

REVISTA

U.D.C.A

ACTUALIDAD & DIVULGACIÓN CIENTÍFICA

39
años

REVISTA CIENTÍFICA - Junio 2022. Suplemento especial "Las Ciencias Ambientales en el Antropoceno"
Volumen 25 Suplemento 1- D.L.
Bogotá D.C. - Colombia



PUBLICACIÓN OFICIAL DE LA UNIVERSIDAD
DE CIENCIAS APLICADAS Y AMBIENTALES U.D.C.A,
INSTITUCIÓN CON ACREDITACIÓN DE ALTA CALIDAD

ENFOQUE Y ALCANCE

La Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica es una publicación seriada, multidisciplinar*, arbitrada, de acceso abierto vía diamante y de producción continua, dirigida a investigadores. Tiene como finalidad evaluar, publicar y difundir la producción científica, principalmente, de la región iberoamericana y de las otras regiones tropicales y subtropicales.

Para facilitar el acceso y la apropiación, se aceptan manuscritos en idiomas español, inglés y portugués. La mayoría de los documentos que publica corresponden a artículos científicos; sin embargo, también edita artículos de reflexión, de revisión, reporte de casos y notas técnicas.

La revista es editada, sin interrupción, desde 1998 y se encuentra indizada en Scopus, Chemical Abstracts, CAB Abstracts, Índice Bibliográfico Nacional Publindex clasificada en "B" Convocatoria No. 910 de 2021, SciELO Colombia, Reseñada en Latindex e incluida en la base de datos Periódica UNAM, México, en el Directory of Open Access Journals-DOAJ y en la Red Iberoamericana de Innovación y Conocimiento Científico-REDIB.

La gratuidad para el autor y el lector obedece a la financiación de la revista por parte de la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A

*Temas abordados: Ciencias Agrarias, Ciencias Naturales y Ciencias Sociales.

EQUIPO EDITORIAL

Editor

Helber Adrián Arévalo Maldonado
Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A
Bogotá, Colombia

Comité editorial

Carlos Alberto Blanco Montero
USDA-Animal and Plant Health Inspection Service APHIS
Washington, Estados Unidos de América

Eduardo José Delgado Hernández
Universidad Experimental de los Llanos
Occidentales Ezequiel Zamora
Barinas, Venezuela

Marlete Brum Cleff
Universidade Federal de Pelotas UFP
Pelotas, Brasil

Rosângela Brito
Universidade Federal do Rio Grande do Sul UFRGS
Porto Alegre, Brasil

Comité científico suplemento "Las Ciencias Ambientales en el Antropoceno"

Félix Ignacio Contreras
Universidad Nacional del Nordeste Corrientes
Corrientes, Argentina

Laura Barcia
Universidad de la República
Montevideo, Uruguay

Raquel Rojas Rodríguez
Universidad Pablo de Olavide
Sevilla, España

Sandra Quijas Fonseca
Universidad de Guadalajara
Puerto Vallarta, México

Equipo colaborador

Correctora de estilo y ortográfica
Norella Castro Rojas

Profesional de apoyo
Kamila Bocanegra Solorzano

Diseño y Diagramación
Camilo Eduardo Carrasco Borrero

CONTENIDO

Volumen 25 Suplemento 1- junio, 2022

Suplemento especial "Las Ciencias Ambientales en el Antropoceno"

<http://doi.org/10.31910/rudca.v25.nSupl.1.2022>

EDITORIAL

Las ciencias ambientales en el Antropoceno

Luz Piedad Romero-Duquee2290

<http://doi.org/10.31910/rudca.v25.nSupl.1.2022.2290>

CULTURA Y EDUCACIÓN PARA LA SOSTENIBILIDAD

Educación ambiental mediada desde las ecologías socioculturales para el abordaje del territorio en contextos escolares

César Augusto Bustamante-Toro; Carlos Eduardo López-Castaño e2135

<http://doi.org/10.31910/rudca.v25.nSupl.1.2022.2135>

Estrategia educativa intercultural para la prevención del cáncer de cuello cérvico uterino en el resguardo de Paujil, Amazonia Colombiana

Claudia Marcela Velásquez-Jiménez; María Inés Sarmiento; Sandra Vargas; Vilma Fandiño; Miryam Beatriz Puerto-de-Amaya; Adriana Ardila-Sierra; Esteban Quintanae2159

<http://doi.org/10.31910/rudca.v25.nSupl.1.2022.2159>

Estudio etnobotánico con estudiantes de grado 5° de la escuela rural mixta el Colorado, del resguardo indígena de Cohetando, Páez, Cauca

María Alejandra Guarnizo-Losada; Jeison Herley Rosero-Toro; Yury Andrea Íquira-Guzmán.....e2149

<http://doi.org/10.31910/rudca.v25.nSupl.1.2022.2149>

TERRITORIO

Aplicación de indicadores ambientales para la planificación del uso del suelo en una zona costera de Buenos Aires, Argentina

Mónica Laura Salvioli; Verónica Guerrero-Borges; Marcos Cipponeri..... e2134

<http://doi.org/10.31910/rudca.v25.nSupl.1.2022.2134>

La percepción local de la transformación del paisaje en San Juan Teposcolula, Oaxaca México

Anabell Ortiz-Ibarra; Nancy Gabriela Molina-Luna; Enrique Martínez-y-Ojeda; Joel Martínez-Lópeze2144

<http://doi.org/10.31910/rudca.v25.nSupl.1.2022.2144>

Territorios hidrosociales: historia ambiental de la apropiación social y sostenibilidad en la cuenca del Río Dagua, Colombia en el siglo XX

Elizabeth Patiño-Correa; Narciso Barrera-Bassols..... e2142

<http://doi.org/10.31910/rudca.v25.nSupl.1.2022.2142>

Uso de la prospectiva estratégica, ordenación territorial y evaluación de impacto como base para la sostenibilidad de los sistemas agrícolas

Jaime Sanhueza-Aros; Fernando Peña-Cortés..... e2148

<http://doi.org/10.31910/rudca.v25.nSupl.1.2022.2148>

TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN AMBIENTAL

Beneficios ambientales del reciclaje de residuos plásticos posconsumo para la producción de postes en Mendoza, Argentina

Fernando Arce-Bastias e2145

<http://doi.org/10.31910/rudca.v25.Supl.1.2022.2145>

5° Congreso Nacional y 1° Internacional de Ciencias Ambientales "Las Ciencias Ambientales en el Antropoceno". Emisiones generadas y evitadas

Ana María Serna-Benavides; Luz Piedad Romero-Duque; Jorge Enrique Molina-Zambrano; Fabio Nelson Guerrero-Archila e2160

<http://doi.org/10.31910/rudca.v25.nSupl.1.2022.2160>

BIODIVERSIDAD Y SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

Diversidad florística y estructural de la vegetación riparia a lo largo de un gradiente urbano-natural del río Pitillal, Jalisco, México
Jazmin Arechiga; Tahamara Esquivel; Adamary Camacho; Miriam Roxana Delgado-Rodríguez; Paola Vargas-González; Sandra Quijase.....2196
<http://doi.org/10.31910/rudca.v25.nSupl.1.2022.2196>

PARES EVALUADORES



Editorial

Las ciencias ambientales en el Antropoceno

Luz Piedad Romero-Duque¹ 

¹Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A. Bogotá, Colombia; e-mail: luz.romero@udca.edu.co

Cómo citar: Romero-Duque, L.P. 2022. Las ciencias ambientales en el Antropoceno. Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 25(Supl. 1):e2290. <http://doi.org/10.31910/rudca.v25.nSupl.1.2022.2290>

Artículo de acceso abierto publicado por Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica, bajo una licencia Creative Commons CC BY-NC 4.0

Publicación oficial de la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A, Institución de Educación Superior Acreditada de Alta Calidad por el Ministerio de Educación Nacional.

En el discurso de entrega del Premio Nobel de Química de 1995, el profesor Ingmar Grenthe de la Real Academia Sueca de Ciencias, decía: abro comillas *"Hace unos treinta años, por primera vez, los humanos pudimos ver nuestro planeta desde el espacio. Vimos formaciones de nubes blancas, océanos azules, vegetación verde y suelos y montañas marrones. Desde el espacio, podríamos ver y estudiar la tierra como un todo. Hemos llegado a comprender que influenciarnos y somos influenciados por nuestra biosfera, nuestra zona de vida. Una de las tareas de la ciencia es describir y explicar cómo sucede esto. En su investigación sobre las reacciones químicas que ocurren en la atmósfera terrestre, los premios Nobel de Química de 1995: Paul Crutzen, Mario Molina y Sherwood Rowland: han adoptado esta perspectiva global"*, cierro comillas. El premio fue otorgado por las contribuciones de estos científicos a la comprensión de la química atmosférica, en especial, sobre cómo se forma y descompone el ozono y cómo estos procesos se pueden ver afectados por sustancias químicas en la atmósfera, muchas de ellas, como resultado de la actividad humana (Grenthe, 1995).

En enero de este año, el Instituto Max Planck de Química, de Alemania, ratificaba el fallecimiento de Paul J. Crutzen, destacando que dirigió su actividad científica a analizar el impacto de la civilización humana en el ambiente, porque fue el primero en demostrar cómo las actividades humanas dañan la capa de ozono, descubrimiento que resultó en la prohibición mundial de las sustancias que agotan esta capa; adicionalmente, alertó sobre el impacto del invierno nuclear en la habitabilidad del planeta, como consecuencia de una guerra nuclear global, lo cual, fue un aporte significativo a los avances que, en materia de desarme nuclear mundial, se han dado (Max-Planck-Gesellschaft, 2021); pero su contribución más reciente y que genera gran controversia es la

propuesta del Antropoceno, como una nueva época geológica, "la época de los seres humanos", propuesta que Crutzen publicó en el 2000, junto con Eugene Stoermer, en el boletín del Programa Internacional Geósfera-Biosfera (Crutzen & Stoermer, 2000). Crutzen y Stoermer fundamentaron su propuesta en un sin número de datos y estadísticas relacionadas, entre otras cosas, con el tamaño poblacional de la especie humana, la urbanización, la transformación de los ecosistemas naturales, las emisiones de gases de efecto invernadero y la extinción de especies.

En la actualidad, la Subcomisión de Estratigrafía Cuaternaria, que es un órgano constitutivo de la Comisión Internacional de Estratigrafía (ICS), la organización científica más grande de la Unión Internacional de Ciencias Geológicas (IUGS), cuenta con el Grupo de Trabajo sobre el Antropoceno, el cual, está desarrollando una propuesta para formalizar al Antropoceno, como una época geológica. Para que esta formalización se dé es necesario un acuerdo por mayoría, con más del 60 % por parte del Grupo de Trabajo del Antropoceno y sus organismos matrices y la ratificación por parte del Comité Ejecutivo de la Unión Internacional de Ciencias Geológicas (International Commission on Stratigraphy (ICS), 2019).

Independientemente de si se aprueba o no como una nueva época geológica, como lo menciona el Grupo de Trabajo del Antropoceno en su página Web, este término *"ha surgido como un término científico popular utilizado por los científicos, el público científicamente comprometido y los medios de comunicación para designar el periodo de la historia de la Tierra durante el cual los humanos tienen una influencia decisiva en el estado, la dinámica y el futuro del Sistema Terrestre"*.

Esta imagen de la humanidad, como una fuerza geológica que está influyendo en la dinámica y en el funcionamiento del planeta, impulsó la conformación de una nueva red de investigación: la Asociación Científica de la Ciencia del Sistema Tierra (ESSP, por sus siglas en inglés). La asociación, se creó mediante la firma de la Declaración de Amsterdam sobre Cambio Global, por cuatro programas de cambio ambiental global, en el 2001. Mediante una declaración, los presidentes de estos programas piden un nuevo tipo de ciencia ambiental global, que pueda dar cuenta de lo complejo, multiescalar y las retroalimentaciones dinámicas entre los procesos naturales y sociales, que caracterizan al Sistema Tierra. Estos programas desaparecen para dar paso al Programa Tierra Futura: Investigación sobre Sustentabilidad Global, que aporta información para la toma de decisiones del Panel Intergubernamental sobre Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos (Rice *et al.* 2018).

Los informes de estos programas han entregado datos científicamente probados del impacto de las actividades humanas en el planeta. El informe más reciente para las Américas del Panel Intergubernamental sobre Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos, publicado en 2018, señala que hay una reducción del 65 % de las contribuciones de la naturaleza a las personas en todas las unidades de análisis y en el 21 % de ellas, de forma muy marcada. La pérdida de poblaciones o especies puede reducir la importancia de las contribuciones de la naturaleza a la seguridad hídrica, energética y alimentaria, a los medios de subsistencia y a las economías y genera un impacto sinérgico con el cambio climático. El panorama se complica, aún más, con el informe del IPCC, del 9 de agosto de 2021, fecha en la que realizó la primera entrega del sexto informe de evaluación, que se completará este año (IPCC, 2022). En este informe, se concluye que las emisiones de gases de efecto invernadero procedentes de las actividades humanas son responsables de un calentamiento de, aproximadamente, 1,1 °C, desde 1850 y se prevé que la temperatura mundial promediada, durante los próximos 20 años, alcanzará o superará un calentamiento de 1,5 °C.

Desde diversos lugares del planeta, organismos multilaterales, múltiples organizaciones regionales y locales, empresarios, el sector financiero, grupos y líderes sociales y personas del común, vienen trabajando en pro de mejorar la calidad de vida de los seres humanos y de proteger el soporte de vida del planeta. Uno de estos aportes lo hacemos desde Colombia, con la Red Colombiana de Formación Ambiental, la Red Ambiental de Universidades con más antigüedad de América Latina y el Caribe. Desde hace más de 35 años, esta Red viene consolidando las Ciencias Ambientales, a nivel nacional y uno de sus aportes es el Congreso Nacional de Ciencias Ambientales que, con esta 5ª versión, celebra su primer decenio. En esta ocasión, el Congreso fue liderado por la Red Colombiana

de Formación Ambiental y la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A y el tema central fue “Las Ciencias Ambientales en el Antropoceno”. En este número especial de la revista reunimos algunos de los trabajos más relevantes presentados, así como los resultados de la medición de la huella de carbono de este evento.

