



Ecociencia International Journal

Ecociencia International Journal
Vol.2 No.3 Julio-Diciembre 2020

DOSSIER

**La sostenibilidad como paradigma:
complejidad, competencias y educación**





Ecociencia International Journal

Ecociencia International Journal
Vol. 2, No. 3, Julio-Diciembre 2020
ISSN: En trámite
<https://doi.org/10.35766/je2023>

ECOCIENCIA INTERNATIONAL JOURNAL, 2 (3),
Julio-Diciembre 2020, es una Publicación semestral editada por Corporación Universitaria
CIFE, S.C (www.cife.edu.mx), Calle Tabachín, 514, Bellavista, 62140, Cuernavaca,
Morelos, México. Tel. (01)777 243 8320.
Sitio Web: www.cife.edu.mx/ecociencia
E-mail: ecociencia@cife.edu.mx

Editor responsable: Dr. Josemanuel Luna-Nemecio.

Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2022-051714010000-102, ISSN: En trámite,
ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última
actualización de este Número, Unidad de Desarrollo Tecnológico de la Corporación
Universitaria CIFE S.C., Calle Tabachín, 514, Bellavista, 62140, Cuernavaca, Morelos,
México., fecha de última modificación: Diciembre 2020

Las opiniones e ideas expresadas por los autores no reflejan la postura del
editor de la publicación ni de Corporación Universitaria CIFE, S.C



EcoScience International Journal

Director Editorial

Josemanuel Luna-Nemecio
Centro Universitario CIFE (México)
josemanuelluna@cife.edu.mx

Comité Editorial

Dra. Lorena Castilla, University of Essex, Reino Unido
Dra. Mariby Boscán, Universidad del Zulia, Venezuela
Dra. Rosa María Varela Garay, Universidad Pablo de Olavide, España.
Dra. Suyai Malen García Gualda, Instituto Patagónico de Estudios en Humanidades y Ciencias Sociales, Argentina.
Dr. Moisés Joel Arcos Guzmán, Universidad Pontificia Bolivariana, Colombia.
Dr. Jesús Antonio Quiñones, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Colombia.
Dr. Antonio Allegretti, St. Augustine University of Tanzania, Tanzania.
Dr. Alex Covarrubias V. ASU: The School of Transborder Studies, College of Liberal Arts and Sciences, Estados Unidos.
Dr. Sergio Tobón, Ekap University, Estados Unidos.
Dr. Voltaire Alvarado Paterson, Universidad Academia de Humanismo Cristiano, Chile.
Dr. Roberto Simbaña, Centro de Investigaciones en Ciencias Sociales y Humanidades desde América Latina, Ecuador.
Dra. Mónica Patricia Toledo González, Universidad Autónoma de Tlaxcala, México
Dra. Haydeé Parra-Acosta, Universidad Autónoma de Chihuahua, México
Dr. Gonzalo Javier Flores Mondragón, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
Dr. Alexandro Escudero, Universidad Autónoma de Querétaro, México.
Dr. Naú Silverio Niño-Gutiérrez, Universidad Autónoma de Guerrero, México.
Dr. Arturo Barraza Macías, Universidad Pedagógica de Durango.

INDEXACIONES

Ecoscience. International Journal está indexada, clasificada y catalogada en las siguientes bases de datos:

Latam Studies
Google Académico
Crossref



SUMARIO / CONTENTS

DOSSIER: LA SOSTENIBILIDAD COMO PARADIGMA: COMPLEJIDAD, COMPETENCIAS Y EDUCACIÓN

Sustentabilidad y COVID-19:

Retos para la investigación en la era postpandémica

*Sustainability and COVID-19: Challenges for research
in the post-pandemic era*

JOSEMANUEL LUNA-NEMECIO

5-13

Nuevos Paradigmas Educativos, Económicos y Sociales para la Sostenibilidad

New Educational, Economic and Social Paradigms for Sustainability

DANY VAZQUEZ-AYALA

14-21

Desarrollo social sostenible y complejidad como ejes de la educación ambiental

*Sustainable social development and
complexity as axes of environmental education*

BERENICE LUNA-CONEJO

22-29

Competencias investigativas desde el enfoque socioformativo y el desarrollo social sostenible

*Investigative Competences from the Socio-formative Approach and
Sustainable Social Development*

ALICIA AGROMELIS ALIAGA-PACORA

30-37

Macrófitas acuáticas, plantas terrestres y su importancia en el control de los florecimientos de cianobacterias. Una revisión documental.

*Aquatic macrophytes, land plants and their importance in controlling
cyanobacterial blooms. A documentary review*

RENÉ SOLANO-JIMÉNEZ

38-53

Etnofarmacología, riqueza terapéutica de México para el desarrollo social sostenible

*Ethnopharmacology, Mexico's therapeutic prolificacy
for the sustainable social development*

CLAUDIA DORADO-MARTÍNEZ

54-66



Sustentabilidad y COVID-19: Retos para la investigación en la era pospandémica



Josemanuel Luna-Nemecio

Corporación Universitaria CIFE S.C., México;
josemanuelluna@cife.edu.mx

Resumen: El presente artículo guarda un doble propósito. En primer lugar, ofrece una reflexión académica que, en términos panorámicos, busca presentar la serie de retos que plantea la crisis sanitaria del COVID-19 para poder avanzar hacia un desarrollo social basado en la sustentabilidad; en segundo lugar, se presentan los artículos que conforman el tercer número de la revista *Ecociencia International Journal*, y que conforman el contenido argumental del dossier: "La sostenibilidad como paradigma: complejidad, competencias y educación". La argumentación desarrollada en esta introducción del dossier, busca invitar a la reflexión académica sobre futuras líneas de investigación para pensar el desarrollo social sostenible en la pospandemia, en tanto que la "nueva normalidad" que se avecina debe plantearse indiscutible necesidad de construir una sociedad basada en la sustentabilidad y la resiliencia como característica principal de la reproducción social.

Palabras clave: COVID-19; investigación social; medioambiente; sustentabilidad

Title: Sustainability and COVID-19: Challenges for research in the pospandemic era

Abstract: This paper has a dual purpose. Firstly, it offers an academic reflection that, in panoramic terms, seeks to present the series of challenges posed by the COVID-19 health crisis to move towards social development based on sustainability; secondly, the articles that make up the third number of the *Ecociencia International Journal* are presented, and which make up the some content of the dossier: "Sustainability as a paradigm: complexity, competences and education". The argumentation developed in this introduction to the dossier seeks to invite academic reflection on future lines of research to think about sustainable social development in the post-pandemic, while the looming "new normal" must pose the indisputable need to build a society based on in sustainability and resilience as the main characteristic of social reproduction.

Keywords: COVID-19; environment; social investigation; sustainability

Introducción

A la hora de lanzar una mirada panorámica sobre los últimos acontecimientos de la segunda década del siglo XXI, es evidente que estamos ante un tiempo histórico de muchos cambios y grandes incertidumbres. Desde los primeros meses del 2020 la humanidad se ha visto inmersa en una crisis sanitaria como resultado de la pandemia del COVID-19 (Liu, Kuo, & Shih, 2020), enfermedad causada por el nuevo coronavirus SARS-CoV-2, la cual ha generado una serie de impactos en el funcionamiento de la vida cotidiana de la sociedad. Se han implementado diversas estrategias para tratar de mitigar el número de contagios de esta enfermedad, teniendo como común denominador el aislamiento en los hogares como medida preventiva (Mesa et al., 2020), así como el uso de mascarillas y la higiene personal como acciones que buscan reducir los casos confirmados de dicha enfermedad.

La pandemia ha reactualizado e, incluso, complejizado diversos problemas que la sociedad había venido cargando desde las últimas décadas. La pobreza, el desempleo, la inequidad de género, la violencia doméstica, la crisis de la salud y de las instituciones son algunas de las problemáticas de índole social que se han exacerbado a raíz de la emergencia sanitaria causada por el COVID-19 (Serrano-Cumplido et al., 2020). Por otro lado, la crisis ambiental caracterizada por la superación de las fronteras planetarias, también ha tomado una nueva complejidad conforme la patogénesis postulada de la infección causada por el nuevo coronavirus SARS-CoV-2 se ha mundializado hasta infectar a más de 13 millones de personas y causar más de medio millón de muertes en el mundo (Álvarez, 2020), sobre todo, porque se ha evidenciado el gran riesgo que representa la reconfiguración urbana del territorio para el equilibrio ecosistémico, pues la tala inmoderada de árboles, la desregulación en el cambio de uso de suelo y la correlativa pérdida de la biodiversidad han representado factores que promueven la zoonosis (Reina, 2020), con lo cual la recombinación y transgénesis viral se vuelve un factor de alto riesgo en referencia a la historia epidemiológica de la humanidad.

La crisis sanitaria derivada del COVID-19 ha mostrado que la sociedad se encuentra inmersa en un colapso civilizatorio latente, pues la totalidad de los determinantes técnicos, naturales y procreativos necesarios para poder vivir, se han puesto en riesgo como resultado de los procesos de industrialización y urbanización voraz de los territorios, al mismo tiempo que la propia reproducción de la humanidad se ha visto impactada por la generación de pandemias como la obesidad, el cáncer y las enfermedades coronarias y crónico degenerativas que, para el caso del COVID-19, representan comorbilidades que ha contribuido a incrementar el número de defunciones (Martos et al, 2020).

Ante tales incertidumbres y riesgos derivados en términos inmediatos y mediatos de la actual pandemia del COVID-19, es que ha resultado necesario replantear cada una de las dimensiones que otrora había caracterizado la forma en cómo la sociedad impulsaba sus procesos productivos y de consumo, lo cual pasa necesariamente por llevar a cabo una crítica profunda de la ciencia y de la técnica que caracteriza la actual forma de desarrollo de las fuerzas productivas (Haro, 2018). Desde que el positivismo impulsara la necesidad de pensar a la sociedad en términos científicos, la ciencia como tal se ha vuelto el horizonte a partir del cual se han emprendido diversos procesos de comprensión de la realidad; sin embargo, dado el carácter de clase específicamente burgués del positivismo, muy pronto torció dicho compromiso con la verdad para terminar ocultándola e, incluso, negándola a pesar de las pruebas objetivas y materiales de su existencia; de allí que la ciencia al servicio de la humanidad y de la conquista histórica de su libertad, terminó por convertirse en una ciencia al servicio de los intereses crematísticos del capital.

Por tal motivo, la tecnología como aplicación de la ciencia, terminó también por tener un sentido en favor de los procesos de explotación y realización del plusvalor explotado a la clase proletaria. Esta ciencia y tecnología capitalista que ha existido desde el largo siglo XVI hasta nuestros días, en las últimas tres décadas de neoliberalismo tomó un talante específicamente nocivo (Lander,

2005) como parte de lo que Veraza (2008) ha conceptualizado como la subsunción real del consumo, en tanto que esta es la forma histórica que ha tomado la complejización de la subsunción real del proceso de trabajo inmediato por el capital. La ciencia y tecnología capitalista de corte nocivo es, precisamente, el patrón tecnocientífico que ha mostrado su caducidad histórica en el contexto de la actual pandemia del COVID-19. Sin salirse de la lógica capitalista de explotación de plusvalor, de mercantilización de la vida y de garantizar la existencia de mecanismos que apuntalen la acumulación global de capital, la ciencia actual ha de buscar replantear varios de sus paradigmas, epistemologías y metodologías para poder, por un lado, afrontar la serie de retos que la coyuntura de la crisis pandémica ha puesto sobre la mesa; y, por otro lado, para poder ofrecer respuestas y soluciones a la serie de problemas de índole económica, ambiental y social que se deriven de la emergencia sanitaria.

Es bajo dicho contexto que la investigación en general en tiempos de COVID-19 ha de replantear la forma en como se pretende abordar la realidad. Pero, sobretodo, se han de replantear los marcos epistemológicos, teórico conceptuales, metodológicos e instrumentales a partir de los cuales se busquen generar estrategias y mecanismos de solución a los problemas sociales y ambientales que existían con anterioridad a la emergencia histórica de la actual pandemia. Es por ello que el presente artículo, bajo la forma de presentación del Dossier “La sostenibilidad como paradigma: complejidad, competencias y educación”, tiene precisamente el objetivo de abordar la serie de efectos que el COVID-19 ha generado respecto al desarrollo social sostenible, lo cual servirá como un referente para futuras investigaciones que busquen desarrollar estudios para el abordaje y solución particular a cada una de las problemáticas que hoy día vuelven más complicado cumplir con la meta de lograr un desarrollo sostenible en los tiempos y con los mecanismos propuestos por la Agenda 2030.

A tal efecto, el presente artículo se propone dos metas particulares, a saber: 1) exponer en términos generales y teórico conceptuales la serie de problemas y retos que la pandemia del COVID-19 ha planteado para el desarrollo sostenible; y 2) presentar los artículos que conforman el número 3 de la revista *Ecociencia International Journal* para que el lector pueda tener una mirada panorámica de cada uno de los trabajos que conforman esta edición que busca sumarse a la serie de trabajos académicos que se han puesto como objetivo pensar la sociedad a partir de los cambios y transformaciones que ha traído el COVID-19 y que, seguramente, representarán un factor disruptivo para la investigación científica en general y para los estudios de la sostenibilidad en la era pospandémica.

Desarrollo

En el año de 2015 la Organización de las Naciones Unidas propuso los Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS) que tenían el objetivo de alcanzar un futuro basado en el equilibrio entre las dimensiones económicas, ambientales y humanas del desarrollo social, para lo cual se proponían terminar con la pobreza y atender las necesidades para el fomento de la educación, la producción social y del ambiente y establecer estrategias para la promoción y cuidado de la salud; así como medidas para la mitigación y adaptabilidad al cambio climático (Popescu, Davidescu, & Huidumac, 2018).

La elaboración de los ODS se basó en los fallidos Objetivos del Milenio para generar el consenso internacional para cuidar el ambiente y promover el desarrollo humano. Y aunque no hay claridad en la lógica estructural de cómo fueron planteados los ODS, más allá de la secuencia numérica con la que son presentados, es importante reconocer que estos intentan abordar —desde lo insitucional y el *stablissement* de un ecologismo *mainstream*— los desafíos que la sociedad debe de afrontar para garantizar que la humanidad pueda contar en un futuro con los requesimientos neesarios para sobrevivir (Bauer, Arnold, & Fremer, 2018)

Los 17 ODS se encuentran clasificados en 169 indicadores que buscan ofrecer una perspectiva general sobre las determinaciones económicas, sociales y ambientales relacionadas con la sostenibilidad (Guilarró & Poyatos, 2018). Los ODS representan un intento por avanzar en la configuración de una agenda global para promover un crecimiento económico que no impacte negativamente sobre el ambiente y que promueva el desarrollo social (Cummings et al., 2017), sino que impulsen, precisamente, la sostenibilidad con una serie de objetivos de carácter global que, incluso, buscan distanciarse —aunque sin lograrlo— del propio paradigma Brundtland (Sonetti, Brown, & Naboni, 2019).

Desde 2015 a 2020 se ha tenido poco avance en lograr resultados concretos en cada uno de los ODS, no sólo por una cuestión de temporalidad sino por la falta de coherencia y sincronía relacional con la cual deben implementarse las medidas propuestas por la ONU; además de no considerar la diferencia presupuestaria, muchas veces deficitaria, con la que cuentan las economías en desarrollo —como las Latinoamericanas— para impulsar procesos de transición y transformación de sus marcos de desarrollo hacia horizontes más sostenibles. A estas deficiencias de los ODS, se le han de sumar la poca importancia que se le ha prestado a la producción de conocimiento para lograr la sostenibilidad (Sharma, 2018), por lo que, según Cochrane, Sauer y Aswani (2019) también ha sido evidente la falta de investigaciones transdisciplinarias basadas en el pensamiento complejo y la teoría crítica que aborden cada uno de los fenómenos socioambientales en situaciones concretas, a pesar de ser cada vez más necesario que existan aportes científicos integrales que promuevan, guíen y evalúen el desarrollo social sostenible.

Dificultades para alcanzar la sustentabilidad ante la pandemia del COVID-19

Si bien es cierto que los ODS han sido asumidos por la mayor parte de economías del mundo (Cordeiro, Kay, & Uhlenbrook, 2018), muchas veces su concreción ha quedado en la simple simulación. Lo cual se ha visto patentado por la emergencia histórica del COVID-19 y por la serie de vulnerabilidades socioambientales y asimetrías socioeconómicas que ésta ha configurado (Luna-Nemecio, 2020). Por ejemplo, el primero de los ODS se enfoca a procurar el fin de la pobreza; tarea que no hasta antes del 2020 no había logrado considerar dado el carácter estructural que ésta tiene precisamente en la sociedad capitalista dada la propia lógica legaliforme de la acumulación de capital; sin embargo, con la emergencia histórica del nuevo coronavirus SARS-CoV-2 y de la serie de medidas basadas en el confinamiento seguido por la mayor partes de naciones, el combate a la pobreza se ha vuelto una meta cada vez más difícil de alcanzar dado el incremento en las tasas de desempleo que, como efecto de las recomendaciones de confinamiento —como la del #Quedateencasa y la Jornada Nacional de Sana Distancia promovidas por el gobierno mexicano—, trajo consigo la disminución o pérdida de ingresos para las familias, creando una serie de escenarios de vulnerabilidad para cada uno de sus integrantes, sobre todo, en aquellas que se encuentran hoy día sobreviviendo en contextos de pobreza extrema.

Los problemas por los que atraviesa ahora la posibilidad concreta de alcanzar la sostenibilidad dentro de los límites históricos del capitalismo, también se plantean en referencia a las estrategias empleadas para procurar la disminución del hambre (Méndez, 2020). El marco de propuestas del desarrollo sostenible tenía la limitante de sólo pensar la crisis alimentaria en términos de escasez, procurando que más personas en el mundo pudieran tener algo que comer; sin embargo no lograban pensar el problema que representa el consumo de alimentos procesados y quimicalizados que promueve la destrucción del sistema inmunológico y la correlativa generación de enfermedades como

la obesidad, cáncer, diabetes, hipertensión, las cuales han sido identificadas como comorbilidades que complican el cuadro clínico causado por la patogénesis postulada del coronavirus SARS-CoV-2. Además, ante el COVID-19, el cumplimiento de esta dimensión del desarrollo sostenible se ha visto complicado por la interrupción o enlentecimiento de los procesos de producción y distribución de alimentos que ha traído consigo el cierre de empresas o de canales de distribución así como la disminución de la fuerza de trabajo que laboraba en éstas para atender la demanda de alimentos.

La forma convencional cómo es entendido el desarrollo sostenible toma como una de sus metas el promover la salud y el bienestar de la población (Becerra-Posada, 2015), para lo cual se busca ampliar el acceso a estos servicios pero sin especificar la necesidad de que sean de carácter público y de atención global, además de no considerar los diversos saberes locales de cuidado y promoción de la salud que estén fuera del modelo médico hegemónico. La pandemia del COVID-19 no sólo evidenció la destrucción de los sistemas públicos de salud que produjera el neoliberalismo tras 35 años de estar operando como política de acumulación de capital, pues al despuntar la epidemia, fue claro que no se contaba con el número de camas, respiradores y de material médico para atender a los enfermos por COVID-19, así como para proteger a los médicos y demás personal que ayudaba a la atención clínico hospitalaria de las personas.

Una dimensión del desarrollo sostenible que también se ha complicado cumplir gracias a la emergencia sanitaria causada por el COVID-19, es la búsqueda de una educación de calidad (Luna-Nemecio, 2019); empero, dicho planteamiento había sido asumido dentro de los límites de las pedagogías convencionales y de la educación escolarizada, sin considerar la importancia que tienen otras corrientes y espacios de enseñanza-aprendizaje. Ahora bien, tras la pandemia del COVID-19 se han complejizado los retos que tiene impulsar una educación para y desde la sostenibilidad. Las medidas de confinamiento han obligado a adoptar a las Tecnologías de la Investigación, Comunicación, Conocimiento y Aprendizaje Digital (TICCAD) como medio para cumplir con los planes y programas de estudio, lo cual ha representado una serie de limitaciones y retos en referencia a la falta de acceso a este tipo de tecnologías, la ausencia de habilidades para su uso y la falta de motivación para que docentes y alumnos adopten una actitud positiva y proactiva en medio de la incertidumbre que el COVID-19 ha creado en torno al futuro de la educación.

Alcanzar la sostenibilidad como meta de la humanidad toca necesariamente la tarea de promover la igualdad de género (Ricardi, 2004). La manera como esta formulación era planteada antes de la pandemia actual encontraba ya una serie de contradicciones, por ejemplo, la confusión entre la igualdad y la equidad como principio que ha de mediar toda interacción social; o la reducción del género a un problema binario entre lo masculino y femenino al promover una mayor participación y visibilización de las mujeres en las actividades productivas de la sociedad pero que no considera la diversidad de expresiones de género. Ahora bien, en tiempos del COVID-19 la búsqueda de la equidad entre los géneros que debería caracterizar el horizonte de la sostenibilidad, se ha visto complicada por un aumento de la violencia que se ha vivido al interior de los espacios domésticos y la sobrecarga de trabajo no remunerado para la gestión de la vida cotidiana ante el confinamiento derivado de las estrategias para reducir la curva epidemiológica de la pandemia. Además, un problema adicional que se ha evidenciado en la actual coyuntura es la falta de acceso a los servicios médicos por parte de los miembros de la comunidad LGTBIQ+ quienes han tenido que vivir eventos discriminatorios que violentan sus derechos humanos.

El desarrollo capitalista conforme a los lineamientos y estándares de la sustentabilidad debe considerar el acceso al agua limpia y saneamiento (Villena, 2018). Sin embargo, el avance de la crisis hídrica producida por los procesos de urbanización e industrialización de los territorios antes de la

trasgénesis viral del SARS-CoV-2, ya representaba una serie de limitantes para alcanzar dicho horizonte, lo mismo que los efectos derivados del cambio climático y de la propia gestión integral del agua que promovía la privatización y no regulación del cuidado ambiental de la misma. Sin embargo, el COVID-19 ha tenido un efecto que pone en cuestión la posibilidad real de poder alcanzar el desarrollo sostenible; pues, por un lado, se ha incrementado el consumo público urbano para poder implementar las medidas de desinfección y aseo que se requieren para poder sanitizar los espacios y para mantener la higiene personal como forma de prevenir el contagio de dicha enfermedad. Además, la actual crisis sanitaria ha evidenciado que no se ha logrado cumplir con la meta de asegurar un mayor acceso de los recursos hídricos para la población, pues son los sectores más vulnerables quienes no cuentan hoy día con el agua en la cantidad y calidad necesarias para poder abastecer sus necesidades de consumo cotidiana, así como las propias medidas de desinfección recomendadas para detener el proceso de patogénesis postulada del nuevo coronavirus SARS-CoV-2.

Por lo anterior, podemos ver como en cada una de las dimensiones recién abordadas e, incluso, en todas las áreas de oportunidad que representan cada uno de los 17 ODS, se tiene que ofrecer un estudio pormenorizado para conocer el grado de complicación que ha originado el COVID-19. Del mismo modo, este diagnóstico particular debe de buscar redefinir la agenda política en torno al desarrollo sostenible, de forma que en las siguientes reuniones de carácter internacional se debe dejar a un lado la sustentabilidad de corte burocratizado y se ha de impulsar una urgente redefinición tanto de los ODS, así como de la serie de políticas públicas que emanen de estos para poder replantear los mecanismos que permitirían volver a reconducir el desarrollo histórico de la humanidad, dentro de los límites históricos del capitalismo, hacia un futuro sustentable.

Acerca del Dossier

El número 3 de la revista *Ecociencia International Journal* pudo reunir importantes investigaciones de expertos que han tomado como eje central de sus estudios el tema del desarrollo sostenible. El abordaje de dicha temática se hace desde una perspectiva transdisciplinaria y compleja que, sin lugar a dudas, enriquecerá la ya de por sí basta literatura académica publicada acerca de la sustentabilidad; sin embargo, dado el talante crítico con el que varias de las investigaciones que a continuación el lector encontrará, se posibilita el poder avanzar más allá del *mainstream* académico que hegemoniza hoy en día los estudios sobre la sostenibilidad.

El dossier titulado “La sostenibilidad como paradigma: complejidad, competencias y educación” está compuesto por cinco artículos de investigación a los que se le suma la argumentación expuesta líneas arriba a manera de presentación. El primer artículo del dossier corresponde al trabajo académico de Dany Vázquez-Ayala en el que presenta un análisis sobre la necesidad de conciencia respecto a los paradigmas sociales actuales y la urgente necesidad de reflexionar sobre nuevos esquemas de pensamiento asociados a los retos y desafíos que representan para la humanidad en el marco del desarrollo social sostenible.

En un sentido similar, el artículo de Berenice Luna-Conejo, presenta un análisis y revisión documental en el que aborda la relación entre complejidad y desarrollo social sostenible como ejes y su impacto en la educación ambiental. Su contribución permite plantear el problema acerca del deterioro ambiental que caracteriza la devastación del planeta por medio del cambio climático, el cual pone en riesgo a la humanidad, por lo cual cobra importancia una transformación en la forma de pensar de las personas.

El tercer artículo de este dossier está escrito por Alicia Agromelis Aliaga-Pacora, en el cual se

presenta un estudio documental acerca la construcción de competencias investigativas desde el enfoque socioformativo y el desarrollo social sostenible; el argumento general propone que las competencias investigativas, se construyen en el proceso de formación profesional, con planes y programas curriculares innovadores, acordes a las exigencias de la sociedad y la formación integral de la persona a través de la puesta en marcha de un proyecto ético de vida, la gestión de proyectos, el trabajo colaborativo, el emprendimiento y el uso de las tecnologías de la información y comunicación involucrando a toda la comunidad universitaria en actividades multidisciplinarias, lo que permitirá enmarcarse hacia un desarrollo social sostenible.

En cuarto lugar, fortaleciendo el enfoque transdisciplinario que debe caracterizar a los estudios de sostenibilidad, se encuentra el artículo de René Solano Jiménez, en el cual se ofrece un estudio de corte documental de corte cuantitativo en el que se presentan el número de las plantas acuáticas y terrestres reportadas para control de estos florecimientos y las metodologías que se utilizan para determinar la actividad alelopática, con el objetivo de proporcionar a los investigadores un panorama general de los avances realizados en la última década sobre dicha temática.

