg) y la Universidad Iberoamericana Puebla, con el cual se está creando una colección de libros dirigidos a niñas y niños de entre cinco y ocho años, que pretenden visibilizar los logros de seis mujeres, en el mismo número de volúmenes cortos. Se complementan con un cuaderno de trabajo, junto con un cuaderno de trabajo, cuyo fin último es promover las vocaciones científicas exactas y tecnológicas. Según el último censo de población, para el ciclo 2020/2021, en el estado de Puebla se inscribieron casi ciento treinta mil niñas en preescolar y casi trescientas ochenta mil en primaria (INEGI, 2020), por lo que el impacto que podría tener el material en la población a la que apela en nuestra entidad es significativo.

En este capítulo se expone el proceso llevado a cabo para la elaboración del material didáctico, Se explican los objetivos y consideraciones para seleccionar determinadas protagonistas de los volúmenes, el relato de las historias, los elementos de diseño y las actividades del cuaderno. Finalmente, se presentan los resultados obtenidos hasta el momento.

Objetivos del material

Como se ha mencionado, lo que se busca con la creación de este material es promover las vocaciones científicas exactas y tecnológicas (a las que nos referiremos como STEM) en niñas pequeñas, aunque pueda ser usado también por niños. En particular, se determinó que sería conveniente dirigirlo a infantes de entre cinco y ocho años, antes de que los estereotipos de género se consolidaran (Blasco & Grau-Alberola, 2019).

Para tal fin, se decidió escribir sobre seis mujeres, de distintas nacionalidades y disciplinas, cuyas trayectorias y contribuciones resultaran interesantes e inspiradoras para las niñas, de modo que percibieran estas carreras como una opción atractiva, accesible y viable para ellas al crecer. Se decidió escribir tres historias sobre científicas exactas e ingenieras y tres relatos sobre inventoras.

Además, se propuso incluir un cuaderno de trabajo con actividades adecuadas para las edades referidas, que ayudar a las lectoras y lectores a entender el quehacer científico y tecnológico, su proceso de creación y construcción, de una forma lúdica para provocar entusiasmo. También existe la posibilidad de incorporar una aplicación para computadoras que permita a las niñas crear su avatar como científicas, ingenieras e inventoras, aunque es un trabajo en proceso.

Aunque se intentó hacer un material inclusivo, en esta etapa no se logró incorporar mujeres afrodescendientes o indígenas, ni de continentes que no fueran América o Europa, en gran medida debido a la dificultad para acceder a información sobre ellas, cuyas contribuciones no están tan visibilizadas. Tampoco se incluyó a grupos minoritarios ni con capacidades diferentes, aunque se ha contemplado abarcar este tipo de características con ciertas actividades del cuaderno de trabajo y la aplicación. Por último, es posible que, a pesar de los esfuerzos realizados, el material sea más accesible a poblaciones urbanas que rurales. La oportunidad de superar estas limitaciones queda pendiente para trabajos futuros.

Selección de las protagonistas

Para empezar, se realizó un estudio exploratorio mediante el cual se investigó a 78 científicas exactas e inventoras de distintas disciplinas y nacionalidades, con quienes se elaboró una base de datos que incluía la información mínima suficiente para llevar a cabo la selección. Por las características que el material debía tener para alcanzar los objetivos expuestos, se decidió elegir únicamente a seis mujeres, con base en los siguientes criterios:

Primero, se buscaron personas que las niñas pudieran encontrar inspiradoras y con las que les fuera posible identificarse. Se intentó incorporar, además, mujeres que ayudaran a contrarrestar algunos estereotipos de género, ya fuera por sus contribuciones o sus características personales. Se procuró, en la medida de lo posible, incluir diversidad disciplinar y geográfica, aunque como se ha dicho ya, el acceso a su información fue un factor que limitó esta posibilidad.

La selección resultante fue Hedy Lamarr, inventora de la tecnología que está detrás del WiFi y actriz de cine, a quien se eligió para contrarrestar el

estereotipo que dice que las mujeres hermosas no pueden ser inteligentes; Tabitha Babbitt, que inventó la primera sierra circular, y se espera que ayude a sembrar la idea de que las herramientas también son “cosas de niñas”; Valentina Tereshkova, única ingeniera de nuestra selección, además de ser de un país no occidental, la Unión Soviética, fue la primera mujer en el espacio; Ruth Wakefield, creadora de las galletas con chispas de chocolate, se busca que transmita a las niñas que cualquier idea puede ser un gran invento.

También se encuentra Gabriela González, la única latinoamericana (argentina) de este compendio, quien fuera *team leader* del equipo que detectó las ondas gravitacionales por primera vez; y Marie Curie, escogida por ser la única persona que ha ganado un premio Nobel en dos categorías distintas. Se seleccionó porque será a quien reconozcan las madres, padres o tutores, permitiendo dimensionar la importancia de las aportaciones del resto de las protagonistas.

Antecedentes de este tipo

Como parte de otro análisis exploratorio, se analizaron alrededor de 50 libros seleccionados por su afinidad con el tipo de proyecto que se deseaba realizar; sin embargo, para fines prácticos, solo se mencionan los más destacados. Se revisaron títulos como *Women in Science* (Ignotofsky, 2016), Colección anti-princesas (Fink & Saá, 2015) y Cuentos de buenas noches para niñas rebeldes (Cavallo, Favilli, & Romero Saldaña, 2018; Favilli & Cavallo, 2017), que están dirigidos a audiencias de edades mayores a las de nuestro interés y cuyo objetivo parece ser, más que visibilizar las aportaciones de las mujeres de las que se habla, hacer énfasis en las dificultades que enfrentaron. El presente trabajo se diferencia de los ejemplos anteriores, puesto que centrarse en los obstáculos podría ser contraproducente para promover las vocaciones científicas y tecnológicas.

Se encontraron otras publicaciones como *Las chicas son de ciencias* (Cívico, Parra Castillo, & Aparicio, 2018) e *Inventoras y sus inventos* (Lopez & Lozano, 2018), cuyo formato se acercaba más a lo que se buscaba, aunque se trataba de libros que exponen en un solo volumen las contribuciones de distintas mujeres. Por último, se estudiaron ediciones como *Mae among the stars* (Ahmed & Burrington, 2018), *Margaret and the moon* (Robbins & Knisley, 2017) y *Counting on Katherine* (Becker & Phumiruk, 2018), los cuales están dirigidos

a un público más próximo al nuestro y relatan las historias de las científicas con estilos distintos.

Con base en esta revisión, se determinó qué tipo de información, estilo literario y gráfico sería deseable retomar, y qué características se consideraba que habría de evitarse.

Consideraciones para crear los textos

Para definir el tipo de información que se incorporaría en los materiales, además de la revisión de material bibliográfico, se llevaron a cabo entrevistas a especialistas y se realizó un ejercicio con un grupo de enfoque (*focus group*). A continuación, se exponen las conclusiones a las que se llegó a partir de ellos.

Consejos de especialistas en literatura infantil

Con el fin de averiguar la mejor manera de realizar los materiales, se consultaron a tres especialistas: Hortensia Fernández Fuentes, experta en psicología educativa; Ireri Figueroa Fernández, especialista en lectura y literatura infantil, y Juan Sebastián Gatti, escritor, entre otras cosas, de libros de alfabetización temprana. A partir de sus entrevistas, y considerando las edades seleccionadas, se obtuvieron las siguientes recomendaciones.

Primero, se sugirió escribir historias no biografías; para las niñas y niños de estas edades, es mucho más interesante leer un relato con trama que un recuento de sucesos. Se debe mencionar que no se consiguió del todo apegar a esta sugerencia, pero hubiera sido lo deseable. Lo anterior se debió a que las niñas y niños de la edad seleccionada comienzan su proceso de aprendizaje de lectura, por lo tanto, lo mejor es escribir textos cortos, con pocos párrafos por página, acompañados de mucha ilustración. Esto implicó la necesidad de seleccionar muy cuidadosamente la información que debería ser mostrada de manera textual e incorporar el resto de manera gráfica, lo cual requirió trabajar muy cercanamente con el equipo de diseño para incluir en las ilustraciones parte de lo que se quería comunicar que no cabía por escrito.