REFERENCIAS

1. CRUTZEN, P.J.; STOERMER, E.F. 2000. The Anthropocene. The International Geosphere-Biosphere Programme IGBP. 41:17-18.
2. GRENTHE, I. 1995. Award ceremony speech. The Nobel Prize. Disponible desde Internet en: <https://www.nobelprize.org/prizes/chemistry/1995/ceremony-speech/> (con acceso el 20/5/2022).
3. INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE-IPCC. 2022. Climate Change 2022: Impacts, adaptation, and vulnerability. Contribution of working group II to the sixth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Disponible desde Internet en: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/about/how-to-cite-this-report/> (con acceso el 20/5/2022).
4. INTERNATIONAL COMMISSION ON STRATIGRAPHY-ICS. 2019. Working Group on the ‘Anthropocene’. International Commission on Stratigraphy. Disponible desde Internet en: <https://quaternary.stratigraphy.org/working-groups/anthropocene/> (con acceso el 20/5/2022).
5. MAX-PLANCK-GESELLSCHAFT. 2021. Nobel Laureate Paul J. Crutzen has died. He investigated the causes of the hole in the ozone layer and coined the term ‘Anthropocene’. Disponible desde Internet en: <https://www.mpg.de/16360356/obituary-paul-j-crutzen> (con acceso el 20/5/2022).
6. RICE, J.; SEIXAS, C.; ZACCAGNINI, M.; BEDOYA-GAITÁN, M.; VALDERRAMA, N. 2018. The IPBES regional assessment report on biodiversity and ecosystem services for the Americas. Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services-IPBES. Zenodo. 660p. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3236252>



Educación ambiental mediada desde las ecologías socioculturales para el abordaje del territorio en contextos escolares

Environmental education mediated from socio-cultural ecologies for the approach to territory in school contexts

César Augusto Bustamante-Toro^{1*} ; Carlos Eduardo López-Castaño² 

¹Universidad del Quindío, Programa de Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental. Armenia - Quindío, Colombia; e-mail: ceabusta@uniquindio.edu.co

²Universidad Tecnológica de Pereira, Facultad de Ciencias Ambientales, Laboratorio de Ecología Histórica y Patrimonio Cultural. Pereira - Risaralda, Colombia; e-mail: cel@utp.edu.co

*autor de correspondencia: ceabusta@uniquindio.edu.co

Cómo citar: Bustamante-Toro, C.A.; López-Castaño, C.E. 2022. Educación ambiental mediada desde las ecologías socioculturales para el abordaje del territorio en contextos escolares. Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 25(Supl.1):e2135. <http://doi.org/10.31910/rudca.v25.nSupl.1.2022.2135>

Artículo de acceso abierto publicado por Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica, bajo una Licencia Creative Commons CC BY-NC 4.0

Publicación oficial de la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A, Institución de Educación Superior Acreditada de Alta Calidad por el Ministerio de Educación Nacional.

Recibido: noviembre 1 de 2021

Aceptado: abril 24 de 2022

Editado por: Laura Barcia

RESUMEN

Desde la perspectiva de las ecologías socioculturales, como campo emergente interdisciplinario, se puede enriquecer de manera alternativa y complementaria la educación ambiental, puesto que permite un acercamiento comprensivo a las dinámicas de ocupación humana y las transformaciones en un territorio concreto desde una mirada histórica, política y sociocultural. Esta investigación, se llevó a cabo en el contexto territorial de la cuenca del río Quindío, en el centro-occidente de Colombia, con la participación de 144 estudiantes y 40 docentes, de cuatro Instituciones Educativas públicas. La metodología fue de enfoque cualitativo, donde se empleó como instrumento de recolección y análisis de información, una encuesta tipo cuestionario con preguntas abiertas, para indagar aspectos socioambientales, históricos y paisajísticos del contexto territorial de dicha cuenca. Los resultados develaron que estudiantes y docentes, en general, desconocen los procesos históricos de ocupación humana de la región; con relación

a los principales cambios percibidos en el paisaje, los estudiantes señalaron el incremento de las urbanizaciones, la disminución de las zonas verdes y la contaminación, mientras que los docentes manifestaron cambios en los usos del suelo, el crecimiento urbanístico y el desarrollo basado en el turismo. Sin duda, estos hallazgos son importantes, como lectura del territorio, para ser tenidos en cuenta en la praxis de la educación ambiental de las instituciones educativas.

Palabras clave: Ecologías socioculturales; Educación Ambiental; Cuenca río Quindío; Instituciones educativa; Ordenamiento territorial.

ABSTRACT

From the perspective of socio-cultural ecologies as an emerging interdisciplinary field, environmental education can be enriched in an alternative and complementary way since they allow a

comprehensive approach to the dynamics of human occupation and transformations in a specific territory from a historical perspective, political and socio-cultural. This research was carried out in the territorial context of the Quindío River basin in central-western Colombia, with the participation of 144 students and 40 teachers from four public educational institutions. The methodology was a qualitative approach, where a questionnaire-type survey with open questions was used as an instrument for collecting and analyzing information to investigate socio-environmental, historical, and landscape aspects of the territorial context of said basin. The results revealed that students and teachers, in general, are unaware of the historical processes of human occupation of the region; Concerning the main changes perceived in the landscape, the students pointed out the increase in urbanizations, the decrease in green areas, and pollution; while teachers expressed changes in land use, urban growth, and development based on tourism. Undoubtedly, these findings are important as a reading of the territory to be considered in the praxis of environmental education in educational institutions.

Keywords: Educational institutions; Environmental education; Land use planning; Quindío River basin; Sociocultural ecologies.

INTRODUCCIÓN

El enfoque de las ecologías socioculturales podría ser entendido como un espacio interdisciplinar y emergente, que retoma acercamientos teórico-metodológicos de distintas escuelas de pensamiento de las ciencias sociales, con perspectiva holística e interdisciplinaria, que aportan a la comprensión de las múltiples interacciones Sociedad-Naturaleza, en distintas escalas espaciales y temporales (López & Ospina, 2008; López & Hernández, 2009; Barros, 2013). Desde estas concepciones es posible contribuir, de manera dialógica, al análisis crítico y reflexivo, de la forma como se han presentado las dinámicas y los cambios en territorios particulares.

De otra parte, la Educación Ambiental -EA-, se puede comprender con base en Tréllez Solís (2015), como una educación que es de carácter dinámica, integradora, multitemática, participativa e interdisciplinaria, para comprender las dinámicas del territorio y sus problemáticas ambientales, donde se asume -el territorio- como el conjunto de relaciones de poder, de apropiación o de pertenencia, entre una porción o la totalidad del espacio y los grupos sociales, constituyéndose en una de las bases de la EA, con enfoque comunitario. También, se considera la EA como un proceso de formación integral de personas críticas, reflexivas y éticas, para generar cambios en las actitudes, comportamientos y el fomento de valores hacia la responsabilidad en pro del respeto y reconocimiento de todas las diversas manifestaciones de la vida (Bermúdez Guerrero, 2003; Sauvé, 2006; Villaruel-Fuentes & Villaruel-López; 2020).

En ese orden de ideas, la EA, desde la perspectiva interdisciplinaria de las ecologías socioculturales, se puede enriquecer de manera alternativa y complementaria, puesto que permite su abordaje didáctico y pedagógico, situado en un contexto territorial, fundamentando su análisis desde la Historia Ambiental (McNeill,

2005; Leal, 2005; López & Ospina, 2008; Gallini, 2009; Dichdji, 2017), la Ecología Política (Palacio C., 2006; Escobar, 2014; Alimonda, 2015; Leff, 2019) y la Ecología Sociocultural (Guattari, 1996; Milton, 1996; Ingold, 2000; Gudynas, 2004; Boff, 2011).

Como caso particular de abordaje, una de las cuencas hidrográficas más importantes de la zona andina cafetera colombiana es la cuenca del río Quindío, como una unidad territorial de gran interés, por ser el río Quindío la principal fuente hídrica del departamento del Quindío, abasteciendo de agua a cuatro municipios (Armenia, Circasia, La Tebaida y Salento), que representan una población aproximada de 300.000 habitantes, equivalente al 55 % de la población (CRQ, 2011; García Reinoso & Obregón Neira, 2011; García-Reinoso *et al.* 2011). Esta cuenca, históricamente, ha sido habitada por diferentes presencias humanas; su territorio es soporte de las actividades económicas y productivas de la región; parte de su área de influencia conforma el Paisaje Cultural Cafetero (PCC), declarado patrimonio mundial por la UNESCO, en el 2011 y, en el 2019, el río Quindío fue declarado como sujeto de derechos para su conservación.

Asimismo, en la cuenca también se presentan tensiones generadas por la fragilidad de sus características biofísicas, socioculturales, el desconocimiento de sus procesos de ocupación y el poco control de las tendencias desbordadas del desarrollo actual, situaciones que han conllevado a una serie de aceleradas transformaciones paisajísticas, ecológicas y demográficas en el espacio, a lo largo del tiempo, a partir de diferentes usos y aprovechamientos, no siempre con prácticas sustentables. Sumado a ello, se han incrementado, exponencialmente, las actividades turísticas y las formas asociadas a los usos del suelo e incremento del consumo del agua, conllevando a cambios inesperados (Bustamante *et al.* 2007; García Reinoso *et al.* 2009; García-Reinoso *et al.* 2011; García Reinoso & Obregón Neira, 2011).

Ante las problemáticas señaladas, aún falta plantear nuevos enfoques y miradas alternativas al abordaje de la cuenca como territorio, que acerquen e integren su perspectiva interdisciplinaria, sistémica y compleja. Una opción interesante es la EA, mediada desde el enfoque interdisciplinario de las ecologías socioculturales, la cual, puede contribuir al análisis de los potenciales y problemáticas ambientales que se presentan en el territorio de la cuenca del río Quindío que, a su vez, generen reflexiones críticas y propositivas que inviten a la búsqueda de acciones y de prácticas sustentables para su conservación, en los contextos escolares. Por ello, el propósito de esta investigación fue indagar y analizar las percepciones y los saberes de estudiantes y los docentes sobre aspectos socioambientales, históricos y cambios paisajísticos del contexto territorial de la cuenca del río Quindío como abordaje de la EA, en perspectiva de las ecologías socioculturales, de tal forma, que pueda contribuir al reconocimiento de las realidades y las necesidades territoriales de la comunidad educativa para ser tenidas en cuenta en la praxis de la EA escolar.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio. La cuenca del río Quindío, se encuentra localizada al costado oriental del departamento del Quindío, en el centro-occidente de Colombia. La cuenca tiene un área total de 688.84 Km², en la vertiente occidental de la Cordillera Central, donde

el río Quindío nace en el extremo nororiental del municipio de Salento, en el páramo del Quindío (3.780 m s.n.m.); tiene aproximadamente 65,35 km de recorrido en dirección de norte a sur y desemboca en el río Barragán, dando origen al río la Vieja (García Reinoso *et al.* 2009; García Reinoso & Obregón Neira, 2011) (Figura 1).

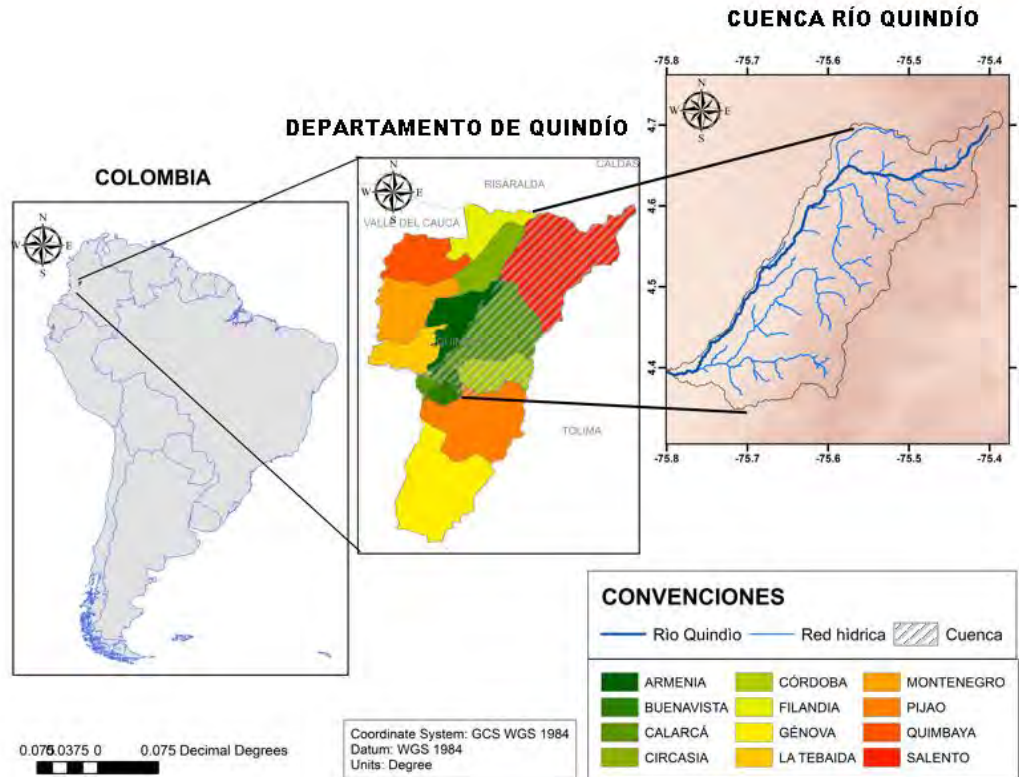


Figura 1. Localización geográfica de la cuenca del río Quindío en el centro-occidente de Colombia.

Esta investigación, se llevó a cabo en cuatro Instituciones Educativas (IE), que son sedes principales, de carácter público y están ubicadas en el territorio de la cuenca del río Quindío del departamento del Quindío. Las Instituciones Educativas que se encuentran ubicadas en el sector rural son: IE Boquía, localizada en la vereda Boquía del municipio de Salento; IE Baudilio Montoya, ubicada en la vereda la Bella del municipio de Calarcá y la IE El Caimo del corregimiento El Caimo, del municipio de Armenia, mientras que la IE José María Córdoba, que atiende población urbana y rural, se encuentra localizada en el casco urbano del municipio de Córdoba.