El argumento general en torno a la sostenibilidad como paradigma basado en la complejidad, competencias y educación, concluye con el artículo de Claudia Dorado Martínez, en el que plantea un estudio sobre el concepto de Etnofarmacología en México que permite determinar que las investigaciones sobre plantas medicinales y Etnofarmacología tienen una larga y fecunda historia en México y un sorprendente aumento en publicaciones sobre el tema, por lo que terminan por ser un referente obligado a tomar en consideración para poder plantear futuras investigaciones en torno al desarrollo social sostenible.

Conclusiones

La emergencia histórica de la pandemia del COVID-19 ha puesto sobre la mesa la necesidad de replantear el desarrollo de las reflexiones e investigaciones en torno al desarrollo sostenible. Los cambios derivados de un contexto tan vertiginoso e incierto como el actual, obliga a redefinir la agenda académica y política sobre los elementos que se han de considerar dentro de las políticas públicas y discusiones internacionales que busquen plantear las metas para lograr el arribo a la sostenibilidad como marco general del desarrollo social.

Bajo este contexto, el dossier que compone el número 3 de la revista *Ecociencia International Journal*, busca posicionarse desde lo académico ante la imperante necesidad de replantear y complejizar los estudios sobre la sustentabilidad en tiempos de COVID-19 y, sobre todo, presentar estudios que posibiliten pensar futuras líneas de investigación para pensar el desarrollo social sostenible en la pospandemia, una vez que el llamado a la “nueva normalidad” debe plantearse la imperante necesidad de construir un tipo de sociedad basada en la sustentabilidad y la resiliencia como características de las formas de producción y consumo.

Referencias

- Álvarez, A. C. (2020). La Historia del COVID 19 en tiempos del Coronavirus. Un ensayo inconcluso. *Pasado Abierto*, 6(11), 215-235. <https://bit.ly/2ZXa9Uz>
- Bauer, D., Arnold, J., & Kremer, K. (2018). Consumption-Intention Formation in Education for Sustainable Development: An Adapted Model Based on the Theory of Planned Behavior. *Sustainability*, 10(10), 3455. <http://dx.doi.org/10.3390/su10103455>

- Becerra-Posada, F. (2015). Equidad en salud: mandato esencial para el desarrollo sostenible. *Revista Panamericana de Salud Pública*, 38, 01-04. <https://www.scielo.org/article/rpsp/2015.v38n1/01-04/es/>
- Cochrane KL, Sauer WHH, Aswani S. (2019). Science in the service of society: Is marine and coastal science addressing South Africa's needs? *Science in the service of society*, 115(1/2), <https://doi.org/10.17159/sajs.2019/4418>
- Cordeiro, A.; Kay, M., & Uhlenbrook, S. (2018). A review of the SDG 6 Synthesis Report 2018 from an Education, Training and Research Perspective. *Water*, 10(10), 1353. <http://dx.doi.org/10.3390/w10101353>
- Cummings, S., Regeer, B., de Haan, L., Zweekhorst, M., Bunders, J. (2017). Critical discourse analysis of perspectives on knowledge and the knowledge society within the Sustainable Development Goal. *Development Policy Review*, (36), 727-742. <https://doi.org/10.1111/dpr.12296>
- Guijarro, F., & Poyatos, J. (2018). Designing a Sustainable Development Goal Index through a Goal Programming Model: The Case of EU-28 Countries. *Sustainability*, 10(9), 3167. <http://dx.doi.org/10.3390/su10093167>
- Haro, E. P. (2018). Conversación con Jorge Veraza y Andrés Barreda por los 200 años de Carlos Marx. *El Cotidiano*, 34(210), 53-62. <https://bit.ly/2ZWPLmj>
- Lander, E. (2005). La ciencia neoliberal. *Revista Venezolana de Economía y Ciencias Sociales*, 11(2), 35-69. <https://www.redalyc.org/pdf/177/17711209.pdf>
- Liu, Y. C., Kuo, R. L., & Shih, S. R. (2020). COVID-19: The first documented coronavirus pandemic in history. *Biomedical journal*. <https://doi.org/10.1016/j.bj.2020.04.007>
- Luna-Nemecio, J. (2019). La Importancia de la Educación para lograr el Desarrollo Social Sostenible.[The Importance of Education to achieve Sustainable Social Development]. *Ecociencia International Journal*, 1(1), 6-11. <https://doi.org/10.35766/je19111>
- Luna-Nemecio, J. (2020). Determinaciones socioambientales del COVID-19 y vulnerabilidad económica, espacial y sanitario-institucional. *Revista de Ciencias Sociales*, 26(2), 21-26. <http://dx.doi.org/10.31876/rcs.v26i2.32419>
- Martos, F., Luquem J., Jiménez, N., Mora, E., Ascencio, C., García, J.M., Navarro, F., & Núñez, M.V. (2020). Comorbilidad y factores pronósticos al ingreso en una cohorte COVID-19 de un hospital general. *Revista Clínica Española*. <https://doi.org/10.1016/j.rce.2020.05.017>
- Méndez, Y. E. R. (2020). Los objetivos de desarrollo sostenible, una estrategia para evitar la desnutrición materna. *Revista Ciencia Multidisciplinaria CUNORI*, 4(1), 29-42. <https://doi.org/10.36314/cunori.v4i1.107>
- Mesa, V., Franco, O., Gómez, C., & Abel, T. (2020). COVID-19: The forgotten priorities of the pandemic. *Maturitas*, 136, 38-41. <https://doi.org/10.1016/j.maturitas.2020.04.004>
- Popescu, G., Davidescu, A., & Huidumac, C. (2018). Researching the Main Causes of the Romanian Shadow Economy at the Micro and Macro Levels: Implications for Sustainable Development. *Sustainability*, 10(10), 3518. <http://dx.doi.org/10.3390/su10103518>
- Reina, J. (2020). El SARS-CoV-2, una nueva zoonosis pandémica que amenaza al mundo. *Vacunas*, 21(1), 17-22. <https://doi.org/10.1016/j.vacun.2020.03.001>
- Ricaldi, T. (2004). La equidad de género en las políticas de desarrollo: un desafío para la sustentabilidad. *Polis. Revista Latinoamericana*, (9). <https://journals.openedition.org/polis/7258>

- Serrano-Cumplido, A., Ortega, P. A. E., García, A. R., Quintana, V. O., Fragoso, A. S., Garcia, A. B., & Bayón, Á. M. (2020). COVID-19. La historia se repite y seguimos tropezando con la misma piedra. *Medicina de Familia. Medicina de Familia SEMERGEN*. <https://doi.org/10.1016/j.semerg.2020.06.008>
- Sharma, R. (2018). Revisiting the Knowledge Gini Coefficient: Digital Literacies and Sustainable Development. *It. Professional*, 20, 91-95. <https://doi.org/10.1109/MITP.2018.053891343>
- Sonetti, G.; Brown, M. & Naboni, E. (2019). About the Triggering of UN Sustainable Development Goals and Regenerative Sustainability in Higher Education. *Sustainability*, 11(1), 254. <https://doi.org/10.3390/su11010254>
- Veraza, J. (2008). *Subsunción real del consumo bajo el capital*. Itaca.
- Villena, J. A. (2018). Calidad del agua y desarrollo sostenible. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 35, 304-308. <https://www.scielosp.org/article/rpmesp/2018.v35n2/304-308/es/>



Nuevos paradigmas educativos, económicos y sociales para la sostenibilidad



Dany Vazquez-Ayala

Universidad Continente Americano. México;
vazquezacam@hotmail.com

Resumen: El presente artículo refiere un análisis sobre la necesidad de conciencia respecto a los paradigmas sociales vigentes, la urgencia de reflexionar sobre nuevos esquemas de pensamiento, asociados a los retos y desafíos que representan para la humanidad. Revisar dichos desafíos desde la perspectiva educativa, económica y social, y la manera en que estos elementos mantienen una estrecha relación entre las formas de actuar, producir y ser en sociedad. En el mismo, se abordan aspectos que intervienen desde una índole contextual y la necesidad de buscar desde la educación, economía y comunidad esquemas sostenibles de vida y concordancia con las necesidades de nuestro entorno.

Palabras clave: *educación; economía; retos sociales; sostenibilidad*

Title: New Educational, Economic and Social Paradigms for Sustainability

Abstract: This article refers to an analysis of the need for awareness regarding current social paradigms, the urgency of reflecting on new thought patterns, associated with the challenges they represent for humanity. Review these challenges from the educational, economic and social perspective, and the way in which these elements maintain a close relationship between the ways of acting, producing and being in society. In it, aspects that intervene from a contextual nature are addressed and the need to search from education, economy and community for sustainable schemes of life and concordance with the needs of our environment.

Keywords: *education; economy; social challenges; sustainability*

Introducción

La evolución de las sociedades como hasta ahora las hemos conocido, o de alguna manera, la forma en las que nos han obligado directa o indirectamente a conocerlas y actuar, encontrándose al borde de una debacle; esto derivado por las formas de consumo, la explotación excesiva de recursos naturales y como consecuencia el marcado deterioro ambiental de nuestro planeta (Arias, 2016; Luna-Nemecio, 2020). Históricamente, el ser humano ha transitado por diversos periodos de cambios y transformaciones sociales; cada uno de estos, han contribuido moldeando al tipo de sujeto que hoy conocemos, pero es importante no perder de vista, que es el sistema mismo quien inhibe o dota de la esencia misma al sujeto, muchas veces reduciendo a este desde la concepción de un objeto; la objetivación del sujeto (Gil, 2018) es moldeada por el contexto sociocultural en el que particularmente los sistemas productivos, económicos, educativos y sociales, han jugado un papel importante —pues son quienes han erigido las bases actuales de muchas políticas públicas y educativas que le dan identidad al sujeto dentro de un contexto social; de la misma manera— han moldeado nuestros esquemas de pensamiento, rigen nuestras propias concepciones y peor aún, nos brindan una cosmovisión de un planeta cuyos recursos parecieran infinitos.

Rodriguez (2017), identifica a un sujeto conformado integralmente desde tres perspectivas: ambiental, social y mental; el primer concepto, está definido completamente por la omnipresencia de lo que significa para el ser humano, pues es claro que nuestro cuerpo en su condición humana, requiere del medio ambiente para subsistir, por lo tanto es necesario favorecer una conciencia interdependiente con la naturaleza y su relación con los demás; la segunda perspectiva, expresa nuestra condición social, desde que nacemos requerimos del cuidado de nuestros padres, y al crecer, lo hacemos dentro del seno familiar, posteriormente nos incorporamos a la vida en sociedad, estas serían las primeras bases de interrelación que establecemos como humanos y que a la par atienden el tercer aspecto que es lo mental, es desde esta interacción social que desarrollamos normas y concepciones, las cuales nos brinda una cosmovisión del mundo, es decir, dichas interacciones sociales, definen nuestros pensamientos y concepciones. Al objetivar al sujeto desde un solo enfoque, se separa la visión integral y el sentido de lo humano, lo que genera una desarticulación entre los tres aspectos anteriormente mencionados reduciendo la complejidad humana a una simple existencia (Martinez, 2009). La sociedad por décadas, desde la visión capitalista, ha trabajado, desarrollando una educación bancaria enfocada en el consumo de bienes y servicios (Pereyra, 2015), muchas veces innecesarios, pero que socialmente hacen personas con sentidos de pertenencia a dichos modelos sociales. Determinada postura, aleja a los individuos de una comunión necesaria con el ambiente, al ser seres planetarios, requerimos de este mundo como nuestro propio ecosistema, necesario para sobrevivir (Tobón, 2013). Las alteraciones al mismo pueden poner en riesgo nuestra propia subsistencia, una prueba de ello es el coronavirus COVID-19 (Trilla, 2020), el cual ha hecho visible diversos problemas que por años se viene manifestando en nuestro mundo; la crisis climática (Luna-Nemecio, 2019a) y de la salud de la humanidad (Luna-Nemecio, 2019b), son dos ejemplos de diversas situaciones que hasta hoy no hemos sido capaces de concientizar y mucho menos de metabolizar. Ante tales retos, es imprescindible buscar formas alternativas de producción, educación y de coexistencia social, respetando todas las formas de vida existentes y buscando sostenibilidad social (Gómez & Gómez-Álvarez, 2016).

Los problemas actuales del contexto, evolucionan conforme existen avances en el desarrollo de la ciencia y la tecnología, se trata de problemas abiertos, complejos y controvertidos (España & Prieto, 2009), los cuales requieren de una multiplicidad de elementos, ideas o conceptos, sin que estos contribuyan en la obtención de una idea específica cualquiera que sea la solución dada o posturas que se fijen sobre estos, siempre estarán sujetos a un debate o nuevas argumentaciones; estos se incrementarán con el desarrollo científico y tecnológico. (Tobón, 2010). Las metas del presente

estudio se centran en: 1) exponer un análisis de las relaciones humanas actuales desde la perspectiva económica, educativa y social, 2) contrastar dichas relaciones humanas derivado de estas perspectivas, con los principios socioformativos que permitan orientar la necesidad de reflexionar sobre nuevos esquemas de pensamiento asociados a los retos y desafíos que presentan las sociedades actuales.

Desarrollo

La humanidad ha enfrentado históricamente diversas situaciones y acontecimientos que han significado retos y desafíos para coexistir en un mundo diverso, cambiante, y cada vez más complejo (Taeli Gómez, 2018), son las formas y modos de producción (Giavedoni, 2015) sustentados a través del poder y el enfoque económico, las que de alguna manera han direccionado el rumbo global que actualmente prevalece en las sociedades, y que generan una serie de condiciones y desafíos donde comúnmente se gestan diferencias entre los miembros de la sociedad misma, limitando así sus propias capacidades (Rodríguez, Caamal, & Priego, 2016).

Si bien el modelo definido por la sociedad de la información, ha permitido el desarrollo de la ciencia y la tecnología en gran escala, así como el desarrollo de sociedades modernas, es importante señalar que también han generado brechas de desigualdad económica y social entre la población mundial. Un 85% de la población mundial que vive en pobreza extrema, no tiene acceso a sistemas de salud, educación, y calidad de vida (Abadí & Vitale, 2015), mientras que una tercera parte de estos, viven completamente problemas de hambruna, situación originada por las concepciones erróneas de la política económica y social (García, 2015) bajo su forma histórica específicamente capitalista (Luna-Nemecio & Veraza, 2018).

Solamente un suceso actual, como la pandemia del coronavirus SARS-CoV-2 surgida en la ciudad de Wuhan China (Trilla, 2020), hace visible este sector de la población mundial que siempre ha estado ahí, pero que hasta ahora se habían mantenido invisible para ciertos sectores sociales. Y ha sido precisamente el Estado, quien a través de considerar como atender a estos sectores vulnerables de la población y valorar los desafíos latentes por enfrentar, dejan al descubierto la inoperancia de un sistema económico, político y educativo que indirectamente ha contribuido con las causas del actual problema de salud mundial como el que hoy enfrentamos (Foces, 2015); al favorecer el deterioro ambiental causado por el excesivo consumo de recursos naturales y la sobreexplotación de los mismos, llevándolos más allá de sus propios límites, esto apoyado por la cultura adquirida desde la propia educación que aún prevalece en la mayoría de personas (Luna-Nemecio 2019c).

Al enfrentar esta crisis mundial, también ha quedado al descubierto la forma en la que se educa, pues dicho problema ha definido la necesidad de desempeñarnos haciendo uso de nuevos esquemas de pensamiento y acción, dichos esquemas deberán cavar en principios socioformativos (Tobón, Hernández Mosqueda, & Guzmán Calderón, 2015) que contribuyan en la formulación de sociedades sostenibles, individuos capaces de afrontar los retos que demanda nuestro entorno actual, competentes en reconocer los riesgos y desafíos a los que estamos expuestos, pero, sobre todo, la capacidad de actuar en consecuencia. Se requiere entonces generar nuevas alternativas y esquemas de pensamiento y actuación (Delgado, 2019); la necesidad de interpretar una cosmovisión del mundo integrada por lo social, mental y ambiental es imperante desde la educación. Quizás no sea esta la última crisis de salud que viva la humanidad, pero si la última oportunidad de replantear un sistema solidario sostenible para las generaciones futuras.

De Sousa (2020), señala que existen tres principios de regulación para las sociedades modernas

y que son: el estado, el mercado y la comunidad. Si bien, estas tres aristas que conforman las relaciones sociales y que son parte del enfoque mismo que tenemos sobre nuestro contexto en el que hemos sido educados y formados, es necesario reflexionar en acciones y alternativas que permitan replantear las formas hasta hoy conocidas que han fundamentado nuestros esquemas de pensamiento y actuación. En primera instancia, se requiere reflexionar sobre aspectos como: la educación por ejemplo, pues sabemos que la educación y el currículo dependen de este, es el mismo estado el encargado de definir las políticas públicas en materia educativa, y por consiguiente configura la personalidad del tipo de ciudadano que requiere formar (DIPUTADOS, 2019); si a esta base sumamos el mercado, vemos entonces que la educación contribuye al mercado desde las mismas relaciones económicas y comerciales que se producen; bajo este precepto nos referimos a la educación bancaria, pues este enfoque es más útil para un mercado ligado al consumo irreflexivo de bienes y servicio, el cual exige mayor cantidad de recursos naturales que se producen de forma acelerada y que en consecuencia afecta el ecosistema (Martínez, 2009).

Dentro del mercado, también podemos reflexionar sobre las relaciones económicas que de alguna manera impactan directamente dentro de las relaciones sociales; hasta hoy hemos sido testigos de cómo un mayor porcentaje de la riqueza mundial, se ha concentrado en menos del 2% de su población (Castillo, 2016), situación que indiscutiblemente ha generado brechas de desigualdad social; una gran cantidad de personas viven en condiciones de hacinamiento, no cuentan con servicios básicos, vivienda adecuada, y tampoco la posibilidad de recibir educación, lo cual tiene como consecuencia la insostenibilidad social generando crisis comunitarias. Esta situación, requiere la necesidad de plantear nuevos esquemas sostenibles de la distribución económica, resulta necesario fomentar una economía solidaria, justa, y participativa, que permita una distribución más equitativa y justa de la riqueza, donde se pueda ofrecer a los ciudadanos del mundo la posibilidad de acceder a una forma de vida más sustentable, tomando en cuenta la necesidad de preservar nuestro planeta y desalentando el consumo irracional de recursos como forma de “desarrollo social” (Bansart, 2018).

La comunidad y su visión errónea, objetivó al sujeto desapartándolo de su relación directa con el ambiente, al perder la capacidad de observación de su propia casa planetaria, desechamos y extraviamos la conciencia sobre el cuidado de este ser vivo acoplado a nosotros, se pierde la esencia de ser sujetos y la relación con la otredad, dejamos de ser empáticos, nos volvemos egoístas y en consecuencia los esquemas de actuación se vuelve individualistas, se enfocan únicamente en satisfacer nuestras propias necesidades (Montero, 2015). Como seres humanos, está en nuestra naturaleza la vida en sociedad, la comunidad entonces se fortalece cuando los miembros de la misma, son capaces de afrontar los problemas de su entorno y resolverlos, buscan y trabajan en colaboración preocupándose por sus semejantes, buscando la supervivencia y bienestar del grupo (Vázquez, et al., 2017).

El pasado Congreso Internacional de Investigación en Socioformación y Sociedad del Conocimiento (CISFOR 2020) organizado por el Centro Universitario CIFE, se celebró el 24 y 25 de abril del presente año en la modalidad en línea, con sede en la Ciudad de Cuernavaca, Morelos, México. En dicho evento se abordaron contenidos fundamentales sobre el desarrollo social sostenible desde diferentes contextos de investigación, destacando temas particularmente, como lo fueron: la formación docente socioformativa, el impacto del nivel socioeconómico en el desarrollo de las habilidades cognitivas, el aprendizaje continuo mediado por entornos virtuales en el contexto de la educación en crisis y educación en línea y socioformación, entre otros. Como pauta común, observamos una convergencia entre los distintos temas y como estos estuvieron encaminados a la preocupación manifiesta sobre la necesidad de despertar conciencias colectivas con miras a construir

una sociedad sostenible (Prado, 2018).

La formación docente socioformativa (Parra, Tobón, & López, 2015), es sin duda una necesidad que todo sistema educativo deberá adoptar para ofrecer desde los procesos de formación docente, pedagogos que contribuyan en el mejoramiento de la educación que brinda el sistema educativo, transformado los espacios donde se gestan las prácticas docentes en verdaderos centros de aprendizaje social, reflexivo y participativo, contribuyendo así al desarrollo del pensamiento crítico de los alumnos (Tobón, 2012). El impacto que tiene el nivel socioeconómico en el desarrollo de habilidades cognitivas, es también un fenómeno que deberemos tomar en cuenta de manera sustancial, pues como ya se mencionó anteriormente, las desigualdades sociales en los diferentes contextos, están ligados estrechamente a la capacidad de desarrollo social, cultural y familiar del entorno, estos a su vez pueden ser considerados como puentes de desarrollo amplio si existe una buena economía, o una barrera de aprendizaje, cuando las condiciones económicas de desarrollo son precarias (Caride, 2017).

Las condiciones en este segundo aspecto, muestran la desigualdad social constituida desde diferentes ópticas. Un ejemplo de ellos son medios electrónicos para el aprendizaje ante la actual pandemia de coronavirus. Hemos visto cómo la educación ha requerido del uso de estos medios electrónicos, los cuales han dejado entrever varias condiciones favorables, pero también varias necesidades urgentes de atención; entre ellas destaca la necesidad de infraestructura subsidiada por el Estado, pues son precisamente las comunidades que representan menor ingreso económico, las que carecen de este tipo de infraestructura generando condiciones desiguales con otras (Alva, 2015). También se observa la necesidad de la formación y actualización docente, ante el fenómeno que motivó el uso de las tecnologías de un momento a otro, muchos docentes se vieron rebasados y en otros casos obsoletos en el uso de la tecnología y metodología (Hernández, 2017). Si es cierto que existen condiciones desiguales en infraestructura y acceso a las tecnologías en diferentes latitudes, es un hecho que las tecnologías están ahí, están presentes, son parte de la sociedad del siglo XXI y como docentes tenemos que conocer su operatividad, pues la sostenibilidad de la educación, también demanda del docente el desarrollo de estas habilidades y competencias.

Dentro de este análisis resulta importante establecer una transformación social cimentada en la educación, la economía y sociedad, estos tres pilares están intrínsecamente relacionados entre sí, cada uno de ellos juegan un papel fundamental, son independientes, pero a la vez son interdependientes entre ellos mismos. La educación deberá dar una respuesta más allá de términos mercantilistas, evitando reducir al sujeto en objeto, así mismo, la economía deberá fundamentar nuevos esquemas desde la participación social y equitativa, brindando oportunidades para todos, es consecuencia la sociedad deberá trascender hacia una sociedad del conocimiento fundamentando su constitución en principios socioformativos que le brinden mayor sostenibilidad (Flores, 2019).

Conclusiones

El virus COVID-19, simplemente es la punta de iceberg que sale a flote de una sociedad con problemas complejos y crecientes. Al tiempo en que desarrollan grandes avances científicos y tecnológicos, enfrentamos una crisis mundial de salud (Luna-Nemecio, 2019b) que pone de manifiesto la necesidad misma de transformarse o morir (Gutiérrez - Hernández, Herrera - Córdova, & de Jesús Bernabé, 2016). La población, socialmente requiere una educación que le permita reflexionar sobre su actuar en este mundo, las necesidades y desafíos a los que se enfrenta continuamente, de esta manera desarrollar la capacidad para generar nuevas formas de colaboración para preservar la vida de futuras generaciones, es importante actuar ya, desde cualquiera que sea

nuestra área de injerencia, fomentando el pensamiento crítico, y proponiendo alternativas en las cuales también nosotros tenemos que continuar transitando pero a la vez siendo más conscientes de ello. Es precisamente la comunidad y la forma en que la concebimos actualmente, bajo estructuras y conceptos erróneos, quien deberá recuperar su esencia desde los mismos individuos que la conforma para fomentar el trabajo colaborativo entre sus miembros, para generar condiciones de cara a preservar un futuro sostenible para nosotros y las generaciones futuras (Luna-Conejo, 2020).

La educación demanda la preparación académica de los docentes para desarrollar un pensamiento crítico (Moreno-Pinado & Velázquez, 2017), de actualizarse para coexistir con los medios electrónicos, desarrollar habilidades digitales y a la vez las mismas metodológicas, son acciones que deberán ponerse en marcha, buscando desde luego aprovechar los recursos y medios disponibles que permitan trascender más allá de la enseñanza de contenidos, al desarrollo de competencias donde se aborden problemáticas más humanas (Ortiz Bosch, López Rodríguez, & Álvarez Cortés, 2016). Para ello, es necesario generar una sociedad sostenible desde la socioformación entendiéndose desde su enfoque eminentemente social y colaborativo (Prado, 2018), donde la economía, educación y sociedad juegan un papel importante ante los conceptos conocidos del entorno, pero que sin lugar a dudas, hoy día nos exigen cambios urgentes, pues la tarea principal es afrontar los retos cada vez más complejos de nuestra sociedad que implica el desarrollo y diálogo profesional en vistas de alcanzar una sociedad más sostenible y reflexiva.

En el presente artículo logró exponer a partir de análisis realizado las relaciones humanas que actualmente prevalecen desde las perspectivas económica, educativa y social, y cómo estas relaciones, han contribuido en el deterioro ambiental y humano; de la misma manera el contraste realizado tomando como referente el enfoque socioformativo, brinda la posibilidad de explorar nuevos esquemas de pensamiento necesarios para alcanzar una sociedad más sostenible, consideramos en gran medida que las metas propuestas se lograron, dichos resultados podrán ser complementados por futuras investigaciones al respecto.