Se recomendó usar una tipografía especial, tipo *Century Gothic*, porque es la que resulta más conveniente para quienes están aprendiendo a leer, debido a que su diseño evita que confundan unas letras con otras; sin embargo, se mencionó que es necesario usar un signo de interrogación distinto al de esta tipografía, porque no es el más claro.

Resultados del ejercicio con un grupo de enfoque

Para entender mejor los intereses del lector modelo y cuál sería la estrategia más eficaz para conseguir el propósito del proyecto, se llevó a cabo una actividad siguiendo la metodología del *focus group* con niñas y niños de primero de primaria, quienes cumplían el requisito de tener edades dentro del rango deseado. El ejercicio realizado partió de preguntarles qué entendían que era la ciencia, qué pensaban que hacía una persona que se dedicara a ella y qué científicas conocían. A continuación, se les habló de algunas mujeres y sus aportaciones a disciplinas STEM.

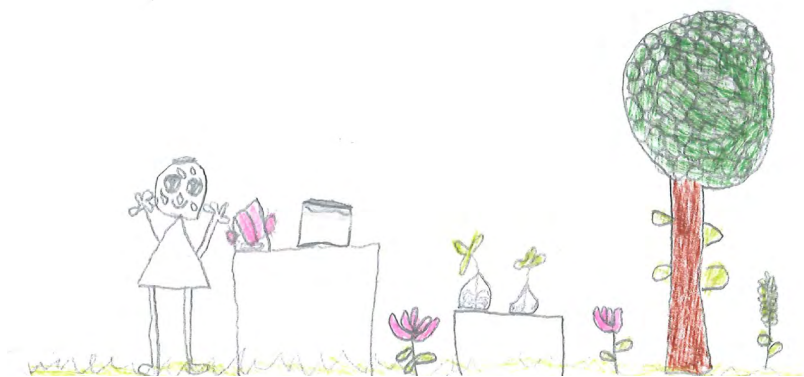
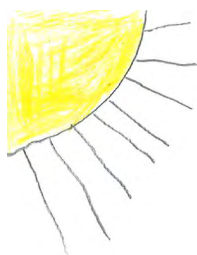
Se les pidió que dijeran qué les gustaría saber de las científicas y que compartieran las preguntas que les gustaría hacerles si tuvieran la oportunidad. Algunas de las más notables fueron: ¿Qué se siente ser científica? ¿Cuándo eligieron ser científicas? ¿Cuánto tiempo se tardan en hacer un invento o un experimento? ¿Cuáles inventos hicieron que no funcionaron? ¿Qué quieren inventar o descubrir después? ¿Qué fue lo más importante que hicieron?

Finalmente, se les invitó a dibujarse como científicas o inventoras y a escribir qué les gustaría descubrir o inventar. En las Figuras 1 a 4 se muestran algunos de los dibujos realizados junto con sus explicaciones.

Como resultado de esta sesión se pudo apreciar que las niñas y niños desconocen las distintas disciplinas STEM, lo cual demuestra que es necesario incorporar un catálogo con la descripción de algunas de ellas en el cuaderno de trabajo. Además, no tienen una lista clara de adjetivos calificativos para auto describirse y son fuertemente influenciados por el entorno, por lo que resulta una buena oportunidad para introducir los atributos con introducir la ciencia de forma positiva para que puedan sentirse atraídos por ella. Otro hallazgo que vale la pena mencionar es que los infantes varones de estas edades no mostraron hostilidad cuando solo se les habla de mujeres, a diferencia de lo que ocurre en edades posteriores.



ZOE cuando sea Inventora
voy a Inventar maquinas Y ROBOTS
Para que los niños se diviertan



CUANDO SEA CIENTIFICO VOY A ESTUDIAR
BACTERIAS

Figura 1. Tipo de científica y descubrimiento de Zoe

Nota: En el texto se lee: "Cuando sea inventora voy a inventar máquinas y robots para que los niños se diviertan".

Fuente: Elaboración propia.

Figura 2. Tipo de científica y descubrimiento de niño de primaria

En el texto se lee: "Cuando sea científico voy a estudiar bacterias".

Fuente: Elaboración propia.



Figura 3. Tipo de científica y descubrimiento de Elisa

En el texto se lee: "Yo voy a ser paleontóloga y científica".

Fuente: Elaboración propia.



Figura 4. Tipo de científica y descubrimiento de Luna

En el texto se lee: "Cuando sea científica voy a ser paleontóloga".

Fuente: Elaboración propia

Consideraciones para promover vocaciones científicas

Con base en el estudio exploratorio reportado en la sección Antecedentes, además de diversos talleres y encuentros sobre ciencia y género, se llegó a las siguientes conclusiones respecto a lo que sería más conveniente para promover las vocaciones científicas exactas y tecnológicas en las lectoras del estudio.

¿Qué cosas procurar?

En pos de ayudar a que las niñas se visualicen dedicándose a las disciplinas científicas, es recomendable exponer a las mujeres de los relatos como personas parecidas a ellas (o a alguien que conozcan), para que las pequeñas se puedan identificar con los personajes.

Además, a la hora de describirlas, es importante resaltar las características de personalidad para que las niñas puedan identificarse con ellas¹¹ y hablar de cómo disfrutaban al dedicarse a las disciplinas antes mencionadas.

Más que enumerar los logros de las protagonistas, conviene mostrar cómo se construye la ciencia, las dificultades que implica y su carácter colaborativo, lo cual permitirá que las lectoras entiendan mejor que la producción de conocimiento es un proceso, y que los errores son parte de él, de modo que cuando se equivoquen no se desanimen.

También vale la pena hablar de cómo las mujeres se aproximaron a estas disciplinas y desarrollaron sus vocaciones, y los factores que contribuyeron a alcanzar sus logros; es decir, las oportunidades que detectaron, cómo las abordaron y qué apoyo tuvieron. Se espera que esta información, además de orientar a las pequeñas sobre sus opciones, también guíe a los tutores

11 Averil MacDonald, creadora de “People Like Me” sugiere que, para describir a las científicas, se usen adjetivos que las chicas usen para describirse a sí mismas para promover vocaciones afines a las de ellas.

y tutoras interesadas en promover tales vocaciones. Es deseable siempre mostrar diversidad en todos los sentidos (geográfica, disciplinar, étnica, etc.), aunque, como se ha mencionado, en este proyecto no se logró a cabalidad.

¿Qué cosas evitar?

Es muy importante alejarse de la imagen de las científicas o inventoras como personas superdotadas, ya que esto intimida y hace pensar a las niñas que no tienen las capacidades para dedicarse a este tipo de profesiones¹².

También se considera que, para promover las vocaciones STEM, es mejor obviar las historias trágicas para evitar enviar el mensaje de que dedicarse a estas disciplinas siempre se asocia con algún tipo de sufrimiento. Lo cual no quiere decir que no se debe mencionar algunas dificultades enfrentadas, pero procurando resaltar las estrategias usadas para superarlas.

Además, es fácil caer en estereotipos a la hora de relatar las historias de quienes se dedican a estas carreras; sin embargo, se consideró intentar eludirlos, es decir, no retratar a las protagonistas como mujeres con bata, solitarias, feas, locas, etc.; debe cuidarse no solo en la parte escrita del material, sino también en las ilustraciones.

Finalmente, es importante evitar que las historias se centren en la maternidad o el matrimonio de las seleccionadas, no porque no fuera una faceta importante de sus vidas, sino porque no se desea reforzar la idea de los roles tradicionales de una mujer.

¹² MacDonald, A., comunicación personal en el taller “People like me”, realizado como parte de la *International 6th Conference on Women in Physics*, organizada por la Universidad de Birmingham, junto con la IUPAP. Birmingham, U.K. 20 julio de 2017.

Proceso de elaboración

Una vez que se determinó el tipo de información que se expondría, se procedió a realizar los materiales. En el proceso, se enfrentaron distintos retos, tanto en la redacción de los textos, como en la organización de la información y la colaboración con el equipo de diseño, que a continuación se presentan.