Levantamiento y análisis de la información. La investigación fue de enfoque cualitativo, siguiendo las orientaciones y las recomendaciones de Strauss & Corbin (2002), Ñaupás Paitán *et al.* (2018) y Hernández-Sampieri & Mendoza Torres (2018). Para el levantamiento de la información en campo, se aplicó, de manera autoadministrada, una encuesta tipo cuestionario, con preguntas abiertas, para indagar las percepciones y los saberes de las siguientes categorías de análisis: aspectos socioambientales de la cuenca del río Quindío (significados e importancia, principales problemáticas y aspectos para su cuidado); las ocupaciones humanas a nivel

histórico y los cambios paisajísticos asociados al territorio de la cuenca. Dicho instrumento fue revisado para su validación por tres profesores universitarios, con expertise en investigación cualitativa y EA.

El trabajo de campo, se adelantó entre febrero y marzo del 2020, en donde la muestra correspondió a un total de 144 estudiantes (59,7 % hombre y 40,3 % mujeres), con edades entre 10 a 19 años y 40 docentes (52,5 % mujeres y 47,5 % hombres), con edades entre 26 a 62 años; todos los participantes pertenecientes al nivel educativo de bachillerato (básica secundaria y media). Las respuestas de estudiantes y de docentes sobre el cuestionario, se transcribieron de manera literal, en una matriz de hoja de Excel; posteriormente, se realizó el análisis de contenido, a través de la codificación; para ello, se empleó el software ATLAS.ti versión 9. Los códigos fueron emergiendo del análisis de los segmentos de los datos “citas”, en este caso, de las palabras o frases cortas de las respuestas que representaron algún tema o concepto asociado a las categorías de análisis.

El análisis cualitativo de la información, se realizó siguiendo las tres fases interrelacionadas que propone Mejía Navarrete (2011): (i) la reducción de datos, que se relaciona con la clasificación, la categorización, la codificación y la presentación de datos; (ii) el análisis descriptivo, que permite atribuir significados a los datos, para elaborar enunciados empíricos y descriptivos y, (iii) la interpretación, que corresponde a los enunciados de carácter teórico y explicativo de los datos cualitativos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Saberes ocupaciones humanas en la región. Con base en la indagación sobre ¿Qué comunidades humanas han ocupado la región y desde hace cuántos años?, la tabla 1 muestra los códigos

que emergieron. En el caso de los estudiantes, las principales repuestas fueron: el 42 % mencionaron que no saben; el 17,4 %, los Emberá Chamí; el 13 % indicaron comunidades indígenas en general; el 9 %, los Pijaos y el 6 % relacionaron la comunidad del cacique Calarcá. Por su parte, las principales respuestas de los docentes fueron: los Emberá Chamí, 26 %; los Quimbayas, 24,6 %; el 19,7 % manifestaron que no saben; los Quindos, 8,2 % y el 4,9 % mencionaron a los Pijaos.

La mayoría de los estudiantes señalaron abiertamente que desconocen sobre los grupos humanos que habitaron la región, como el estudiante (No. 76, hombre de 15 años), quien respondió “No se (sic)”, solo unos pocos mencionaron culturas que han habitado la región en épocas pasadas, como los Pijaos, grupo que

Tabla 1. Códigos de la categoría: saberes ocupaciones humanas de la región.

	Códigos	No. de citas	(%)
Estudiantes (N=144)	No saben	55	42
	Los Emberá Chamí	23	17,4
	Comunidades Indígenas	17	13
	Los Pijaos	12	9
	Comunidad del Cacique Calarcá	8	6
	Los Quimbayas	7	5
	Campeños	5	3,8
	Indígenas Wayúu	3	2,3
	Desde la época precolombina	2	1,5
Docentes (N=40)	Emberá Chamí	16	26,2
	Los Quimbayas	15	24,6
	No saben	12	19,8
	Los Quindos	5	8,2
	Comunidades indígenas	3	4,9
	Colonos antioqueños	3	4,9
	Los Pijaos	3	4,9
	Desde hace miles de años	3	4,9
	Colonos del Tolima	1	1,6

se asentó principalmente en la cordillera central de la zona del Tolima; también mencionaron la cultura Quimbaya, que habitó la zona occidental de la hoya del Quindío; como se referencia en esta respuesta: “los pijaos y quimbayas en la época precolombina (sic)” (Estudiante No. 18, mujer de 15 años).

Respecto a las respuestas de los docentes, se puede decir que menos de una tercera parte de ellos mencionaron grupos indígenas que han habitado la región, como los Quindos, los Quimbayas y los Pijaos, tal como lo expresaron los siguientes docentes: “Quimbayas y su descendencia hace miles de años” (Docente No. 12, hombre

de 51 años); “Los Quindos” (Docente No. 13, mujer de 40 años) y “En nuestra región vivieron los Quimbayas y los Quindos principalmente hace miles de años y en la actualidad existen algunos resguardos de los Emberas” (Docente No. 21, hombre de 53 años). Además, señalaron el poblamiento del territorio por colonos que llegaron de Antioquia, como el Docente (No. 7, hombre de 54 años), “Los colonos que vinieron de Antioquia” y la Docente (No. 9, mujer de 55 años), “aquí habitaron los Quindos, los Quimbayas, luego los colonos antioqueños y ahora neocampeños (mestizos) (sic)”.

A nivel general, se puede inferir, de acuerdo con estos hallazgos, que la mayoría de los estudiantes y los docentes desconocen sobre los diferentes grupos humanos que han ocupado el territorio. Estas situaciones, se pueden deber a posibles debilidades en el sistema de enseñanza de la historia regional, donde los procesos de ocupación humana del territorio en diferentes temporalidades y sus implicaciones ambientales, socioculturales y políticas, no ha sido, a profundidad divulgadas o apropiadas socialmente. Por eso, es necesaria la Historia en perspectiva ambiental, como señala Sarango Rodríguez *et al.* (2016), la historia ambiental como una disciplina o asignatura desde sus distintas periodizaciones o contextos, donde convergen todas las historias (prehistoria, antigua, contemporánea, regional, nacional, universal y otras), lo cual, puede favorecer el diálogo de saberes entre las distintas disciplinas académicas y ser punto de encuentro para comprender los procesos

de transformación, que se han presentado en el contexto territorial.

Significados e importancia de la cuenca del río Quindío. Con relación a la pregunta ¿Qué significado e importancia tiene la cuenca del río Quindío?, la tabla 2 presenta los códigos que emergieron de las respuestas. Para los estudiantes, los principales significados e importancia de la cuenca se relacionaron con: principal fuente de agua para la población quindiana, 25,3 %; fuente de servicios ecosistémicos, 15,7 %; es una red hidrográfica del Quindío, 11,5 %; dinámica y funcionamiento de la diversidad y los ecosistemas, 11,1 %, mientras que para los docentes, los principales significados e importancia de la cuenca fueron: fuente de servicios ecosistémicos, 23,1 %; espacio territorial de drenaje del río Quindío, 19,4 %; abastecimiento de agua de la población, 18,5 % y fuente de hábitat y biodiversidad, 18,5 %.

Tabla 2. Códigos de la categoría: significados e importancia de la cuenca del río Quindío.

	Códigos	Nº de citas	(%)
Estudiantes (N=144)	Principal fuente de agua para la población quindiana	55	25,3
	Fuente de servicios ecosistémicos	34	15,7
	Red hidrográfica del río Quindío	25	11,5
	Dinámica y funcionamiento de la biodiversidad y ecosistemas	24	11,1
	Agua para diversos usos	23	10,6
	El río más importante del Quindío	22	10,1
	Representa agua, naturaleza y vida	15	6,9
	Es un símbolo y patrimonio natural del Quindío	8	3,7
	No saben su significado	7	3,2
	Regulación del clima	4	1,8
Docentes (N=40)	Fuente de servicios ecosistémicos	25	23,1
	Espacio de drenaje del río Quindío	21	19,4
	Principal fuente de agua para la población quindiana	20	18,5
	Fuente de hábitat y biodiversidad	20	18,5
	Fuente de agua	9	8,3
	Fuente hídrica más importante del Quindío	5	4,6
	Regulación del clima	3	2,8
	Dinamiza lo sociocultural y económico	2	1,9
	Base de las dinámicas de la modernidad	2	1,9
	Es música, poesía y canto natural	1	0,9

Dentro de los significados e importancia de la cuenca, los estudiantes y los docentes resaltaron, principalmente, los “servicios ecosistémicos” que, de acuerdo con Fischer *et al.* (2009), son las funciones ecológicas de provisión, de regulación, de soporte y culturales, para el beneficio y la satisfacción de las necesidades de

la población. En efecto, dicho significado de la cuenca, se relaciona directamente con una mirada desde la racionalidad instrumental utilitarista, es decir, que, en estos contextos escolares, prevalece una perspectiva tecno-científica y antropocéntrica asociada al funcionamiento bio-ecológico y al aprovechamiento de los servicios

ecosistémicos de la cuenca, entre ellos, el abastecimiento de agua para diversos usos.

En menor proporción, se presentaron otros significados diferentes a la mirada tradicional (técnica-instrumental) sobre la cuenca, como: representa agua, naturaleza y vida; es un símbolo y patrimonio natural del Quindío y es música, poesía y canto natural; estas maneras de enunciación, se pueden considerar como ontologías relacionales. En tal sentido, Escobar (2014) refiere a las ontologías relacionales como las formas complejas de interconexión y vínculos entre los mundos biofísicos, humanos y supernaturales, lo cual, se puede evidenciar en esta respuesta: “El río Quindío es la vida. Vivo en el nacimiento de él, por ello el río es fluir la música, el canto y la poesía” (Docente No 9, Mujer de 55 años).

Desde la perspectiva de las ecologías socioculturales, reconocer las diferentes epistemes y ontologías de quienes habitan la cuenca del río Quindío es fundamental, para la construcción colaborativa de procesos de EA. Todo ello, permite hilvanar acercamientos

al entendimiento de las interacciones Sociedad-Naturaleza en diferentes escalas temporales, para comprender y reflexionar sobre la cuenca del río Quindío, como un espacio que es dinámico, socialmente construido y compartido.

Principales problemáticas ambientales de la cuenca del río Quindío. Una de las preguntas clave para indagar las realidades socioambientales de la cuenca fue ¿Cuáles son las principales problemáticas de la cuenca del río Quindío? Con base en las respuestas, para los estudiantes, los principales códigos asociados a las problemáticas ambientales fueron: la contaminación, 39 %; la disposición inadecuada de los residuos sólidos, 35 %; falta de cultura ambiental, 6,9 % y las crecientes y los desbordamientos de los ríos, 6,4 %. Entre tanto, para los docentes, los principales códigos asociados a las problemáticas ambientales fueron: la contaminación, 34,6 %; el deterioro del hábitat y paisaje, 31,4 %; la disminución de caudales, 13,5 % y la disposición inadecuada de los residuos sólidos, 9,6 % (Tabla 3).

Tabla 3. Códigos de la categoría: principales problemáticas ambientales de la cuenca del río Quindío.

	Códigos	Nº de citas	(%)
Estudiantes (N=144)	Contaminación	85	39
	Disposición inadecuada de residuos sólidos	77	35
	Falta de cultura ambiental	15	6,9
	Las crecientes y desbordamientos de los ríos	14	6,4
	Disminución de caudales	11	5
	Mal manejo del agua	7	3,8
	Tala de árboles	4	1,8
	Mal uso de los ecosistemas acuáticos	3	1,4
	La Minería	2	0,9
Docentes (N=40)	Contaminación	36	34,6
	Deterioro del hábitat y paisaje	33	31,4
	Disminución de caudales	14	13,5
	Disposición inadecuada de residuos sólidos y escombros	10	9,6
	Falta de cultura en el cuidado del agua y ambiente	8	7,7
	La minería	3	3

Los estudiantes y los docentes consideran que la principal problemática ambiental de la cuenca del río Quindío está relacionada con la contaminación generada, principalmente, por la disposición inadecuada de los residuos sólidos, tal como lo expresaron los siguientes estudiantes: “La contaminación con desechos sólidos, los plásticos, las basuras y el mal manejo de las aguas” (Estudiante No. 66, mujer de 19 años) y “Las personas tirar muchas basuras y la están contaminando (sic)” (Estudiante No. 36, mujer de 11 años), situaciones que conllevan al deterioro de la

calidad del agua, afectación del hábitat y la biodiversidad. También, hicieron alusión a la falta de cultura y de conciencia ambiental, como se referencia en esta cita: “Falta de cultura, concientización y sensibilización respecto al cuidado y sostenibilidad de los cuerpos de agua [...]” (Docente No. 4, mujer de 38 años).

Percepciones cambios en el paisaje. Teniendo en cuenta la dinámica, la integralidad y la complejidad de los paisajes del eje cafetero colombiano (Rincón, 2016), se consideró pertinente

preguntar ¿Qué cambios ha percibido en el paisaje? Con base en ello, emergieron estos principales códigos para los estudiantes: nuevas obras y urbanizaciones, 21,6 %; menos árboles y bosques, 18 %; el incremento de la contaminación, 13,2 % y más plantaciones de monocultivos, 10,4 %. Para el caso de los docentes, los principales códigos fueron: cambios en el uso del suelo e incremento de monocultivos, 34,5 %; desarrollo de infraestructura, vías y vivienda, 20,7 %; desarrollo basado en el turismo, 16,2 % y la disminución de bosque nativo y fauna silvestre, 12,6 % (Tabla 4).

Las percepciones de los estudiantes y los docentes sobre los cambios en el paisaje, ponen de manifiesto que, gran parte de los cambios que se vienen presentando en el paisaje, han sido generados, principalmente, por el crecimiento urbanístico en la región: “La construcción de edificaciones ha alterado fuertemente el paisaje, ejemplo, Armenia ya quedó sin zona rural y los pocos relictos urbanos están quedando ahogados en el cemento” (Docente No. 20, mujer de 39 años). Con base en González *et al.* (2012), en el Eje Cafetero del centro-occidente colombiano, el incremento

Tabla 4. Códigos de la categoría: percepciones cambios en el paisaje.