Referencias

- Abadí, A., & Vitale, S. (2015). La pobreza: Un mal que persiste. DEBATES IESA, XX(2), 41-48. <https://bit.ly/2C242Vt>
- Alva de la Selva, A. R. (2015). Los nuevos rostros de la desigualdad en el siglo XXI: la brecha digital. *Revista Mexicana de Ciencias Políticas y Sociales* (223), 265-286. DOI:[https://doi.org/10.1016/S0185-1918\(15\)72138-0](https://doi.org/10.1016/S0185-1918(15)72138-0)
- Arias, B. N. (2016). El consumo responsable: educar para la sostenibilidad ambiental. *AiBi Revista de Investigación Administración e Ingenierías*, 4(1), 29-34. <https://doi.org/10.15649/2346030X.385>
- Ávila-Gómez, M. (2016). La evaluación de calidad como medio de transformación educativa. *Revista Educación, Política y Sociedad*. 1(1) (2016): 50-69 <http://hdl.handle.net/10486/673963>
- Bansart, A. (2018). *Ecosocialismo*. Caracas, Venezuela: El perro y la rana. <https://bit.ly/31LaH0L>
- Castillo Pérez, N. (2016). Desarrollo humano, desigualdad y pobreza. *Cultura De Paz*, 22(68), 10-19. <https://doi.org/10.5377/cultura.v22i68.2719>
- Caride Gómez, J. A. (2017). Educación social, derechos humanos y sostenibilidad en el desarrollo comunitario. (T. d. Educación., Ed.) *Revista Interuniversitaria*, 29(1). <http://hdl.handle.net/10366/133989>
- De Sousa Santos, B. (2020). *La cruel pedagogía del virus*. Buenos Aires, Argentina: CLACSO.

- <https://bit.ly/3gouyHI>
- Delgado, D. C. (2019). Reinventar la Educación desde el Pensamiento Complejo. *Revista Científica Orbis Cognita*, 20-40. <https://bit.ly/3gpnPg9>
- DIPUTADOS. (19 de 09 de 2019). Ley General de Educación. *Diario Oficial de la Federación*, págs. 1-67.
- España, E., & Prieto, T. (2009). Educar para la Sostenibilidad: El Contexto de los Problemas Socio-Científicos. *Eureka*, 345-354. <https://bit.ly/2O12xcx>
- Flores Mondragón, G. J. (2019). Marx y Freire. Educación Crítica y Sustentable. [Marx and Freire. Critical and Sustainable Education]. *Ecociencia International Journal*, 1(1), 12-23. <https://doi.org/10.35766/je19112>
- Foces Gil, J. A. (2015). Política y administración de la educación en el estado autonómico (1978-2014). Desigualdades regionales y cohesión del sistema educativo. Estudio de un caso singular: Castilla y León. (U. N. Comparada, Ed.) España.
- García Linera, Á. (2015). *Forma valor y Forma comunidad*. Quito, Ecuador: IAEN-Instituto de Altos Estudios Nacionales del Ecuador.
- Giavedoni, J. G. (2015). Economía social y solidaria trabajo y capitalismo. Relación entre forma de trabajo y patrón. *Trabajo y Sociedad*(25), 195-213. <https://bit.ly/3dZO6jR>
- Gil Fernández, R. (2018). Hacia una construcción del sujeto en Michel Foucault. *Rev. Estud. Esc. de Psicología UCR*, 9-26. doi: 10.15517/wl.v13i1.32740
- Gómez Calvo, V. y Gómez-Álvarez Díaz, o. (2016). La economía del bien común y la economía social y solidaria, ¿son teorías complementarias? CIRIEC-España, *Revista de Economía Pública, Social y Cooperativa*, 87, 257-294. <https://hdl.handle.net/11441/88615>
- Gutiérrez - Hernández, A., Herrera - Córdova, L., & de Jesús Bernabé, M. (2016). Problemas del Contexto: Un Camino al Cambio Educativo. *Ra Ximhai*, 12(6), 227-239. <https://bit.ly/38tB4tO>
- Hernandez, R.M. (2017). Impacto de las TIC en la educación: Retos y Perspectivas. *Propósitos y Representaciones*, 5(1), 325 - 347 <http://dx.doi.org/10.20511/pyr2017.v5n1.149>
- Luna-Conejo, B. (2020). Learning communities and teacher update with a socioformative approach to sustainability: A Documentary Analysis. *Religación. Revista De Ciencias Sociales Y Humanidades*, 5(23), 126-134. <https://bit.ly/2VJaJmk>
- Luna-Nemecio, J. (2020). *Para pensar el desarrollo social sostenible: múltiples enfoques, un mismo objetivo*. Mount Dora (USA)/Quito (Ecuador): Kresearch/ Religación. Centro de Investigaciones en Ciencias Sociales y Humanidades desde América Latina. <https://doi.org/10.35766/dss20>
- Luna-Nemecio, J. (2019a) Calentamiento Global y conflictividad sociohídrica ante el colapso ambiental del estado de Morelos, México, *RELEG. Revista Latinoamericana de Estudiantes de Geografía*, (6), 74-84. <https://bit.ly/31K7Gy0>
- Luna-Nemecio, J. (2019b). La doble disyuntiva histórica de la producción antropogénica de la salud y la enfermedad en el siglo XXI. *Revista Antrópica*, (9), 137-155. <https://bit.ly/38oSo30>
- Luna-Nemecio, J. (2019c). La Importancia de la Educación para lograr el Desarrollo Social Sostenible. [The Importance of Education to achieve Sustainable Social Development]. *Ecociencia. International Journal*, 1(1), 6-11. <https://doi.org/10.35766/je19111>
- Luna-Nemecio, Josemanuel & Jorge Veraza (2018). La necesidad histórica del discurso crítico de Marx y su vigencia a 200 años de su nacimiento. *Religación. Revista de Ciencias Sociales y Humanidades*, 3(11). 9-16. <https://bit.ly/3eXMIF6>
- Martínez Gómez, M. Y. (2009). Educación Ambiental para el Desarrollo Humano. *Universidad*

- Pedagógica Nacional*. <https://bit.ly/2VKWOfr>
- Montero, M. (2015). De la otredad a la praxis liberadora: la construcción de métodos para la conciencia. *Estudios de Psicología (Campinas)*, 32(1). DOI:<https://doi.org/10.1590/0103-166X2015000100013>
- Moreno-Pinado, W. E., & Velázquez Tejeda, M. E. (2017). Estrategia Didáctica para Desarrollar el Pensamiento Crítico. *Revista Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación*, 53-73. DOI: <https://doi.org/10.15366/reice2017.15.2.003>
- Ortiz Bosch, M. J., López Rodríguez, J., & Álvarez Cortés, A. B. (2016). La formación humanista de los estudiantes de ciencias pedagógicas. *Didáctica y Educación*. 7(6) 291-304 <https://bit.ly/3eZ3M8j>
- Parra Acosta, H., Tobón, S., & López Loya, J. (2015). Docencia socioformativa y desempeño académico en la educación superior. *Paradigma*, 36(1) 42-55. <https://bit.ly/2ZEX0xI>
- Pereyra, E. G. (2015). Pedagogía del material emergente, enfrentamiento de la educación bancaria, y ciudadanía: aportes para el trabajo social en educación. *Revista a-inter-venir* (8) <https://bit.ly/38oVmEG>
- Prado, R. A. (2018). La socioformación: un enfoque de cambio educativo. *Revista Iberoamericana De Educación*, 76(1), 57-82. <https://doi.org/10.35362/rie7612955>
- Rodríguez Vargas, E. (2017). La ecología de saberes en la sistematización de experiencias educativas como una apuesta pedagógica decolonial. *Intersticios*, 6(11), 95-118. <https://bit.ly/3e0VCL0>
- Rodríguez, Caamal Cauich, & Priego Hernández, (2016). Situación de pobreza y desigualdad en México. Una aproximación teórica. *Atenas*, 1(33), 1-17 <https://bit.ly/2ZGAYe2>
- Taeli Gómez, Francisco (2018). La complejidad: un paradigma para la educación. Su aporte con una mirada histórica reflexiva. RIL editores • Universidad de Atacama, 2018. 144 <https://bit.ly/3f0X0ii>
- Tobón, S. (2012). Experiencias de aplicación de las competencias en la educación y el mundo organizacional. 1 Enfoque Socioformativo y las Competencias: Ejes Claves para Transformar la Educación. *ReDIE*, 3-31 <https://bit.ly/2VIEAej>
- Tobón, S., Hernandez Mosqueda, J.S. & Guzmán Calderón, C.E. (2015). La socioformación: análisis documental de su impacto en iberoamérica. Chihuahua, México. COMIE 2015 <https://bit.ly/2BGF10G>
- Tobón, S. (2013). Formación integral y competencias. Pensamiento complejo, currículo, didáctica y evaluación (4ta. Ed.). Bogotá: ECOE. <https://bit.ly/2YWCzgP>
- Trilla A. (2020). Un mundo, una salud: la nueva epidemia de coronavirus COVID-19. Un mundo, una salud: la epidemia por el nuevo coronavirus COVID-19. *Medicina clínica*, 154 (5), 175-177. <https://doi.org/10.1016/j.medcli.2020.02.002>
- Vázquez Antonio, J. M., Hernández Mosqueda, J. S., Vázquez-Antonio, J., Juárez Hernández, L. G., & Guzmán Calderón, C. E. (2017). El trabajo colaborativo y la socioformación: un camino hacia el conocimiento complejo. *Educación Y Humanismo*, 19(33), 334-356. <https://doi.org/10.17081/eduhum.19.33.2648>



Desarrollo social sostenible y complejidad como ejes de la educación ambiental



Berenice Luna-Conejo

Secretaría de Educación de Guanajuato, México;
lunaconejob@gmail.com

Resumen: El presente artículo, cuyo propósito es presentar un análisis y revisión documental de la complejidad y el desarrollo social sostenible como ejes y su impacto en la educación ambiental. Problema: el deterioro ambiental que caracteriza la devastación del planeta por medio del cambio climático, el cual pone en riesgo a la humanidad, por lo cual cobra importancia un cambio de paradigma en las personas en su forma de pensar. Se presenta un análisis documental desde la transformación de educación ambiental contemporánea, donde la complejidad ambiental como eje del desarrollo social sostenible, serviría para provocar cambios en las personas para que tengan consciencia sobre el cuidado del otro, con el uso y consumo de bienes de forma moderada de los recursos naturales, para la preservación de las generaciones futuras. Dentro de la educación ambiental se debe de utilizar una ontología donde los procesos formativos se dan entre lo social, económico y cultural, estos sustentan las relaciones que se dan entre estos.

Palabras clave: cambio climático; complejidad; desarrollo social sostenible; educación ambiental; sociedad del conocimiento

Title: Sustainable social development and complexity as axes of environmental education

Abstract: The present article, whose purpose is to present an analysis of environmental education for a sustainable social development in education and complexity. Problem: the environmental deterioration that characterizes the devastation of the planet through climate change, which puts humanity at risk, which is why a paradigm shift in people in their way of thinking becomes important. Methodology: a documentary analysis from the transformation of contemporary environmental education, where environmental complexity as the axis of sustainable social development, would serve to provoke changes in people so that they become aware of caring for the other, with the use and consumption of goods in a way moderate for the preservation of natural resources, for the preservation of the existence of future generations. Conclusions: Within environmental education an ontology must be used where the formative processes take place between the social, economic and cultural aspects, they sustain the relations that exist between them.

Keywords: education; climate change, complexity, sustainable social development, environmental education, knowledge society

Introducción

La sociedad ha evolucionado por el rápido avance de la ciencia y la tecnología (García, 2020). El desarrollo global de los países medidos por su capacidad económica y productiva, ha provocado que dicho sistema se encuentre en crisis (Luna-Nemecio & Veraza, 2018). Los individuos, los grupos y las clases sociales, son quienes, a través de sus intereses y aspiraciones, son la fuerza que mueve a la sociedad; la suma de los intereses económicos individuales incrementa el bienestar colectivo. El sector y los intereses privados en competencia son los motivos que permiten la creación de la riqueza y el desarrollo material; de tal forma que se pueden encerrar en posturas teóricas incongruentes, ya que no hay una correspondencia mecánica entre lo que se propone para el futuro de la educación sostenible y lo que se hace en la vida cotidiana (Martínez, et al., 2017; Luna-Nemecio, 2019a).

La economía capitalista bajo su forma actual es incompatible a las necesidades de salvaguardar el entorno natural, sin embargo, es importante avanzar hacia la posibilidad de generar una transformación esencial del sistema de economía, para el establecimiento de una nueva sociedad, socialista y ecológica (Jiménez, 2018). El sistema capitalista se basa en el modo de producción y consumo de los países desarrollados, en la acumulación ilimitada de capital, del despilfarro de los recursos naturales, del consumo ostentoso y de la destrucción acelerada del medioambiente (González & Roldan, 2018). Con la ambición de los pueblos de adueñarse territorial, social y cultural, que está orientada principalmente a la ganancia y acumulación de capital sin límites (Luna-Nemecio, 2019b).

La crisis ambiental por la que atraviesa la sociedad es provocada por el desconocimiento del problema que se genera con una degradación ambiental (Luna-Nemecio, 2020), dando muerte entrópica del planeta, porque el ser humano construye la vida y la destruye con la objetivización y cosificación del mundo, con una catástrofe ecológica que amenaza la vida natural (Barbetta, Cox, Domínguez, & Pessoa, 2018). Ante esta crisis emerge una complejidad ambiental, esta no es una reflexión sobre los daños de la naturaleza, ni del conocimiento, sino cuando se concibe una crisis del conocimiento entre lo que es real y simbólico, una dualidad como lo es lo cultural de lo natural, cuando se le da una significación de las cosas de algo real que está pasando.

Entre los problemas actuales de la naturaleza se encuentra: un crecimiento exponencial de la contaminación del aire en las grandes ciudades, del agua potable y del medio ambiente; así como un calentamiento del planeta (Luna-Nemecio, 2019c); la destrucción de la capa de ozono en la atmósfera terrestre, una destrucción de los bosques y la biodiversidad, lo que amenaza la vida humana, y la amenaza de una nueva contaminación con los pesticidas y las sustancias tóxicas de los alimentos, estos han provocado la desaparición de la vida humana. Con una economía sin límites se está provocando una crisis ambiental, que es capaz de amenazar la vida y el bienestar de las personas, la supervivencia de las especies que existen en el planeta (Robledo, 2014).

La problemática ambiental, considerada como una crisis ecológica, representa un momento para realizar una reflexión del pensamiento, del entendimiento y de la ontología, (Toledo, 2013). La crisis ambiental es un resultado del desconocimiento de la ley de entropía (Flores, 2020), al consumir sin medida los recursos naturales para la satisfacción de necesidades humanas, que trae como consecuencias: el cambio climático afecta la salud alimentaria, entre otras. Esta crisis podría ocasionar el fin del proyecto civilizatorio, pero es la complejidad donde se emerge un proyecto de la búsqueda de la verdad absoluta, del pensamiento complejo, de la ciencia objetiva, de un avance en el conocimiento, del dominio de la naturaleza y de la gestión racional del ambiente. La complejidad es un nuevo entendimiento del conocimiento del mundo y de la incorporación de los saberes, la toma de conciencia del ser.

Dentro de la definición ambiente se considera la relación de los factores biológicos, sociales y humanos, logrando el equilibrio del uso y cuidado de forma racional de los recursos naturales. Los problemas de tipo ambiental se observan a diario, que van desde la sobre explotación y contaminación del agua hasta el calentamiento global (Luna-Nemecio, Bolongaro, & Torres, 2020), lo que provoca la pérdida de los recursos naturales. Dentro del propósito de esta investigación es contar con una alternativa para el cuidado del medio ambiente, mediante una educación ambiental que cuente con la complejidad y el desarrollo social sostenible como ejes para el cuidado y preservación de la naturaleza (López-Gómez & Bastida-Izaguirre, 2018; Luna-Nemecio, Tobón, & Juárez-Hernandez, 2019). Por lo que el propósito de este artículo es presentar un análisis y revisión documental de la complejidad y el desarrollo social sostenible como ejes y su impacto en la educación ambiental.

Desarrollo

Hablar de desarrollo sostenible es referirse a resolver los problemas globales para entender el mundo, sin caer en miradas donde la población es la culpable. Según Luna-Nemecio (2020) en el desarrollo social sostenible subyace la idea del capitalismo en esa búsqueda del desarrollo económico y de la búsqueda de un desarrollo social, con el goce de los recursos naturales, donde se debe tener la conciencia de la limitación y conservación de estos y del cuidado de los ecosistemas para tener en consideración las necesidades de las generaciones futuras. Una de las ideas básicas del desarrollo sostenible es la de adoptar una visión holística para una buena sociedad, basada en valores éticos con una visión humana para el cuidado del ambiente.

Para que una sociedad sea considerada como sostenible se debe de realizar una gestión del entorno natural. Sin embargo se siguen quebrantando el sistema de agua, la biodiversidad, la contaminación de océanos, actuando de un modo que se provocan cambios en el clima de la tierra, amenazando el bienestar de las generaciones futuras (Izquierdo, 2020). El control de la contaminación se logra cuando existe un equilibrio en la producción, la equidad y la sostenibilidad. El espacio geográfico es elemento indispensable para comprender el sistema capitalista que muestra que es una dominación y acumulación de capital, por ello se tienen que revalorizar los valores como la diversidad cultural y natural (Rojas, 2018).

El desarrollo sostenible estudia los sistemas complejos (Tobón, 2017); un sistema es un componente el cual sus partes están interconectadas; por ejemplo: dentro del cerebro humano existen neuronas que interactúan entre ellas de forma sistémica. El pensamiento del ser humano se da mediante la construcción del conocimiento al relacionar todas las partes entre sí. El pensamiento humano se da mediante procesos entretejidos de organización y desorganización de las ideas, por lo que se dice que se da un pensamiento complejo. Se necesita un pensamiento que permita reaprender los valores sociales culturales y ambientales, con una descolonización del poder en el capitalismo para el uso y consumo de bienes de la naturaleza para un desarrollo social sostenible.

El desarrollo sostenible es un proceso integral, que compromete y responsabiliza la utilización de los medios y formas de producción, de educación, del cuidado del ambiente para la mejora de la calidad de vida. Se requiere de un manejo de los recursos naturales, humanos, sociales, estableciendo patrones que generen un equilibrio y justicia social en la sociedad. Por lo tanto, la sustentabilidad puede ser considerada un paradigma con bases sólidas, éticas, justas, promoviendo la equidad pensando en el futuro, como un proceso de manejo que se adapta y con un pensamiento sistémico donde se requiere de una creatividad, flexibilidad y reflexividad (Mura, et al., 2015).

El desarrollo social sostenible es una conjunción de las dimensiones: social, medio ambiente y económico. Si bien la dimensión social es el contar con los valores éticos, justicia, equidad, cultura,

valores y democracia, para actuar en determinadas acciones que permitan preservar el ambiente; en cuanto que éste es considerado como la conservación de los recursos naturales, manejo del agua, reciclaje, fomentando una cultura del consumo moderado de productos y servicios. La dimensión económica de la sostenibilidad considera que se deben de crear economías solidarias que permitan crear proyectos de participación y compromiso social. (Vilches & Pérez, 2012).

El deterioro ambiental es producido por la intervención del ser humano sobre la naturaleza, esto es consecuencia del desarrollo y consumismo propiciados por el sector industrial, el cual se da a escala planetaria. Esta crisis ambiental que también se le conoce como ecológica, se puede identificar cuando el contexto natural se ve amenazada por una desestabilización del metabolismo de la naturaleza (Luna-Nemecio, 2016). Las prácticas consumistas que se dan en la sociedad han cobrado un precio alto con la industrialización; estos modelos económicos actuales han provocado la depredación de la naturaleza, dejando una crisis ambiental (Burgos, Salvador, & Narváez, 2016).

Se entiende por educación ambiental al proceso en el cual las personas de una sociedad adquieren una cultura de compromiso por el cuidado del ambiente, y con el compromiso de entender la complejidad ambiental, para poder contar con una intervención para la sostenibilidad de la naturaleza (Luna-Nemecio, Tobón, & Juárez-Hernández, 2019). Cabe mencionar que en el ámbito internacional, la educación ambiental ha cobrado importancia, su estudio y difusión al atender la crisis ambiental en la que se está viviendo. Es necesario replantear los paradigmas educativos, para afrontar el desafío de impartir y estructurar los contenidos curriculares sobre el cuidado y preservación del medio ambiente para provocar un cambio de cultura en las personas (López-Gómez & Bastida-Izaguirre, 2018).

El concepto que han tratado de darle algunos autores a la educación ambiental, como una dimensión de una educación contemporánea (García- Lastra, 2013), permite mejorar las relaciones entre los sistemas sociales, educativos, ambientales y económicos. Este surge como una educación informal, compleja que permite formar hábitos de conciencia en las personas con cambios en la formación (Vázquez-Ayala, 2020), no solo el conocimiento en las personas, sino una visión holística de la naturaleza, reconociendo que formamos parte de ella y de la importancia de la ecología como entes de una sociedad (Hernández-Mosqueda, Tobón-Tobón, & Vázquez-Antonio, 2014), reconociendo el binomio de naturaleza-sustentable, hacia una educación ambiental para un desarrollos social sostenible (Luna-Nemecio, 2020).

Dentro de una evolución de los sistemas complejos, el pensamiento del ser humano y de los cambios que han sufrido los ecosistemas, cuentan con principios en común, con conocimientos ecológicos, con una cosmovisión de una educación ambiental. Pero no solo es la relación de estos conocimientos, sino una relación entre el ser y conocer, en donde se integren una cosmovisión en su totalidad del problema de la contaminación. Con la crisis ambiental se enfrenta a la necesidad de replantear nuevas concepciones del mundo, las cuales están enfocadas a la dominación de la naturaleza, así como del mismo hombre, lo cual ocasiona una fragmentacion del conocimiento universal, de lo cual surge el pensamiento complejo como una alternativa para transitar de conceptos y paradigmas, propios de una complejidad ambiental (Maldonado, 2005).

El ser humano percibe su mundo desde su forma de ser, conforma su identidad desde su entendimiento de lo que obtiene del planeta, es capaz de aprender lo real, y en este proceso crea su mundo y lo construye, ese conocimiento no es del todo terminado, con ideas absolutas, con una certidumbre y autoconciencia del mundo que habita. Tanto es su deseo por dominar y controlar el mundo que lo ha cosificado, alterando las leyes naturales provocando el caos y la incertidumbre, de ello la crisis actual, de la necesidad de aprender a aprender en la complejidad para una reconstrucción

de la naturaleza (Leff, 2007).

El pensamiento de la complejidad permite la creación de referencias para poder entender la articulación que se da entre los procesos materiales, a mayor profundidad de los paradigmas científicos, con la incorporación de los valores del saber y realizando una metabolización del riesgo y la incertidumbre de una ciencia. Sin embargo, cuando en una complejidad no se cuenta con un conocimiento crítico no se permite la construcción de una sociedad ecológica, con una racionalidad ambiental. Sin embargo, diversos intereses de las sociedades en cuanto a la economía se da una contradicción y confrontación de los saberes, que impiden se de una educación ambiental basada en la sustentabilidad (Chaves, 2010).

El pensamiento complejo (Armijos, Hernández, & Sánchez, 2016), da la posibilidad de analizar los procesos relacionados con los cambios socioambientales que se puedan generar, lo que permitiría una transformación de pensamientos, orientados a la racionalidad ambiental. Es precisamente la complejidad ambiental un eje para la reconstrucción de pensamiento de no contar con una educación hegemónica (Rodríguez & Luna-Nemecio, 2020), que permita la existencia de un pensamiento en donde se cuente un paradigma con una visión holística, al concebir el ambiente como una totalidad conformada por un espacio, donde influyen los contextos ecológicos, geográficos, culturales, económicos y políticos, tomando en cuenta que la naturaleza no se encuentra desligada de la cultura, que permita trascender del saber ambiental, que ayuda a la fecundidad del otro producto de la complejidad, haciendo reto del desarrollo social sostenible.

Para frenar la crisis ambiental es necesario que el ser humano desarrolle su racionalidad científica, con la articulación de una productividad ecológica, la organización social y el uso racional de la tecnológica, esto se deriva por el desconocimiento del mundo y del dominio de la naturaleza por el crecimiento sin límites, en donde lo único que interesa es el crecimiento del mercado. Pero es necesario contar con un saber ambiental donde se establecen relaciones entre las ciencias y un diálogo de saberes entre las personas para reconfigurar su identidad y de la naturaleza para internalizar los saberes de una educación ambiental (Maldonado, 2005).

Conclusiones

La complejidad es una revolución de pensamiento, un cambio de mentalidad, de una transformación de los saberes sobre el cuidado y preservación de la naturaleza para la construcción de nuevos que impliquen cambios de ideologías, que se oriente a una construcción del mundo mediante la sostenibilidad, mediante el cuidado del mundo que habitamos (Rodrigo, 2015). Por eso se dice que aprender en la complejidad ambiental implica una reconstrucción de lo ya pensado para repensar lo aún no pensado, realizando una desparametralización de los saberes con los que contamos, para tener conciencia sobre el uso racional de los recursos naturales del planeta.

El saber ambiental va más allá de una dicotomía del sujeto y objeto el de reconocer lo posible de lo real, al incorporar una identidad y un valor cultural, como un proceso en constante evolución sin un proceso terminado, que se convierte en infinito. Por lo tanto la complejidad ambiental genera una variedad de saberes y conocimientos que genera múltiples relaciones de otredad entre las personas, abriendo un pensamiento global y complejo que permite contar con la integración de los diferentes saberes, contando con variedad de opiniones de las personas, que orientan a una apropiación del conocimiento de la naturaleza desde una visión social y cultural para la preservación de los recursos naturales para las generaciones futuras, mediante un diálogo de saberes (Muñoz, 2015).

La complejidad ambiental maneja la dialéctica, da énfasis en la comprensión de los procesos, las relaciones analizando los elementos, las cosas, estructuras y los sistemas organizados, de manera ontológica sosteniendo que los elementos y los sistemas no existen fuera de los mismos procesos. Dentro de la educación ambiental se debe de utilizar una ontología donde los procesos formativos se dan entre lo social, económico y cultural, estos sustentan las relaciones que se dan entre estos. Por lo tanto el desarrollo social sostenible busca armonizar estas relaciones que se dan, en los sistemas para preservar la conservación de la naturaleza y establecer un balance entre la satisfacción de las necesidades y el uso de los recursos de las generaciones actuales y futuras (Harvey, 2018).