Dificultades para la elaboración de los textos

Debido a la falta de experiencia para generar este tipo de relatos, aparecieron diversos desafíos. El primero fue qué tipo de información era pertinente exponer, no solo para conseguir el objetivo último del material, sino debido a la escasez de espacio con el que se contaba, considerando la recomendación de limitar la extensión de los textos.

Después de haber librado este obstáculo, se encontró que la información que se deseaba compartir no siempre se podía hallar en fuentes accesibles; por ello, se vio la necesidad de contactar directamente a una de las protagonistas, Gabriela González. En los casos en los que esto fue imposible, se recurrió a un ejercicio de creatividad y lógica, como el requerido para pensar a qué les gustaría jugar a las personajes cuando tenían la edad de la audiencia de interés, con el fin de alcanzar el grado de identificación buscado. Una de las mayores dificultades fue entender las contribuciones que hicieron con suficiente profundidad para poder explicarlas de manera inteligible a niñas y niños de estas edades, para resumirlas a un par de párrafos.

Por último, se enfrentó el reto de organizar la información de una manera suficientemente coherente y clara, de tal suerte que el equipo de diseño la pudiera usar para realizar las ilustraciones e incorporar todo lo que se quería decir de manera gráfica, dado las limitaciones existentes para la extensión del texto. Sobre este punto, se elabora a continuación.

Organización de la información

Como ya se mencionó, dadas las edades del público la información textual explícita debía reducirse al mínimo y, para poder incorporar más datos, se decidió incluir información implícita en forma gráfica. Por ejemplo, para el libro de Valentina Tereshkova se pidió a la diseñadora que ilustrara a sus padres realizando las actividades a las que se dedicaban.

Se vio, entonces, la necesidad de crear una plantilla de diseño instruccional para quienes ilustraron los textos. En la Figura 5 se muestra un ejemplo del modelo que se hizo para tal fin.

Plantilla de Diseño Instruccional Marie Curie				
Pág	Texto en cada página	Explicación de gráficos que acompañan	Imágenes de apoyo	Información complementaria
1i	Marie nació el 7 de noviembre de 1867 en Varsovia, Polonia. Sus papás la llamaron <u>María Salomea Skłodowska</u> .	Bebé con tres hermanas y un hermano. Un piano, y la mamá tocando y cantando, el papá leyendo un libro de matemáticas.		Nació en Polonia mientras estaba bajo ocupación rusa. Existía una opresión hacia los polacos. Era la más joven de cinco hijos. Sus padres se llamaban <u>Bronislawa</u> y
1d	Tenía un hermano y tres hermanas mayores: <u>Zofia</u> ,			

Figura 5. Ejemplo de plantilla instruccional para el equipo de diseño

Fuente: Elaboración propia.

Diseño gráfico

Las ilustraciones y el resto del diseño se realizaron bajo la supervisión del Mtro. Carlos Soto, del Departamento de Arte, Diseño y Arquitectura de la Universidad Iberoamericana Puebla, quien coordinó al equipo de diseñadoras que llevó a cabo el proyecto.

En esta fase, además de la dificultad de incorporar información que no podría escribirse de manera gráfica, aparecieron complicaciones como la de deconstruir estereotipos de quienes ilustraban el material, con los cuales podían transmitir mensajes no deseados, reforzando justo los prejuicios a

combatir. Por ejemplo, fue necesario repetir una ilustración del libro de Ruth Wakefield donde ella se mostraba jugando en su infancia varias veces, dado que en la primera versión aparecía un niño cargando algo pesado y la niña jugando a cocinar; en este caso, se le solicitó a la diseñadora que revirtiera los roles para evitar reafirmar la idea de que los niños son fuertes y las niñas se dedican a la cocina. La ilustración final se muestra en la Figura 6.



Figura 6. Ilustración del cuento de Ruth Wakefield

Fuente: Elaboración propia. Ilustradora: Paola Estrada.

Por último, debido a que el equipo de diseño estaba conformado por becarias y voluntarios, los resultados se vieron sujetos a la disponibilidad de tiempo que tuvieran y, en algunos casos, fue difícil mantener el contacto.

Cuaderno de trabajo y aplicación

El cuaderno de trabajo aun está en construcción, sin embargo, se pretende incorporar actividades que permitan a las niñas entender un poco el proceso por el cual se construye la ciencia y experimentarlo de forma lúdica. Para tal fin, se tiene previsto incluir algunos experimentos sencillos, un ejercicio de observación y exploración del medio, una receta de cocina (dado que realizarla, siguiendo pasos e instrucciones, se parece mucho a lo que se hace en la ciencia experimental) y la escritura e ilustración de cómo se imaginan

siendo científicas o inventoras, y qué inventarían o descubrirían. Se considera importante, para perseguir una carrera en las disciplinas científica, empezar por visualizar a la niña en estos campos.

Se ha comenzado con la creación de una aplicación de computadora, con la cual las niñas y niños podrían crear su avatar como científicas e inventoras. Hasta ahora se cuenta con la programación para realizarla, pero faltan las ilustraciones.

Resultados y perspectivas

Hasta ahora, se ha concluido la elaboración de tres libros de historias, incluyendo textos e ilustraciones. Se tiene, además, un par de textos completos, sobre cuyas imágenes se sigue trabajando. Para el cuaderno de trabajo, ya se han seleccionado algunos experimentos, pero está en una fase muy inicial todavía. La aplicación está avanzada en cuanto a la programación, pero el diseño aun está en sus primeras etapas. En las Figuras 7 a 5 se muestra un modelo de cómo podrían quedar los libros, basados en las ilustraciones reales para tres de las historias.



Figura 7. Modelo del libro de Ruth Wakefield

Fuente: Elaboración propia. Ilustradora: Paola Estrada.



Figura 8. Modelo del libro de Hedy Lamarr

Fuente: Elaboración propia. Ilustradora: María José Benítez.



Figura 9. Modelo del libro de Valentina Tereshkova

Fuente: Elaboración propia. Ilustradora: Pamela Ríos.

Conclusiones

Preocupadas por la baja participación de mujeres en carreras de disciplinas STEM y buscando estrategias para remediarla, se decidió hacer una serie de textos dirigidos a niñas y niños de entre cinco y ocho años, antes de la consolidación de los estereotipos de género. Para entender cómo hacer un material de este tipo, se hizo un análisis bibliográfico de literatura infantil existente que persiguiera objetivos comunes, identificando el tipo de información que debía mostrarse u omitirse. Además, se realizaron entrevistas a especialistas y un ejercicio de grupo de enfoque con niños de primero de primaria, para comprender mejor que sería más conveniente exponer y en qué formato hacerlo.

Por el tipo de texto requerido para esta audiencia, se acotó el trabajo a seis mujeres: tres inventoras, dos científicas y una ingeniera. Se hizo la selección buscando personajes cuyas historias fueran identificables con las niñas, o reconocibles por mamás y papás, buscando contrarrestar estereotipos de género y mostrar diversidad disciplinar y geográfica (en la medida de lo posible).

Se hizo un análisis bibliográfico más profundo sobre las mujeres seleccionadas, encontrando que en muchos casos la información es insuficiente, por lo que fue necesario inventar parte de lo que se quería exponer y, en el caso de una de las protagonistas, se contactó directamente. Fue necesario diseñar una plantilla instruccional para transmitir la información a quienes estaban a cargo de la ilustración. Aun se está trabajando en el diseño gráfico del material, que finalmente comprenderá siete libros: seis de historias y un cuaderno de trabajo. Hasta ahora se han concluido tres libros, pero todavía queda pendiente la redacción de una historia, la ilustración de tres, y la creación del cuaderno de trabajo y la aplicación.