	Códigos	Nº de citas	(%)
Estudiantes (N=144)	Nuevas obras y urbanizaciones	23	21,6
	Menos árboles y bosques	19	18
	Incremento de la contaminación	14	13,2
	Aumento de monocultivos	11	10,4
	Cambios en el clima	11	10,4
	No han percibido cambios	11	10,4
	Mejoramiento y embellecimiento de espacios públicos	4	3,8
	Crecimiento de la población	3	2,8
	Llegada de gente foránea	3	2,8
	Incremento del turismo	3	2,8
	Menos fauna	2	1,9
	Menos campesinos	2	1,9
Docentes (N=40)	Cambios uso del suelo e incremento de monocultivos	30	34,5
	Desarrollo de infraestructura, vías y vivienda	18	20,7
	Desarrollo basado en el turismo	14	16,2
	Disminución de bosque nativo y fauna silvestre	11	12,6
	Desplazamiento de lugareños y campesinos	6	6,9
	Cambios en el clima	4	4,6
	Incremento de la contaminación	2	2,3
	Ocupación de cauces	1	1,1
	Cambios en las costumbres y tradicionales	1	1,1

del sistema urbano se ha orientado, en parte, a la localización de nuevos mercados de vivienda, servicios, industria y comercio a las afueras del perímetro urbano de las ciudades, lo que ha conllevado, a una presión sobre la naturaleza, toda vez que las demandas del crecimiento urbano tienden a incrementar.

Todas estas tensiones asociadas a los cambios generados en el paisaje de la cuenca del río Quindío son el reflejo de una ruptura en la relación Sociedad-Naturaleza, que responde, principalmente, a la visión antropocéntrica de uso o aprovechamiento -por lo general,

desmedido- de los bienes y servicios ecosistémicos, que ofrece el territorio de la cuenca. Situación que preocupa día tras día, debido al aumento de su demanda y consumo de los componentes de la naturaleza, para satisfacer las crecientes necesidades básicas humanas y de actividades económicas, como el turismo, la expansión urbana y el incremento de monocultivos, como la producción de aguacate Hass y plantaciones de interés forestal.

Aspectos para el cuidado de la cuenca. Considerando las actitudes, valores y acciones proambientales, se indagó sobre ¿Qué podemos

hacer por el cuidado de la cuenca del río Quindío? Con base en ello, los principales códigos que emergieron de las respuestas de los estudiantes fueron: no arrojar basuras, 35,4 %; campañas y acciones de concientización sobre el cuidado de los ríos, 32 % y la Colecta de residuos sólidos, 15,1 %. Para los docentes fueron: campañas de concientización para el cuidado del ambiente, 35,2 %; manejo y aprovechamiento de residuos sólidos, 15,5 % y promover la conservación de la biodiversidad regional, 11,3 % (Tabla 5).

De acuerdo con lo manifestado por los estudiantes y los docentes para el cuidado de la cuenca, una de las principales temáticas planteadas fue el manejo de los residuos sólidos, señalando la realización de actividades como el reciclaje, la separación en la fuente, la recolecta de residuos y otros, tal como lo expresa el estudiante (No. 96, hombre de 15 años): “Jornadas de recolección de basuras para la conservación de los ríos o fuentes hídricas de la comunidad, también la concientización al cuidado del medio

Tabla 5. Códigos de la categoría: aspectos para el cuidado de la cuenca del río Quindío.

	Códigos	Nº de citas	(%)
Estudiantes (N=144)	No arrojar basuras	63	35,4
	Campañas y acciones de concientización sobre el cuidado de los ríos	33	32
	Colecta de residuos sólidos	27	15,1
	No hacer vertimiento de residuos líquidos y sustancias tóxicos	8	4,5
	Reforestación	8	4,5
	Ahorrar agua	7	3,9
	Proteger las reservas naturales y la biodiversidad	5	2,8
	Aplicar el comparendo ambiental	2	1,1
	Control a la minería	1	0,6
Docentes (N=40)	Campañas de concientización para el cuidado del ambiente	25	35,2
	Manejo y aprovechamiento de residuos sólidos	11	15,5
	Promover la conservación de la biodiversidad regional	8	11,3
	Reforestación	7	9,8
	Veedurías ciudadanas	5	7
	Cumplimiento de la normatividad ambiental	5	7
	Ahorrar agua	4	5,6
	Administración adecuada de los recursos públicos	3	4,2
	Control de actividades turísticas	1	1,4
	Resistencia a la megaminería	1	1,4
	No hacer quemas	1	1,4

ambiente”. De hecho, el manejo de los residuos sólidos, seguido de las campañas sobre el cuidado del agua, los simulacros de evacuación (prevención de desastres), la huerta ecológica, la siembra de árboles y la conmemoración del calendario ambiental, son los principales temas abordados en los Proyectos Ambientales Escolares (PRAE) de las Instituciones Educativas, pero, en la mayoría de los casos, se constituyen en actividades puntuales que adolecen de un acompañamiento crítico y reflexivo desde lo pedagógico, epistémico, axiológico y ontológico. Asimismo, de los PRAE, se puede decir, de manera general, que deben fortalecer los componentes relacionados con la lectura del contexto, el diagnóstico de la situación ambiental particular, el marco teórico-conceptual y las acciones estratégicas,

de manera que coadyuven, sistémica e interdisciplinariamente, a la transversalización de la dimensión ambiental al currículo escolar.

Por otra parte, los estudiantes y los docentes también mencionaron sobre campañas de concientización, de sensibilización y de acciones para el cuidado de la cuenca y sus fuentes hídricas, como “Hacer campañas, concientizar a las personas de la importancia que tiene el río para toda una población (sic)” (Estudiante No. 62, hombre de 17 años) y “Realizar talleres de sensibilización a las comunidades y aprovechar las instituciones para infundir y difundir con los niños la problemática y las posibles soluciones” (Docente No. 8, mujer de 46 años). Sin duda, se evidencia la necesidad de educar

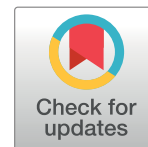
ambientalmente en el cuidado de la cuenca del río Quindío, acudiendo al pensamiento de Boff (2002), sobre el cuidado esencial, “cuidar es más que un acto; es una actitud”, significa ello, una actitud hacia la responsabilidad, la preocupación y al compromiso afectivo con el otro; de hecho, el cuidado hace parte fundamental de la naturaleza y del ser humano, por ende, el cuidado esencial de la cuenca del río Quindío, requiere de una EA orientada a explorar las conexiones ontológicas y afectivas de coexistencia y de convivencia con la cuenca, como unidad territorial, de tal manera, que se colige el sentir, el pensar y el actuar para su sustentabilidad.

En suma, la EA, mediada desde las Ecologías Socioculturales en los ámbitos escolares, puede contribuir de manera holística, sistémica e interdisciplinaria a la lectura del contexto territorial (biofísico, histórico, social, cultural y político), considerando el diálogo entre las diferentes áreas del conocimiento y la participación de la comunidad educativa, a través de sus percepciones, cosmovisiones y saberes para la apuesta de una EA acorde a sus realidades y necesidades. Igualmente, desde esta perspectiva, se puede aportar a la formación integral de personas críticas, reflexivas, sensibles y resilientes, con sentido de identidad por el territorio habitado, con valores hacia la interculturalidad y sus saberes y la preservación de las tramas de la vida en su complejidad.

REFERENCIAS








- ALIMONDA, H. 2015. Ecología política latinoamericana y pensamiento crítico: vanguardias arraigadas. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*. 35:161-168. <https://doi.org/10.5380/dma.v35i0.44557>
- BARROS, A.T. 2013. O ambientalismo como interdisciplina sociocultural e pensamento complexo. *Revista São Paulo em Perspectiva*. 44:63-91.
- BERMÚDEZ GUERRERO, O.M. 2003. *Cultura y Ambiente. La educación ambiental, contexto y perspectivas*. IDEA-Universidad Nacional de Colombia (Colombia). 156p.
- BOFF, L. 2002. *El cuidado esencial. Ética de lo humano, compasión por la tierra*. Editorial trota. 160p.
- BOFF, L. 2011. *Ecología: Grito de la tierra, grito de los pobres*. Quinta edición. Editorial Trota. 288p.
- BUSTAMANTE, C.A.; GARCÍA, P.L.; MONSALVE, E.A. 2007. Los caudales ecológicos: herramienta fundamental en la gestión integral de las fuentes hídricas del Quindío. *Revista de Investigaciones Universidad del Quindío*. 17:205-221.
- CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL QUINDÍO, CRQ. 2011. *Plan de Manejo Subcuenca del río Quindío*. (Armenia-Quindío, Colombia). 238p.
- DICHDJI, A. 2017. *Naturaleza y cultura: diálogos interdisciplinarios entre la historia ambiental y la antropología*. Luna Azul. 44:277-293. <https://doi.org/10.17151/luaz.2017.44.17>
- ESCOBAR, A. 2014. *Sentipensar con la tierra. Nuevas lecturas sobre el desarrollo, territorio y diferencia*. Ediciones UNALA. 184p.
- FISCHER, B.; TURNER, K.; MORLING, P. 2009. Defining and classifying ecosystem services for decision making. *Ecological economics*. 68(3):643-653. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2008.09.014>
- GALLINI, E. 2009. Historia, ambiente, política: el camino de la historia ambiental en América Latina. *Nómadas (Col)*. 30:92-102.
- GARCÍA REINOSO, P.L.; MONSALVE DURANGO, E.A.; BUSTAMANTE TORO, C.A. 2009. Estudio de la variabilidad de la precipitación y temperatura en la cuenca del río Quindío. *Revista de Investigaciones Universidad del Quindío*. 19:135-143.
- GARCÍA-REINOSO, P.L.; MONSALVE DURANGO, E.A.; LOZANO-SANDOVAL, G. 2011. Análisis espacial y temporal del índice de escasez de agua en la cuenca del río Quindío. *Revista de investigaciones Universidad del Quindío*. 22(1):70-82. <https://doi.org/10.33975/riuvq.vol22n1.660>
- GARCÍA REINOSO, P.L.; OBREGÓN NEIRA, N. 2011. Elementos para formular una gestión integrada del recurso hídrico. Caso cuenca río Quindío. *Revista Tecnológica (Colombia)*. 10(2):73-83.
- GONZÁLEZ, J.L.; GALEANO MORENO, J.; CAÑÓN BARRIGA, J. 2012. Dispersión urbana y oferta hídrica en el eje cafetero colombiano. *Gestión y Ambiente*. 15(2):59-74.
- GUATTARI, F. 1996. *Las Tres Ecologías*. Segunda Edición. Pre-textos (España). 79p.
- GUDYNAS, E. 2004. *Ecología, economía y ética del desarrollo sostenible*. Quinta Edición. Coscoroba ediciones. 264p.
- HERNÁNDEZ-SAMPIERI, R.; MENDOZA TORRES, C.P. 2018. *Metodología de la investigación las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw-Hill (México). 714p.
- INGOLD, T. 2000. *The perception of the environment*. Routledge. 465p.
- LEAL, C. 2005. *Presentación del dossier sobre historia ambiental latinoamericana*. *Historia Crítica*. 30:5-11.
- LEFF, E. 2019. *Ecología política de la construcción del capital a la territorialización de la vida*. Siglo XXI Editores. (México). 483p.

22. LÓPEZ, C.E.; HERNÁNDEZ, U. 2009. Diálogos entre saberes ciencias e ideologías en torno a lo ambiental. Editorial Publiprint. 213p.
23. LÓPEZ, C.E.; OSPINA, G. 2008. Ecología Histórica: Interacciones sociedad ambiente a distintas escalas socio temporales. Universidad Tecnológica de Pereira, Universidad del Cauca, Sociedad Colombiana de Arqueología (Colombia). 297p.
24. MCNEILL, J.R. 2005. Naturaleza y cultura de la historia ambiental. *Nómadas*. 22:12-25.
25. MEJÍA NAVARRETE, J. 2011. Problemas centrales del análisis de datos cualitativos. *Revista Latinoamericana de Metodología de la Investigación*. 1:47-60.
26. MILTON, K. 1996. Environmentalism and cultural theory: exploring the role of anthropoloy in environmental discourse. Routledge. 276p.
27. ÑAUPAS PAITÁN, H.; VALDIVIA DUEÑAS, M.R.; PALACIOS VILELA, J.J.; ROMERO DELGADO, H.E. 2018. Metodología de la investigación cuantitativa y cualitativa y redacción de la tesis. 5ta Edición. Ediciones de la U. (Colombia). 559p.
28. PALACIO C., G.A. 2006. Breve guía de introducción a la ecología política: orígenes inspiradores, aportes y temas de actualidad. *Gestión y Ambiente*. 9(3):7-20.
29. RINCÓN, F. 2016. La caficultura como patrimonio cultural, social y productivo. Paisaje Cultural Cafetero de Colombia: cinco años como patrimonio mundial. Gestiones interinstitucionales en el marco del plan de manejo del Paisaje Cultural Cafetero entre 2011 y diciembre 2015. Ministerio de Cultura. Federación Nacional de Cafeteros. (Colombia). 232p.
30. SARANGO RODRÍGUEZ, J.A.; SÁNCHEZ GÁLVEZ, S.; LANDÍVAR, J. 2016. Educación ambiental. ¿Por qué la Historia? *Revista Universidad y Sociedad*. 8(3(E)):184-187.
31. SAUVÉ, L. 2006. La educación ambiental y la globalización: desafíos curriculares y pedagógicos. *Revista Iberoamericana de Educación*. 41:83-101.
32. STRAUSS, A.; CORBIN, J. 2002. Bases de la Investigación cualitativa, técnicas y procedimientos para desarrollar teoría fundamentada. Editorial Universidad de Antioquia. 341p.
33. TRÉLLEZ SOLÍS, E. 2015. Educación Ambiental comunitaria en América Latina. RFA-ALC, PNUMA (Perú). 25p.
34. VILLARUEL-FUENTES, M.; VILLARUEL-LÓPEZ, M. DE L. 2020. Alternativas éticas desde la educación ambiental. *Revista Pedagógica*. 22:1-14.
<https://doi.org/10.22196/rp.v22i0.5017>



Estrategia educativa intercultural para la prevención del cáncer de cuello cérvico uterino en el resguardo de Paujil, Amazonia Colombiana

Intercultural educational strategy for the prevention of cervical cancer in Paujil Resguardo Amazonía colombiana

Claudia Marcela Velásquez-Jiménez^{1*} ; María Inés Sarmiento² ; Sandra Vargas³ ; Vilma Fandiño¹ ; Miryam Beatriz Puerto-de-Amaya² ; Adriana Ardila-Sierra² ; Esteban Quintana¹ 

¹Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A. Bogotá, Colombia; e-mail: mvelasquez@udca.edu.co; vfandino@udca.edu.co; esquintana@udca.edu.co

²Fundación Universitaria de Ciencias de la salud. Bogotá, Colombia; e-mail: misarmiento@fucsalud.edu.co; mbpuerto@fucsalud.edu.co; adrianaardilas@gmail.com

³Universidad El Bosque, Bogotá, Colombia; e-mail: vargassandra@unbosque.edu.co

*autor de correspondencia: mvelasquez@udca.edu.co

Cómo citar: Velásquez-Jiménez, C.M.; Sarmiento, M.I.; Vargas, S.; Fandiño, V.; Puerto-de-Amaya, M.B.; Ardila-Sierra, A.; Quintana, E. 2022. Estrategia educativa intercultural para la prevención del cáncer de cuello cérvico uterino en el resguardo de Paujil, Amazonia Colombiana. Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 25(Supl.1):e2159. <http://doi.org/10.31910/rudca.v25.nSupl.1.2022.2159>

Artículo de acceso abierto publicado por Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica, bajo una Licencia Creative Commons CC BY-NC 4.0

Publicación oficial de la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A, Institución de Educación Superior Acreditada de Alta Calidad por el Ministerio de Educación Nacional.