El desarrollo social sostenible es un concepto que se ha venido dando a nivel mundial, en donde se orientan las relaciones entre la naturaleza y la sociedad, para equilibrar los cambios locales y globales como: el cambio climático, pobreza, daños ecológicos a la diversidad, inequidad social, sobrepoblación. Es necesario ante estos problemas que se den cambios en los contenidos curriculares en la educación, en donde se formen personas con un pensamiento complejo, capaces de transformar su entorno, con un cambio de formas de pensar, de actuar para la preservación de la naturaleza para las generaciones futuras, donde se involucren temas de relevancia social como lo es la contaminación, para atender a una complejidad ambiental (Leff, 2010).

Como alternativa para el cuidado del medio ambiente es necesario incluir en los planes y programas, una formación en los alumnos sobre el cuidado del medio ambiente, con temas de consumismo, de las consecuencias del uso excesivo de los recursos naturales, medidas de prevención sobre la contaminación, así como el desarrollo de proyectos comunitarios para la generación de conciencia en las personas sobre los daños ecológicos que se pueden provocar en la naturaleza y en la salud de los seres vivos (Luna- Nemecio, 2020).

Referencias

- Barbetta, P., Cox, M., Domínguez, D., & Pessoa, K. (2018). Neoliberalismo y cuestión ambiental: entre la crisis ecológica y la ruptura paradigmática. 8 (8). <https://bit.ly/2AxmRPI>
- Burgos, J. A., Salvador, M. R., & Narváez, H. O. (2016). Del pensamiento complejo al pensamiento computacional: retos para la educación contemporánea. 21. <https://bit.ly/3e55Udp>
- Chaves, J. M. (2010). Consideraciones básicas del pensamiento complejo de Edgar Morin, en la educación. *Revista Electronica Educare*, XIV (1), 42-58. <http://doi.org/10.15359/ree.14-1.6>
- Flores Mondragón, G. J. (2020). Dialectics of nature and entropy in Engels' thought. A discussion with the Ecological Economy. *Religación. Revista De Ciencias Sociales Y Humanidades*, 5(23), 78-89. <https://bit.ly/3e27gVZ>
- García Campos, J. (2020) The Evolutionary Psychology and the idea of the unity of sciences. *Entreciencias: Diálogos en la Sociedad del Conocimiento.*, 7 (21), p. 107-120. Doi: 10.22201/enesl.20078064e.2019.21.687275
- García- Lastra, M. (2013). Educar en la sociedad contemporánea. *Hacia un nuevo escenario educativo Convergencia*, 20 (62), 199-220. <https://bit.ly/2VOs7FZ>
- Gómez, F. Q., Hurtado, Y. V., & Peña, J. O. (2017). La educación ambiental desde lo curricular: tarea pendiente en la formación de futuros profesionales. *Edumecentro*, 9 (4), 245-249 <https://bit.ly/3iDHRPy>
- González, N. C., & Roldán, C. D. (2018). El desarrollo socioeconómico en Latinoamérica. Un análisis a la luz de los objetivos de desarrollo sostenible de las Naciones Unidas . *Dialnet*, 1 (1). <https://bit.ly/31Pgh2l>

- Hernández-Mosqueda, J. S., Tobón-Tobón, S., & Vázquez-Antonio, J. M. (2014). Estudio Conceptual de la docencia socioformativa. *Ra Ximhai*, vol. 10 <https://bit.ly/2ZMyNpk>
- Izquierdo-Merlo, M. E. (2020). Knowledge management from the socioformative approach towards sustainable social development [Gestión del conocimiento desde el enfoque socioformativo hacia el desarrollo social sostenible]. *Ecociencia International Journal*, 2(2), 10-18. [dx.doi.org/10.35766/je2022](https://doi.org/10.35766/je2022).
- Jiménez Sotelo, R. (2018). El impacto de la ética sobre el crecimiento y el desarrollo: ¿economía ambiental versus economía ecológica?. *Pensamiento Crítico*, 23(1), 153-182. <https://doi.org/10.15381/pc.v23i1.15103>
- Leff, E. (2007). La complejidad ambiental. *Polis Revista Latinoamericana*, 7. <https://bit.ly/2AypjWc>
- Leff, E. (2010). El desvanecimiento del sujeto y la reinención de las identidades colectivas en la era de la complejidad ambiental. *Revista de la Universidad Bolivariana*, 9 (27), 151-198. <https://bit.ly/3f6q3ki>
- López-Gómez, R. R., & Bastida-Izaguirre, D. (2018). La importancia de la educación ambiental no formal en el medio rural: el caso de Palo Alto, Jalisco. *Dialogos sobre Educación*, 9 (16). <https://bit.ly/38xs9Hv>
- Luna-Nemecio, J. (2016). El Metabolismo urbano-rural del agua, actores sociales y gestión de los recursos hídricos publico urbanos de la ciudad de Cuautla, Morelos (2006-2013). *Revista de Geografía ESPACIOS*, 5(10), 43-62. <https://bit.ly/2Z1JkxV>
- Luna-Nemecio, J. & Veraza, J. (2018). La necesidad histórica del discurso crítico de Marx y su vigencia a 200 años de su nacimiento. Religación. *Revista de Ciencias Sociales y Humanidades*, 3(11). 9-16. <https://bit.ly/2Z35gIN>
- Luna-Nemecio, J., Tobón, S., Juárez-Hernández, L. J. (2019a). Socioformation and complexity: towards a new concept of sustainable social development. *Human Development and Socioformation*, 1(2), 1-13 <https://bit.ly/3e4Vkmy>
- Luna-Nemecio, J. (2019b). Calentamiento Global y conflictividad sociohídrica ante el colapso ambiental del estado de Morelos, México, RELEG. *Revista Latinoamericana de Estudiantes de Geografía*, (6), 74-84. <https://bit.ly/2BILeL0>
- Luna-Nemecio, J. (2019c). Calentamiento Global y conflictividad sociohídrica ante el colapso ambiental del estado de Morelos, México, RELEG. *Revista Latinoamericana de Estudiantes de Geografía*, (6), 74-84. <https://bit.ly/38BoNTV>
- Luna-Nemecio, J. La Importancia de la Educación para lograr el Desarrollo Social Sostenible. [The Importance of Education to achieve Sustainable Social Development]. *Ecociencia. International Journal*, 1(1), 6-11. <https://doi.org/10.35766/je19111>
- Luna-Nemecio, J. (2019). Megaproyectos, acumulación del capital y la sostenibilidad: reconfiguración capitalista del territorio y devastación ambiental. *Revista de Geografía Espacios*, 1(9). [Doi.org/10.25074/07197209.16.110](https://doi.org/10.25074/07197209.16.110)
- Luna-Nemecio, J. (2019). The importance of knowledge assessment to achieve sustainability [La importancia de la evaluación del conocimiento para alcanzar la sostenibilidad]. *Ecociencia*, 2(2), 6-9. [dx.doi.org/10.35766/je20221](https://doi.org/10.35766/je20221)
- Luna-Nemecio, J. (2020). Para pensar el desarrollo social sostenible: múltiples enfoques, un mismo objetivo. Mount Dora (USA)/Quito (Ecuador): Kresearch/ Religación. *Centro de Investigaciones en Ciencias Sociales y Humanidades desde América Latina*. [Doi: https://doi.org/10.35766/dss20](https://doi.org/10.35766/dss20)

- Luna-Nemecio, J., Bolongaro, A., & Torres, V. (2020). La crisis hídrica en la región de la Subcuenca del Río Cuautla por los efectos del cambio climático. *Revista de Geografía ESPACIOS*, 9 (18), 70-89. <https://doi.org/10.25074/07197209.18.1229>
- Maldonado, H. A. (2005). La educación ambiental como herramienta social. *Geoenseñanza*, 10 (1), 61-67. <https://bit.ly/2VRpJP>.
- Martínez, D. C., Vergara, D. V., Díaz, J. S., & Castro, P. J. (2017). Aportes a la economía ecológica: Una revisión de estudios latinoamericanos sobre subjetividades medio ambientales. *Psicoperspectivas Individuo y Sociedad*, 16 (2), 156-169. <https://bit.ly/2ZKXWAH>
- Muñoz, D. A. (2015). *Principios de Aprendizaje Dialógico*. Colombia: Material de participantes que concluyeron la Certificación de Formadores en Comunidad de Aprendizaje. <https://bit.ly/31L32zM>
- Mura, C., Gustavo, H., Reyes, P., & Ismael, J. (2015). De la sostenibilidad a la sustentabilidad. Modelo de desarrollo sustentable para su implementación en políticas y proyectos. *Revista Escuela de Administración de Negocios* (78), 40-54. <https://bit.ly/38vBzmW>
- Robledo, S. (2014). La complejidad ambiental y los discursos geográficos. *Boletín de Estudios Geográficos* (102). <https://bit.ly/2ZM6cRj>
- Rodrigo, A. J. (2015). *El desafío del desarrollo sostenible* (Marcial Pons ed.). Barcelona: Fundación Privada, Centro de Estudios Internacionales. <https://bit.ly/38yTJV6>
- Rodríguez, O. & Luna-Nemecio, J. (2019). Educación musical para el desarrollo sostenible: una revisión documental. *Revista da abem. Associação brasileira de educação musical*, 27(43), 132-149. <https://cutt.ly/yybM5EI>
- Rojas, L. G. (2018). Sustentabilidad ambiental urbana, alternativas para una política pública ambiental. *Bitácora* 28, 1, 141-149. Recuperado: <https://doi.org/10.15446/bitacora.v28n1.52029>
- Tobón, S. (2017). *Ejes esenciales de la sociedad*. Estados Unidos: Kresearch. <https://bit.ly/3iB6GSU>
- Toledo, V. M. (2013). El paradigma biocultural: crisis ecológica, modernidad y culturas tradicionales Sociedad y Ambiente. *Ambiente y Sociedad*, 1 (1), 50-60. <https://bit.ly/3e6e05e>
- Vázquez-Ayala, D. (2020). Socioinformative Teacher Training for Sustainable Social Development. Religación. *Revista De Ciencias Sociales Y Humanidades*, 5(23), 96-104. Retrieved from <https://bit.ly/3e67prs>
- Vilches, A., & Pérez, D. (2012). La educación para la sostenibilidad: el reto de la formación del profesorado. 16. <https://bit.ly/3ebgjEs>



Competencias investigativas desde el enfoque socioformativo y el desarrollo social sostenible



Alicia Agromelis Aliaga Pacora

EUPG- Universidad Nacional Federico Villarreal; Perú;
aliciaaliagapacora@gmail.com

Resumen: El presente estudio tiene como propósito realizar un análisis documental acerca de la construcción de competencias investigativas desde el enfoque socioformativo y el desarrollo social sostenible. Las competencias investigativas, se construyen en el proceso de formación profesional, con planes y programas curriculares innovadores, acordes a las exigencias de la sociedad y la formación integral de la persona a través de la puesta en marcha de un proyecto ético de vida, la gestión de proyectos, el trabajo colaborativo, el emprendimiento y el uso de las tecnologías de la información y comunicación involucrando a toda la comunidad universitaria en actividades multidisciplinarias, lo que permitirá enmarcarse hacia un desarrollo social sostenible.

Palabras clave: construcción de competencias investigativas; desarrollo social sostenible; formación integral; sociedad del conocimiento; socioformación

Title: Investigative Competences from the Socio-formative Approach and Sustainable Social Development

Abstract: The purpose of this study is to carry out a documentary analysis about the construction of investigative competences from a socioformative approach and sustainable social development. The investigative competences are built in the professional training process, with innovative curricular plans and programs, according to the demands of society and the integral formation of the person through the implementation of an ethical life project, management of projects, collaborative work, entrepreneurship and the use of information and communication technologies involving the entire university community in multidisciplinary activities, which will allow it to be framed towards sustainable social development.

Keywords: comprehensive training; construction of investigative skills; knowledge society; socioformation; sustainable social development

Introducción

Uno de los problemas de nuestra sociedad se presenta en la educación superior, específicamente en el campo de la investigación, no existe una articulación con la solución de los problemas inmediatos tanto local, nacional y mundial; siendo una de las causas la falta de recursos económicos destinados a la investigación por parte del Estado. Por otro lado, el descuido de las universidades al no incentivar la producción intelectual en los diferentes campos del saber (Morán-Mariños, Montesinos-Segura y Taype-Rondan, 2019). A ello se suma la poca consideración al profesor del siglo XXI, quien debe ser un agente de cambio para la sociedad globalizada, por tanto, es el responsable de formar a los profesionales del presente y del futuro, los cuales tienen que cumplir los estándares internacionales con competencias claras que permitan el cambio y un desarrollo social sostenible en esta sociedad del conocimiento (Luna-Nemecio, 2020), es decir, preparar a las personas para que hagan frente a una sociedad cambiante de tal forma que todo cambio sea una oportunidad de aprendizaje y despliegue de sus capacidades.

La socioformación es un enfoque que retoma la esencia humana de la educación, secundada en el pensamiento complejo como epistemología. Esta perspectiva “busca que los estudiantes desarrollen su talento y se realicen plenamente resolviendo problemas de la sociedad real, con base en sus propias vivencias, seleccionando áreas concretas de actuación” (Aliaga-Pacora, Luna-Nemecio, 2020; Ambrosio, 2018; Tobón et al, 2015, p. 12). El proceso socioformativo tiene por finalidad el desarrollo del talento de las personas a través de los procesos de identificación, interpretación, argumentación y resolución de problemas del entorno con una visión global y sistémica. (Tobón, 2017b). Así como el desarrollo de competencias, poniendo énfasis en la construcción de competencias investigativas que permitirán a los estudiantes ser más conscientes de su realidad y ser capaces de trabajar en forma colaborativa con proyectos de corto, mediano y largo plazo, que permitan mejorar su realidad local, regional y nacional, a fin de lograr una sociedad que este fundamentada en “la armonía, equidad y responsabilidad ambiental”. (Luna-Nemecio, 2020, p. 33).

El presente análisis documental tiene como metas: 1) Identificar los aportes de la Socioformación para la construcción de competencias investigativas 2) Analizar la construcción de las competencias investigativas en la sociedad del conocimiento y 3) Analizar como la construcción de competencias investigativas favorecerían un desarrollo social sostenible.

Desarrollo

Aportes de la socioformación para la construcción de competencias investigativas

La socioformación es un enfoque educativo, que surge como una alternativa latinoamericana, cuyo objetivo es crear y consolidar la sociedad del conocimiento (Tobón, 2017), que pretende desarrollar el talento humano “a través de la identificación, interpretación, argumentación y resolución de problemas del entorno con una visión global y sistémica” (Tobón, 2017b, p. 29) y lograr una calidad de vida digna (Tobón & Luna-Nemecio, 2020), con base a un proyecto ético de vida sólido, con trabajo colaborativo, emprendimiento y con las competencias necesarias a fin de afrontar los retos del contexto local, nacional y global, con bases en el pensamiento complejo (Tobón, 2013; Tobón, González, Nambo, & Vásquez Antonio, 2015) y la educación ambiental (Luna-Nemecio, 2019), por ser importante para el logro del desarrollo social sostenible y así se pueda construir la sociedad del conocimiento (Tobón, 2017a; Tobón, 2017b).

Una de las tareas importantes de la educación superior es justamente el desarrollo de las competencias profesionales, que implica un proceso de innovación, creación y renovación de paradigmas y prácticas pedagógicas llevadas a cabo por los maestros, a fin de responder a los cambios y exigencias que demanda el mundo contemporáneo. Es decir, la universidad debe vincular la ciencia, la tecnología con la producción, el trabajo y la construcción del conocimiento científico en bien de la resolución de problemas de la sociedad (Pérez, 2016); convirtiéndose así en un escenario que posibilite la construcción de competencias investigativas, favoreciendo el desarrollo integral del profesional y que este a su vez sea capaz de enfrentar los problemas, dando soluciones inmediatas a través de la puesta en práctica de los diferentes saberes, que le permitan profundizar conocimientos frente a un número de situaciones como verdaderos investigadores, cuyas competencias reales lo conduzcan al éxito. (Tobón, 2010, p. 37).

Lo que significa que la universidad debe formar profesionales que tengan una visión multidisciplinaria, humana, innovadora, holística y que sean capaces de priorizar los problemas de su entorno para ser atendidos en orden de prioridad con eficiencia y eficacia en busca del desarrollo y calidad de vida. (Pérez, 2016). En este sentido el Enfoque Socioformativo, considera a las competencias como: “Actuaciones integrales para formar profesionales que tengan una visión multidisciplinaria, humana, innovadores, con una visión holística (Tobón, 2013, p. 93), que cobraron importancia a partir de la *Declaración Mundial sobre Educación para Todos* (Unesco, 1990), que se fundamenta en la satisfacción de las necesidades básica del aprendizaje y una lograr una vida digna (Dipp, 2013).

Otro de los aportes importantes de la socioformación en la construcción de competencias investigativas es que busca que las personas desarrollen un pensamiento complejo, por medio de sus cinco ejes estructurales: “resolución de los problemas del entorno considerando los diferentes elementos en relación que influyen, análisis conceptual, análisis crítico, análisis sistémico de los problemas y procesos y la creatividad para generar nuevas soluciones a los problemas”. (Tobón, 2017b, p. 31), los cuales deben ser considerados e integrados como contenidos transversales durante la formación profesional, sí como en los posgrados con la finalidad de fortalecer la formación profesional, personal y social.

Las competencias investigativas en la sociedad del conocimiento

La educación juega un papel muy importante dentro de la sociedad, es considerada como el vector de creación del conocimiento y desarrollo. Actualmente la educación tiene grandes desafíos y demandas profesionales y de la sociedad (Tejada & Ruíz 2018), y más aún la educación universitaria. Sin embargo, tal como señala Freire los estudiantes universitarios no saben interpretar su realidad, “Freire demuestra que el trabajo docente, el del educador, no puede acontecer aislado de la investigación, porque no se trata solo de transmisión de conocimientos (‘educación bancaria’), en donde el educador lo sabe todo”. (Flores-Mondragón, 2019, p. 19). Lo anterior, pone en evidencia la importancia de las capacitaciones y actualizaciones que debe tener el maestro con el fin de empoderarse de técnicas, herramientas y métodos que le permita ser un buen mediador del aprendizaje y desarrollar en sus estudiantes las competencias, capacidades, habilidades que se necesitan para afrontar los desafíos.

Existen varias clasificaciones de competencias profesionales entre ellas la más conocida son las competencias básicas, genéricas y específicas. (Tobón, 2001, 2006; Vargas, 1999a, 1999b; Tobón 2013). Es necesario mencionar que las competencias básicas son necesarias para la vida, las genéricas

son comunes para todas las ocupaciones y profesiones y las específicas son inherentes a todas las ocupaciones y profesiones. (Tobón, 2006). Por lo tanto, las competencias investigativas están dentro de las competencias genéricas, denominadas también competencias transversales.

Cuando hablamos de competencias investigativas indudablemente nos referimos a las características innatas del ser humano, que son observar, conocer, descubrir y sobrevivir a través de los años (Dipp, 2013), estas deben ser desarrolladas en la universidad. El instituto CIFE, como producto de una serie de investigaciones, ha realizado una propuesta en la que considera ocho competencias genéricas: 1. Autogestión de la formación, 2. Comunicación oral y escrita, 3. Comunicación oral y escrita en una segunda lengua, 4. Trabajo en equipo y liderazgo, 5. Gestión de la información y conocimiento, 6. Emprendimiento, 7. Investigación y 8. Gestión de la calidad.

A continuación, en la tabla 1, se presenta la descripción de la competencia investigativa y algunos criterios que se deben considerar.

Tabla 1.

Competencia investigativa

Competencia	Descripción	Algunos criterios
Investigación	Resuelve problemas del contexto mediante una determinada metodología de investigación para generar conocimiento y actuar con mayor impacto en la realidad, considerando los saberes acumulados, el trabajo colaborativo y el compromiso ético.	1. Argumenta los diferentes componentes del concepto de investigación, dando cuenta de la definición, clasificación, características centrales, ejemplificación, diferencias, vinculación, etc. 2. Planifica una actividad o proyecto de investigación (o de intervención con un componente investigativo), acorde con una determinada problemática y metodología de presentación de proyectos. 3. Ejecuta el proceso de investigación abordando de forma proactiva y estratégica las dificultades que se presentan en el proceso, haciendo adaptaciones oportunas, acordes con los resultados esperados. 4. Sistematiza la información aportada por el proyecto bajo un determinado método, acorde con los objetivos y metodología del mismo proyecto. 5. Socializa los resultados de la investigación mediante diferentes estrategias (ponencias, videos, artículos, libros, etc.), dando cuenta del problema, de la metodología, de los resultados y de las conclusiones alcanzadas. 6. Actúa éticamente en todas las etapas del proceso investigativo, acorde con la naturaleza del proyecto, los códigos de ética de la investigación y la antropoética.

Fuente: Tobón (2013, p. 117).

De esta forma, la competencia investigativa, va a permitir el desarrollo de la comprensión tanto, de la realidad, la ciencia y la tecnología, para ello es necesario la aplicación de métodos, técnicas para recoger datos y abordarlos de manera que se solucionen los problemas del entorno. Por otro lado, los docentes deben también fortalecer sus competencias con la finalidad de ser verdaderos acompañantes en el abordaje de los diferentes temas que deben ser multidisciplinarios, trabajo en equipo y con tendencias a motivar actitudes críticas, valores, que motiven el cambio social. (Pérez, 2016). Debido a que, la tarea del docente es fortalecer las competencias sociales básicas para que el estudiante pueda desenvolverse en la sociedad del conocimiento, cohabitar y abogar por un ambiente sustentable, como atención a la formación integral del estudiante, que da lugar a la socioformación (Aliaga-Pacora & Luna-Nemecio, 2020; Tobón, et. al, 2015).

La construcción de competencias investigativas y el desarrollo social sostenible.

Es importante mencionar que el siglo XXI, ha sido nominado como el siglo de la sostenibilidad (Saraiva, Almeida, Bragancá & Barbosa, 2019), lo cual, implica trabajar desde las aulas y revalorizar la calidad de vida, rediseñar los planes y programas de estudio (Sarmiento, Cadena & Casanova, 2018). Así mismo se considere el papel de las autoridades, que dentro de sus principales funciones son la promoción y la gestión con liderazgo en favor del desarrollo y cuidado de la ciudadanía global (Herrera-Meza, 2018), con la finalidad de poner en marcha proyectos que tengan un gran impacto social a fin de mejorar la calidad de vida. (Jarquín- Cisneros, 2019). En vista de que, el desarrollo social sostenible requiere de la implementación de proyectos (Tobón, 2018b), estos pueden ser de corto, mediano y largo plazo, lo importante es que permitan promover la salud, elevar el empleo, fortalecer la convivencia y cuidar el medio ambiente (Tobón, 2017a), lo cual, se evidencia al satisfacer las necesidades económicas, sociales; considerando la diversidad cultural y por supuesto un ambiente sano (Luna- Nemecio, 2018) y lograr un desarrollo social sostenible.

La construcción de competencias investigativas bajo el enfoque de la socioformación aporta al desarrollo social sostenible a través de un trabajo “en colaboración con los actores y articulando el uso de las TIC, proyectos concretos, pero con visión global, para resolver los problemas reales y medir los resultados mediante productos tangibles” (Cárdenas, & Herrera-Meza, 2019, p. 83), como es la educación, la formación del ser humano. Siendo importante la participación de todos los profesionales y porque no decir de la sociedad en su conjunto para el progreso de la sostenibilidad (Juárez-Hernández, Tobón, Salas-Razo, & Cano, 2019).

Por otro lado, hablar del desarrollo social sostenible incluye la adopción y adaptación de políticas (sociales, económicas y ambientales), justas, así también, equitativas con un enfoque multisectorial, pluridisciplinar para que, con sus subconstructos, que incluyen la equidad, justicia, educación, calidad de vida, cohesión social, integración, valores éticos, ética ambiental, conciencia cívica (Åhman, 2013; Eizenberg & Jabareen, 2017). Que sólo será posible abarcar esta forma de estudio bajo un trabajo en equipo multidisciplinario y con un enfoque socioformativo, siendo los ejes principales la práctica de actitudes, valores, ética, idoneidad y de manera colaborativa (Juárez-Hernández, Tobón, Salas-Razo & Cano, 2019), en beneficio de la sociedad en su conjunto. Es decir, redirigirlo haciendo uso de estrategias de desarrollo (Dresner, 2002).

Se debe tener en cuenta que el concepto de sostenibilidad, no sólo enfatiza la calidad ambiental, también debe favorecerse la equidad, la justicia social (Aznar, 2009), que no es otra cosa que las competencias básicas para un desarrollo sostenible (Santoyo-Ledesma & Luna-Nemesio, 2019), con énfasis en las competencias investigativas. Hablar de sostenibilidad y poner en marcha implica no

sólo el análisis, la reflexión, sino también el compromiso con el progreso, el desarrollo de la sociedad del conocimiento la sostenibilidad del planeta, la inclusión, educación para todos, acceso a la salud, seguridad alimentaria, y erradicación de la pobreza en todas sus formas (Jarrín, & Tola, 2016; Santoyo-Ledesma & Luna-Nemecio, 2019).

Conclusiones

De acuerdo al análisis y reflexión se llegó a las conclusiones, de acuerdo a las metas propuestas: Los aportes de la Socioformación para la construcción de competencias investigativas son:

- Tener y manejar un pensamiento complejo que les permita a los profesionales vincular la ciencia, la tecnología con la producción, a través del desarrollo de los cinco ejes: resolución de los problemas del entorno considerando los diferentes elementos en relación que influyen, análisis conceptual, análisis crítico, análisis sistémico de los problemas, los procesos y la creatividad para generar nuevas soluciones a los problemas que hay y se presentan en el entorno.
- Que el trabajo colaborativo sea multidisciplinario para dar solución a los problemas de manera colectiva, y que estas pueden ser de corto, mediano y largo plazo, que sea una labor responsable, con idoneidad y ética que favorezca a la sociedad permitiendo una mejora continua y que garantice una buena calidad de vida.