Referencias

- Ahmed, R., & Burrington, S. (2018). *Mae among the stars*. New York: HarperCollinsPublishers.
- Favilli, E., & Cavallo, F. (2017). *Cuentos de buenas noches para niñas rebeldes: 100 historias de mujeres extraordinarias*.
- Becker, H., & Phumiruk, D. (2018). *Counting on Katherine*.
- Fink, N., & Saá, p. (2015). *Frida Kahlo: para chicas y chicos* (Sudestada, Ed.).
- Blasco, V. J. V., & Grau-Alberola, E. (2019). Diferencias por sexo y edad en la interiorización de los estereotipos de género en la adolescencia temprana y media. *Electronic Journal of Research in Education Psychology*, 17(47), 107-128. <https://doi.org/10.25115/EJREP.V17I47.2184>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2020, septiembre) Matrícula escolar por entidad federativa según nivel educativo, ciclos escolares seleccionados 2020/2021. Recuperado el 20 de octubre de 2021 de https://www.inegi.org.mx/app/tabulados/interactivos/?pxq=Educacion_Educacion_06_28138b5c-1603-476f-a1ab-0495795956ed
- Cavallo, F., Favilli, E., & Romero Saldaña, G. (2018). *Cuentos de buenas noches para niñas rebeldes 2*.
- Ignatofsky, R. (2016). WOMEN IN SCIENCE. Retrieved from <https://rachelignatofskydesign.com/women-in-science>
- CIBERISCIII. (2021). Día Internacional de la Mujer y la Niña en la Ciencia 2021. Recuperado el 11 de agosto de 2021, from CIBERISCIII website: <https://www.ciberisciii.es/agenda/dia-internacional-de-la-mujer-y-la-nina-en-la-ciencia-2021>
- Lopez, A., & Lozano, L. (2018). *Inventoras y sus inventos*. Recuperado de <https://mujeres-conciencia.com/2018/07/21/inventoras-y-sus-inventos/>

Notimex AM/Querétaro. (2019, April 25). Solo 8% de mexicanas elige una carrera tecnológica o ingeniería. Recuperado el 8 de agosto de 2021, del sitio web de CANIETI: [http://canieti.org/Comunicacion/noticias/vista/19-04-25/Solo_8_de_mexicanas_elige_una_carrera_tecnológica_o_ingeniería.aspx](http://canieti.org/Comunicacion/noticias/vista/19-04-25/Solo_8_de_mexicanas_elige_una_carrera_tecnologica_o_ingenieria.aspx)

[pisa/pisaproducts/pisainfocus/PISA in Focus-n°14 ESP.pdf](https://pisa/pisaproducts/pisainfocus/PISA_in_Focus-n°14_ESP.pdf)

ONU. (n.d.). Día Internacional de la Mujer y la Niña en la Ciencia | Naciones Unidas. Recuperado el 8 de agosto de 2021, de <https://www.un.org/es/observances/women-and-girls-in-science-day/>

OCDE. (2012, March). ¿A qué tipo de carreras aspiran los chicos y las chicas? Recuperado el 8 de agosto de 2021, del sitio web de PISA IN FOCUS website: <https://www.oecd.org/>

Robbins, D., & Knisley, L. (2017). *Margaret and the Moon: how Margaret Hamilton saved the first Lunar Landing*. Random House Children's Books.

Reseña de la autora

Belinka González Fernández es Doctora en Ciencias por la Universidad Nacional Autónoma de México, en colaboración con la Universidad Autónoma Metropolitana, y actualmente trabaja como académica de la Universidad Iberoamericana Puebla. Es integrante del Grupo de Mujeres en la Física de la Sociedad Mexicana de Física y de la Red de Ciencia, Tecnología y Género A. C. Aunque su línea de investigación es la gravedad cuántica, participa activamente en la divulgación y la promoción de vocaciones científicas y tecnológicas, además de la enseñanza de las ciencias exactas.

AL RESCATE DEL PLANETA: PROPUESTA DE APOYO PEDAGÓGICO EN EDUCACIÓN INFORMAL PARA LA ACCIÓN CLIMÁTICA

Alma Griselda Pinillo Flores

Introducción

El presente capítulo aborda una propuesta de divulgación científica en materia de cambio climático mediante las artes escénicas, dirigida a infancias y juventudes. Por tal motivo, se relaciona con el contenido general del libro al exponer estrategias incluyentes para divulgar la ciencia en diversos grupos poblaciones, ya que este proyecto se ha presentado en zonas vulnerables de manera presencial (antes de la pandemia), y en entornos virtuales debido a la Covid-19.

El objetivo del capítulo, consiste en describir el *show taller* “Al rescate del Planeta: educación para el cambio climático”, que busca la sensibilización para la protección del clima, mediante una serie de estrategias transdisciplinarias donde se vinculan las artes

escénicas, teorías pedagógicas, divulgación científica y rigurosidad científica sobre cambio climático. Todo ello, enmarcado en el Objetivo de Desarrollo Sostenible 13 Acción por el Clima, y la Declaración sobre los Niños, Niñas, Jóvenes y la Acción Climática.

El proyecto surge de Divulgaciencia México, una organización autogestiva de divulgación científica, que se origina como línea de investigación escénica de la compañía TeatroPasoNocturno, dirigida por el actor, director, productor y dramaturgo Héctor Alejandro Osorio Romero.

De forma general, el capítulo contiene siete secciones. La primera se titula Antecedentes de cambio climático, en donde se plantea el concepto de cambio climático, su abordaje general en la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, así como el Objetivo

de Desarrollo Sostenible 13 Acción por el Clima. La segunda sección, Cambio climático en el Estado de Puebla, expone la situación en la entidad, algunas leyes y programas que enmarcan la intervención ciudadana relacionada a este tema. En la tercera sección, titulada Declaración sobre los Niños, Niñas, Jóvenes y la Acción Climática, se plantea a grandes rasgos en qué consiste y sus principios.

En la cuarta sección, Divulgación científica y perspectiva de género, se describe la relación del proyecto con la educación informal, así como la relevancia de la incorporación de esta perspectiva de forma incluyente. Por otro lado, en la sección quinta, *Show taller* “Al rescate del Planeta: educación para el cambio climático”, se describe la aplicación de diversas teorías pedagógicas en la construcción de la propuesta, así como su estructura.

En la sección sexta, Resultados preliminares, se describen las distinciones que ha obtenido el proyecto, como parte de intervenciones presenciales, y se exponen los principales resultados derivados de adaptaciones del show taller a la modalidad virtual. Finalmente, en la séptima sección, Conclusiones generales, se incluyen las primeras aproximaciones derivadas de los resultados, así como las limitaciones actuales y futuras áreas de desarrollo.

Antecedentes de cambio climático

El Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés), considera al cambio climático como una “variación del estado de clima identificable (...) en las variaciones del valor medio o en la variabilidad de sus propiedades, que persiste durante periodos prolongados, generalmente décadas o periodos más largos” (2013, p. 188). Puede deberse tanto a procesos naturales o a forzamientos externos como modulaciones de los ciclos solares, erupciones volcánicas, o bien, cambios antropogénicos persistentes en la composición de la atmósfera o uso del suelo (IPCC, 2013).

El IPCC genera reportes conformados en ciclos de evaluación y el pasado 9 de agosto de 2021, emitieron el reporte titulado Cambio Climático 2021: Bases físicas. Contribución del Grupo de Trabajo I al Sexto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, en donde se expone que, a menos que se reduzcan las emisiones de gases de efecto invernadero de forma inmediata y a gran escala, será

inalcanzable limitar el calentamiento a 1,5°C o 2°C, que es la meta a la que se han comprometido todos los países desde 2015, para evitar escenarios catastróficos para la humanidad. Como consecuencias, se espera no solo el aumento de la temperatura, sino también afectaciones a las zonas costeras por el aumento del nivel del mar, el deshielo del permafrost, cambios en el océano, lo cual aumenta las olas de calor marinas, las zonas urbanas serán más cálidas, además de inundaciones, entre otros aspectos.

Por otro lado, en 2015 la Asamblea General de la ONU adoptó la “Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible”, una resolución aprobada por los Estados Miembros, manifestada como un plan de acción formado por 17 objetivos y 169 metas que contemplan los ámbitos económicos, sociales y ambientales (2015), además de las dimensiones: personas, planeta, prosperidad, paz y trabajo conjunto (ONU Mujeres, s. f.). Uno de los principales ejes rectores es el cambio climático, mediante el Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) 13 Acción por el Clima. El ODS13 busca “adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos”, y dentro de sus metas se encuentra la importancia de mejorar la educación, la sensibilización y la capacidad humana e institucional respecto de la mitigación del cambio climático, la adaptación a él, la reducción de sus efectos y la alerta temprana. (ONU, 2020).