Recibido: noviembre 5 de 2021

Aceptado: mayo 3 de 2022

Editado por: Laura Barcia

RESUMEN

Los pueblos indígenas siguen sufriendo inequidades, a pesar de los avances relacionados con la protección de la diversidad étnica y cultural, siendo las mujeres uno de los grupos de mayor riesgo, sobre todo, en lo referente a la salud sexual y reproductiva, situación contemplada como un compromiso de acción en los objetivos de desarrollo sostenible. En ese contexto, esta investigación acción participativa buscó construir una estrategia educativa intercultural, sostenible y segura culturalmente que, a propósito de la prevención del cáncer de cuello uterino, aportará al empoderamiento y la conservación de la salud de las mujeres habitantes del resguardo de Paujil -Colombia. La iniciativa surgió de mujeres indígenas preocupadas por mejorar la salud de sus congéneres y un grupo de investigadores. La construcción de una estrategia educativa intercultural representa un reto, pues la pedagogía occidental no necesariamente corresponde a las concepciones de enseñanza

aprendizaje de las indígenas del resguardo. Hay dificultades lingüísticas, pues cada etnia tiene su propia lengua. Las indígenas líderes se convirtieron en las facilitadoras del proceso que se centró más en el uso de la oralidad y encuentros entre mujeres, que se conocen entre sí. Las mujeres prefieren estrategias didácticas basadas en compartir experiencias y el uso de cartillas y videos. El trabajo permitió concluir que cualquier estrategia educativa intercultural que se proponga debe ser específica y acorde a las necesidades de las comunidades.

Palabras clave: Educación en salud; Interculturalidad; Salud indígena; Salud sexual y reproductiva.

ABSTRACT

Despite the advances related to the protection of ethnic and cultural diversity, indigenous people continue to suffer inequities, with

women being one of the groups most at risk, especially concerning sexual and reproductive health, a situation considered as a problem, a commitment to action in the sustainable development goals. In this context, this Participatory action research searched to build an intercultural educational strategy, sustainable and culturally safe, which, concerning the prevention of cervical cancer, would contribute to the empowerment and conservation of the health of the women who live in the Paujil reservation-Colombia. The initiative arose from indigenous women concerned about improving the health of their peers, and a group of researchers. The construction of an intercultural educational strategy represents a challenge since western pedagogy does not necessarily correspond to the teaching-learning conceptions of the indigenous people of the reservation. There are linguistic difficulties because each ethnic group has its language. The indigenous leaders became the facilitators of the process that focused more on the use of orality and meetings between women who know each other. Women prefer a didactic strategy based on sharing experiences, and the use of primers, and videos. The work allowed to conclude that any proposed of intercultural educational strategy must be specific and according to the needs of the communities.

Keywords: Health education; Indigenous health; Interculturality; Sexual and reproductive health.

INTRODUCCIÓN

Las políticas y los acuerdos internacionales para el reconocimiento formal de los derechos humanos de los pueblos y de las mujeres indígenas, soportadas actualmente por el Convenio 169 de la Organización internacional del trabajo (OIT, 2014), la Conferencia Mundial de Derechos Humanos (ONU,1993), la Conferencia Internacional sobre Población y Desarrollo del Fondo de Población de las Naciones Unidas (FPNU, 1994), la Declaración de las Naciones Unidas sobre los derechos de los pueblos indígenas (ONU, 2008), los diecisiete Objetivos de desarrollo sostenibles (ONU, 2015) y la agenda 2030, se convierten en un contexto de respeto por la interculturalidad y de apoyo a la mejora de todos los indicadores culturales sociales, económicos y de salud de estas poblaciones (ONU, 2021).

La Amazonia colombiana, cuya población es mayoritaria indígena (DANE, 2019), es un territorio que exige, de manera urgente, el cumplimiento y la aplicación de dichas políticas, en un trabajo mancomunado, para abordar las situaciones críticas que padecen estas poblaciones y que están relacionadas con:

- Pérdida de territorios tradicionales y de los conocimientos sobre el uso y el manejo de los ecosistemas.
- Cambios en los sistemas alimenticios y quiebre de los sistemas tradicionales de redistribución de bienes y alimentos.
- Imposición de modelos occidentales, que afectan las relaciones de poder entre hombres y mujeres, alterando

los significados culturales sobre “lo femenino” y “lo masculino”.

- Evangelización en contra de las prácticas religiosas propias e imposición de sistemas y prácticas sanitarias, ajenas a las sociedades indígenas.
- Delegación de la formación y educación de los niños o jóvenes indígenas a los profesores del Estado Nacional.
- Dependencia económica y sanitaria a los sistemas impuestos por los no-indígenas.
- Violencia política por presencia constante de actores armados.
- El no manejo del bilingüismo.

Todas estas situaciones potencian la condición de vulnerabilidad de toda la población, pero, particularmente, la salud y el desarrollo de las mujeres (Gobernación Departamento del Guainía, 2020; Consejo Noruego para Refugiados, 2021).

Las estadísticas de salud, en este sentido, señalan que las mujeres indígenas se encuentran cada vez más en condiciones vulnerables de padecer patologías relacionadas con el ejercicio de la sexualidad, tales como infecciones de transmisión sexual, morbimortalidad relacionada con la gestación parto y nacimiento y el cáncer de cuello uterino, que es la primera causa de muerte por cáncer, entre mujeres de 30 a 59 años en Colombia (Minsalud, 2012; Suarez Moreno *et al.* 2018).

El cáncer de cuello uterino es una patología de alto riesgo para mortalidad femenina, con una tasa de incidencia, ajustada por edad de 36,4, por cada 100.000 habitantes y una tasa de mortalidad ajustada por edad, de 18,2, por cada 100.000 habitantes que, asociada a condiciones socioeconómicas desfavorables, encuentra un mayor riesgo de mortalidad en regiones rurales dispersas, como Guainía, con bajo acceso a los servicios de salud y en grupos de menor nivel educativo (Minsalud, 2015).

En ese contexto, el proyecto tuvo como objeto construir una estrategia educativa intercultural, sostenible en el tiempo. Dicha estrategia educativa tiene como finalidad la prevención del cáncer de cuello uterino en tanto patología prevenible, además de aportar al empoderamiento y la conservación de la salud de las mujeres del resguardo de Paujil, en Guainía, Amazonia colombiana.

El proyecto tiene su origen en el 2017, para dar respuesta a la iniciativa de un grupo de mujeres adscritas a la Asociación de Mujeres Indígenas del Guainía - AMUIGUA, en la Amazonía colombiana, quienes solicitaron apoyo a tres universidades colombianas, con el propósito de trabajar por la salud de las mujeres de sus comunidades y fue financiado en el 2019, por el Ministerio de Ciencia y Tecnología de Colombia.

MATERIALES Y MÉTODOS

En correspondencia con el enfoque de interculturalidad propuesto en el proyecto, el grupo de investigación utilizó, como diseño de investigación, la investigación acción participativa-IAP. La IAP es una corriente de pensamiento latinoamericano que, en Colombia, fue impulsada por el sociólogo Orlando Fals Borda (Anisur Rahman & Fals Borda, 1988) y surgió en respuesta a las situaciones de crisis, tanto culturales como sociopolíticas de la región.

La IAP está estructurada sobre la base de tres ejes: el primero, de carácter epistémico, propone la producción de conocimiento, a partir de las reflexiones de los procesos sociales en sí mismos, en un análisis que devela los ejercicios de poder y donde la investigación se convierte un instrumento para empoderar a las comunidades; el segundo, sobre la acción reflexionada, se sustenta en la investigación y conduce a un diálogo entre saberes teóricos y prácticos para lograr una transformación de la situación desde sus propias realidades y el tercero, que privilegia la participación, es decir, la relación entre el sujeto que conoce y el objeto por conocer, permite la generación de escenarios compartidos entre la academia y la realidad social, para desarrollar estrategias verdaderamente interculturales, reduciendo la brecha entre la teoría y la práctica (Ortiz & Borjas, 2008).

El proyecto se desarrolló en cuatro fases:

Fase 1. Conformación grupo de investigación. El grupo estuvo conformado por cinco lideresas indígenas bilingües reconocidas por sus comunidades, cada una en representación de las cinco etnias más grandes del resguardo (Piapocos, Sikuanis, Curripacos, Puinaves y Cubeos); seis investigadoras con formación en el área de la salud, entre las que se encontraban médicas, enfermeras y una bacterióloga y un investigador con formación en sociología. Las autoridades indígenas de las etnias seleccionadas conocieron y estudiaron el proyecto antes de otorgar su permiso. El protocolo para realizar el proyecto fue aprobado por el Comité de ética en investigación en seres humanos, con el número 0165-2017.

Fase 2. Capacitación conjunta entre lideresas e investigadores. Los investigadores universitarios realizaron capacitaciones a las lideresas sobre principios básicos de investigación, relacionados con técnicas de recolección de información, la realización de entrevistas y su respectiva transcripción, el consentimiento informado, la elaboración de diarios de campo y la filosofía de la IAP. Las lideresas, a su vez, proporcionaron a los académicos sus visiones en relación con su etnia, valores, principios, las dinámicas del resguardo y las características de las mujeres habitantes del mismo.

Fase 3. Elaboración conjunta de instrumentos. Trabajo conjunto realizado entre las lideresas indígenas y los profesores, que permitió establecer las estrategias cualitativas y cuantitativas a aplicar (Caracterización de las participantes, entrevistas semiestructuradas, grupos focales, consentimiento informado, diario de campo), definir el tipo de preguntas a realizar, la estructura del consentimiento informado y la traducción de los instrumentos a las lenguas de las diferentes etnias.

Fase 4. Trabajo de campo conjunto entre lideresas y profesores. que permitió la recolección, análisis y comprensión de información, relacionada con costumbres, significados, educación, recursos en salud, sexualidad, salud sexual y reproductiva y preferencias de recursos didácticos. Realizaron las entrevistas cuarenta lideresas, previo consentimiento informado, realizado en su lengua primordial.

Las entrevistas fueron grabadas, transcritas y traducidas al español por las lideresas. El proceso fue retroalimentado por los profesores, en un análisis conjunto, que permitió hacer explícitas las reflexiones que iban surgiendo en las entrevistas e identificar hallazgos, aprendizajes, dificultades y nuevas estrategias de trabajo.

Es importante señalar que uno de los insumos importantes fue la elaboración por parte de cada lideresa, de documentos cortos en español, con sus propios análisis, relacionados con el trabajo de campo.

Simultáneamente, los profesores realizaron reuniones, en las que compartieron las reflexiones emergentes en cada etnia; identificaron aspectos comunes y diferencias entre etnias; realizaron abstracciones teóricas e hicieron explícita su experiencia intercultural durante el proceso investigativo, identificando los contenidos y las posibles estrategias didácticas más adecuadas, para la realización de una estrategia educativa culturalmente segura para las mujeres. Esto significa, que se ha construido en un diálogo intercultural real, que busca comprensiones compartidas y resignificadas que derivan en nuevos aprendizajes, a partir de estrategias didácticas, críticas, negociadas y no impuestas.

Construcción de la estrategia educativa intercultural para la prevención del cáncer de cuello cérvico uterino. Significó una revisión teórica sobre el concepto de interculturalidad en educación, análisis de las propias experiencias de los investigadores universitarios y lideresas. Como resultado final, se construye colectivamente una propuesta de didácticas relacionadas con el uso de cartillas bilingües, con textos elaborados conjuntamente, videos, cortos y la decisión de realizar acciones educativas, de manera individual. Actualmente y debido a la pandemia, no se ha podido aplicar la estrategia intercultural, lo cual, será motivo de nuevas reflexiones y ajustes.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La construcción de la interculturalidad, un camino tortuoso y desigual, que debe ser prioridad en las estrategias educativas con todas las comunidades. Los conceptos de interculturalidad, interculturalidad en salud, salud intercultural, enfoque o perspectiva intercultural y otros conceptos similares, señalados por Salaverry (2010), Hasen Narváz (2012) y Aguilar-Peña *et al.* (2020), se han introducido en el discurso y en la práctica de la salud pública en los últimos años, particularmente, en Colombia.

Estos conceptos sobre interculturalidad no han cursado por un adecuado consenso sobre su significado, sus diferencias,

sus similitudes e implicaciones. Aunque la formación de los profesionales sanitarios cada día ha generado marcos más amplios de conocimientos, incluyendo aspectos de antropología, sociología, filosofía, existiendo, además, lineamientos nacionales para el trabajo en salud con pueblos indígenas (Minsalud, 2017); dicha formación sigue siendo insuficiente, pues existen grandes vacíos en la comprensión que tiene los profesionales sanitarios sobre lo transcultural e intercultural de los fenómenos salud-enfermedad-cuidado, que conllevan prácticas que atentan contra la singularidad de las personas, que pertenecen a estos grupos étnicos.