En relación al análisis de la construcción de las competencias investigativas en la sociedad del conocimiento, se señala:

- Que la universidad innove los planes, programas curriculares acorde a las exigencias de la sociedad, además debe revalorar y fortalecer las competencias docentes, con la finalidad de que los maestros estén en la capacidad de ser buenos acompañantes y guías en el proceso de formación profesional para que puedan generar conocimientos y actuaciones que tengan un impacto positivo en la sociedad del conocimiento, a través de la puesta en marcha de los saberes, como son el saber ser, saber hacer, saber conocer y saber convivir.
- Por otro lado, los docentes deben de desarrollar con énfasis en los estudiantes las competencias investigativas, con la finalidad de que puedan actuar en los diferentes escenarios que les toque desempeñarse con responsabilidad, en forma colaborativa, orientado hacia una convivencia pacífica con base en la reflexión, la ética, la aplicación del conocimiento y la tecnología a fin de responder eficientemente a la sociedad del conocimiento.

En relación a la construcción de competencias investigativas y el desarrollo social sostenible, se menciona:

- Que la construcción de competencias investigativas permita a los profesionales tener una visión holística de los problemas de su entorno, para priorizar y plantear proyectos concretos, en colaboración con los diferentes actores de la sociedad articulando el conocimiento y el uso de las TIC.
- Por otro lado, también el profesional que desarrolle sus competencias investigativas, será capaz de adoptar y adaptar políticas sociales, económicas y ambientales, justas y equitativas para lograr un desarrollo social sostenible, con educación para todos, salud, alimentación y erradicación de la pobreza en nuestros países.

Referencias

- Åhman, H. (2013): Social sustainability–society at the intersection of development and maintenance. *Local Environment*, 18(10): 1153-1166. DOI: 10.1080/13549839.2013.788480
- Aliaga-Pacora, A., & Luna-Nemecio, J. (2020). La construcción de competencias investigativas del docente de posgrado para lograr el desarrollo social sostenible. *Revista ESPACIOS*, 1015. <https://cutt.ly/PoPCHoR>
- Ambrosio, R. (2018). The socioformacion: an approach to educational change. *Revista Iberoamericana de educación*, 76(1), 57-81. <https://cutt.ly/CisZB3K>
- Cárdenas, I., & Herrera-Meza, R. (2019). Socioformación y Gestión del Talento Humano para el Desarrollo Social Sostenible en la Sociedad del Conocimiento. *Ecociencia International Journal*, 1(1), 78-85. <https://cutt.ly/2oPVT8J>
- Dipp, A. J. (2013). Competencias investigativas: Una mirada a la Educación Superior. Recuperado de: <https://goo.gl/tVuzNg>.
- Dresner, S. (2002). *The Principles of Sustainable Development*. London: Earthscan Publications Ltd. <https://cutt.ly/ooPN6kW>
- Eizenberg, E. y Jabareen, Y. (2017): Social sustainability: A new conceptual framework. *Sustainability*, 9(1): 2-16. DOI: 10.3390/su9010068
- Flores-Mondragón, G. (2019). Marx and Freire. Critical and Sustainable Education. [Marx y Freire. Educación Crítica y Sustentable]. *Ecociencia. International Journal*, 1(1), 12-23. [doi:dx.doi.org/10.35766/je19112](https://doi.org/10.35766/je19112)
- Herrera-Meza, S. (2018, octubre). *La Gestión del Talento Humano desde la dirección escolar*. En S. R. Herrera-Meza (Moderador), III Congreso de Investigación en Gestión del Talento Humano (CIGETH-2018). Congreso conducido por el Centro Universitario CIFE, Cuernavaca, México (www.cife.edu.mx).
- Jarrín, G. & Tola, R. (2016). El capital intelectual: Las competencias básicas de los estudiantes universitarios ecuatorianos como estrategia viable para el desarrollo sostenible. XV Asamblea General. Asociación Latinoamericana de Facultades y Escuelas de Contaduría y Administración. Organismo de Cooperación y Estudio de la Unión de universidades de América Latina y el Caribe. Medellín, Colombia. <http://bit.ly/2DuNB22>
- Juárez-Hernández, L., Tobón, S., Salas-Razo, G., & Cano, J. (2019). Desarrollo sostenible: educación y sociedad. M+A. *Revista electrónica de medioambiente*, 20(1), 54-72. <https://cutt.ly/PoP1YTI>
- Luna-Nemecio, J. (2018, noviembre). *Desarrollo social sostenible: multidisciplinariedad y pensamiento complejo*. En J. Vélez (Coord.), Memorias del II Congreso Internacional de Tecnología, Ciencia y Educación para el Desarrollo Sostenible (CITED-2018). México: Centro Universitario CIFE-CORCIEM (www.cife.edu.mx).
- Luna-Nemecio, J. (2019) La Importancia de la Educación para lograr el Desarrollo Social Sostenible. [The Importance of Education to achieve Sustainable Social Development]. *Ecociencia. International Journal*, 1(1), 6-11. <https://doi.org/10.35766/je19111>
- Luna-Nemecio, J. (2020). *Para pensar el desarrollo social sostenible: múltiples enfoques, un mismo objetivo*. Mount Dora (USA)/Quito (Ecuador): Kresearch/ Religación. Centro de Investigaciones en Ciencias Sociales y Humanidades desde América Latina. Doi: <https://doi.org/10.35766/dss20>
- Pérez, P. (2016). Competencias Investigativas para la Construcción del Conocimiento en la Praxis

- Andragógica. *Novum Scientiarum*, (4) <https://cutt.ly/HoP9v2d>
- Santoyo-Ledesma, D. (2019). Enfoque del Desarrollo Social Sostenible y la Gestión del Talento Humano en el contexto de la Socioformación. *Ecociencia International Journal*, 1(1), 85-91. <https://doi.org/10.35766/je191112>
- Saraiva, S., Almeida, M., Bragança, L. y Barbosa, MT (2019). La inclusión de un indicador de conciencia de sostenibilidad en las herramientas de evaluación para edificios de escuelas secundarias. *Sostenibilidad*, 11 (2), 387. <https://doi.org/10.3390/su11020387>
- Sarmiento, A., Cadena, M., & Casanova, F. (2018). Diseño de instrumentos de identificación de estilos de aprendizaje en estudiantes de bachillerato de la UAC relacionados con el uso de tic. In Herrera-Meza y S. Tobón (Moderadores), *III Congreso Internacional de Evaluación (Valora-2018). Congreso conducido por el Centro Universitario CIFE, Cuernavaca, México.*
- Tejada, J. & Ruíz, C. (2015). Evaluación de competencias profesionales en educación superior: retos e implicaciones. *Educación XXI*, 19(1). doi:<https://doi.org/10.5944/educxx1.12175>
- Tobón, S. & Luna-Nemecio, J. (2020). Proposal for a new talent concept based on socioformation. *Educational Philosophy and Theory*. <https://cutt.ly/wisoYrE>
- Tobón, S. (2006). *Las competencias en la educación superior. Políticas de calidad.* Ecoe Ediciones. Bogotá.
- Tobón, S. (2010). *Formación Integral y Competencias: Pensamiento complejo, currículo, didáctica y evaluación.* Bogotá: Ecoe.
- Tobón, S. (2013). El concepto de competencias. Una perspectiva socioformativa. En S. Tobón, *Formación integral y competencias. Pensamiento complejo, currículo, didáctica y evaluación* (págs. 85-146). Bogotá: ECOE.
- Tobón, S. (2017a, noviembre). *Educación pertinente para el desarrollo sustentable en la sociedad del conocimiento.* En J. Velez-Ramos (Moderador), The 1st International Conference on Technology, Science and Education for Sustainable Development, CITED. Congreso conducido por CORCIEM y el Centro Universitario CIFE, Cuernavaca, México (www.cife.edu.mx).
- Tobón, S. (2017b). Ejes esenciales de la sociedad del conocimiento y la socioformación. Mount Dora (USA): Kresearch. doi: [dx. doi. org/10.24944/isbn. Educación](https://doi.org/10.24944/isbn.Educación).
- Tobón, S. (2018a, octubre). *Desarrollo del proyecto ético de vida. Un enfoque socioformativo.* En S. R. Herrera-Meza (Moderador), III Congreso de Investigación en Gestión del Talento Humano (CIGETH-2018). Congreso conducido por el Centro Universitario CIFE, Cuernavaca, México (www.cife.edu.mx).
- Tobón, S. (2018b, noviembre). *Proyectos formativos y habilidades socioemocionales: una estrategia para el desarrollo social sostenible.* En J. Vélez (Coord.), *Memorias del II Congreso Internacional de Tecnología, Ciencia y Educación para el Desarrollo Sostenible (CITED-2018).* México: Centro Universitario CIFE-CORCIEM (www.cife.edu.mx).
- Tobón, S. (2001). *Aprender a emprender: un enfoque curricular.* Red Crear, Fundación Universitaria del Oriente-Funorie.4
- UNESCO (1990). Declaración Mundial sobre Educación para Todos: Satisfacción de las Necesidades Básicas de Aprendizaje. <https://cutt.ly/ristA9m>
- Vargas, M. (2009a). *Diseño curricular por competencias.* México. ANFEI
- Vargas, M. (2009b). *Diseño curricular por competencias* (2nd ed.). México. ANFEI



Macrófitas acuáticas, plantas terrestres y su importancia en el control de los florecimientos de cianobacterias. Una revisión documental.



René Solano Jiménez

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), México;
rene.solano@posgrado.imta.edu.mx

Resumen: Los florecimientos de cianobacterias tóxicas son una amenaza para la salud de los ecosistemas acuáticos y de los seres humanos en todo el mundo. En el presente trabajo, mediante un análisis documental, se cuantificó el número de las plantas acuáticas y terrestres reportadas para control de estos florecimientos y las metodologías que se utilizan para determinar la actividad alelopática, con el objetivo de proporcionar a los investigadores un panorama general de los avances realizados en la última década. Se identificaron 74 especies de plantas, 44 macrófitas acuáticas y 30 terrestres. Según la CE_{50} , los compuestos puros son más eficientes que los extractos crudos, con la desventaja de ser más costosos. Finalmente, se determinó que existen 4 técnicas para analizar la actividad alelopática de las plantas sobre las cianobacterias, siendo la experimentación en mesocosmos y en coexistencia las que más se aproximan a las condiciones naturales de un cuerpo de agua.

Palabras clave: *Cianobacterias tóxicas, control biológico, macrófitas acuáticas, plantas terrestres, actividad alelopática*

Title: Aquatic macrophytes, land plants and their importance in controlling cyanobacterial blooms. A documentary review

Abstract: Toxic cyanobacteria blooms are a threat to the health of aquatic ecosystems and humans worldwide. In the present work, by means of a documentary analysis, the number of aquatic and terrestrial plants reported to control these blooms and the methodologies used to determine allelopathic activity were quantified, with the aim of providing researchers with an overview of the progress made in the last decade. 74 plant species, 44 aquatic macrophytes and 30 terrestrials were identified. According to CE_{50} , pure compounds are more efficient than raw extracts, with the disadvantage of being more expensive. Finally, it was determined that there are 4 techniques to analyze the allelopathic activity of plants on cyanobacteria, being the experimentation in mesocosms and in coexistence those that are closest to the natural conditions of a body of water.

Keywords: *allelopathic activity; aquatic macrophytes; biological control; land plants; toxic cyanobacteria*

Introducción

En los últimos años, una variedad de investigaciones han indicado que los principales fenómenos que promueven los florecimientos masivos de cianobacterias son la eutrofización natural y antropogénica (Lürling et al., 2017), el calentamiento global (Paerl et al., 2016; Lürling et al., 2017) y el aumento de los niveles de CO₂ (Bullerjahn et al., 2016; Visser et al., 2016), pudiendo aumentar su frecuencia, toxicidad, intensidad y duración en los cuerpos de agua de todo el mundo, incluso varios modelos probabilísticos avalan dichas afirmaciones (Cha et al., 2014; Rigosi et al., 2015). Esta tendencia es muy preocupante, pudiendo tener efectos devastadores sobre la biodiversidad y el funcionamiento de los ecosistemas acuáticos (Cantoral et al., 2017) y amenazar la salud de los seres humanos y de otros animales (Carmichael & Boyer, 2016; Grattan et al., 2016), debido a que muchas especies de cianobacterias producen una amplia variedad de cianotoxinas altamente tóxicas y estables (Grattan et al., 2016; Huisman et al., 2018).

Actualmente existen tres tipos de enfoques principales para eliminar o controlar los florecimientos masivos de cianobacterias: físicos, químicos y biológicos. Los métodos físicos (Cobo et al., 2015; Cheng et al., 2017), que consumen mucha energía, son poco eficientes y pueden causar daños a otros organismos no perjudiciales (Shao et al., 2013). Los tratamientos químicos, que involucran el uso de una variedad de alguicidas y antibióticos (Yang et al., 2013; Zhou et al., 2013), que han mostrado ser altamente eficientes en el control de las de cianobacterias. No obstante, debido a la alta toxicidad, persistencia y bioacumulación de algunos de estos compuestos, otros organismos suelen ser severamente afectados (Meng et al., 2015). Incluso se ha sugerido que la introducción de alguicidas químicos en cuerpos de agua puede destruir completamente los ecosistemas acuáticos (Shao et al., 2013).

Investigaciones recientes sobre el aprovechamiento de algunas especies de plantas acuáticas y terrestres, así como de los metabolitos secundarios que producen llamados “aleloquímicos” como un método de control biológico ambientalmente benigno ha venido ganando importancia, debido a que presentan actividades inhibitorias o alelopáticas sobre el fitoplancton dañino y pueden degradarse de manera natural (Chen et al., 2018). Esencialmente, el término “alelopatía” podría interpretarse como, todo aquel proceso inducido por metabolitos secundarios biosintetizados por bacterias, algas o plantas, que al ser liberados en el medio circundante inhiben el crecimiento y/o desarrollo de otras bacterias, algas o plantas (Žak & Kosakowska, 2016). Las inhibiciones observadas se han relacionado con compuestos como fenoles, quinonas, terpenoides alcaloides, fenilpropanoides y sus derivados, taninos, flavonoides y ácidos orgánicos, que pueden tener propiedades alguistáticas o alguicidas (Tebaa et al., 2018; Sinang et al., 2019; Tan et al., 2019). Además, se ha observado que las especies de cianobacterias suelen ser más sensibles a los aleloquímicos que otras especies de algas no dañinas (Wen et al., 2018; Mowe et al., 2019). Por lo tanto, este enfoque resulta ser el más prometedor para el tratamiento de los florecimientos de cianobacterias dañinas.

Tomando en consideración lo anterior, en la presente investigación se pretende ahondar en el uso que se le ha dado a las plantas acuáticas y terrestres como un método biológico eficiente y seguro para la salud de los ecosistemas acuáticos y de los seres humanos en el control de los florecimientos de cianobacterias tóxicas, siendo los propósitos:

- 1) conocer las especies de plantas acuáticas y terrestres que han mostrado tener un potencial para ser aprovechadas en la recuperación de cuerpos de agua con problemas de florecimientos de cianobacterias productoras de toxinas;
- 2) describir los extractos crudos y compuestos aislados, los mecanismos de acción que ejercen

contra las cianobacterias, así como determinar si alguno de ellos podría tener una mayor eficiencia para su aplicación en campo.

- 3) examinar de manera crítica los métodos utilizados actualmente para el control de los florecimientos de cianobacterias a escala de laboratorio y a escala piloto; y
- 4) reflexionar sobre los retos que se deben superar para poder aplicar *in situ* esta metodología.

Metodología

Tipo de estudio

Esta investigación consiste en un estudio de tipo análisis documental, que esencialmente se refiere a la búsqueda, selección, organización y análisis de una variedad de documentos escritos del dominio público que contienen información sobre el fenómeno que deseamos estudiar, para responder satisfactoriamente a una o varias preguntas sobre dicho fenómeno, estableciendo una serie de categorías de análisis, que funjan como una guía en el análisis crítico de los documentos para observar de manera más clara los vacíos del tema y proponer soluciones que conduzcan hacia nuevas investigaciones que llenen dichos vacíos (Rodríguez & Luna-Nemecio, 2019).

Categorías de análisis

Se seleccionaron tres categorías de fundamental importancia para alcanzar los objetivos planteados en la presente investigación, que fueron: macrófitas acuáticas y plantas terrestres, extractos crudos y compuestos puros, pruebas alguicidas y aplicación en campo (Tabla 1). Estas categorías de investigación pretenden tomar en cuenta los puntos más importantes de la problemática del control de los florecimientos de cianobacterias tóxicas mediante el uso de sustancias biológicamente derivadas, para analizar de manera crítica la mayor cantidad de conocimiento posible obtenido en la última década, reconocer los enfoques donde la investigación es escasa y proporcionar algunas perspectivas que podrían ser de utilidad para el desarrollo de nuevas investigaciones.

Tabla 1.

Categorías de análisis y sus respectivas preguntas de investigación.

Categorías de análisis	Preguntas de investigación
Macrófitas acuáticas y plantas terrestres	¿Cuántas especies de macrófitas acuáticas y plantas terrestres han mostrado tener un potencial efecto sobre las cianobacterias tóxicas? ¿El uso de plantas terrestres podría tener una ventaja en el control de los florecimientos de cianobacterias tóxicas en comparación con las macrófitas acuáticas?
Extractos crudos y compuestos puros	¿Cuáles son los mecanismos de acción de los extractos crudos y los compuestos puros sobre las cianobacterias? ¿Los extractos crudos, exudados, filtrados y plantas vivas son más eficientes que los compuestos puros?
Pruebas alguicidas y aplicación en campo	¿Qué tipo de pruebas se aplican para conocer los efectos alelopáticos de las plantas sobre las cianobacterias? ¿Las investigaciones futuras deben centrarse en experimentos en mesocosmos e <i>in situ</i> ?

Fuente: Elaborado por Solano-Jiménez para la presente investigación.

La búsqueda de documentos se llevó a cabo consultando bases de datos y fuentes electrónicas como Redalyc, Google Scholar, Scielo y Science Direct, empleando en cada caso algunas palabras claves como: Toxic cyanobacteria, biological control, aquatic macrophytes, land plants, allelopathic activity.

Criterios de búsqueda y selección

Con el objetivo de contar con artículos científicos que ofrecieran un aporte importante a la investigación, se utilizaron los siguientes criterios de búsqueda y selección: 1) que el artículo tratara algunos conceptos clave como, cyanobacteria blooms, macrophyte allelopathy on cyanobacteria, terrestrial plants for the control of cyanobacteria y *Microcystis aeruginosa*; 2) que hayan sido publicados a partir del año 2010 en adelante; 3) que el título y resumen del artículo aporten de manera clara la información requerida; y 4) que el artículo pertenezca a una revista indexada y/o internacional.

Así pues, realizando en conjunto lo anteriormente expuesto, se lograron obtener 52 artículos en inglés en torno al tema de los florecimientos de cianobacterias tóxicas en cuerpos de agua dulce y su control mediante el uso de macrófitas acuáticas y plantas terrestres y sus compuestos alelopáticos.

Resultados

Macrófitas acuáticas y plantas terrestres

Las macrófitas acuáticas juegan un papel muy importante en la salud de los ecosistemas acuáticos, una variedad de investigaciones han demostrado que, la introducción de las plantas vivas, así como de algunos metabolitos secundarios que biosintetizan en cuerpos de agua eutróficos poco profundos contaminados con cianobacterias, pueden mejorar significativamente su condición, llevándolos a un estado de agua clara (Zhang et al., 2015; Zhang et al., 2016; Mowe et al., 2019). Por otra parte, los extractos de muchas plantas terrestres también han mostrado ser efectivos en el control de la biomasa cianobacterial. Estas plantas se distribuyen principalmente entre las familias de *Papaveraceae*, *Rutaceae*, *Apiaceae*, *Asteraceae*, y *Ephedraceae* (Shao et al., 2013).

En la presente investigación, en los 52 artículos de investigación revisados correspondientes al periodo 2010 – 2019, se identificaron 44 especies de macrófitas, de las cuales 25 son sumergidas (Tabla 2), 17 emergentes y 2 especies flotantes (Tabla 3). Con respecto a las plantas terrestres, se encontraron 30 especies repartidas en varias familias (Tabla 4), dando un total de 74 especies de plantas que han demostrado tener un efecto alelopático sobre el crecimiento de distintas especies de cianobacterias.

Tabla 2

Especies de macrófitas sumergidas con efectos alelopáticos en cianobacterias.

Especie	Cianobacteria	Referencias
<i>Cabomba caroliniana</i>	<i>M. aeruginosa</i>	Chang et al., 2012
<i>Ceratophyllum demersum</i>	<i>M. aeruginosa</i> ; <i>Oscillatoria tenuis</i>	Ghobrial et al., 2015; Wang et al., 2015
<i>Chara australis</i>	<i>Anabaena variabilis</i>	Pakdel et al., 2013
<i>Cryptocoryne crispatula</i>	Fitoplancton	Wang et al., 2012
<i>Egeria densa</i>	Fitoplancton	Vanderstukken et al., 2011
<i>Eleocharis acicularis</i>	<i>M. aeruginosa</i>	Chang et al., 2012
<i>Elodea nuttallii</i>	Fitoplancton	Vanderstukken et al., 2014

<i>Hydrilla verticillata</i>	<i>M. aeruginosa</i> ,	Zhang et al., 2012;
<i>Hygrophila stricta</i>	<i>Anabaena flos-aquae</i>	Wang et al., 2015
<i>Lemna trisulca</i>	Fitoplancton	Wang et al., 2012
<i>Limnophila sessiliflora</i>	<i>Anabaena flos-aquae</i>	Kaminski et al., 2015
<i>Lindernia rotundifolia</i>	<i>M. aeruginosa</i>	Chang et al., 2012
<i>Myriophyllum spicatum</i>	Fitoplancton	Wang et al., 2012
	<i>M. aeruginosa</i>	He et al., 2016;
		Lu et al., 2017
<i>Myriophyllum verticillatum</i>	<i>M. aeruginosa</i>	Chang et al., 2012
<i>Potamogeton crispus</i>	<i>Anabaena variabilis</i>	Pakdel et al., 2013
<i>Potamogeton cristatus</i>	<i>M. aeruginosa</i>	Wang et al., 2015
<i>Potamogeton illinoensis</i>	Fitoplancton	Vanderstukken et al., 2011
<i>Potamogeton lucens</i>	<i>M. aeruginosa</i>	Wang et al., 2015
<i>Potamogeton maackianus</i>	<i>M. aeruginosa</i>	Wang et al., 2010;
		Wang et al., 2015
<i>Potamogeton malaianus</i>	<i>M. aeruginosa</i>	Wang et al., 2010
<i>Potamogeton pectinatus</i>	<i>M. aeruginosa</i> ;	Ghobrial et al., 2015
	<i>Oscillatoria tenuis</i>	
<i>Potamogeton pusillus</i>	<i>M. aeruginosa</i>	Takeda et al., 2011
<i>Stratiotes aloides</i>	<i>Anabaena variabilis</i>	Mohamed & Al Shehri, 2010
<i>Vallisneria spirulosa</i>	<i>M. aeruginosa</i>	Wang et al., 2015
<i>Vallisneria spiralis</i>	<i>M. aeruginosa</i>	Wang et al., 2014

Fuente: Elaborado por Solano-Jiménez para la presente investigación.

Tabla 3

Especies de macrófitas emergentes y flotantes con efectos alelopáticos en cianobacterias.

Macrófitas emergentes	Cianobacteria	Referencia
<i>Acorus calamus</i>	<i>M. aeruginosa</i> ,	Zhang et al., 2015
	<i>Anabaena flos-aquae</i> y	
	<i>Aphanizomenon flos-aquae</i>	
<i>Arundo donax</i>	<i>M. aeruginosa</i>	Hong et al., 2010
		Wang et al. 2014
<i>Ipomoea aquatica</i>	Fitoplancton	Mowe et al., 2019
<i>Ludwigia adscendens</i>	Fitoplancton	Mowe et al., 2019
<i>Nelumbo nucifera</i>	<i>M. aeruginosa</i>	Chen et al., 2012
<i>Nymphacea tetragona</i>	<i>M. aeruginosa</i>	Chen et al., 2012
<i>Oenanthe javanica</i>	<i>M. aeruginosa</i> ,	Zhang et al., 2015
	<i>Anabaena flos-aquae</i> y	
	<i>Aphanizomenon flos-aquae</i>	
<i>Pandanus amaryllifolius</i>	Fitoplancton	Mowe et al., 2019
<i>Persicaria barbata</i>	Fitoplancton	Mowe et al., 2019
<i>Phragmites communis</i>	<i>M. aeruginosa</i>	Zhang et al., 2015
<i>Sagittaria sagittifolia</i>	<i>Anabaena flos-aquae</i> y	Zhang et al., 2015
	<i>Aphanizomenon flos-aquae</i>	
<i>Sagittaria trifolia</i>	<i>M. aeruginosa</i>	Li et al., 2016

<i>Schoenoplectus californicus</i>	<i>M. aeruginosa</i>	Chicalote et al., 2017
<i>Sphagneticola trilobata</i>	Fitoplancton	Mowe et al., 2019
<i>Thalia dealbata</i>	<i>A. flos-aquae</i> , <i>M. aeruginosa</i>	Zhang et al., 2011; Li et al., 2016
<i>Typha latifolia</i>	<i>M. aeruginosa</i>	Wang et al. 2014
<i>Typha orientalis</i>	<i>M. aeruginosa</i>	Chen et al., 2012
Macrófitas flotantes		
<i>Lemna japonica</i>	<i>M. aeruginosa</i>	Li et al., 2016
<i>Pistia stratiotes</i>	<i>M. aeruginosa</i> ; Cianobacterias	Wu et al., 2013; Sinang et al., 2019

Fuente: Elaborado por Solano-Jiménez para la presente investigación.

Tabla 4

Especies de plantas terrestres con efectos inhibitorios sobre cianobacterias.