Por último, cabe resaltar el Acuerdo de París, un tratado internacional jurídicamente vinculante sobre cambio climático; se adoptó el 12 de diciembre de 2015 durante la COP 21 en París, y entró en vigor el 4 de noviembre de 2016. Dentro de sus objetivos principales, se encuentra el mantener el aumento de la temperatura media anual muy por debajo de 2°C sobre los niveles preindustriales; limitar el aumento a 1,5°C, para reducir los riesgos y el impacto del cambio climático, y lograr que las emisiones globales obtengan su nivel máximo lo más pronto posible, para realizar reducciones rápidas de acuerdo a la mejor ciencia disponible, alcanzando un equilibrio entre las emisiones y absorciones de la segunda mitad de siglo (UNFCCC, 2021a).

Situación de Cambio climático en el Estado de Puebla

En el estado de Puebla, se cuenta con la Estrategia de Mitigación y Adaptación ante el Cambio Climático, publicada en 2011, en la cual se incluyen proyecciones de escenarios climáticos que suponen una tendencia hacia aumentar la temperatura conforme avanza el siglo. Dentro de sus principales conclusiones, se considera que probablemente la parte norte ya había comenzado a experimentar indicios de calentamiento, debido a que las tendencias sobrepasan las proyecciones de los 30 años posteriores, teniendo presente la fecha de publicación de la Estrategia (Secretaría de Sustentabilidad Ambiental y Ordenamiento Territorial, 2011). Sumado a lo anterior, de acuerdo al portal del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), El Cambio Climático de Frente, en Puebla se espera un incremento de temperatura entre 1.5°C y 1.9°C, además de cambios en la precipitación entre -4% y 8%, conforme al escenario RCP 8.5 y los modelos HADGEM2-ES, MPI-ESM-LR, GFDL-CM3 (INECC, 2019).

Este contexto permite comprender la importancia de la atención del cambio climático tanto en aspectos de legislación, políticas públicas, gobernanza y participación ciudadana. Al respecto, destaca la meta 13.3 del ODS 13 para fomentar acciones que contribuyan al fomento de la participación ciudadana sobre este tema en Puebla, siendo así la sociedad civil un factor clave para hacer frente a los efectos del cambio climático.

El reconocimiento hacia la acción ciudadana también se identifica en el Programa Estatal de Desarrollo 2019-2024 del Estado de Puebla, mediante los ejes transversales de Cuidado Ambiental y Atención al Cambio Climático, en los cuales se busca involucrar a la sociedad para la generación de acciones que sumen a desarrollar la adaptación y mitigación. Además, en la Ley Estatal de Cambio Climático se menciona en el artículo 9 fracción XI, que se deberán instrumentar campañas de educación e información para sensibilizar sobre los efectos del cambio climático. Aunado a lo anterior, el Programa Especial Cuidado Ambiental y Atención al Cambio Climático, temática Derecho a todas y todos al medio ambiente sano, estrategia 4, línea de acción 1, busca promover acciones de educación y cultura ambiental que permitan un mayor acercamiento con la naturaleza fortaleciendo el sentido de pertenencia de las y los poblanos en las regiones del estado.

Ante este panorama, el seguimiento a dichas campañas, programas de educación y cultura ambiental, también compete totalmente a la sociedad, quien en el ejercicio de su derecho a un medio ambiente sano (artículo 4 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos), puede involucrarse de manera corresponsable para la adopción de hábitos de consumo conscientes y sustentables que contribuyan a la mitigación y adaptación al cambio climático.

Declaración sobre los Niños, Niñas, Jóvenes y la Acción Climática

En 2019, durante la COP25 – Conferencia de las Partes de la Comisión Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (COP por sus siglas en inglés), celebrada en Madrid, España, se firmó por los gobiernos de Chile, Costa Rica, Eslovenia, Fiji, Luxemburgo, Mónaco, México, Nigeria, Perú, Uruguay, Suecia y España (UNICEF, 2019).

Esta declaración busca garantizar la inclusión de niñas, niños y juventudes en las políticas de acción climática, desde los procesos de toma de decisiones. De acuerdo al portal de UNICEF, se manifiestan los siguientes 9 compromisos:

- 1) Reconocer y cumplir el derecho inalienable de niñas, niños y juventudes a un medio ambiente sano, y tomar medidas para incluir este derecho en tratados y marcos regionales, así como en las constituciones nacionales.
- 2) Respetar, promover y considerar los derechos de niñas, niños y juventudes en la implementación del Acuerdo de París, considerando el reconocimiento de su nivel de vulnerabilidad específica, y que son actores clave para las medidas de mitigación y adaptación a nivel nacional, en las Contribuciones Nacionalmente Determinadas¹³, y en todas las estrategias.

¹³ Son los reportes de acciones en cambio climático de los países, se presentan cada cinco años a la secretaria de la CMNUCC, y el Acuerdo de París establece que deben ser sucesivas representando una progresión respecto de la NDC anterior (UNFCCC, 2021b).

- 3) Ampliar y reconocer la inversión en medidas de adaptación, reducción del riesgo de desastres y mitigación con enfoque en niñas, niños y juventudes, sobre todo a quienes se encuentran más expuestos.
- 4) Fortalecer la capacidad de niñas, niños y juventudes en los esfuerzos de mitigación y adaptación al cambio climático, con énfasis en educación ambiental, para brindar el conocimiento y habilidades que permitan transitar hacia un futuro sostenible.
- 5) Optimizar la participación de niñas, niños y juventudes en procesos de cambio climático, incluyendo diversos programas derivados de organismos internacionales.
- 6) Considerar y explorar medidas para establecer una Comisión internacional para la infancia y las generaciones futuras, así como mecanismos que permitan garantizar la participación efectiva de niñas, niños y juventudes.
- 7) Adoptar medidas institucionales, administrativas y alianzas a nivel nacional e internacional para alcanzar los objetivos anteriormente descritos, bajo un enfoque transversal en niñas, niños y juventudes para la acción climática, sobre los trabajos de la CMNUCC, Acuerdo de París y los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

Divulgación científica y perspectiva de género

Existen diversas aproximaciones sobre el concepto de divulgación científica. En este capítulo, se considera la propuesta de Ana María Sánchez Mora (2010), respecto a que se trata de una “labor multidisciplinaria cuyo objetivo es comunicar, utilizando una diversidad de medios, el conocimiento científico a distintos públicos voluntarios, recreando ese conocimiento con fidelidad y contextualizándolo para hacerlo accesible” (p. 24).

En ese sentido, el proyecto se instaure como una propuesta de divulgación científica al emplear lenguaje accesible para comunicar conocimiento especializado de cambio climático, a través de diversos medios, a un público específico que, en este caso, son infancias y juventudes.

Por otro lado, de acuerdo al documento “La igualdad de género ante el cambio climático” (Aguilar, 2021), los efectos de este fenómeno “pueden profundizar las desigualdades de género ya existentes” (p. 13), de ahí la importancia de

incorporar esta perspectiva cuando se aborda el tema. Por ello es que, si bien el enfoque prioritario es el ODS 13 Acción por el Clima, de manera transversal se incorporan contenidos de los ODS 4, 5 y 12.

La relación con el ODS 4 Educación de calidad consiste en proponer una estrategia educativa para promover el desarrollo sostenible (meta 4.7) y contribuir a la eliminación de disparidades de género en la educación, promoviendo un acceso igualitario en infancias y juventudes (meta 4.5). Sobre el ODS 5 Igualdad de género, se fomenta la eliminación de formas de discriminación contra las niñas y mujeres (meta 5.1); y con el ODS 12 Producción y consumo responsables, se impulsan estilos de vida en armonía con la naturaleza, contribuyendo a su meta 12.8.

Show taller “Al rescate del Planeta: educación para el cambio climático”

Derivado del escenario planteado en los anteriores apartados, hace diez años la compañía TeatroPasoNocturno crea el proyecto Divulgaciencia México, como modelo de apoyo pedagógico en la educación informal, para la comunicación pública de la ciencia.