Este proyecto tuvo como reto inicial, entonces, hacerse la pregunta por lo intercultural y su relación con la salud, pero también, por cómo trabajar en una investigación acción participativa, generando criterios de equidad entre las personas que llevaron a cabo la investigación y las participantes, proponiendo unos mínimos de comprensión del significado de este término. Es así, como los docentes participantes iniciaron un proceso de revisión juiciosa sobre las diferentes concepciones de lo intercultural, que luego fueron confrontadas por la interacción con las lideresas del resguardo.

Esta interacción dio como resultado el cuestionamiento permanente sobre la existencia de la interculturalidad, en una relación de equidad con las lideresas y sus comunidades. Estos cuestionamientos pusieron en tensión al equipo de investigación, que se vieron en la necesidad de revisar su ejercicio de poder dominante, a través de los conocimientos occidentales sobre la salud y la investigación, respaldadas por titulaciones universitarias, posgrados y evidencias de literatura. Como equipo de investigación, se preguntaron si estarían imponiendo las miradas científicas sobre las visiones propias de la salud en las indígenas. Y si no era así, cuál era el aporte y construcción conjunta que se podía dar, tanto en profesores como en lideresas.

En ese sentido, uno de los resultados más importantes que surgen de la investigación tienen que ver con aceptar que los diálogos entre comunidades no se dan necesariamente en igualdad de condiciones. Que los conceptos sobre una relación de interculturalidad ideal no son posibles, que la interculturalidad no necesariamente se circunscribe a la relación con poblaciones indígenas o que poblaciones entendidas como diferentes a las sociedades occidentales, en una conformación social de ser “los otros”. Por lo tanto, la interculturalidad, como ya ha sido señalado por Almeida Vera & Almeida Vera (2014) y Castillo Guzmán & Guido Guevara (2015), es un fenómeno complejo que ata al conjunto de todas las sociedades contemporáneas y se refiere, específicamente, a las relaciones que existen entre diversos grupos humanos que componen una determinada sociedad, los cuales, pueden ser definidos, en términos culturales, de etnicidad, de lengua, de nacionalidad, de religión y otros.

Se asume, entonces, que la interculturalidad es un proceso dinámico, que tiene que ver con relaciones simétricas o asimétricas, con procesos de visibilización o no, de unos actores sobre otros y donde las representaciones sociales generan estigmatizaciones

y discriminaciones, que deben ser develadas para poder generar construcciones y transformaciones (García Canclini, 1997).

El trabajo entre profesores o investigadores y lideresas indígenas dejó como evidencia que, si bien es cierto que había una disposición mutua para el trabajo consensuado, también generó claramente una relación profesor universitario-lideresas estudiantes, que aportó a las mismas, conocimiento sobre sus cuerpos y sus procesos fisiológicos reproductivos, como también algunos elementos de metodología básica de investigación, privilegio de la ciencia occidental.

Por otro lado, las lideresas aportaron a los investigadores universitarios, las visiones y el acercamiento de sus propias etnias e hicieron evidente al equipo de investigación académicos, lo que significa “ser el otro”, “el raro”, el que es excluido, porque no se puede comunicar con la propia lengua. Las lideresas, se convierten, entonces, en las mediadoras del discurso, las que conocen los códigos culturales y los investigadores en las personas excluidas. Esto configuró a las lideresas en intérpretes, necesarias para generar vínculos, pues como se señaló, las indígenas realizaron las entrevistas en profundidad a sus congéneres y ellas hicieron la traducción de los discursos.

En ese escenario, entonces, es claro que la visión y la formación profesional occidental sigue teniendo una mirada homogeneizadora, que ubica a todos los pueblos indígenas como uniformes y, por tanto, inferiores en relación con una sociedad del conocimiento y la tecnología, que los ha venido subsumiendo de manera indistinta y esta misma lógica determina que los pueblos indígenas generen sus propias maneras de resistencia, porque son obligados a incluirse en una lógica occidental, que no hace el ejercicio recíproco (Lerín Piñón, 2004; Patiño Sauza & Sandín Vásquez, 2014).

Crear, entonces, una estrategia educativa intercultural en el área de salud (para este caso, estrategias de prevención del cáncer de cuello uterino), demuestra que para garantizar lo que señalan los objetivos de desarrollo sostenible-ODS en relación con la salud, la educación y el empoderamiento femenino, se debe potenciar la formación en lógicas interculturales. Dichas lógicas interculturales no se reducen a campañas de salud, carteles, cartillas, o videos, generados de manera vertical, por las autoridades y los servicios de salud, sino que significa un trabajo de voluntad política real, que pasa por proceso de formación sobre el significado de la interculturalidad y la educación para la salud. Este significado de interculturalidad trasciende los ejercicios actuales y pone como reto para la educación profesional formal en el país, incluir, de manera responsable, estos contenidos y sus estrategias.

El sistema educativo superior de salud, particularmente, debe revisar los perfiles profesionales y exigir el desarrollo de una competencia genérica intercultural, pues actualmente no es posible exigir a los profesionales de salud contraria al modelo en que han sido formados (Rojas & Castillo, 2009).

El cáncer de cuello uterino, una oportunidad para el reconocimiento y el descubrimiento del cuerpo femenino. El

análisis de las entrevistas realizadas por cada una de las lideresas y el trabajo de formación inicial con ellas mismas evidenció el poco conocimiento anatómico y fisiológico del cuerpo femenino, en lo relacionado, especialmente, con el sistema genital, tanto femenino como masculino. Investigaciones sobre estos aspectos de promoción de educación para la salud (Espinoza *et al.* 2014; Menna *et al.* 2015; Kenny *et al.* 2019) han demostrado que el conocimiento insuficiente de estos temas genera mayor riesgo para padecer infecciones de transmisión sexual, problemas en la gestación parto y nacimiento y patologías asociadas al cáncer de cuello cérvico uterino, cáncer de ovario y de mama, entre otros. Este conocimiento insuficiente no favorece el proceso de autocuidado y no da elementos para el conocimiento de su propio cuerpo y los factores protectores y de riesgo para padecer enfermedades (Duarte-Franco & Franco, 2004; Bernstein *et al.* 2018; Baezconde-Garbanati *et al.* 2019).

El trabajo educativo que se desarrolló con las lideresas en esta área generó curiosidad, sorpresa y empoderamiento por parte de ellas, en su conocimiento personal. Las cinco lideresas asumieron el proceso de formación con interés y señalaron la importancia de dar a conocer esto a sus compañeras de las diferentes etnias; si bien es cierto, que todas conocían el examen de tamizaje, denominado citología vaginal, ninguna conocía realmente cuál era el proceso y, mucho menos, el significado del resultado.

Tanto las lideresas como las entrevistas realizadas por ellas, mostraron que los temas relacionados con la sexualidad son considerados asuntos de lo privado, por tanto, no son de fácil conversación, a lo que se suma el atravesamiento de los discursos religiosos evangélicos, que son de alta práctica en todas las etnias que conviven en el resguardo; sin embargo, el trabajo de capacitación permitió que las lideresas reflexionaran sobre la importancia de trabajar en la educación sexual en esta área, situación que ellas mismas señalaron, entendían como necesaria, lo cual, las llevó, precisamente, a buscar el apoyo de las universidades en la lógica de mejorar la salud de las mujeres en el resguardo. Pues es claro para ellas, que hay enfermedades que no se pueden curar necesariamente con las prácticas de sus médicos tradicionales y que implican una atención directa del sistema de salud del estado que, desafortunadamente, no genera escenarios de confianza para el acceso cotidiano a estos servicios (Chidyaonga-Maseko *et al.* 2015).

La construcción de una estrategia intercultural segura para la prevención del cáncer de cuello cérvico uterino, un desafío para los sistemas de salud. La construcción de una estrategia que sea realmente intercultural y que de alguna manera reconozca también las creencias, los valores y las particularidades de las etnias, se convierte en el desafío principal de este proyecto, que tiene que ver necesariamente con dos aspectos principales. El primero, relacionado con el trabajo con las instituciones de salud estatales que atienden el resguardo y su infraestructura, pues cualquier estrategia solo será sostenible, si se generan las estructuras mutuas, tanto de las etnias como de los servicios de salud del resguardo, para un ejercicio intercultural, que redunde en el logro de mayores coberturas, mayor equidad y calidad de los servicios, que atiendan la salud sexual y reproductiva, tanto de mujeres como hombres

en el resguardo. El equipo de investigación ha tratado de generar vínculos entre las autoridades y el proyecto para lograr este aspecto (Meneses-Navarro *et al.* 2020).

El segundo desafío es atender y reconocer la diferencia étnica cultural y lingüística, como expresión legítima de todos los pueblos que tiene que ver, como lo señala Dietz (2017), con redefinir los programas de promoción y de prevención, desde la pertinencia cultural. Aunque existen políticas y programas nacionales de prevención del cáncer de cuello uterino, si estos no generan procesos inductivos desde abajo hacia arriba, desde sus propias realidades, no tendrán el impacto que se espera en la prevención de enfermedades que pueden tener morbimortalidades evitables, como la que nos ocupa en el proyecto.

La exploración realizada para identificar cuáles serían las metodologías educativas más usadas por las indígenas del resguardo, dio como resultado que la principal, es la que tiene que ver con el trabajo de voz a voz, es decir, una estrategia oral en lengua indígena, de manera individual o en pequeños grupos de mujeres. Dichas situaciones han sido evidenciadas por otros estudios, que señalan que la estrategia de bola de nieve o cascada es efectiva, ya que muestra que, si la experiencia que vive una persona de la misma comunidad sobre una situación es positiva, es retomada por las otras, lo cual, valida que las personas decidan escoger esas opciones (Medley *et al.* 2009; Villegas *et al.* 2019). También, queda demostrada la potencialidad en el uso de cartillas bilingües, ya que poseen muy poco texto y muchas gráficas dirigidas a las familias, que se traducen en contenidos que se puedan compartir con los miembros del núcleo familiar.

El uso actual de celulares y de redes sociales, como estrategia educativa (Kesten *et al.* 2019; Martin *et al.* 2020), se convierte en un mecanismo que permite, según las lideresas, el envío de videos cortos y llamativos, con mensajes de las mujeres de cada una de las etnias a otras mujeres, en su propia lengua. En ese sentido, ya se ha avanzado en la construcción de contenidos escritos, que han sido aprobados por las lideresas, que están siendo traducidos y revisados por personas de las etnias y que serán adaptados en cartillas, cuyos soportes visuales están centrados en las personas y contextos de las comunidades. También, ya se ha realizado un proceso de campo, que ha permitido tener soportes fotográficos y en video del resguardo y sus comunidades habitantes.

Por último, el desafío será probar la estrategia educativa y hacer la evaluación de esta, ya que como se señaló, la aparición de la pandemia por Covid 19 y el cierre de vías de acceso ha impedido el desarrollo de esta fase del proyecto. En el momento que se pueda desarrollar, aportará mayores reflexiones y recomendaciones a las autoridades del resguardo y de la salud del departamento para la mejora en el acceso a los servicios e impacto de los programas de educación en salud.

Realizar una estrategia educativa segura de salud para la autogestión y la sostenibilidad de un programa de cuidado y mantenimiento de la salud, específicamente del cáncer de cuello cérvico uterino, en

tanto enfermedad prevenible, ha significado una reflexión intensa del concepto de interculturalidad y los mecanismos para hacerla posible.

Está demostrado que las políticas y los programas uniformes, no logran el impacto deseado y que es necesario, precisamente, aprovechar la diversidad que caracteriza a los diferentes grupos étnicos, a los profesionales investigadores y a las dinámicas socioculturales, propias de las regiones, a fin de establecer acuerdos que permitan el desarrollo de iniciativas educativas en salud, que realmente impacten la problemática que buscan transformar.

El trabajo realizado entre lideresas del resguardo de Paujil, en la Amazonia colombiana y los académicos de las universidades, generaron una relación de respeto mutuo, que evidenció.

- Que las relaciones interculturales no son igualitarias, por lo contrario, son dinámicas y, por tanto, simétricas en ciertos escenarios y asimétricas en otros.
- Que el reto de generar estrategias educativas de salud se debe plantear para atender demandas y necesidades de educación pertinentes y específicas de las comunidades en sus regiones de origen.
- Que las metodologías planteadas por este proyecto demuestran la importancia de generar contenidos acordados con las comunidades, el uso de las lenguas propias y los mecanismos que son valorados como eficientes por ellos mismos.

Esto implica pensar en la formación de los profesionales de salud en aspectos de interculturalidad, que generen vínculos con las comunidades y sus líderes. De esta manera, desde las diferencias culturales, generar aproximaciones mixtas, respetando, por una parte, las creencias, los valores y las circunstancias propias de las comunidades y, por otro, avanzar en las coberturas de salud y la prevención de enfermedades catastróficas, como el cáncer de cérvix, que es claramente prevenible

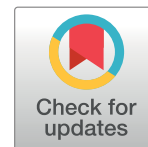
Finalmente, se espera que las políticas de apertura por la vacunación masiva contra el Covid-19, permita la aplicación y la consolidación de la estrategia, cuyos resultados serán objeto de evaluación y de análisis futuros.