Especie	Cianobacteria	Referencia
<i>Achillea ageratum</i>	<i>M. aeruginosa</i>	Tebaa et al., 2017
<i>Acorus tatarinowii</i>	<i>M. aeruginosa</i>	Yi et al., 2012
<i>Ailanthus altissima</i>	<i>M. aeruginosa</i>	Meng et al., 2015
<i>Artemisia annua</i>	<i>M. aeruginosa</i>	Ni et al., 2012a; Ni et al., 2012b
<i>Artemisia herba alba</i>	<i>M. aeruginosa</i>	Tebaa et al., 2018
<i>Camellia sinensis</i>	<i>M. aeruginosa</i>	Lu et al., 2013
<i>Chelidonium majus</i>	<i>M. aeruginosa</i>	Jančula et al., 2010
<i>Cinnamomum camphora</i>	<i>M. aeruginosa</i>	Chen et al., 2018 Yakefu et al., 2018
<i>Conyza Canadensis</i>	<i>M. aeruginosa</i>	Ni et al., 2011
<i>Cosmos caudatus</i>	<i>Microcystis</i> , <i>Oscillatoria</i> y <i>Anabaena</i>	Sinang et al., 2019
<i>Dracontomelon duperreanum</i>	<i>M. aeruginosa</i>	Wang et al., 2016 ^a
<i>Ephedra equisetina</i>	<i>M. aeruginosa</i>	Yan et al., 2012; Matthijs et al., 2016
<i>Erigeron annuus</i>	<i>M. aeruginosa</i>	Ni et al. 2011
<i>Eucalyptus grandis</i>	<i>M. aeruginosa</i>	Zhao et al., 2019
<i>Eupatorium fortunei</i>	<i>M. aeruginosa</i>	Pham et al., 2018
<i>Ginkgo biloba</i>	<i>M. aeruginosa</i>	Zhang et al., 2014
<i>Iris tectorum</i>	<i>Microcystis</i>	Cheng et al., 2017
<i>Iris wilsonii</i>	<i>M. aeruginosa</i>	Chen et al., 2012
<i>Ligustrum lucidum</i>	<i>M. aeruginosa</i>	Wu et al., 2014
<i>Ludwigia hexapetala</i>	<i>M. aeruginosa</i>	Santonja et al., 2018
<i>Melastoma malabathricum</i>	<i>Microcystis</i> , <i>Oscillatoria</i>	Sinang et al., 2019

<i>Moringa oleifera</i>	y <i>Anabaena</i> <i>M. aeruginosa</i>	Lürling & Beekman, 2010
<i>Origanum compactum</i>	<i>M. aeruginosa</i>	Tebaa et al., 2017
<i>Phellodendron amurense</i>	<i>M. aeruginosa</i>	Yi et al., 2012
<i>Phragmites australis</i>	<i>M. aeruginosa</i>	Chicalote et al., 2017
<i>Polygonum cuspidatum</i>	<i>M. aeruginosa</i>	Yi et al., 2012
<i>Portulaca oleracea</i>	<i>M. aeruginosa</i>	Wang et al., 2016b
<i>Salix atronicerea</i>	<i>Planktothrix agardhii</i>	Le Rouzic et al., 2016
<i>Salvia miltiorrhiza</i>	<i>M. aeruginosa</i>	Yi et al., 2012; Zhang et al., 2013
<i>Thymus satureioides</i>	<i>M. aeruginosa</i>	Tebaa et al., 2018

Fuente: Elaborado por Solano-Jiménez para la presente investigación.

Extractos crudos y compuestos puros

Los extractos crudos son sustancias obtenidas al sumergir el material vegetal seco y pulverizado en un disolvente orgánico, como hexano, acetato de etilo etanol o metanol, entre otros, los cuales pueden extraer diferentes familias de compuestos dependiendo de su polaridad (Ghobrial et al., 2015; Zhang et al., 2015; Wang et al., 2016b; Yakefu et al., 2018). Los compuestos puros pueden obtenerse a partir de un extracto crudo mediante una serie de cromatografías en columna y varios fraccionamientos, para finalmente ser identificados y cuantificados mediante diferentes técnicas analíticas (Santonja et al., 2018; Yakefu et al., 2018), o simplemente adquirirse de algún proveedor (Techer et al., 2016).

Mecanismos de acción

Actualmente, se conocen seis mecanismos de acción que ejercen tanto las plantas vivas, como los extractos crudos y los compuestos puros en el crecimiento de las cianobacterias, los cuales son: 1) disminución de la densidad celular (Wang et al., 2014; Wang et al., 2015), 2) destrucción de la pared celular (He et al., 2016; Tan et al., 2019), 3) inhibición de la actividad fotosintética (Ghobrial et al., 2015; Lu et al., 2017), 4) alteración de la respiración celular (Zhu et al., 2010), 5) reducción de la actividad enzimática (He et al., 2016; Lu et al., 2017) y 6) daño en el núcleo celular y en el AND (He et al., 2016; Lu et al., 2017).

Concentración efectiva media (CE₅₀)

La concentración efectiva media o de inhibición media (CE₅₀), es la concentración de una sustancia que presenta algún efecto en el 50% de los organismos expuestos (Vázquez et al., 2018), este dato puede ser útil para determinar la eficiencia de un extracto crudo o de un compuesto puro sobre las cianobacterias. En las Fig. 1, se muestran las CE₅₀ de algunos compuestos sobre *M. aeruginosa* como, alcaloides como la gramina (Hong et al., 2010), queleritrina, sanguinarina berberina y coptisina (Jančula et al., 2010); terpenoides como artemisinina (Ni et al., 2012a); ácidos fenólicos como los ácidos gálico, pirogálico, cafeico,

sinápico, siríngico, protocatéquico y catecol (Nakai et al., 2001); quinonas como hidroquinona, hidroxihidroquinona (Nakai et al., 2001) y neo-przewaquinona A (Zhang et al., 2013); el flavonoide (+)-catequina y el etil-2-metil acetoacetato (EMA) (Li et al., 2005). En la Fig. 2, se muestran los valores de las CE_{50} de extractos crudos sobre el crecimiento de diferentes especies de cianobacterias, tomando los resultados publicados por Ni et al., 2011, Yi et al., 2012 y Zhang et al., 2015.

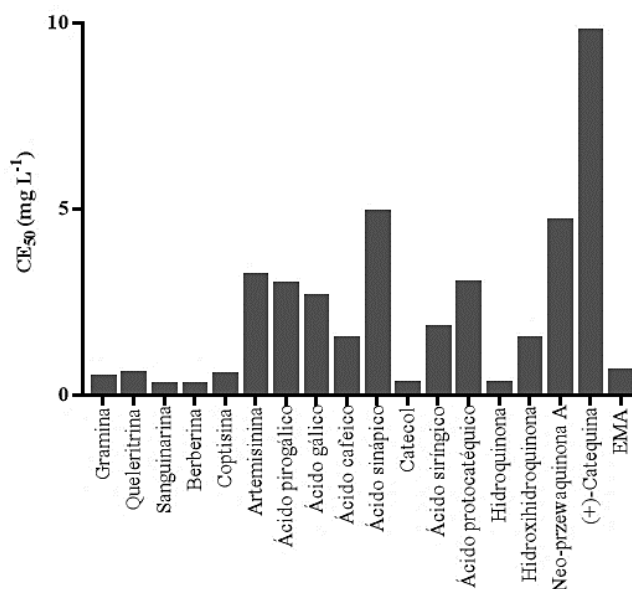


Fig. 1. CE_{50} de algunos compuestos puros sobre *M. aeruginosa*.

Fuente: Elaborado por Solano-Jiménez para la presente investigación.

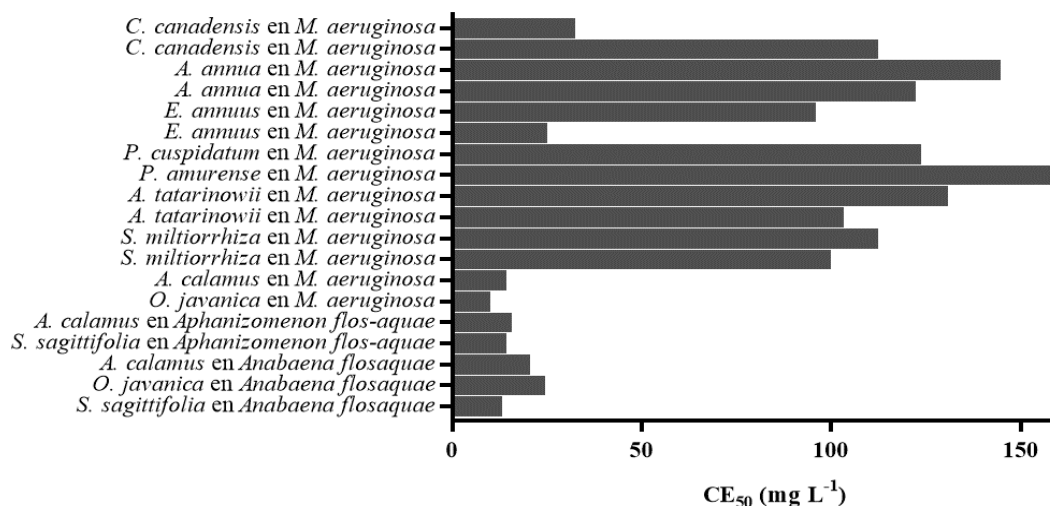


Fig. 2. CE_{50} de algunos extractos crudos sobre algunas especies de cianobacterias.

Fuente: Elaborado por Solano-Jiménez para la presente investigación.

Pruebas alguicidas

En este trabajo se identificaron cuatro técnicas utilizadas para determinar la actividad alelopática de una especie de planta viva, un extracto crudo o un compuesto puro sobre una o más especies de cianobacterias o una comunidad de fitoplancton.

Experimentación en monocultivo. Consiste en el estudio de una sola especie de cianobacteria. Permite conocer los posibles mecanismos de acción que ejerce alguna sustancia en el organismo de las cianobacterias (Meng et al., 2015; Zhang et al., 2015; Li et al., 2016; Chicalote et al., 2017; Yakefu et al., 2018; Zhao et al., 2019).

Experimentación en coexistencia: Se usan plantas vivas coexistiendo con una o varias especies de fitoplancton como cianobacterias y clorófitas, donde se pretende que los metabolitos secundarios de las plantas liberados de manera natural disminuyan de manera selectiva el biovolumen cianobacterial (Chang et al., 2012; He et al., 2016).

Experimentación en mesocosmos. Se estudia el comportamiento de un conjunto de fitoplancton donde se monitorea principalmente la concentración de clorofila-a (Zhang et al., 2011; Zhang et al., 2015; Sinang et al., 2019), los cambios en la dominancia de los diferentes grupos de fitoplancton (Techer et al., 2016; Zhang et al., 2016; Sinang et al., 2019; Mowe et al., 2019), que pueden reflejar de manera indirecta el grado de inhibición de los aleloquímicos.

Experimentación *in situ*. En esta metodología se estudian los efectos alelopáticos directamente en el cuerpo de agua, ya sea pequeño, como un estanque, o de mayor tamaño, como un lago. Se monitorean parámetros de calidad del agua como turbidez, DQO y nutrientes, población de cianobacterias, de otras bacterias no dañinas, de zooplancton y de organismos superiores como macrófitas y peces, con el propósito de comprobar que la comunidad cianobacteriana sea la más afectada por los extractos de las plantas (Wang et al., 2012; Yan et al., 2012).

Discusión

El uso de macrófitas acuáticas para el control de diferentes especies de fitoplancton, especialmente de la comunidad de cianobacterias dañinas, ha ganado importancia en la última década, siendo los géneros *Myriophyllum* y *Potamogeton* los más estudiados, y raramente se reporta el uso de macrófitas flotantes; sin embargo, *Pistia stratiotes* (Wu et al., 2013; Sinang et al., 2019) resultó ser altamente efectiva para el control de la biomasa cianobacterial. En cuanto a las especies terrestres, también han mostrado efectos alelopáticos en las cianobacterias, debido a que biosintetizan varias familias de compuestos con actividad anticianobacterial como ácidos fenólicos (Zhang et al., 2014), flavonoides (Wen et al., 2018), terpenoides (Chen et al., 2018), ácidos grasos (Wang et al., 2015), alcaloides (Jančula et al., 2010) y lactonas (Tan et al., 2019). Incluso Meng et al., 2015, sugieren que las especies terrestres pueden tener una aplicación más práctica, ya que por lo general, se puede contar con una mayor cantidad de biomasa vegetal.

Los aleloquímicos de las plantas se consideran los alguicidas eficaces y amigables con el ambiente, debido a su inhibición efectiva sobre las algas y su fácil degradación en la naturaleza. Desafortunadamente, los compuestos identificados suelen ser costosos para la aplicación práctica (Chen et al., 2018), a diferencia de los extractos crudos cuyo costos de elaboración son significativamente más bajos. En este contexto, el cálculo de la CE₅₀ resulta de gran utilidad, ya que algunos alcaloides como la gramina (Hong et al., 2010) o la queleritrina (Jančula et al., 2010) tienen una CE₅₀ de 0.47 y 0.57 mg L⁻¹, respectivamente, lo que significa que a concentraciones bajas estos compuestos pueden inhibir fuertemente el crecimiento de las cianobacterias. En cambio, aunque hay algunos extractos crudos que presentan valores de CE₅₀ relativamente bajos como el extracto

etanólico de *O. javanica* o el extracto hexánico de *S. sagittifolia*, 9.23 y 12.38 mg L⁻¹, respectivamente (Zhang et al., 2015), generalmente los extractos crudos suelen ser menos eficientes que los compuestos puros (Fig. 1 y Fig. 2), lo que se traduciría en la aplicación de una mayor dosis y por lo tanto en el aumento de los costos. Sin embargo, Meng et al. (2015) proponen una solución obvia para maximizar el costo-beneficio en la aplicación en campo tanto de los extractos crudos como de los compuestos puros, que básicamente consiste en aplicarlos de manera preventiva en las primeras etapas del florecimiento.

Con relación a las diferentes técnicas de experimentación para determinar la actividad alelopática, resulta evidente que la experimentación en mesocosmos y en coexistencia, imitan de mejor manera las condiciones que se pueden encontrar en un cuerpo de agua real (Sinang et al., 2019; Mowe et al., 2019), al controlar los principales factores de confusión como la competencia por los recursos (nutrientes y luz) entre las especies coexistentes. No obstante, las interacciones alelopáticas en los ecosistemas acuáticos son complejas y difíciles de estudiar, debido a la dificultad de separar los efectos alelopáticos de otras interacciones biológicas (Zhang et al., 2015; Zhang et al., 2016), por tanto, resulta de gran importancia saber cómo se comportaría una sustancia en un ecosistema simulado antes de ser usados a gran escala.

Perspectivas

Una variedad de investigaciones ha demostrado que los extractos de las plantas acuáticas y terrestres, así como algunos aleloquímicos que producen tienen un gran potencial para el control de los florecimientos de cianobacterias. Sin embargo, en el presente trabajo se detectaron algunos vacíos de conocimiento que podrían dar pie a nuevas investigaciones, con el fin de proponer nuevas y mejores soluciones a este fenómeno.

- 1) Las macrófitas flotantes son la clase de plantas acuáticas menos estudiadas y teniendo en cuenta su efectividad, estudios futuros podrían examinar otras especies y sus mecanismos de acción. En cuanto a las especies terrestres, las investigaciones son escasas y pueden tener ventajas sobre las acuáticas. Por lo tanto, explorar su potencial resulta de vital importancia para controlar de manera efectiva los florecimientos de cianobacterias.
- 2) Los compuestos responsables de la inhibición del crecimiento de las cianobacterias son escasos y costosos, por lo que las investigaciones deben centrarse en el aislamiento e identificación de nuevos compuestos y en la optimización de los solventes orgánicos utilizados en el proceso de extracción.
- 3) Finalmente, resulta indispensable llevar a cabo más estudios donde se compruebe la selectividad tanto de los extractos crudos como de los compuestos aislados sobre las cianobacterias, con el propósito de determinar que otros organismos no dañinos no resulten afectados, y para ello, los experimentos en mesocosmos y en coexistencia resultan ser lo más apropiados.

Conclusiones

El análisis documental realizado tomando como pilares del conocimiento las categorías de análisis: *macrófitas acuáticas y plantas terrestres, extractos crudos y compuestos puros, pruebas alguicidas y aplicación en campo*, para desarrollar el tema del control biológico de florecimientos de cianobacterias tóxicas mediante el aprovechamiento de la actividad alelopática de especies de plantas acuáticas y terrestres, permitieron una comprensión clara de este fenómeno, sus implicaciones

para la salud de los ecosistemas acuáticos y para el ser humano, dando respuesta a cada una de las preguntas planteadas en este trabajo. Además, se visualizaron los vacíos de conocimiento existentes y se establecieron perspectivas para fortalecerlos en futuras investigaciones.

Referencias

- Bullerjahn, G. S., McKay, R. M., Davis, T. W., Baker, D. B., Boyer, G. L., D'Anglada, L. V., Doucette, G. J., Ho, J. C., Irwin, E. G., Kling, C. L., Kudela, R. M., Kurmayer, R., Michalak, A. M., Ortiz, J. D., Otten, T. G., Paerl, H. W., Qin, B., Sohngen, B. L., Stumpf, R. P., Visser, P. M., & Wilhelm, S. W. (2016). Global solutions to regional problems: Collecting global expertise to address the problem of harmful cyanobacterial blooms. A Lake Erie case study. *Harmful Algae*, 54, 223–238. <https://doi.org/10.1016/j.hal.2016.01.003>.
- Cantoral, U., Asencio, M., & Aboal, S. M. 2017. Cianotoxinas: efectos ambientales y sanitarios. Medidas de prevención. *Hidrobiológica*, 27(2), 241-251. <https://doi.org/10.24275/uam/izt/dcbi/hidro/2017v27n2/Cantoral>.
- Carmichael, W. W., & Boyer, G. L. (2016). Health impacts from cyanobacteria harmful algae blooms: Implications for the North American Great Lakes. *Harmful Algae*, 54, 194–212. <https://doi.org/10.1016/j.hal.2016.02.002>.
- Cha, Y., Park, S. S., Kim, K., Byeon, M., & Stow, C. A. (2014). Probabilistic prediction of cyanobacteria abundance in a Korean reservoir using a Bayesian Poisson model. *Water Resources Research*, 50(3), 2518–2532. <https://doi.org/10.1002/2013WR014372>.
- Chang, X., Eigemann, F., & Hilt, S. (2012). Do macrophytes support harmful cyanobacteria? Interactions with a green alga reverse the inhibiting effects of macrophyte allelochemicals on *Microcystis aeruginosa*. *Harmful Algae*, 19, 76–84. <https://doi.org/10.1016/j.hal.2012.06.002>.
- Chen, J., Zhang, H., Han, Z., Ye, J., & Liu, Z. (2012). The influence of aquatic macrophytes on *Microcystis aeruginosa* growth. *Ecological Engineering*, 42, 130–133. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2012.02.021>.
- Chen, S., Zheng, T., Ye, C., Huannixi, W., Yakefu, Z., Meng, Y., Peng, X., Tian, Z., Wang, J., Ma, Y., Yang, Y., Ma, Z., & Zuo, Z. (2018). Algicidal properties of extracts from *Cinnamomum camphora* fresh leaves and their main compounds. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 163, 594–603. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.07.115>.
- Cheng, L., Cao, X., & Yu, X. (2017). Mechanism of growth inhibition effect of aquatic plants on water cyanobacteria. *Insight: Biology*, 1, 1–9.
- Chicalote, C. D., Ramírez, G. P., & Macías, R. M. L. (2017). Allelopathic effects among selected species of phytoplankton and macrophytes. *Journal of Environmental Biology*, 38(Special issue), 1221-1227. DOI: 10.22438/jeb/38/6(SI)/07.
- Cobo, F. (2015). Métodos de control de las floraciones de cianobacterias en aguas continentales. *Limnetica*, 34(1), 247-268. DOI: 10.23818/limn.34.20.
- Ghobrial, M. G., Nassr, H. S., & Kamil, A. W. (2015). Bioactivity effect of two macrophyte extracts on growth performance of two bloom-forming cyanophytes. *The Egyptian Journal of Aquatic Research*, 41(1), 69-81. <https://doi.org/10.1016/j.ejar.2015.01.001>.
- Grattan, L. M., Holobaugh, S. J. & Morris, G. Jr. (2016). Harmful algal blooms and public health. *Harmful Algae*, 57(Part B), 2-8. DOI: 10.1016/j.hal.2016.05.003.

- He, Y., Hong, Z. Q., Yun, L. B., Cheng, L., Yun T. L., Yuan, Z. Y., & Bin, W. Z. (2016). Programmed cell death in the cyanobacterium *Microcystis aeruginosa* induced by allelopathic effect of submerged macrophyte *Myriophyllum spicatum* in co-culture system. *Journal of Applied Phycology*, 28(5), 2805–2814. <https://doi.org/10.1016/j.hal.2016.05.003>.
- Hong, Y., Hu, H. Y., Sakoda, A., & Sagehashi, M. (2010). Isolation and characterization of antialgal allelochemicals from *Arundo donax* L. *Allelopathy Journal* 25(2), 357–368. <http://www.allelopathyjournal.org/archives/?Year=2010&Vol=25&Issue=2&Month=4>.
- Huisman, J., Codd, G. A., Paerl, H. W., Ibelings, B. W., Verspagen, J. M. H., & Visser, P. M. (2018). Cyanobacterial blooms. *Nature Reviews Microbiology*, 16, 471–483. <https://doi.org/10.1038/s41579-018-0040-1>.
- Jančula, D., Gregorová, J., & Maršálek, B. (2010). Algicidal and cyanocidal effects of selected isoquinoline alkaloids. *Aquaculture Research*, 41, 598–601. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2009.02342.x>.
- Kaminski, A., Chrapusta, E., Bober, B., Adamski, M., Latkowska, E., & Bialczyk, J. (2015). Aquatic macrophyte *Lemna trisulca* (L.) as a natural factor for reducing anatoxin-a concentration in the aquatic environment and biomass of cyanobacterium *Anabaena flos-aquae* (Lyngb.) de Bréb. *Algal Research*, 9, 212–217. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2015.03.014>.
- Le Rouzic, B., Thiébaud, G., & Brient, L. (2016). Selective growth inhibition of cyanobacteria species (*Planktothrix agardhii*) by a riparian tree leaf extract. *Ecological Engineering*, 97, 74–78. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2016.07.021>.
- Li, F. M., & Hu, H. Y. (2005). Isolation and characterization of a novel antialgal allelochemical from *Phragmites communis*. *Applied and Environmental Microbiology*, 71(11), 6545–6553. <https://doi.org/10.1128/AEM.71.11.6545-6553.2005>.
- Li, J., Liu, Y., Zhang, P., Zeng, G., Cai, X., Liu, S., Yin, Y., Hu, X., Hu, X., & Tan, X. (2016). Growth inhibition and oxidative damage of *Microcystis aeruginosa* induced by crude extract of *Sagittaria trifolia* tubers. *Journal of Environmental Sciences*, 43, 40–47. <https://doi.org/10.1016/j.jes.2015.08.020>.
- Lu, Y., Wang, J., Yu, Y., Su, W., & Kong, F. (2013). Inhibition of *Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze on *Microcystis aeruginosa* and isolation of the inhibition factors. *Biotechnology Letters*, 35(7), 1029–1034. <https://doi.org/10.1007/s10529-013-1188-4>.
- Lu, Z., Sha, J., Tian, Y., Zhang, X., Liu, B., & Wu, Z. (2017). Polyphenolic allelochemical pyrogalllic acid induces caspase-3(like)-dependent programmed cell death in the cyanobacterium *Microcystis aeruginosa*. *Algal Research*, 21, 148–155. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2016.11.007>.
- Lürling, M., & Beekman, W. (2010). Anti-cyanobacterial activity of *Moringa oleifera* seeds. *Journal of Applied Phycology*, 22(4), 503–510. <https://doi.org/10.1007/s10811-009-9485-y>.
- Lürling, M., van Oosterhout, F., & Faassen, E. (2017). Eutrophication and warming boost cyanobacterial biomass and microcystins. *Toxins*, 9(2), 1–16. <https://doi.org/10.3390/toxins9020064>.
- Matthijs, H. C. P., Jančula, D., Visser, P. M., & Maršálek, B. (2016). Existing and emerging cyanocidal compounds: new perspectives for cyanobacterial bloom mitigation. *Aquatic ecology*, 50(3), 443–460. <https://doi.org/10.1007/s10452-016-9577-0>.
- Meng, P., Pei, H., Hu, W., Liu, Z., Li, X., & Xu, H. (2015). Allelopathic effects of *Ailanthus altissima* extracts on *Microcystis aeruginosa* growth, physiological changes and microcystins release. *Chemosphere*, 141, 219–226. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2015.07.057>.