Debido a la urgente problemática del cambio climático, se articuló el show taller Al rescate del Planeta: educación para el cambio climático, cuyo objetivo principal es fomentar la sensibilización para la protección del ambiente y el clima, mediante las artes escénicas, con el fin de promover acciones de mitigación que pueden implementarse en el día a día. Este proyecto en particular, se encuentra dirigido a infantes entre 6 y 12 años, cuando se presenta en modalidad presencial.

Cabe resaltar que el teatro trabaja con recursos básicos: la voz, el lenguaje corporal y la estructura de sus diálogos para fomentar el pensamiento crítico. Si se tiene en cuenta que no todos los espacios educativos cuentan con acceso a internet equipos de cómputo y otros recursos tecnológicos que contribuyen al aprendizaje, el teatro brinda posibilidades para generar propuestas no convencionales. Además, uno de los avances más recientes en pedagogía es el estudio de las funciones ejecutivas básicas del cerebro que se refuerzan mediante el teatro, ya que las personas espectadoras al ver

una obra, deben estar atentas y concentradas (control inhibitorio); requieren recordar información y secuenciar la historia (memoria de trabajo), para realizar la adaptación a una situación ficticia (flexibilidad cognitiva).

Considerando los aspectos anteriores, el *Show taller Al rescate del Planeta: educación para el cambio climático*, cuenta la historia de dos viajeros del tiempo, quienes provienen del año 2100 a nuestra época en busca de una semilla, ya que en su futuro no queda más para plantar. La situación de la que provienen fue causada por el cambio climático, por lo que explican al público cómo es que el uso desmedido de los combustibles fósiles aceleró el aumento de la concentración de gases de efecto invernadero, ocasionando graves desastres.

Durante la presentación de los hechos mencionados, se realizan experimentos y se elaboran títeres que simbolizan a los gases de efecto invernadero expuestos en la historia: dióxido de carbono, metano, vapor de agua, ozono troposférico y dióxido de nitrógeno. Asimismo, se desarrollan propuestas de soluciones sustentables a la problemática ambiental. Todo esto, con apoyo de escenografía, vestuario y material didáctico.

Derivado de lo anterior, la compañía TeatroPasoNocturno y el proyecto Divulgaciencia México plantearon una propuesta metodológica que incorpora el uso de algunas técnicas teatrales como la narración oral, creación de personajes, monólogos, arcos de tensión dramática y las unidades aristotélicas. Además, se busca fomentar la cultura científica derivado de la comunicación pública de la ciencia; así como distintos modelos pedagógicos, para generar dinámicas participativas dentro de una experiencia divulgativa, que permita producir el fenómeno de sensibilización.

La estructura del *show taller* se divide en 3 etapas, las cuales se vinculan con distintas actividades de enseñanza-aprendizaje y modelos pedagógicos, para el logro de sus objetivos:

- 1) Procedimientos de apertura
- 2) Procedimientos para el desarrollo
- 3) Procedimientos de conclusión

Sobre los procedimientos de apertura, se emplea la actividad de enseñanza de juego de roles, un estudio de caso, y la pedagogía constructivista de Jean Piaget, con enfoque en el desarrollo cognitivo. Al respecto, Jean Piaget plantea que las infancias asimilan los objetos “tras haberse acomodado a sus

características” (Martín y Navarro, 2009, p. 27). Si estas vivencias corresponden al cotidiano de la infancia, se mantiene un equilibrio, pero si estos esquemas se confrontan con los ya establecidos, se genera un desequilibrio que conduciría a un aprendizaje mediante la organización y adaptación (Thong, 1981). Por tal motivo, “la adaptación es el equilibrio entre el organismo y el medio” (Piaget, 1990, p. 15).

Vinculado con el *show taller*, la aplicación de lo descrito permite generar vínculos empáticos con las infancias desde el inicio de la historia, ya que los personajes (viajantes) provienen de un contexto con un mundo afectado severamente por el cambio climático, lo que permite generar curiosidad sobre cómo sucedió dicha situación e introduce la presentación de los gases de efecto invernadero. En cuanto a los procedimientos para el desarrollo, se aplica una actividad focal introductoria, actividades de aprendizaje de demostración-experimentación, y la pedagogía de Vigotsky, con el fin de permitir interrelacionar el conocimiento precedente con enfoque en un problema.

A partir de Vigotsky, se consideran los procesos psicológicos superiores, en especial los de interiorización, que consisten en que, durante el desarrollo cultural de las infancias, se tienen funciones psicológicas a nivel social y posteriormente a nivel individual (Baquero, 1997). Es decir, suceden distintas transformaciones entre las que se encuentran (Vigotsky, 1978):

- Una operación inicialmente representada por una actividad externa que se reconstruye y comienza a suceder internamente; siendo de especial importancia que empleen signos, con historia y características ilustrada por la atención y la memoria.
- Un proceso interpersonal de asimilación, recordando el elemento cultural a nivel social y después a nivel individual, recordando que todas las funciones superiores se originan de relaciones entre personas.
- La transformación de un proceso interpersonal en uno intrapersonal, como resultado de una serie de sucesos, el cual continúa existiendo y cambia en forma externa antes de internalizarse.

Al tener presentes estos elementos, en el *show taller* se realizan algunos experimentos acordes a cada grupo de edad, como actividad externa, los cuales son conducidos y relacionados con el tema específico que se analiza, para que, en las siguientes intervenciones, pueda asimilar el conocimiento no solo como un ejercicio lúdico, sino como acciones cotidianas con un impacto

en el ambiente, ya sea positivo o negativo, dependiendo del tipo de materiales y formas de desecho que se empleen. Por supuesto, cuando se realiza una sola intervención, no es posible llegar al nivel de intrapersonal, pero sí se plantean las bases iniciales de los procesos de interiorización para mantener la atención en el desarrollo de la presentación.

Respecto a los procedimientos de conclusión, implican una actividad de enseñanza de causa y efecto, una actividad de aprendizaje de experimentación y reflexión, así como la pedagogía constructivista de Jerome Bruner, para fomentar el aprendizaje a través de la experiencia. Gracias a Jerome Bruner, se tiene presente que el aprendizaje por descubrimiento busca ayudar a las infancias a pasar “de un pensamiento concreto a un estadio de representación conceptual y simbólica más adecuada del pensamiento” (Araujo y Chadwick, 1988, p. 40), de lo contrario, solo se tendrán memorizaciones que no permiten establecer relaciones.

Por otro lado, Bruner propone la estimulación cognitiva mediante una secuencia que permita promover la transferencia, utilizar contrastes, posibilitar las experiencias para captar la atención, y, sobre todo, que el alumnado pueda describir por sí mismo lo relevante para la resolución de un problema (Urbina, 1999).

Teniendo en cuenta lo anterior, en el show taller se plantea este enfoque hacia el cierre, con la intención de reforzar que la cultura climática y las problemáticas planteadas, así como las opciones de solución, no pueden terminarse en la conclusión de la presentación, invitando a compartir los conocimientos adquiridos en su entorno cercano.

Con esto, se busca estimular el estadio de representación simbólica del pensamiento, gracias al enfoque de divulgación, con la claridad de que no se trata de una memorización de conceptos, sino de sensibilizar sobre la identificación de situaciones que afectan al medio ambiente, y en específico, que contribuyen al cambio climático, para orientar hacia una toma de decisiones consciente sobre un estilo de vida más sostenible. Los procesos descritos con antelación, pueden visualizarse en la Tabla 1.

Esta estructura permite abordar, a través de dinámicas interactivas, el origen de los gases de efecto invernadero, la comprensión del efecto invernadero y el calentamiento global, cómo se produce el cambio climático y las acciones que podrían realizarse para contribuir a la disminución de sus efectos en la vida cotidiana.

Procedimiento	Actividad de enseñanza	Actividad de aprendizaje	Modelo pedagógico
De apertura	Juego de roles	Estudio de caso	Pedagogía constructivista de Jean Piaget.
Para el desarrollo	Actividad focal introductoria	Demostración -experimentación	Pedagogía cognitiva de Lev Vigotsky.
Para concluir	Análisis de causa y efecto	Experimentación y reflexión	Pedagogía constructivista de Jerome Bruner.