REFERENCIAS

1. AGUILAR-PEÑA, M.; TOBAR BLANDÓN, M.F.; GARCÍA-PERDOMO, H.A. 2020. Salud intercultural y el modelo de salud propio indígena. *Revista de Salud Pública (Colombia)*. 22(4):1-5. <https://doi.org/10.15446/rsap.v22n4.87320>
2. ALMEIDA VERA, L.; ALMEIDA VERA, L. 2014. Fundamentación del modelo de gestión intercultural ecuatoriana en la atención primaria de salud. *MEDISAN*. 18(8):1170-1183.
3. ANISUR RAHMAN, M.; FALS BORDA, O. 1988. Romper el monopolio del conocimiento: situación actual y perspectivas de la Investigación-Acción participativa en el mundo. *Análisis político*. 5:46-55.
4. BAEZCONDE-GARBANATI, L.; AGURTO, I.; GRAVITT, P.E.; LUCIANI, S.; MURPHY, S.; OCHOA, C.; GALLEGOS, K.; BARAHONA, R.; RODRÍGUEZ, Y. 2019. Barriers and innovative interventions for early detection of cervical cancer. *Salud Publica Mex*. 61(4):456-460. <https://doi.org/10.21149/10425>
5. BERNSTEIN, M.; HARI, A.; AGGARWAL, S.; LEE, D.; FARFEL, A.; PATEL, P.; RAMAN, K.; RAJA, S.; FENNING, R.; LIEBER, M.; MINTEER, W.; DENNY, S.; RIES, M. 2018. Implementation of a human papillomavirus screen-and-treat model in Mwanza, Tanzania: training local healthcare workers for sustainable impact. *International Health*. 10(3):197-201. <https://doi.org/10.1093/inthealth/ihy014>
6. CASTILLO GUZMÁN, E.; GUIDO GUEVARA, S.P. 2015. La interculturalidad: ¿principio o fin de la utopía? *Revista Colombiana de Educación*. 69:17-44. <https://doi.org/10.17227/01203916.69rce17.44>
7. CHIDYAONGA-MASEKO, F.; CHIRWA M.L.; MUULA A.S. 2015. Underutilization of cervical cancer prevention services in low and middle income countries: a review of contributing factors. *Pan African Medical Journal*. 21:231. <https://doi.org/10.11604/pamj.2015.21.231.6350>
8. CONSEJO NORUEGO PARA REFUGIADOS, NRC. 2021. Contexto humanitario en Guainía, Colombia. Disponible desde Internet: https://www.humanitarianresponse.info/sites/www.humanitarianresponse.info/files/documents/files/documento_sitrep_guainia1.pdf (con acceso el 14/05/2020).
9. DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO NACIONAL DE ESTADÍSTICA, DANE. 2019. Población indígena de Colombia. Resultados del censo nacional de población y vivienda 2018. Gobierno de Colombia. Disponible desde Internet: <https://bit.ly/3kDHTyy> (con acceso el 14/05/2020).
10. DIETZ, G. 2017. Interculturalidad: una aproximación antropológica. *Perfiles educativos*. 39(156):192-207.
11. DUARTE-FRANCO, E.; FRANCO, E.L. 2004. Cancer of the Uterine Cervix. *BMC women's health*. 4(Sup. 1):S13. <https://doi.org/10.1186/1472-6874-4-S1-S13>
12. ESPINOZA, R.; MARTÍNEZ, I.; LEVIN, M.; RODRIGUEZ, A.; CHAN, T.; GOLDENBERG, S.; ZÚÑIGA, M.L. 2014. Cultural perceptions and negotiations surrounding sexual

- and reproductive health among migrant and non-migrant indigenous Mexican women from Yucatán, Mexico. *Journal of Immigrant and Minority Health*. 16(3):356-364. <https://doi.org/10.1007/s10903-013-9904-7>
13. FONDO DE POBLACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS, FPNU. 1994. Informe de la Conferencia internacional sobre población y desarrollo del Fondo de Población de las Naciones Unidas, Cairo. FPNU. 188p. Disponible desde Internet en: https://www.unfpa.org/sites/default/files/pub-pdf/icpd_spa.pdf (con acceso el 14/05/2020).
 14. GARCÍA CANCLINI, N. 1997. Culturas híbridas y estrategias comunicacionales. *Estudios Sobre las Culturas Contemporáneas*. 3(5):109-128.
 15. GOBERNACIÓN DEPARTAMENTO DE GUAINÍA. 2020. El plan de desarrollo departamental "Guainía: Oportunidad para todos 2020-2023". Disponible desde Internet en: https://guainia.micolombiadigital.gov.co/sites/guainia/content/files/000550/27454_documento-final-guainia-va1.pdf (con acceso el 14/05/2020).
 16. HASEN NARVÁEZ, F.N. 2012. Interculturalidad en salud: competencias en prácticas de salud con población indígena. *Ciencia y Enfermería (Chile)*. 18(3):17-24. <https://doi.org/10.4067/S0717-95532012000300003>
 17. KENNY, B.; HOBAN, E.; PORS, P.; WILLIAMS, J. 2019. A qualitative exploration of the sexual and reproductive health knowledge of adolescent mothers from indigenous populations in Ratanak Kiri Province, Cambodia. *Rural and Remote Health*. 19(4):5240. <https://doi.org/10.22605/RRH5240>
 18. KESTEN, J.M.; DIAS, K.; BURNS, F.; CROOK, P.; HOWARTH, A.; MERCER, C.H.; RODGER, A.; SIMMS, I.; OLIVER, I.; HICKMAN, M.; HUGHES, G.; WEATHERBURN, P. 2019. Acceptability and potential impact of delivering sexual health promotion information through social media and dating apps to MSM in England: a qualitative study. *BMC Public Health*. 19(1):1236. <https://doi.org/10.1186/s12889-019-7558-7>
 19. LERÍN PIÑÓN, S. 2004. Antropología y salud intercultural: desafíos de una propuesta. *Desacatos*. 15-16:111-125.
 20. MARTIN, P.; ALBERTI, C.; GOTTOT, S.; BOURMAUD, A.; DE LA ROCHEBROCHARD, E. 2020. Expert opinions on web-based peer education Interventions for youth sexual health promotion: Qualitative study. *Journal of Medical Internet Research*. 22(11):e18650. <https://doi.org/10.2196/18650>
 21. MEDLEY, A.; KENNEDY, C.; O'REILLY, K.; SWEAT, M. 2009. Effectiveness of peer education interventions for HIV prevention in developing Countries: A systematic review and meta-analysis. *AIDS Education and Prevention*. 21(3):181-206. <https://doi.org/10.1521/aeap.2009.21.3.181>
 22. MENESES-NAVARRO, S.; PELCASTRE-VILLAFUERTE, B.E.; BAUTISTA-RUIZ, Ó.A.; TOLEDO-CRUZ, R.J.; DE LA ROSA-CRUZ, S.A.; ALCALDE-RABANAL, J.; MEJÍA-MARENCO, J.L.Á. 2020. Innovación pedagógica para mejorar la calidad del trato en la atención de la salud de mujeres indígenas. *Salud Pública México*. 63(1):51-59. <https://doi.org/10.21149/11362>
 23. MENNA, T.; ALI, A.; WORKU, A. 2015. Effects of peer education intervention on HIV/AIDS related sexual behaviors of secondary school students in Addis Ababa, Ethiopia: A quasi-experimental study. *Reproductive health*. 12:84. <https://doi.org/10.1186/s12978-015-0077-9>
 24. MINISTERIO DE SALUD Y PROTECCIÓN SOCIAL, MINSALUD. 2012. Análisis de la situación de salud de fronteras (ASIS) Guainía (Inírida, San Felipe, La Guadalupe, Puerto Colombia y Cacahual) Guía Andina. Guainía, Colombia. Disponible desde Internet en: <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/ED/PSP/ASIS%20Guain%C3%ADa.Pdf> (con acceso el 14/05/2020).
 25. MINISTERIO DE SALUD Y PROTECCIÓN SOCIAL, MINSALUD. 2015. Piloto de Implementación en los Departamentos con Poblaciones Dispersas. Modelo Integral de Atención en Salud MIAS. (Colombia). Disponible desde Internet en: <https://docs.bvsalud.org/biblioref/2019/05/995182/modelo-integral-de-atencion-en-salud-mias.pdf> (con acceso el 14/05/2020).
 26. MINISTERIO DE SALUD Y PROTECCIÓN SOCIAL, MINSALUD. 2017. Lineamientos. Incorporación del enfoque intercultural en los procesos de formación del talento humano en salud, para el cuidado de la salud de pueblos indígenas en Colombia. Gobierno de Colombia (Bogotá). Disponible desde Internet en: <https://bit.ly/2PCVdot> (con acceso 14/05/2020).
 27. ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS, ONU. 1993. Conferencia mundial de los derechos humanos 1993 en Viena Austria. Disponible desde Internet en: <https://www.ohchr.org/es/about-us/history/vienna-declaration#:~:text=La%20Conferencia%20Mundial%20de%20Derechos,Humanos%20en%20todo%20el%20mundo> (con acceso 14/05/2020).

28. ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS, ONU. 2008. ONU. Declaración de las Naciones Unidas sobre los derechos de los pueblos indígenas. Disponible desde Internet en: https://www.un.org/esa/socdev/unpfi/documents/DRIPS_es.pdf (con acceso 14/05/2020).
29. ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS, ONU. 2015. Agenda 2030 y objetivos de desarrollo sostenible. Disponible desde Internet en: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/2015/09/la-asamblea-general-adopta-la-agenda-2030-para-el-desarrollo-sostenible> (con acceso 14/05/2020).
30. ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS, ONU. 2021. Departamento de Asuntos Económicos y Sociales. Pueblos Indígenas. Disponible desde Internet en: <https://www.un.org/development/desa/indigenous-peoples/> (con acceso el 14/05/2020).
31. ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DEL TRABAJO, OIT. 2014. Convenio Núm. 169 de la OIT sobre pueblos indígenas y tribales en países independientes. Declaración de las Naciones Unidas sobre los Derechos de los Pueblos Indígenas. OIT/Oficina Regional para América Latina y el Caribe (Lima). 130p. Disponible desde Internet en: https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---americas/---ro-lima/documents/publication/wcms_345065.pdf (con acceso 14/05/2020).
32. ORTIZ, M.; BORJAS, B. 2008. La investigación acción participativa: aporte de Fals Borda a la educación popular. *Espacio Abierto*. 17(4):615-627.
33. PATIÑO SAUZA, A.E.; SANDÍN VÁSQUEZ, M. 2014. Diálogo y respeto: bases para la construcción de un sistema de salud intercultural para las comunidades indígenas de Puerto Nariño, Amazonas, Colombia. *Salud Colectiva*. 10(3):379-96.
34. ROJAS, A.; CASTILLO, E. 2009. Multiculturalismo y políticas educativas ¿interculturalizar la educación? *Revista Educación y Pedagogía*. 19(48):11-24.
35. SALAVERRY, O. 2010. Interculturalidad en salud. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Publica*. 27(1):80-93.
36. SUAREZ MORENO, O.; GUEVARA, P.C.; ROMERO BENAVIDES, A.F.; SARMIENTO PRADA, A.A.; SANCHEZ CHAPARRO, Y.; BERNAL, A. MORENO, M.C. 2018. Diagnóstico Departamento de Guainía. Proyecto BPUN 300: Ecosistema de Innovación Región Llanos. Universidad Nacional de Colombia. 43p. Disponible desde Internet en: <https://fdocuments.co/document/diagnostico-departamento-de-guan-el-diagnostico-desarrollado-para-el-departamento.html> (con acceso el 14/05/2022).
37. VILLEGAS, I.; DIETZ, G.; FIGUEROA, M. 2019. La traducción lingüística y cultural en los procesos educativos: hacia un vocabulario interdisciplinar Primera edición. Universidad Veracruzana, Universidad Nacional Autónoma de México (México). 384p.



Estudio etnobotánico con estudiantes de grado 5° de la escuela rural mixta el Colorado, del resguardo indígena de Cohetando, Páez, Cauca

Ethnobotanical study with students of 5th grade of the mixed rural school el Colorado, of the indigenous Resguardo of Cohetando, Páez, Cauca

María Alejandra Guarnizo-Losada¹ ; Jeison Herley Rosero-Toro^{2*} ; Yury Andrea Íquira-Guzmán¹

¹Corporación Universitaria Minuto de Dios, sede Garzón. Garzón - Huila, Colombia; e-mail: maria.guarnizo.l@uniminuto.edu.co; yiquiraguzm@uniminuto.edu.co

²Corporación Universitaria Minuto de Dios, sede Neiva. Neiva - Huila, Colombia; e-mail: jeison.rosero@uniminnuto.edu.co

*autor de correspondencia: jeison.rosero@uniminnuto.edu.co

Cómo citar: Guarnizo-Losada, M.A.; Rosero-Toro, J.H.; Íquira-Guzmán, Y.A. 2022. Estudio etnobotánico con estudiantes de grado 5° de la escuela rural mixta el Colorado, del resguardo indígena de Cohetando, Páez, Cauca. Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 25(Supl.1):e2149. <http://doi.org/10.31910/rudca.v25.nSupl.1.2022.2149>

Artículo de acceso abierto publicado por Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica, bajo una Licencia Creative Commons CC BY-NC 4.0

Publicación oficial de la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A, Institución de Educación Superior Acreditada de Alta Calidad por el Ministerio de Educación Nacional.

Recibido: noviembre 6 de 2021

Aceptado: mayo 16 de 2022

Editado por: Sandra Quijas Fonseca

RESUMEN

Uno de los desafíos más complejos que enfrenta la escuela es la articulación de los saberes culturales con los currículos escolares. De esta manera, la presente investigación tuvo como objetivo reconocer la flora útil, las categorías etnobotánicas y de estimar si existe una diferencia entre las especies utilizadas, según su origen (silvestre o cultivado), en estudiantes de Grado 5° de la Escuela Rural Mixta El Colorado, del Resguardo Indígena de Cohetando, municipio de Páez, Cauca. El proceso metodológico se realizó bajo un enfoque mixto; lo cualitativo, desde el método etnográfico, haciendo uso de técnicas, como la observación participante, recorridos etnobotánicos y entrevista semiestructuradas; lo cuantitativo, se llevó a cabo a partir de un análisis multivariado, utilizando el índice de Jaccard, para estimar la similitud entre las categorías etnobotánicas; asimismo, se realizó un análisis de varianza (ANOVA), para estimar si existe diferencias significativas entre el origen de las especies. A partir de

lo anterior, los estudiantes reportaron 81 especies de plantas útiles, agrupadas en seis categorías etnobotánicas, siendo ornamentación y medicinal y alimenticia, las más relevantes, por número de especies. En cuanto al origen, se encontró una diferencia significativa, en cuanto al mayor número de usos para las especies cultivadas, respecto a las silvestres. Finalmente, se evidencia el alto grado de conocimiento que tienen los estudiantes sobre la flora, así como la importancia para su Resguardo Indígena, como un símbolo de resistencia, que permite salvaguardar la memoria histórica.

Palabras clave: Categorías etnobotánicas; Conocimientos tradicionales; Educación intercultural; Etnobotánica; Flora útil.