- Mohamed, Z. A., & Al Shehri A. M. (2010). Differential responses of epiphytic and planktonic toxic cyanobacteria to allelopathic substances of the submerged macrophyte *Stratiotes aloides*. *International Review of Hydrobiology*, 95(3), 224-234. <https://doi.org/10.1002/iroh.200911219>.
- Mowe, M. A. D., Song, Y., Sim, D. Z. H., Lu, J., Mitrovic, S. M., Tan, H. T. W., & Yeo, D. C. J. (2019). Comparative study of six emergent macrophyte species for controlling cyanobacterial blooms in a tropical reservoir. *Ecological Engineering*, 129, 11-21. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2018.12.026>.
- Nakai, S., Inoue, Y., & Hosomi, M. (2001). Algal growth inhibition effects and inducement modes by plant-producing phenols. *Water Research*, 35(7), 1855-1859. [https://doi.org/10.1016/s0043-1354\(00\)00444-9](https://doi.org/10.1016/s0043-1354(00)00444-9).
- Ni, L., Acharya, K., Hao, X., & Li, S. (2012a). Isolation and identification of an anti-algal compound from *Artemisia annua* and mechanisms of inhibitory effect on algae. *Chemosphere*, 88(9), 1051-1057. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2012.05.009>.
- Ni, L., Acharya, K., Hao, X., Li, S., Li, Y., & Li Y. (2012b). Effects of Artemisinin on Photosystem II performance of *Microcystis aeruginosa* by in vivo chlorophyll fluorescence. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 89(6), 1165-1169. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2012.05.009>.
- Paerl, H. W., Gardner, W. S., Havens, K. E., Joyner, A. R., McCarthy, M. J., Newell, S. E., Qin, B., & Scott, J. T. (2016). Mitigating cyanobacterial harmful algal blooms in aquatic ecosystems impacted by climate change and anthropogenic nutrients. *Harmful Algae*, 54, 213-222. <https://doi.org/10.1016/j.hal.2015.09.009>.
- Pakdel, F. M., Sim, L., Beardall, J., & Davis, J. (2013). Allelopathic inhibition of microalgae by the freshwater stonewort, *Chara australis*, and a submerged angiosperm, *Potamogeton crispus*. *Aquatic Botany*, 110, 24-30. <https://doi.org/10.1016/j.aquabot.2013.04.005>.
- Pham, T. N., Pham, H. D., Dang, D. K., Duong, T. T., Le, T. P. Q., Nguyen, Q. D., & Nguyen, T. D. (2018). Anticyanobacterial phenolic constituents from the aerial parts of *Eupatorium fortunei* Turcz. *Natural Product Research*, 33(9), 1345-1348. <https://doi.org/10.1080/14786419.2018.1476511>.
- Rigosi, A., Hanson, P., Hamilton, D. P., Hipsey, M., Rusak, J. A., Bois, J., Sparber, K., Chorus, I., Watkinson, A. J., Qin, B., Kim, B., & Brookes, J. D. (2015). Determining the probability of cyanobacterial blooms: the application of Bayesian networks in multiple lake systems. *Ecological Applications*, 25(1), 186-199. <https://doi.org/10.1890/13-1677.1>.
- Rodríguez, R. O. A., & Luna-Nemecio, J. (2019). Educación musical para el desarrollo sostenible: una revisión documental. *Revista da Abem*, 27(43), 132-149. <https://doi.org/10.33054/ABEM2019b4307>.
- Santonja, M., Le Rouzic, B., & Thiébaud, G. (2018). Seasonal dependence and functional implications of macrophyte-phytoplankton allelopathic interactions. *Freshwater Biology*, 63(9), 1161-1172. <https://doi.org/10.1111/fwb.13124>.
- Shao, J., Li, R., Lepo, J. E., & Gu, J. D. (2013). Potential for control of harmful cyanobacterial blooms using biologically derived substances: Problems and prospects. *Journal of Environmental Management*, 125, 149-155. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2013.04.001>.
- Sinang, S. C., Daud, N., Kamaruddin, N., & Poh, K. B. (2019). Potential growth inhibition of freshwater algae by herbaceous plant extracts. *Acta Ecologica Sinica*, 39, 229-233. <https://doi.org/10.1016/j.chnaes.2018.12.005>.

- Takeda, F., Nakano, K., Nishimura, O., Shimada, Y., Fukuro, S., Tanaka, H., Hayashi, N., & Inamori Y. (2011). Allelopathic potential of Potamogeton pusillus community against Microcystis aeruginosa. *Journal of Water and Environment Technology*, 9(1), 21-28. <https://doi.org/10.2965/jwet.2011.21>.
- Tan, K., Huang, Z., Ji, R., Qiu, Y., Wang, Z., & Liu, J. (2019). A review of allelopathy on microalgae. *Microbiology*, 165, 587–592. <https://doi.org/10.1099/mic.0.000776>.
- Tebaa, L., Douma, M., Tazart, Z., Manaut, N., Mouhri, K., & Loudiki, M. (2017). Algicidal effects of Achillea ageratum L. and Origanum compactum Benth. plant extracts on growth of Microcystis aeruginosa. *Applied Ecology and Environmental Research*, 15(4), 719-728. https://doi.org/10.15666/aeer/1504_719728.
- Tebaa, L., Douma, M., Tazart, Z., Manaut, N., Mouhri, K., & Loudiki, M. (2018). Assessment of the potentially algicidal effects of Thymus satureioides Coss. and Artemisia herba alba L. against Microcystis aeruginosa. *Applied Ecology and Environmental Research* 16(1), 903-912. https://doi.org/10.15666/aeer/1601_903912.
- Techer, D., Fontaine, P., Personne, A., Viot, S., & Thomas, M. (2016). Allelopathic potential and ecotoxicity evaluation of gallic and nonanoic acids to prevent cyanobacterial growth in lentic systems: A preliminary mesocosm study. *Science of the Total Environment*, 547, 157–165. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.12.164>.
- Vanderstukken, M., Declerck, S., Decaestecker, E., & Muylaert, K. (2014). Long-term allelopathic control of phytoplankton by the submerged macrophyte Elodea nuttallii. *Freshwater Biology*, 59(5), 930–941. <https://doi.org/10.1111/fwb.12316>.
- Vanderstukken, M., Mazzeo, N., van Colen, W., Declerck, S. J., & Muylaert, K. (2011). Biological control of phytoplankton by the subtropical submerged macrophytes Egeria densa and Potamogeton illinoensis: a mesocosm study. *Freshwater Biology*, 56, 1837–1849. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.2011.02624.x>.
- Vázquez, V. P. T., Meza, G. R., Gutiérrez, M. F. A., Ruíz, V. V. M., Villalobos, M. J. J., Montes, M. J. A., & Fernández, T. A. A. J. (2018). Determination of LC50 and EC50 from endosulfan lactone and diazinon in earthworm (Eisenia foetida). *Agroproductividad*, 11(4), 105-111. <http://www.revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/issue/view/66>.
- Visser, P. M., Verspagen, J. M. H., Sandrini, G., Stal, L. J., Matthijs, H. C. P., Davis, T. W., Paerl, H. W., & Huisman, J. (2016). How rising CO2 and global warming may stimulate harmful cyanobacterial blooms. *Harmful Algae*, 54, 145–159. <https://doi.org/10.1016/j.hal.2015.12.006>.
- Wang, H. Q., Cheng, S. P., Zhang, S. H., He, F., Liang, W., Zhang, L. P., Hu, C. Y., Ge, F. J., & Wu, Z. B. (2010). Chemical composition in aqueous extracts of Potamogeton malaianus and Potamogeton maackianus and their allelopathic effects on Microcystis aeruginosa. *Polish Journal of Environmental Studies*, 19(1), 213-218. <http://www.pjoes.com/Issue-1-2010,3830>.
- Wang, H., Liang, F., & Zhang, L. (2015). Composition and anti-cyanobacterial activity of essential oils from six different submerged macrophytes. *Polish Journal of Environmental Studies*, 24(1), 333-338. <https://doi.org/10.15244/pjoes/26383>.
- Wang, H., Liang, F., Qiao, N., Dong, J., Zhang, L., & Guo, Y. (2014). Chemical composition of volatile oil from two emergent plants and their algae inhibition activity. *Polish Journal of Environmental Studies*, 23(6), 2371-2374. <http://www.pjoes.com/Issue-6-2014,429>.

- Wang, H., Zhang, L., & Wang, Y. (2016b). Isolating and identifying organic acids from *Portulaca oleracea* and determining their anti-cyanobacterial activity. *Polish Journal of Environmental Studies*, 26(1), 441-445. <https://doi.org/10.15244/pjoes/64465>.
- Wang, H., Zhong, G., Yan, H., Liu, H., Wang, Y., & Zhang, C. (2012). Growth control of cyanobacteria by three submerged macrophytes. *Environmental Engineering Science*, 29(6), 420-425. <https://doi.org/10.1089/ees.2010.0286>.
- Wang, X., Jiang, C., Szeto, Y., Li, H., Yam, K. L., & Wang, X. (2016a). Effects of *Dracontomelon duperreanum* defoliation extract on *Microcystis aeruginosa*: physiological and morphological aspects. *Environmental Science and Pollution Research*, 23(9), 8731–8740. <https://doi.org/10.1007/s11356-016-6119-1>.
- Wen, J., Sheng, H., Hao, C., Yunguo, L., Luhua, J., Quan, H., & Zhili, Y. (2018). Allelochemicals extracted from *Eleocharis dulcis* and their Inhibitory effects on *Microcystis aeruginosa*. *Journal of Chemical Engineering & Process Technology*, 9(2), 1-6. <https://doi.org/10.4172/2157-7048.1000377>.
- Wu, X., Wu, H., Chen, J., & Ye, J. (2013). Effects of allelochemical extracted from water lettuce (*Pistia stratiotes* Linn.) on the growth, microcystin production and release of *Microcystis aeruginosa*. *Environmental Science and Pollution Research*, 2(11), 8192–8201. <https://doi.org/10.1007/s11356-013-1783-x>.
- Wu, Y., Ge, H., & Zhou, Z. (2014). Effects of *Fructus ligustri lucidi* on the growth, cell integrity, and metabolic activity of the *Microcystis aeruginosa*. *Environmental Science and Pollution Research*, 22(11), 8471-8479. <https://doi.org/10.1007/s11356-014-3997-y>.
- Yakefu, Z., Huannixi, W., Ye, C., Zheng, T., Chen, S., Peng, X., Tian, Z., Wang, J., Yang, Y., Ma, Z., & Zuo, Z. (2018). Inhibitory effects of extracts from *Cinnamomum camphora* fallen leaves on algae. *Water Science & Technology*, 77(11), 2545-2554. <https://doi.org/10.2166/wst.2018.199>
- Yan, R., Ji, H., Wu, Y., Kerr, P.G., Fang, Y., & Yang, L. (2012). An investigation into the kinetics and mechanism of the removal of cyanobacteria by extract of *Ephedra equisetina* root. *PloS One*, 7(8), 1-8. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0042285>.
- Yang, W., Tang, Z., Zhou, F., Zhang, W., & Song, L. (2013). Toxicity studies of tetracycline on *Microcystis aeruginosa* and *Selenastrum capricornutum*. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 35(2), 320–324. <https://doi.org/10.1016/j.etap.2013.01.006>.
- Yi, Y., Lei, Y., Yin, Y., Zhang, H., Wang, G. 2012. The antialgal activity of 40 medicinal plants against *Microcystis aeruginosa*. *Journal of Applied Phycology*, 24(4), 847–856. <https://doi.org/10.1007/s10811-011-9703-2>.
- Žak, A., & Kosakowska, A. (2016). Cyanobacterial and microalgal bioactive compounds – the role of secondary metabolites in allelopathic interactions. *Oceanological and Hydrobiological Studies*, 45(1) 131-143. <https://doi.org/10.1515/ohs-2016-0013>.
- Zhang, C., Ling, F., Lei, Y. Y., Yu, Z. H., Xue, W. G. (2014). Algicidal activity and potential mechanisms of ginkgolic acids isolated from *Ginkgo biloba* exocarp on *Microcystis aeruginosa*. *Journal of Applied Phycology*, 26(1), 323–332. DOI: 10.1007/s10811-013-0057-9.
- Zhang, C., Yi, Y., Hao, K., Liu, G., & Wang, G. (2013). Algicidal activity of *Salvia miltiorrhiza* Bung on *Microcystis aeruginosa*—Towards identification of algicidal substance and determination of inhibition mechanism. *Chemosphere*, 93(6), 997–1004. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2013.05.068>.

- Zhang, S., Guo, L., Cao, J., & Chang, J. (2015). Allelopathic activities of three emergent macrophytes on several monospecific cyanobacterial species and natural phytoplankton assemblages. *Polish Journal of Environmental Studies*, 24(1), 397- 402. <https://doi.org/10.15244/pjoes/26972>.
- Zhang, S., Zhang, S., & Li, G. (2016). Acorus calamus root extracts to control harmful cyanobacteria blooms. *Ecological Engineering*, 94, 95-101. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2016.05.053>
- Zhang, T. T., He, M., Wu, A. P., & Nie, L. W. (2012). Inhibitory effects and mechanisms of Hydrilla verticillata (Linn.f.) Royle extracts on freshwater algae. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 88(3), 477–481. <https://doi.org/10.1007/s00128-011-0500-z>.
- Zhang, T. T., Wang, L. L., He, Z. X., & Zhang, D. (2011). Growth inhibition and biochemical changes of cyanobacteria induced by emergent macrophyte Thalia dealbata roots. *Biochemical Systematics and Ecology*, 39(2), 88–94. <https://doi.org/10.1016/j.bse.2011.01.004>.
- Zhao, W., Zheng, Z., Zhang, J., Roger SF., & Luo, X. (2019). Allelopathically inhibitory effects of eucalyptus extracts on the growth of Microcystis aeruginosa. *Chemosphere*, 225, 424-433. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.03.070>.
- Zhou, S., Shao, Y., Gao, N., Deng, Y., Qiao, J., Ou, H., & Deng, J. (2013). Effects of different algaecides on the photosynthetic capacity, cell integrity and microcystin-LR release of Microcystis aeruginosa. *Science of the Total Environment*, 463–464, 111–119. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.05.064>.



Etnofarmacología, riqueza terapéutica de México para el desarrollo social sostenible



Claudia Dorado Martínez

Universidad Justo Sierra, México;
biomolter@hotmail.com

Resumen: La Etnofarmacología es un campo interdisciplinario de la antropología cultural, la biología y la medicina; abarca las observaciones en campo, descripción del uso y preparación de los remedios, la determinación botánica del material obtenido, estudios fitoquímicos para aislar los compuestos presentes en las plantas, así como los estudios farmacológicos; por lo que es una ciencia que ha cobrado gran importancia. En este estudio se realizó un análisis documental en torno al concepto de Etnofarmacología en México en MEDLINE a partir de 1960, así como documentos sobre las comunidades indígenas de México y las características de atención a la salud en nuestro país. Los resultados muestran que las investigaciones sobre plantas medicinales y Etnofarmacología tienen una larga y fecunda historia en México y un sorprendente aumento en publicaciones sobre Etnofarmacología. La mayoría de los trabajos analizados son estudios interdisciplinarios en los que participaron diversas universidades y grupos de trabajo, muchos son reportes de estudios de campo lo que indica que la Etnofarmacología es una ciencia joven con gran capacidad de desarrollo y una potencial generadora de propuestas terapéuticas.

Palabras clave: *antropología; etnofarmacología; herbolaria; medicina integrativa; México*

Title: *Ethnopharmacology, Mexico's therapeutic prolificacy for the sustainable social development*

Abstract: Ethnopharmacology, is an interdisciplinary field that embraces cultural anthropology, biology and medicine, Ethnopharmacology studies include field observation, use and remedy preparation, description, botanical definition and phytochemical studies to isolate the compounds present in plants, as well as pharmacological studies. In this study, we performed a documentary analysis around the concept of Ethnopharmacology in Mexico in the MEDLINE database from 1960, as well as documents on indigenous communities of Mexico and the characteristics of health in our country. The results show that Ethnopharmacology has a long and fruitful history in Mexico, and a surprising increase in the study of Ethnopharmacology. When we did an analysis of some of these publications, it showed that most are interdisciplinary studies involving several universities and working groups. The most analyzed works are field-study reports indicating that Ethnopharmacology is a young science that has a great capacity for development and surely substantial therapeutic proposals will emerge from pharmacological studies.

Keywords: *anthropology; ethnopharmacology; herbology; integrative medicine; Mexico*

Introducción

Alcanzar la salud y el equilibrio utilizando plantas tiene una larga tradición en México; el código De la Cruz-Badiano escrito en 1552, es un claro ejemplo de esta rica tradición. México es un país multidiverso, diverso en culturas, en biodiversidad, en acceso a la salud, y en poder adquisitivo. Esta pluralidad ha llevado a resolver problemas de salud utilizando una gran cantidad de recursos; entre ellos, los preparados de plantas medicinales. La riqueza de productos naturales y su potencial terapéutico solo están parcialmente explorados, a pesar de que representan una fuente generosa para nutrir la medicina generando nuevos fármacos y aproximaciones terapéuticas que permitan la incorporación de la naturaleza y de la cultura de los pueblos para el cuidado de la salud y, sobre todo, contrarrestar la actual configuración de la crisis de la salud en que vivimos (Luna-Nemecio, 2019). La integración de esta exquisita diversidad, demanda la ampliación, profundización y aplicación de estudios etnofarmacológicos.

La etnofarmacología es considerada como el estudio científico de los usos tradicionales de plantas y otros organismos con fines médicos; además, ésta puede ser entendida como una especialización dentro de la etnobiología, que es un campo interdisciplinario de la investigación llevada a cabo por personas capacitadas en la antropología cultural, la biología y la medicina. La etnofarmacología es un concepto surgido en la década de los 60's en el ámbito de los agentes psicoactivos que adquiere relevancia en 1967 con el libro de Efron: "Búsqueda etnofarmacológica de drogas psicoactivas". Holmstedt y Brunh (1983) definen a la etnofarmacología como "La exploración interdisciplinaria de los agentes biológicamente activos tradicionalmente empleados por el hombre" (Schultes, 1995, p. 14-27), Schultes acuña una nueva definición como: "La observación, identificación, descripción e investigación experimental de los efectos de las drogas utilizadas en la medicina tradicional" (Schultes, 1995 p. 14-27) con este enunciado se puntualizan los sujetos de estudio de la etnofarmacología, así como cada uno de los aspectos que debe comprender un estudio completo (Williamson, 1998 y Schulz, 2001).

Uno de los objetivos de la etnobiopharmacología es seleccionar especies vegetales de importancia cultural y evaluar su actividad farmacológica; con este fin, se hacen ensayos para probar las propiedades curativas descritas por los indígenas con los extractos de plantas para integrar una evaluación etnofarmacológica sistemática (Williamson, 1998). La Etnofarmacología es una ciencia multidisciplinaria, que abarca las observaciones en campo, descripción del uso y preparación de los remedios, la determinación botánica del material obtenido, estudios fitoquímicos para aislar los compuestos presentes en las plantas, así como los estudios farmacológicos.

Esta ciencia adquirió mayor relevancia por el interés de los laboratorios farmacéuticos en fitofármacos que ayuden al tratamiento de enfermedades de gran prevalencia entre la población. Según estimaciones de la Organización Mundial de la Salud (OMS) en México cerca del 70% de la población recurre a la medicina tradicional para resolver sus problemas de salud (Williamson, 1998). Las plantas medicinales constituyen una alternativa viable y un complemento en el abordaje terapéutico. México cuenta con una sorprendente riqueza en plantas medicinales gracias a su gran variedad de microclimas, 56 grupos étnicos y una antigua tradición en el uso y cultivo de plantas medicinales (Argueta, 1994).

La etnofarmacología representa una alternativa ante la globalización y para lograr el desarrollo social sostenible (Luna-Nemecio, 2020), el cultivo y uso de plantas medicinales no ha perdido vigencia, y es una práctica que puede extenderse y pluralizarse. El conocimiento de las propiedades farmacológicas de los principios activos de las plantas, puede ofrecer terapias alternativas o

complementarias, que resulten económicas, accesibles, con menos efectos adversos, y familiares en el sentido que representan un producto propio.

En la práctica de la Medicina, paralelamente a un desarrollo revolucionario en nanociencias, genómica, epigenética, medicina molecular, productos biológicos, células madre, etc. se presentan problemas en cuanto a asequibilidad, accesibilidad y efectos adversos en el uso de medicamentos. En este contexto surge un modelo de medicina integrativa que incluye prácticas tradicionales y diversidades culturales, trabajando sinérgicamente en el bienestar de la gente. La medicina tradicional, complementaria y alternativa se utiliza en la atención primaria y de enfermedades crónicas (Bhushan, 2014).

Metodología

Se realizó un análisis documental (Rodríguez & Luna-Nemecio, 2019; Hernández-López, Luna-Nemecio, & Atayde-Manriquez, 2020) en torno al concepto de Etnofarmacología dentro del marco de la investigación cualitativa. El análisis documental consistió en buscar y seleccionar documentos que abordaran el tema en la base de datos MEDLINE a partir de 1960, primero se hizo un análisis cuantitativo general y después la búsqueda se enfocó en artículos sobre Etnofarmacología cruzado con México a partir de 1990, de estos documentos se analizó qué aspectos etnofarmacológicos se investigaron. También se hizo una búsqueda documental sobre el registro y sistematización del uso y análisis de plantas medicinales, las comunidades indígenas de México y medicina tradicional, y sobre las características de atención a la salud en México en el marco de la OCDE.

Para hacer este análisis se revisaron diferentes aspectos como la calidad de la atención a la salud en México basado en los informes de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), escritos sobre plantas medicinales de México en los siglos XVI, XVII, XVIII, XIX y XX, publicaciones registradas en PubMed a partir de los años 60's sobre Etnofarmacología y Etnofarmacología en México, se eligieron algunos de estos artículos y se revisó el tipo de estudio que reportaba el artículo; estudio de campo, estudio farmacológico o propuesta terapéutica, finalmente se revisaron las principales patologías tratadas con plantas medicinales.

Desarrollo

Antecedentes Históricos

Como antecedentes, están los jardines especializados en plantas medicinales de Tezcatzingo, fundado por Netzahualcóyotl; y el de Huaxtépetl, establecido por Moctezuma que suministró plantas medicinales al hospital de Oaxtepec, hasta mediados del S. XVII. El Códice De la Cruz-Badiano, es producto del Colegio de Santa Cruz de Tlatelolco, escuela donde los franciscanos españoles educaban a los hijos de los indígenas nobles en la tradición europea. Los estudiantes eran conocidos como los 'trilingües' porque aprendían a leer y escribir en latín, español y náhuatl. Martín De la Cruz médico del colegio de Santa Cruz (Viesca, 1995), dictó su obra en náhuatl a Juan Badiano uno de los estudiantes trilingües quien la tradujo al latín; no se sabe quién ilustró probablemente un indígena porque empleó glifos de la tradición pre-colonial. El herbario se escribió por petición de Francisco de Mendoza, hijo del primer virrey, Antonio de Mendoza para el rey Felipe II.

En el Códice cada capítulo se enfoca en las enfermedades de una parte del cuerpo. Al comparar

el Códice de la Cruz Badiano con otros herbarios europeos de la época, como el de Turner en Inglaterra, el de Mattioli en Italia o los de Brunfels o Fuchs en Alemania. Es evidente que el Códice solamente difiere de ellos en cuanto a su uso del náhuatl y de glifos precolombinos. En el momento en que se escribió el Códice, existía un ambiente en que las tradiciones europea e indígena, podían coexistir (Viesca, 1995). El virrey conocía el trabajo de De la Cruz, y querían convencer al rey de que les diera licencia para explotar las riquezas medicinales del Nuevo Mundo. La medicina que practicaba Martín de la Cruz y se describe en el Códice, venía de una tradición anterior a la Conquista fundamentalmente medicina indígena, ya que Francisco de Mendoza le pidió que demostrara la utilidad de las hierbas mexicanas (Viesca, 1995). El Códice de la Cruz Badiano es un texto importante para entender el contexto intelectual de los indígenas durante los primeros años de la conquista.

Medicina Tradicional Indígena

“La medicina tradicional indígena, presente en todos los pueblos o grupos etnolingüísticos de México, es un sistema de conceptos, creencias, prácticas y recursos materiales y simbólicos, destinado a la atención de diversos padecimientos y procesos desequilibrantes cuyo origen se remonta a las culturas prehispánicas” (Zolla, 1994).

Toda sociedad, forja en algún momento de su desarrollo un sistema de salud, como una forma de respuesta social organizada para hacer frente a enfermedades, accidentes, desequilibrio o muerte. En las sociedades actuales, estos sistemas son plurales, en el caso particular de las comunidades indígenas rurales del México actual, es frecuente que este sistema real de salud lo integren la medicina doméstica o casera, la medicina alopática (también llamada occidental o moderna) y la medicina tradicional. Los modelos doméstico y tradicional han sido creados por las propias comunidades, mientras que el de la medicina académica es producto de una intervención exterior, institucional (Zolla, 2016).

La denominación “medicina tradicional”, universalizada por la OMS, se refiere a una manifestación de la cultura médica que mantiene estrechos nexos con el pasado, en la que la transmisión oral de los conocimientos ancestrales ha jugado un papel esencial.

Para Zolla, la medicina tradicional indígena debe estudiarse desde cinco aspectos esenciales: 1) el recurso humano; 2) los procedimientos y métodos de diagnóstico y curación; 3) las causas de demanda de atención; 4) los recursos terapéuticos materiales y simbólicos, y 5) las relaciones del modelo médico tradicional con los otros modelos al interior del sistema real de salud (Zolla, 2016).

Resultados

Calidad de atención a la Salud en México

La baja calidad en la atención de la salud se puede manifestar de múltiples maneras: acceso limitado a servicios de salud, servicios inefectivos e ineficientes, quejas médicas, costos elevados, insatisfacción de los usuarios y de los profesionales de la salud, afectación de la credibilidad de las instituciones prestadoras y del sector salud en su conjunto. La deficiencia de la calidad en la prestación de servicios de salud llega a significar la pérdida de vidas humanas. La política integral para la universalidad en la atención a la salud aspira a un acceso efectivo a ésta. La calidad tanto humanista como técnica, converge en el interés por llevar a cabo los procesos de manera adecuadamente estructurada para generar un producto o servicio con los estándares fijados y los objetivos establecidos (Salud, 2015).

Tabla 1.*Cifras de atención a la salud en México comparadas con el promedio de la OCDE*

Indicador	México	Promedio OCDE
Gasto en salud 2005 USD PPP	675	2759
Gasto en salud 2016 USD PPP	1080	4003
Consultas médicas per cápita 2005	2.5	6.8
Consultas médicas per cápita 2016	2.9	9.5
Médicos por 1000 habitantes	2.4	3.4
Enfermeras por 1000 habitantes	2.8	9
Camas por 1000 habitantes	1.5	4.7
% de cobertura	92.3	97.4
Esperanza de vida al nacimiento Hombres	73.2	77.9
Esperanza de vida al nacimiento Mujeres	77.7	83.1
Esperanza de vida a los 65 años	17.7	19.5

Fuente: Elaboración propia

El gasto en salud en México ha seguido un ritmo lento pero constante de crecimiento desde 2004, este crecimiento ha sido principalmente como resultado de aumento en el gasto público. El gasto privado ha sido más errático (OCDE, 2018).

Investigaciones en Etnofarmacología

Los datos indican que la medicina tradicional y las plantas medicinales representan un gran valor y que es fundamental llevar a cabo su integración y articulación dentro de los sistemas nacionales de salud. Esta revisión busca analizar la información histórica y actual sobre las plantas medicinales de México y el uso tradicional, parte fundamental de la creatividad cultural del pueblo mexicano.