Tabla 1. Estructura del show taller Al rescate del Planeta: educación para el cambio climático

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, respecto a la incorporación de la perspectiva de género, se tomaron talleres de capacitación con la Dra. Lilia Tapia Mariscal¹⁴ de la Universidad de Córdoba, España, quien enfatiza en el uso del lenguaje incluyente no sexista y propone una batería de preguntas sobre la inclusión de la perspectiva de género en proyectos de divulgación científica¹⁵ (L.D. Tapia, comunicación personal, 13 de agosto de 2021), la cual fue aplicada al *show taller*.

Resultados preliminares

Antes de la pandemia de la Covid-19, una de las distinciones que obtuvo el proyecto, fue ser seleccionado como parte del proceso de certificación del Programa de Embajadores Ciudadanos Agenda 2030-2019, promovido por *The Millennials Movement* en alianza estratégica con *Proyecto Everyone a*

14 Profesora e Investigadora en el Departamento de Arquitectura de Computadores y Tecnología de Computadores en la Universidad de Córdoba, España. Máster en Igualdad de género (Construcción Metodológica para divulgar ciencia y tecnología con perspectiva de género). Especialista en Igualdad de género por la Universidad de Castilla La Mancha. Formadora y coordinadora de distintas acciones formativas en la Unidad de Igualdad de la Universidad de Córdoba. Autora del libro: Guía y glosario de buenas prácticas del uso no sexista del lenguaje: desde una perspectiva del asociacionismo vecinal.

15 Propuesta metodológica de la Dra. Lilita Tapia Mariscal.

través de su iniciativa *The Worlds Largest Lesson*, y la Campaña de Acción para los ODS de Naciones Unidas y el Grupo Principal de Jóvenes y Niños de Naciones Unidas - UNMGCY.

El programa incluyó un proceso de construcción de capacidades evaluado, actividades de sensibilización, acciones en territorio de implementación y construcción de alianzas locales para alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible a nivel local, así como la facilitación de la encuesta Mi Mundo 2030 de Naciones Unidas para el monitoreo local ciudadano de la Agenda 2030. Fue desarrollado en los países de Argentina, Bolivia, Chile, Colombia, Ecuador, El Salvador, Guatemala, México, Panamá, Paraguay, Perú y República Dominicana desde el mes de julio hasta el mes de diciembre del 2019.

Divulgaciencia México fue una de las 4 organizaciones seleccionadas en el país, y para las acciones de implementación en territorio, se llevaron a cabo una serie de intervenciones en la Escuela Comunitaria San Miguel Canoa, Puebla del Centro Universitario de Participación Social de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla; así como otra presentación presencial en la Escuela Primaria Cuauhtémoc de la Ciudad de Xalapa, Veracruz, a través de la Dirección General de Investigaciones de la Universidad Veracruzana, mediante el programa Sábados en la Ciencia.

Los resultados de las intervenciones se enviaron a la coordinación general para ser incluidos en la encuesta Mi Mundo 2030, en los cuales se pudo percibir una mayor preocupación sobre el cambio climático, respecto de los otros ODS. Aunado a lo anterior, e incluso fuera de los tiempos del programa, se realizaron otras intervenciones en comunidades de Tecali de Herrera, Puebla, Tlaxcala y para el Consejo de Ciencia, Tecnología e Innovación de Hidalgo.

Otras distinciones que ha tenido el proyecto consisten en la dictaminación de trabajos aceptados del Simposio: Educación y Cultura Ambiental en el estado de Puebla, en el marco de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, organizado por El Instituto de Investigaciones en Medio Ambiente Xabier Gorostiaga S.J. de la Universidad Iberoamericana Puebla, en 2019. Asimismo, fue proyecto invitado en la Semana Verde organizada por Proyecto Hela de Divulgación Científica A. C., y en el Primer Congreso Nacional Omnisciencia Hacia un México con con(s)cienza, organizado por el Grupo Nacional de Divulgación Científica Omnisciencia en 2020, entre otros espacios.

Derivado de la pandemia por Covid-19, las presentaciones presenciales no pudieron seguirse realizando. No obstante, se desarrollaron dos líneas de acción para la continuidad del proyecto. La primera fue la adaptación de los personajes del show taller representados por títeres, para lo cual, se crearon seis monólogos de aproximadamente cinco minutos de duración, diseñados para redes sociales.

En específico, se trabajaron para la plataforma de YouTube, en colaboración con el proyecto poblano Cultura Educativa, quienes se encargaron de la edición de cada uno de los seis videos (uno por títere). Los videos llevan por título CO₂ Dióxido de Carbono, CH₄ Metano, H₂O Lady Agua, O₃ Ozono Troposférico, Ozy Ozono (Ozono Estratosférico) y Dióxido de Nitrógeno, pueden consultarse en el canal de Cultura Educativa, específicamente en la lista de reproducción Al rescate del Planeta. Con fecha de corte del 25 de noviembre de 2021, en su conjunto llevan aproximadamente 1500 reproducciones.

La segunda línea de acción consistió en la adaptación del show taller para el “Verano Científico TAKATSI”, organizado por el Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Puebla (CONCYTEP). Para ello, se retomó el objetivo 4 de la Declaración sobre los Niños, Niñas, Jóvenes y la Acción Climática, relacionado a la educación ambiental.

Si bien toda la declaración requiere un proceso progresivo para su implementación, pueden lograrse los objetivos con la necesaria intervención de distintos niveles de gobierno e instituciones. Se visualizó poder vincular los contenidos de Al rescate del Planeta: educación para el cambio climático con la declaración, partiendo de los conocimientos y habilidades que se buscan promover en infancias y juventudes, para identificar y comprender la problemática.

Por ello, en la adaptación realizada para el “Verano Científico TAKATSI”, se amplió el rango de edad, incorporando a juventudes que también pudieran pasar por los procesos de sensibilización. Gracias al apoyo de CONCYTEP, se distribuyeron 4 grupos de 8 a 10 años, 11 a 12 años, 13 a 15 años, y 16 a 17 años. Esto permitió la generación de 4 intervenciones por cada grupo de edad, una por día con duración de una hora, haciendo un total de 16 horas de trabajo, situación que permitió abordar de manera paulatina los contenidos.

En la primera y segunda sesión, se abordaron los gases de efecto invernadero, su origen, efectos, así como la importancia de la capa de ozono. En la

tercera sesión, se explicó el efecto invernadero; y en la cuarta, se discutió al cambio climático, la Declaración y acciones que podrían realizar en su día a día. Las actividades de aprendizaje variaron dependiendo del rango de edad, relacionadas a enfatizar la importancia de la ciencia, tecnología, arte, ingeniería y matemáticas para la solución de los problemas planteados. En la última sesión de cada grupo de edad, les invitó a ser agentes de cambio desde su cotidianidad, siendo heroínas y héroes del planeta.

Se tuvo una participación promedio de 60 asistentes por cada grupo de edad, haciendo un total estimado, de acuerdo a los registros, de 240 infancias y juventudes, en 16 horas de capacitación (cuatro por cada grupo de edad). Los resultados obtenidos fueron entregados a CONCYTEP, mediante fotografías y videos enviados a los correos institucionales. Estos materiales fueron empleados para la cápsula de cierre del “Verano Científico TAKATSI”.

Finalmente, respecto al análisis de inclusión de perspectiva de género con la batería de preguntas propuesta por la Dra. Lilia Tapia Mariscal, de los diez cuestionamientos, ocho se cumplen en el proyecto, relacionados con aspectos como el título y, las personas que conforman el elenco (una mujer y un hombre), Además, el proyecto empleó lenguaje no sexista e inclusivo, pues se hace referencia a mujeres investigadoras y se combaten los estereotipos de género. En consecuencia, se impulsó la participación de mujeres y niñas.

Conclusiones generales

A través de la información expuesta, se ha descrito cada uno de los elementos del *show taller* “Al rescate del Planeta: educación para el cambio climático”. Se explicaron las diversas estructuras que tienen el objetivo de sensibilizar las diversas estructuras para lograr su objetivo de sensibilizar respecto a la protección del ambiente y el clima, mediante las artes escénicas.

Con las adaptaciones realizadas para contextos virtuales, el proyecto mantiene ahora modalidades de presentación que permiten acercarse tanto a zonas vulnerables en la vía presencial, como entornos vía *streaming* sin límites geográficos, además de lograr la ampliación de rango de edad y el tiempo de las intervenciones.

Es importante resaltar que, en cuanto a las presentaciones virtuales llevadas a cabo en el “Verano Científico TAKATSI”, se contribuyó al reconocimiento de la problemática de la crisis ambiental como parte de la vida cotidiana de las infancias y juventudes, resaltando su importante papel como agentes de cambio. Por lo que se sentó un precedente institucional por parte de CONCYTEP para alinearse a los objetivos de la Declaración sobre los Niños, Niñas, Jóvenes y la Acción Climática, al generar espacios que permitieron respetar, promover y considerar los derechos de niñas, niños y juventudes a un medio ambiente sano, así como fortalecer el planteamiento de una cultura climática, en este caso, mediante la divulgación científica.

Dentro de las limitaciones y proyección para futuros avances del proyecto en general, se tiene presente poder diseñar e implementar encuestas sobre la percepción de cambio climático antes y después de cada intervención. Con estos resultados, se podrían desarrollar otras estrategias para dar seguimiento y abordar temas específicos de adaptación, mitigación y resiliencia, con la misma metodología, en periodos de tiempo más prolongados que permitan analizar a un grupo focal. Lo anterior tiene como objetivo mayor detalle la metodología presentada, como parte de una segunda etapa del proyecto.

Cabe señalar la trascendencia de la incorporación de la perspectiva de género en cada parte del proyecto, desde el lenguaje empleado en la presentación hasta la representatividad de las niñas y mujeres en el *show taller*. Para ello, se consulta de manera constante el Manual de comunicación no sexista, hacia un lenguaje incluyente (Guichard, 2015), en donde se resalta que “aprender a nombrar a las mujeres es un acto de justicia, de respeto y reconocimiento pleno de sus derechos de ciudadanía” (p. 134). Otra etapa de prospectiva del proyecto consiste en contemplar posibles adaptaciones para personas con discapacidad.

Derivado de lo anterior, considerando el texto de Del Valle, Valdés, Conde y Zavaleta (2020) titulado “Las organizaciones de la sociedad civil y su papel en la adaptación al cambio climático en México”, se resalta que éstas pueden tener actuaciones relevantes en cuanto a la comunicación accesible del conocimiento, representación en temas de cambio climático de distintos sectores y facilitar el diálogo (entre otros aspectos), lo cual se logra mediante el proyecto “Al rescate del Planeta: educación para el cambio climático”, al propiciar espacios para infancias y juventudes con temas científicos complejos en un formato accesible.

En tal caso, una de las siguientes etapas del proyecto consiste en dinamizar la participación para gestionar espacios con las instituciones responsables de tomar decisiones en cambio climático, de manera que se puedan crear espacios de diálogo donde las infancias y juventudes intervenidas puedan hacer llegar su percepción respecto a cambio climático, así como propuestas para la atención del tema dirigidas a sus grupos de edad.

Finalmente, se plantea que es posible realizar un trabajo transdisciplinario para abordar temas complejos en infancias y juventudes, solo si se cuenta con la intervención de profesionales en cada área del proyecto. En este caso, *Al rescate del Planeta: educación para el cambio climático* fue planteada desde el teatro, con el texto dramático del mismo nombre, por el actor, director, producto y dramaturgo Héctor Alejandro Osorio Romero. Posteriormente, se sumamos personas especialistas, en este caso, en cambio climático y pedagogía, lo cual permitió realizar las adecuaciones pertinentes para la presentación de un espectáculo que tiene como objetivo de sensibilizar y promover una cultura climática.

Referencias

- Aguilar, L. (2021). La igualdad de género ante el cambio climático ¿Qué pueden hacer los mecanismos para el adelanto de las mujeres de América Latina y el Caribe? *serie Asuntos de Género*, 159 (LC/TS.2021/79). Chile: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL)
- Araújo, J. y Chadwick, C. (1988). Tecnología educacional. Teorías de la instrucción. Barcelona. Paidós
- Baquero, R. (1997). Vigotsky y el aprendizaje escolar. Argentina: Aique Grupo Editor S.A.
- Guichard, C. (2015). Manual de comunicación no sexista. Hacia un lenguaje incluyente. Ciudad de México: Instituto Nacional de las Mujeres- INMUJERES.
- INECC. (2019). Impactos del cambio climático en Puebla (infografía). Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo y Agencia Mexicana de Cooperación Internacional para el Desarrollo de la Secretaría de Relaciones Exteriores.
- Del Valle, B.; Valdés, O.; Conde, C. y Zavaleta-Lizárraga, L. (2020). Las organizaciones de la sociedad civil y su papel en la adaptación al cambio climático en México. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*. 25. 1149-1182.

- IPCC. (2013). Glosario [Planton, S. (ed.)]. En: Cambio Climático 2013. Bases físicas. Contribución del Grupo de trabajo I al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex y P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido y Nueva York, NY, Estados Unidos de América. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/08/WGI_AR5_glossary_ES.pdf
- Martín, C. y Navarro, J. (2009). Psicología del desarrollo para docentes. Madrid: Pirámide.
- Piaget, J. (1990). El nacimiento de la inteligencia. Barcelona: Editorial Crítica.
- Naciones Unidas. (2015). La Asamblea General adopta la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. Desarrollo Sostenible. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/2015/09/la-asamblea-general-adopta-la-agenda-2030-para-el-desarrollo-sostenible/>
- Naciones Unidas. (2020). Objetivo 13: Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/climate-change-2/>
- ONU Mujeres. (s. f.). La Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. ONU Mujeres. Recuperado 4 de junio de 2020, de <https://www.unwomen.org/es/what-we-do/post-2015>
- Sánchez-Mora, A. (2010). Introducción a la Comunicación Escrita de la Ciencia. México: Universidad Veracruzana.
- Secretaría de Sustentabilidad Ambiental y Ordenamiento Territorial. (2011). Síntesis de la Estrategia de Mitigación y Adaptación del Estado de Puebla ante el Cambio Climático. <https://cambioclimatico.gob.mx/wp-content/uploads/2018/11/Documento-2-S%3adntesis-de-la-Estrategia-Puebla-2011.pdf>
- Thong, T. (1981). Los estadios del niño en la Psicología Evolutiva: Los sistemas de Piaget. Wallon. Gesell y Freud. Madrid: Pablo del Río.
- UNFCCC. (2021a). ¿Qué es el Acuerdo de París? Obtenido de <https://unfccc.int/es/process-and-meetings/the-paris-agreement/que-es-el-acuerdo-de-paris>
- UNFCCC. (2021b). Contribuciones determinadas a nivel nacional (NDC). Obtenido de <https://unfccc.int/es/process-and-meetings/the-paris-agreement/nationally-determined-contributions-ndcs/contribuciones-determinadas-a-nivel-nacional-ndc>
- UNICEF (2019). COP25: Declaración sobre los Niños, Niñas, Jóvenes y la Acción Climática. Obtenido de <https://www.voicesofyouth.org/es/campa%C3%B1a/cop25-declaracion-sobre-los-ninos-ninas-jovenes-y-la-accion-climatica>
- Urbina, S. (1999). Informática y teorías del aprendizaje. Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación, 12, 87-100.
- Vigotsky, L. (1978). El desarrollo de los procesos psicológicos superiores. Barcelona: Editorial Crítica.

Reseña de la autora

Ingeniera Ambiental por UPAEP, pasante de Máster en Ingeniería Ambiental en la Universidad de Valladolid, España; y Maestría en Ingeniería Ambiental y Desarrollo Sustentable en UPAEP. Coordinadora general de Divulgaciencia México, proyecto transdisciplinario para la divulgación científica mediante las artes escénicas. Mentora en el programa “Mujeres Líderes en STEAM” y vicepresidenta del capítulo “Serendipia” de la U.S.-Mexico Leaders Network. En 2021 fue ganadora del 1er Encuentro Internacional de Monólogos Científicos BIOEST Perú, e Integrante de la Delegación de México en la Cuarta Reunión del Foro de los Países de América Latina y el Caribe sobre el Desarrollo Sostenible, CEPAL.