El balance preliminar es sorprendente e interesante, y sirve para reflexionar sobre el enorme potencial de la Etnofarmacología. Las plantas medicinales son el recurso material más amplio y valiosos de la medicina tradicional (Lozoya, 1976). Su estudio es un tema recurrente en la historia de México, tarea muy compleja si se piensa en la enorme riqueza cultural y biológica del país. Los datos sobre las características vegetales, formas de uso, propiedades terapéuticas, recolección y comercio de numerosas plantas medicinales, se consignan en las fuentes más antiguas, tales como los códices precolombinos, las crónicas y relaciones coloniales, las exploraciones y colectas de los siglos XVIII y XIX, el uso de las plantas medicinales ha sido una constante en las culturas indígenas y populares del país (Viesca, 1979). Lozoya y Lozoya desde 1982 hablan de la necesidad de contar con una obra que actualice la información sobre las plantas medicinales de México, para conocer los usos que hoy tienen entre la población y el destino de las investigaciones futuras (Lozoya, 1982).

Principales escritos y autores sobre plantas medicinales en México

La Tabla 2 muestra los principales ejemplos bibliográficos sobre la recolección de plantas medicinales en México.

Tabla 2.*Principales escritos y autores sobre plantas medicinales en México*

Siglo	Autores y Obras destacadas	Número aproximado de especies registradas
XVI	Martín De la Cruz Códice De la Cruz-Badiano	251
	Bernardino de Sahagún Códice Florentino	225
	Nicolás Monardes Historia medicinal de las cosas que se traen de nuestras Indias Occidentales	131
	Francisco Hernández Quatro libros de la naturaleza y virtudes de las plantas y animales de las Indias	3076
	Relaciones geográficas de Indias	s.d
	Juan de Cárdenas Primera parte de los problemas y secretos maravillosos de las Indias	8
XVII	Gregorio López Tesoro de Medicinas	288
	Francisco Ximénes Historia natural de la provincia de San Vicente de Chiapas y Guatemala	477
XVIII	Juan de Esteyneffer Florilegio Medicinal	280
	Ricardo Ossado Medicina doméstica o descripción de los nombres y virtudes de las yerbas indígenas de Yucatán y las enfermedades a que se aplican	205
	Fco. Javier Clavijero Historia Antigua de México	1200
	Vicente Cervantes Fundador de Jardín Botánico y cátedra de Botánica	320
XIX	Francisco Flores	s.d
	Eleuterio González Fundador del Hospital y jardín botánico de Monterrey	360
XX	Alfonso Herrera Apuntes para la geografía botánica de México	s.d
	Paul Stanley	s.d
	Maximino Martínez cofundador de la Sociedad Botánica de México	684
	Narciso Souza	s.d
	R. Schultes y A. Hofmann	91
	José Luis Díaz	
	Xavier Lozoya fundación de Instituto Mexicano para el Estudio de las Plantas Medicinales (IMEPLAN)	1296
	Atlas de las Plantas de la Medicina Tradicional Mexicana	3000

Fuente: Elaboración propia con base en la fig. 9 del Atlas de las Plantas de la Medicina Tradicional Mexicana (Atlas de plantas Medicinales, 2008)

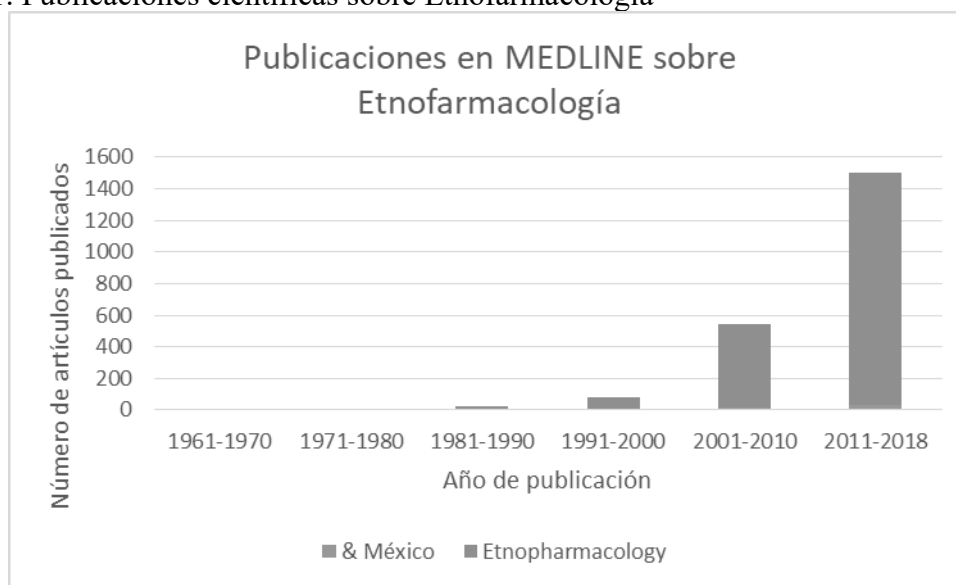
De la tabla anterior podemos ver que desde el siglo XVI el estudio de las plantas medicinales

fue parte importante de la exploración del Nuevo Mundo; es evidente que la riqueza en la flora con propiedades medicinales resultó atractiva y valiosa para los investigadores europeos. Durante los siglos XVII y XVIII, se organizaron una serie de expediciones para estudiar las regiones de la Nueva España; en éstas, diversos naturalistas abordaron el estudio de la flora y fauna de la región y también documentaron los usos terapéuticos de algunas plantas, y se empezaron a crear huertos medicinales en algunos monasterios. En el siglo XIX se establecieron huertos medicinales aledaños a hospitales que incorporaban tanto especies autóctonas como europeas y asiáticas.

Estudios sobre Etnofarmacología

La Naturaleza ha sido una fuente de recursos terapéuticos durante miles de años, y muchos principios activos han sido aislados de plantas. Las plantas producen un gran número de compuestos con capacidad terapéutica y moléculas bioactivas como parte de sus metabolitos secundarios. La demanda mundial de productos herbolarios en 1999 generó 19.4 millones de dólares, y 600 millones de dólares en 2002 el 80 % de la población de los países en desarrollo depende en gran medida de productos farmacéuticos de origen vegetal para sus necesidades sanitarias (Bukar, 2016). Aproximadamente el 25% de los medicamentos de venta libre contienen principios activos derivados de plantas (Torres & Joshi, 1990) y alrededor de 80% de los compuestos utilizados con fines etnobotánicos, se derivan de 94 especies de plantas (Ajibesin et al 2008). En la gráfica siguiente se muestra el incremento acelerado que se ha presentado en la investigación en etnobotánica, reflejado en las publicaciones sobre el tema en MEDLINE por década.

Gráfica 1. Publicaciones científicas sobre Etnofarmacología



Fuente: elaboración propia

La gráfica 1 muestra el gran aumento en el interés y publicaciones sobre el estudio de la Etnofarmacología, pasando de casi ningún registro en la década de los 60's y 70's a casi 1500 registros de 2010 a 2018.

Aspectos etnofarmacológicos abordados en los artículos revisados

Los métodos etnobotánicos incluyen: análisis y reinterpretación de documentos antiguos, entrevistas a curanderos y ancianos de las comunidades sobre el uso de plantas medicinales en cuanto a indicaciones, dosis, partes de la planta que se utilizan, colecta, y conservación. Identificación botánica, extracción de principios activos, bioensayos, nuevas propuestas terapéuticas, etc. En la tabla 3, se analizan los aspectos de los métodos etnobotánicos abordados en una serie de artículos.

Tabla 3.*Aspectos etnofarmacológicos abordados en los artículos revisados*

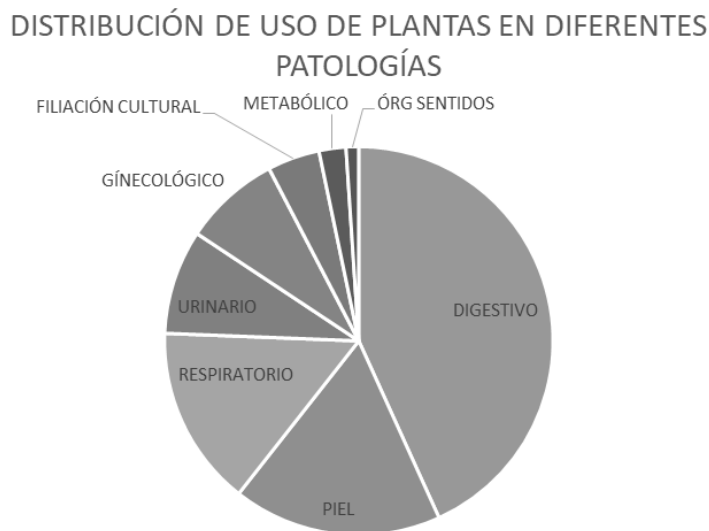
Método etnobotánico	Estudio de campo, que consiste en recoger los usos terapéuticos de las plantas.				Estudio farmacológico en laboratorio que evalúa la eficacia de las medicinas tradicionales			Propuestas	Referencia
Artículo revisado	Identificar y clasificar taxonómicamente las especies vegetales	Sistematizar la información de las plantas medicinales de acuerdo al uso terapéutico, parte utilizada y forma de	Seleccionar plantas con mejores resultados	Evaluación del efecto de las plantas sobre las indicaciones terapéuticas tradicionales	Proponer algunos productos terapéuticos a partir de las plantas	Aislar, purificar e identificar, los principios activos	Buscar el mecanismo de acción de los principios activos	Estudiar los principios activos en otras	Referencia
Psicoactivas 1977	X	X	X	X		X	X		Díaz 1977
Bcs 1986	X	X	X	X					Dimayuga 1986
Zapotecas istmo 1998	X	X		X					Frei 1998
Enf resp 2000			X	X	X				Rojas 2000
Popoluca 2001	X	X	X	X					Leonti 2001
Mayas 2001	X	X	X	X		X	X		Ankli 2002
Migrantes 2006	X		X	X					Waldstein 2006
Mex central 2009	X	X		X					De micheli, 2009
tlanchinol 2009	X	X	X	X					Andrade-cetto 2009
Huasteca 2012	X	X	X	X					Alonso-castro 2012
Zapotecas 2012	X	X							Luna, 2012
Xalpatlahuac 2013	X	X	X	X					Juarez-vázquez 2013
Sonora 2013			X			X	X		Jiménez-estrada 2013
Cancer colorectal 2015	X	X	X		X	X	X		Jacobo-herrera 2015
San miguel tulancingo 2015	X	X		X					García-hernández 2015
Seris 2015	X	X		X					Narchi 2015
Mayos 2016	X		X		X	X	X	X	Coronado-aceves 2016
Profesionales de la salud 2017		X		X					Alonso-castro 2017
Porcentaje	79%	74%	63%	68%	16%	26%	26%	5%	

Fuente: elaboración propia

En la tabla 3, se muestra que la mayoría de estudios se han enfocado en estudios de campo, de forma equivalente en los tres aspectos analizados, identificar y clasificar taxonómicamente las especies vegetales aludidas, sistematizar la información de las plantas medicinales de acuerdo al uso terapéutico, y seleccionar plantas con mejores resultados. En cuanto al estudio farmacológico el rubro más investigado es la evaluación del efecto de las plantas sobre las indicaciones terapéuticas tradicionales, y el número de artículos con nuevas propuestas es todavía bajo.

Aproximadamente 4.000 especies de plantas mexicanas tienen cualidades medicinales, lo que significa aproximadamente que una de cada siete especies tiene propiedades curativas. Sin embargo se estima que la validación química, farmacológica y biomédica se han llevado a en sólo el 5% de estas especies (Ocegueda, 2005). Una encuesta nacional realizada en México en 2242 comunidades rurales de (1983 – 1985), demostró que el 78% de las 140 plantas medicinales más frecuentemente utilizadas por la población se emplean para prevenir o curar enfermedades gastrointestinales, respiratorias y de piel (Lozoya et al., 1987).

Gráfica 2. Plantas medicinales utilizadas para diferentes patologías



Fuente: Elaboración propia

En esta gráfica podemos ver que casi la mitad de las plantas son utilizadas en sistema digestivo, y que entre digestivo, piel y respiratorio abarcan tres cuartos de las plantas medicinales analizadas.

Discusión

Como se muestra en la tabla 1 sobre cifras de atención a la salud en México comparadas con el promedio de la OCDE, México está por debajo de la media en atención a la salud entre los países de la OCDE, este rezago puede suplirse en parte con la utilización de la medicina tradicional, hay estudios de la OMS que muestran que alrededor del 70% de la población recurre a esta medicina para la resolución de problemas de salud; este porcentaje se eleva cerca de 100% entre las poblaciones indígenas, donde el curandero o hierbero representa la atención inicial y cotidiana para problemas de salud, dejándose la atención con medicina alopática para patologías más complejas que en general

involucran a especialistas en centros de segundo o tercer nivel, que muchas veces obligan a los enfermos y a sus familiares a desplazarse a poblaciones más grandes.

Como se muestra en la tabla 2 sobre principales escritos y autores sobre plantas medicinales en México, las investigaciones sobre plantas medicinales y Etnofarmacología tienen una larga y fecunda historia en nuestro país es un tema que ha resultado fundamental en la cultura e identidad de México, el Códice De la Cruz-Badiano fue elaborado con el propósito de mostrar a la corona española, las capacidades y el desarrollo de los habitantes del nuevo mundo en medicina y herbolaria. Del mismo modo las misiones de exploración y estudio de los siglos siguientes mostraron una gran riqueza cultural y biológica. En años recientes, la fundación de IMEPLAN, CDI y el atlas de plantas medicinales han sistematizado y mejorado el registro y estudio de las plantas medicinales.

La gráfica 1 sobre publicaciones científicas sobre Etnofarmacología, muestra el sorprendente aumento en el estudio de la Etnofarmacología, desde el surgimiento del concepto en los 60's, hasta cerca de 1500 publicaciones indexadas en MEDLINE en esta década, y cuando hacemos un análisis de algunas de estas publicaciones, vemos que la mayoría de ellas son el resultado de estudios interdisciplinarios en los que participan diversas universidades y grupos de trabajo. La tabla 3 sobre aspectos etnofarmacológicos abordados en los artículos revisados, muestra que la mayoría de los trabajos analizados, son reportes de estudios de campo, en cuanto al estudio farmacológico dominan los estudios sobre las indicaciones terapéuticas tradicionales, en la gráfica 2 sobre plantas medicinales utilizadas para diferentes patologías, se muestra un predominio plantas medicinales que actúan sobre sistema digestivo, piel y sistema respiratorio.

Los resultados indican que la Etnofarmacología es una ciencia joven que tiene una gran capacidad de desarrollo ya que las plantas poseen una gran cantidad de propiedades terapéuticas y muchas de estas propiedades han sido atesoradas por los pueblos como parte de su cultura y entendimiento de su entorno, de la profundización y ampliación de los estudios farmacológicos seguramente surgirán cuantiosas propuestas terapéuticas. Los trabajos analizados en este documento muestran las profundas raíces históricas y culturales de la Etnofarmacología en México, el gran apoyo que la riqueza en herbolaria representa para el desarrollo de esta ciencia y la oportunidad que ofrece para el fortalecimiento de los servicios de salud.

Referencias

- Ajibesin, KK. Ekpo, BA. Bala, DN. Essien, EE. Adesanya, SA. (2008) Ethnobotanical survey of Akwa Ibom state of Nigeria. *J. Ethnopharmacol.* (115), 387-408.
- Akerele, O. (2016) Las plantas medicinales: un tesoro que no debemos desperdiciar. *Medicina tradicional.*
- Alonso-Castro, AJ. Domínguez, F. Maldonado-Miranda, JJ. Castillo-Pérez, LJ. Carranza-Álvarez, C. Solano, E. *et al.* (2017) Use of medicinal plants by health professionals in Mexico. *Journal of Ethnopharmacology* (198), 81–86.
- Alonso-Castro, AJ. Maldonado-Miranda, J. Zarate-Martinez, A. Jacobo-Salcedo, M del R. Fernández-Galicia C, Figueroa-Zuñiga Alejandro, *et al.* (2012, 30 de agosto) Medicinal plants used in the Huasteca Potosina, México. *J Ethnopharmacol.* 143(1):292-8. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2012.06.035>
- Andrade-Cetto A. (2009, 25 de febrero) Ethnobotanical study of the medicinal plants from Tlanchinol, Hidalgo, México. *J Ethnopharmacol.* 122(1):163-71. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2008.12.008>

- Ankli, A. Heinrich, M. Bork, P. Wolfram, L. Bauerfeind, P. Brun R et ál. (202) Yucatec Mayan medicinal plants: evaluation based on indigenous uses *Journal of Ethnopharmacology* 79, 43–52.
- Argueta, VA. (1994) *Atlas de las plantas de la medicina tradicional Mexicana*. Instituto Nacional Indigenista CDMX.
- Atlas de las Plantas de la Medicina Tradicional Mexicana Biblioteca Digital de la Medicina Tradicional Mexicana 2009. Disponible en: <https://cutt.ly/nuWT3Ib> (consultado el 30 de Julio de 2018).
- Bernardino, S. Códice Florentino (original publicado en S. XVI)
- Bhushan, P, y Gururaj, M. (2014 20 de marzo). Search of Novel Model for Integrative Medicine *Chin J Integr Med* (3) pp 170-178 <https://doi.org/10.1007/s11655-014-1745-2>
- Bukar, BB. Dayom, DW. Uguru, MO. (2016, mayo) The Growing Economic Importance of Medicinal Plants and The Need For Developing Countries To Harness From it: A Mini Review *Journal Of Pharmacy*. Vol. 6(5), 42-52
- Cárdenas, J. Primera parte de los problemas y secretos maravillosos de las Indias. (original publicado en S. XVI)
- Cervantes, V. Fundador de Jardín Botánico y cátedra de Botánica Francisco Flores. (original publicado en S. XVIII).
- Clavijero, F J. Historia Antigua de México. (original publicado en S. XVIII)
- Coronado-Aceves, EW. Sánchez-Escalante, JJ. López-Cervantes, J. Robles-Zepeda, RE. Velázquez, C. Sánchez-Machado, DI, y Garibay-Escobar, A. (2016) Antimycobacterial activity of medicinal plants used by the Mayo people of Sonora, Mexico, *Journal of Ethnopharmacology*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jep.2016.05.064> (consultado el 12 de Julio de 2018).
- Crane, PR. Hopper, SD. Raven, PH. Stevenson, DW. (2009, noviembre). Plant science research in botanic gardens. *Trends Plant Sci*. 14(11):575-7. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2009.09.007> PMID: 19800836
- De la Cruz M. Códice De la Cruz-Badiano (original publicado en S. XVI)
- De Micheli, A, Izaguirre-Avila R. (2009, diciembre) On Mexican medicinal plants *Arch Cardiol Mex*. 79 Suppl 2, 95-101.
- Díaz, JL. (1977) Ethnopharmacology of Sacred Psychoactive Plants Used By The Indians Of Mexico *Ann. Rev. Pharmacol. Toxicol*. 17 pp 647-75.
- Dimayuga, RE. y Agundez, J. (1986) Traditional Medicina of Baja California *Sur Journal of Ethnopharmacology*, Elsevier Scientific Publishers Ireland Ltd. 17, 183-193
- Esteyneffer, J. Florilegio Medicinal. (original publicado en S. XVIII)
- Frei, B. Baltisberger, M. Sticher, O. Heinrich, M. (1998) Medical ethnobotany of the Zapotecs of the Isthmus-Sierra (Oaxaca, Mexico): Documentation and assessment of indigenous uses *Journal of Ethnopharmacology* 62:149–165.
- García-Hernández, KY. Vibransa, H, Rivas-Guevara, M. Aguilar-Contreras, A. (2015) This plant treats that illness? The hot–cold system and therapeutic procedures mediate medicinal plant use in San Miguel Tulancingo, Oaxaca, Mexico.
- Hernández, F. Quatro libros de la naturaleza y virtudes de las plantas y animales de las Indias Relaciones geográficas de Indias (original publicado en S. XVI)
- Hernández-López, A. M., Luna-Nemecio, J., & Atayde-Manríquez, K. X. (2020). Cultura de Género en las Universidades en el marco de la socioformación y el desarrollo social sostenible: Análisis

- Documental. Pacha. Revista De Estudios Contemporáneos Del Sur Global, 1(1), 32-44. Recuperado a partir de <https://cutt.ly/7uWYlcV>
- Jacobo-Herrera, NJ. Jacobo-Herrera, FE. Zentella-Dehesa, A. Andrade-Cetto, A. Heinriche, M. Pérez-Plasencia, C. (2015) Medicinal plants used in Mexican traditional medicine for the treatment of colorectal cancer <https://doi.org/10.1016/j.jep.2015.12.042> (consultado el 12 de Julio de 2018).
- Jiménez-Estrada, M. Velázquez-Contreras, C. Garibay-Escobar, A. Sierras-Canchola, D. Lapizco-Vázquez, C. Ortiz-Sandoval, R. et ál. (2013) In vitro antioxidant and antiproliferative activities of plants of the ethnopharmacopeia from northwest of Mexico BMC Complementary and Alternative Medicine, 13:12. Disponible en: <https://cutt.ly/0uWYRKf> (consultado el 12 de Julio de 2018).
- Juárez-Vázquez, M del C. Carranza-Álvarez, C. Alonso-Castro, A. González-Alcaraz, V. Bravo-Acevedo, E. Chamarro-Tinajero, F. Solano, E. (2013, 9 de julio) Ethnobotany of medicinal plants used in Xalpatlahuac, Guerrero, México. J Ethnopharmacol. 148(2):521-7. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2013.04.048>
- Leonti, M. Vibrans, H. Sticher, O. y Heinrich, M. (2001) Ethnopharmacology of the Popoluca, Mexico: an evaluation Journal of Pharmacy and Pharmacology JPP. 53, 1653–1669.
- López, G. Tesoro de Medicinas. (original publicado en S. XVII)
- Lozoya, X. Cañigueral, S. (2006) Sobre la Fitoterapia. Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas.
- Lozoya, X. (1976) Estado actual del conocimiento en plantas medicinales mexicanas. Instituto Mexicano para el Estudio de las Plantas Medicinales. México.
- Lozoya, X. (1998) La herbolaria en México Consejo Nacional para la Cultura y las Artes, Tercer milenio. CDMX.
- Luna-José, A L. Aguilar, BR. (2012, 12 de julio) Traditional knowledge among Zapotecs of Sierra Madre Del Sur, Oaxaca. Does it represent a base for plant resources management and conservation? J Ethnobiol Ethnomed. 8:24. <https://doi.org/10.1186/1746-4269-8-24>
- Luna-Nemecio, J. (2019). La doble disyuntiva histórica de la producción antropogénica de la salud y la enfermedad en el siglo XXI. Revista Antrópica, (9), 137-155.
- Luna-Nemecio, J. (2020). *Para pensar el desarrollo social sostenible: múltiples enfoques, un mismo objetivo*. Mount Dora (USA)/Quito (Ecuador): Kresearch/ Religación. Centro de Investigaciones en Ciencias Sociales y Humanidades desde América Latina. <https://doi.org/10.35766/dss20>
- Monardes, N. Historia medicinal de las cosas que se traen de nuestras Indias Occidentales (original publicado en S. XVI)
- Narchi, et ál. (2015) An ethnomedicinal study of the Seri people; a group of hunter-gatherers and fishers native to the Sonoran Desert Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine 11:62 <https://doi.org/10.1186/s13002-015-0045-z>
- Ocegueda, SE. Moreno P, Koleff F. Plantas utilizadas en la medicina tradicional y su identificación científica. CONABIO. Biodiversitas 2005; 62:12-15. 13.
- OECD, Doctors' consultations (indicator). <https://doi.org/10.1787/173dcf26-en> (consultado el 18 de Julio de 2018).
- OECD, Health at a Glance 2007: OECD Indicators, OECD Publishing, Paris, Disponible en: https://doi.org/10.1787/health_glance-2007-en. (consultado el 18 de Julio de 2018)

- OECD, Health at a Glance 2017: OECD Indicators, OECD Publishing, Paris, Disponible en: https://doi.org/10.1787/health_glance-2017-en. (consultado el 18 de Julio de 2018)
- Ossado, R. Medicina doméstica o descripción de los nombres y virtudes de las yerbas indígenas de Yucatán y las enfermedades a que se aplican. (original publicado en S. XVIII)
- Rodríguez, O. & Luna-Nemecio, J. (2019). Educación musical para el desarrollo sostenible: una revisión documental. Revista da abem. Associação brasileira de educação musical, 27(43), 132-149. <https://cutt.ly/yybM5EI>
- Rojas, G. Lévaro, J. Tortoriello, J. Navarro, V. (2001) Antimicrobial evaluation of certain plants used in Mexican traditional medicine for the treatment of respiratory diseases Journal of Ethnopharmacology 74, 97–101.
- Salud, S. d. Informe sobre la salud de los mexicanos 2015. México: Subsecretaría de Integración y Desarrollo del Sector Salud Dirección General de Evaluación del Desempeño.
- Schultes, RE. (1995) Ethnobotany: Evolution of a Discipline. Oregon USA: Dioscorides Press/ Timbre Press.
- Schulz, V. Hänsel, R. y Tyler, V E. (2001). Rational Phytotherapie. Springer, Berlin, Germany. 383.
- Viesca-Treviño, C. (1995) El Código de la Cruz-Badiano, primer ejemplo de una medicina mestiza. En El mestizaje cultural y la medicina novohispana del siglo xvi,: El mestizaje cultural Instituto de Estudios Documentales e Históricos sobre la Ciencias.
- Viesca-Treviño, C. (1992) El Libellus y su contexto histórico, En: Kumate, J. Coordinador; Estudios Actuales sobre el Libellus de Medicinalibus Indorum Herbis; Secretaría de Salud, México.
- Waldstein, A. (2006, 24 de noviembre) Mexican migrant ethnopharmacology: pharmacopoeia, classification of medicines and explanations of efficacy. J Ethnopharmacol. 108(2), 299-310.
- Williamson, EDT. (1998) Pharmacological Methods in Phytotherapy Research. England: Wiley and Sons.
- Ximénes, F. Historia natural de la provincia de San Vicente de Chiapas y Guatemala. (original publicado en S. XVII)
- Zolla, C. (1994) Diccionario enciclopédico de la medicina tradicional mexicana. México: Instituto Nacional Indigenista.
- Zolla, C. (2016) La medicina tradicional indígena en el México actual. Arqueología Mexicana 74, 62-65.