ABSTRACT

One of the most complex challenges faced in the school is the articulation of cultural knowledge with school curricula. Thus, this

research aimed to recognize the useful flora, the ethnobotanical categories, and to estimate if there is a difference between species according to their origin (wild and/or cultivated) according to the knowledge constructed by the 5th grade students of the Mixed Rural School El Colorado, of the Indigenous Resguardo of Cohetando, municipality of Páez, Cauca. The methodological process was carried out under a mixed approach, the qualitative from the ethnographic method, making use of techniques such as participant observation, ethnobotanical tours and semi-structured interviews. The quantitative part was carried out from a multivariate analysis, using Jaccard's index to estimate the similarity between the ethnobotanical categories; likewise, an analysis of variance (ANOVA) was performed to estimate if there are significant differences between the origin of the species and the origin of the species. From the above, students reported 81 useful plants grouped into six ethnobotanical categories, being ornamentation, and medicinal and food the most relevant by number of species. In terms of origin, a significant difference was found for the cultivated category with respect to the wild category. Finally, the high degree of knowledge that the students have about the useful flora is evident, as well as the importance for their Indigenous Reservation as a symbol of resistance that allows safeguarding the historical memory.

Keywords: Ethnobotanical categories; Ethnobotany; Intercultural education; Traditional knowledge; Useful flora.

INTRODUCCIÓN

Las investigaciones etnobiológicas, a nivel mundial y, en especial, para Latinoamérica, han tenido un creciente número de publicaciones, siendo Brasil y México, los que encabezan los primeros puestos en producción académica (Albuquerque *et al.* 2013). Este crecimiento, se debe por la multidisciplinariedad de esta ciencia y también, por la diversificación de estudios relacionados con etnobotánica (Estrada-Castillón *et al.* 2021; Gonçalves *et al.* 2021; Rosero-Toro *et al.* 2021), etnomedicina (Da Silva *et al.* 2021; Geck *et al.* 2021; Martínez *et al.* 2021), etnozooloía (Da Costa *et al.* 2021b; Linares-Rosas *et al.* 2021; Pinto-Marroquín *et al.* 2021) y etnoecología (Albuquerque *et al.* 2021; Arjona-García *et al.* 2021; Nóbrega Alves *et al.* 2021).

Para la etnobotánica, las investigaciones han estado orientadas a conocer la interrelación de las poblaciones humanas con los recursos vegetales (Albuquerque *et al.* 2014), en donde se tienen en cuenta factores, como el tiempo, el ambiente y la diversidad de usos que pueden tener las especies, para cada grupo social (Fonnegra-Gómez *et al.* 2012; Da Costa *et al.* 2021a). De esta manera, entre los usos potenciales de las plantas, los relacionados con la medicina y los alimentos tienen una importancia central por ser esenciales para la supervivencia humana (Toledo *et al.* 2009); sin embargo, se han generado diversas categorías etnobotánicas, según los usos que las personas les den a las plantas (Albuquerque *et al.* 2014), como cosmético, combustible, forraje, místico, ornamental y maderable (Da Costa *et al.* 2021a; Khan *et al.* 2022).

Adicional, la preferencia por las plantas está ligada a su uso (Castellanos Camacho, 2011), al área de aprovechamiento (por ejemplo, jardines, huertas, cafetales, bosques y mercados) (Cabrera-Luna *et al.* 2007; Rosero-Toro *et al.* 2021) y a la selección de plantas silvestres y cultivadas (Pérez & Matiz-Guerra, 2017). A su vez, la preferencia puede variar según las tradiciones de cada población, por lo cual, se deben entender, a través de un sistema dinámico y complejo, integrado por las relaciones entre las personas, su cultura y el ambiente (Arias Toledo *et al.* 2009).

Por otro lado, los niños indígenas siguen enfrentándose a estructuras coloniales, en donde se hace énfasis en calificaciones y en pruebas estandarizadas, como medidas de aprendizaje (White, 2022). De esta manera, la educación debe generar diálogos culturales, que permitan la construcción del conocimiento desde las experiencias de los docentes y los estudiantes y que, a su vez, den sentido y valoración cultural, a partir de entornos inclusivos (Vidal Torrencilla *et al.* 2021). Por lo cual, los espacios de aula conllevan al fortalecimiento del acervo cultural y del pensamiento científico (Pascual & Orduna, 2020), sin desconocer las distintas vías de aprendizaje y los diferentes procesos socioculturales, que los estudiantes tienen en su entorno (Betancourt & Miranda, 2009).

Se resalta que, en comunidades indígenas, los niños aprenden observando desde las actividades productivas y culturales (Paradise & Rogoff, 2009), a diferencia de la educación formal, que es dirigida por un maestro y, muchas veces, el estudiante se observa de manera pasiva (Patchen & Smithenry, 2014); sin embargo, la escolarización formal y las prácticas indígenas no tienen que oponerse entre sí, sino que pueden funcionar de manera complementaria, para apoyar el aprendizaje de los estudiantes (Jiménez-Balam *et al.* 2019). Lo anterior, se fortalece desde la etnobotánica en la escuela, en el cual, las nuevas generaciones reconocen su patrimonio natural y cultural relacionado con los usos tradicionales de las plantas (Verde López *et al.* 2005).

Desde un enfoque etnobotánico, los estudiantes se motivan por reconocer y conservar los acervos culturales aprendidos en casa (Pascual & Orduna, 2020), así como se evidencia un conocimiento de las plantas que se encuentran en su vida diaria y utilizan criterios morfológicos y funcionales para clasificarlas (Silva & Freixo, 2020), aunque desconocen que esto implica conocer datos etnobotánicos (Pascual & Orduna, 2020). Por lo tanto, se hace necesario reconocer los saberes ancestrales desde la educación formal en pueblos originarios, en la que se logre mantener y transmitir los conocimientos a las nuevas generaciones (Uribe-Pérez, 2019).

A pesar de la importancia de la etnobotánica en la educación, los estudios, a nivel mundial, son escasos (Pérez Pino, 2005; Arenas & Del Cairo, 2009; Sánchez-Robles & Torres-Muros, 2020), situación que no es ajena a Colombia, donde las investigaciones han indagado frente a los procesos de transmisión del conocimiento etnobotánico y su conservación en estudiantes de educación rural (Beltrán-Cuartas *et al.* 2011; Husain-Talero, 2021), así como en estudios frente a la etnobotánica, como estrategia de educación ambiental, en espacios no formales (Pachón-Barbosa, 2021).

Bajo este contexto, la presente investigación tuvo como objetivo reconocer la flora útil, las categorías etnobotánicas y estimar si existe una diferencia entre las especies, según su origen, silvestre o cultivado, con estudiantes de Grado 5° de la Institución Educativa Agroambiental La Ceja, Sede Escuela Rural Mixta El Colorado, del Resguardo Indígena de Cohetando, municipio de Páez, Cauca.

MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación, se desarrolló entre junio de 2019 y mayo de 2021, en la Institución Educativa Agroambiental La Ceja, Sede Escuela Rural Mixta El Colorado, del Resguardo Indígena de Cohetando, municipio de Páez, Departamento del Cauca (Colombia), ubicada entre 2°38'40,4"N y 75°58'20,8"W (Figura 1). Se contó con la participación de 12 estudiantes (7 hombres y 5 mujeres), del grado 5°. Los participantes fueron seleccionados

a partir de los siguientes criterios: a) ser estudiantes activos de la Escuela Rural Mixta El Colorado y b) que las autoridades escolares y padres de familia aceptaran su participación en el proyecto. Los padres de familia autorizaron el uso de todos los datos obtenidos, a través de las metodologías propuestas, mediante consentimiento previo, libre e informado, atendiendo el Código de ética para la investigación, la investigación-acción y la colaboración etnoscífica en América Latina (Cano-Contreras *et al.* 2016). Se resalta que la presente investigación no se vio afectada, a nivel metodológico, por la emergencia sanitaria Covid 19, que se vivió mundialmente. Es de mencionar, que una de las autoras es miembro de la comunidad indígena y labora como docente dentro de escuela, estando en todo el proceso con los estudiantes; sin embargo, entre las respuestas de los estudiantes, se reportó el uso de plantas para el tratamiento de los síntomas del Covid-19.

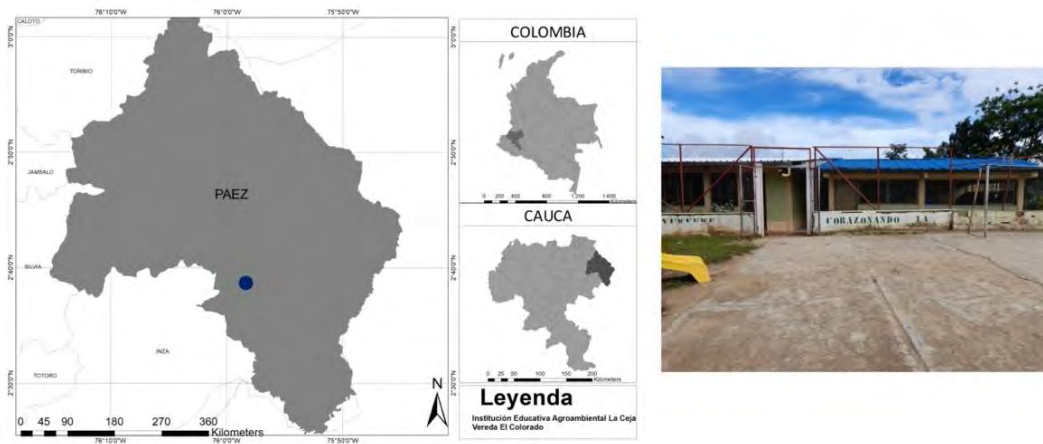


Figura 1. Ubicación de la Escuela Rural Mixta El Colorado, del Resguardo Indígena de Cohetando, municipio de Páez, Departamento del Cauca, Colombia.

El Resguardo Indígena de Cohetando está conformado por 17 veredas, donde habitan, aproximadamente, 32.000 indígenas Nasas, quienes se destacan por su fortaleza organizativa y lucha territorial. El territorio está conformado por un sistema montañoso ramificado, con depresiones y valles interandinos. Además, el municipio presenta una temperatura promedio de 20 °C, una altura sobre el nivel del mar de 1.450 m y una extensión aproximada de 169.796 ha, con un ecosistema de Bosque Andino. La actividad económica se basa, principalmente, en la ganadería y el cultivo de café, plátano, yuca, maíz, frijol, entre otros cultivos de rápido crecimiento (Alcaldía Municipal de Páez, 2020).

Para el análisis de la información se tuvieron en cuenta variables cualitativas y cuantitativas (Hernández-Sampieri & Mendoza Torres, 2018). Lo cualitativo, se hizo por medio del método etnográfico, a partir de técnicas, como la observación participante, que se dio como un proceso abierto, constante y de interacción, para comprender el contexto y la forma en que perciben los estudiantes su territorio, en términos de tradiciones etnobotánicas (Jociles Rubio, 2018). Además, se generó un grupo focal (Geilfus, 2002;

Arias González, 2020), el cual, se dividió en cinco secciones, como una estrategia para entablar diálogos y recabar información *in situ* sobre el conocimiento de la flora, las categorías etnobotánicas, la ubicación de las especies y si son cultivadas o silvestres. Con base en lo anterior, se generaron dos recorridos etnobotánicos en jardines, senderos y en la huerta escolar, acompañados por dos Mayores del resguardo, para la identificación de las plantas y sus usos. Estos recorridos, se generaron con los estudiantes y con ellos se colectaron partes de las plantas, para herborizar y compartir, posteriormente, la información etnobotánica en el aula de clase.

Lo cuantitativo, se realizó con el fin de conocer si existe una similitud entre las categorías etnobotánicas, a partir de un análisis multivariado (índice de similitud de Jaccard), utilizando el software Past (University of Oslo, 2022). Así, también, se realizó un análisis de varianza (ANOVA) y una prueba de Múltiple Rangos (LSD), para usos por origen (silvestre y cultivada), utilizando el software estadístico Statgraphics (Statgraphics, 2014), para conocer si existe diferencia significativa entre los usos de las especies vegetales, según su origen.

Para la identificación de la flora útil, se llevaron a cabo registros fotográficos y revisión de claves especializadas en campo. Para la identificación, se tuvieron en cuenta los ejemplares colectados y las fotografías generadas, que fueron procesadas en la colección del Herbario Surco de la Universidad Surcolombiana. Adicional, para la corroboración de los nombres científicos, se utilizó la plataforma TROPICOS (<https://www.tropicos.org/home>) y el Catálogo de plantas y líquenes de Colombia (Bernal *et al.* 2019).

Por último, los estudiantes clasificaron la flora útil en seis categorías etnobotánicas, a partir de los grupos focales y recorridos etnobotánicos, como: alimenticio (especies comestibles cultivadas y silvestres), económico (especies que genera ingresos al venderse), mágico-religioso (especies a las que la comunidad les atribuye poderes mágicos y están relacionadas con un “agüero”), medicinal (especies que curan y alivian dolencias en los habitantes del Resguardo), ornamental (especies con potencial en el ornato y decoración de espacios) y sombrío (especies que se utilizan como sombra en cultivos y lugares de esparcimiento). Por último, se definió con los estudiantes la categoría silvestre, como aquel conjunto de plantas que se extraen del “monte” y que crece sin el

manejo de la comunidad, mientras que para la categoría cultivado, se definió como aquellas plantas que son sembradas y se pueden adquirir desde los huertos, jardines y los cultivos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A partir de los grupos focales y los recorridos etnobotánicos, los estudiantes reportaron 81 especies de flora útil, que pertenecen a 71 géneros y 41 familias botánicas; una especie no fue identificada taxonómicamente y cuatro quedaron a nivel de familia, dado que no se encontraron durante los recorridos etnobotánicos (Anexo 1). La familia más mencionada fue Asteraceae (Figura 2), que incluyó 8 géneros y 9 especies, seguida por Apiaceae (5, 5) y Lamiaceae (5, 8), lo que concuerda con lo citado por Castillo Vera *et al.* (2019), como familias con dominancia cultural. Los menores reportes correspondieron a 26 familias, que incluyen un solo género y una especie, como Bignoniaceae, Gesneriaceae y Xanthorrhoeaceae. Estas familias corresponden a las ya mencionadas, por su bajo número de especies para el sur del Huila (Rosero-Toro *et al.* 2018b; Rosero-Toro *et al.* 2021).

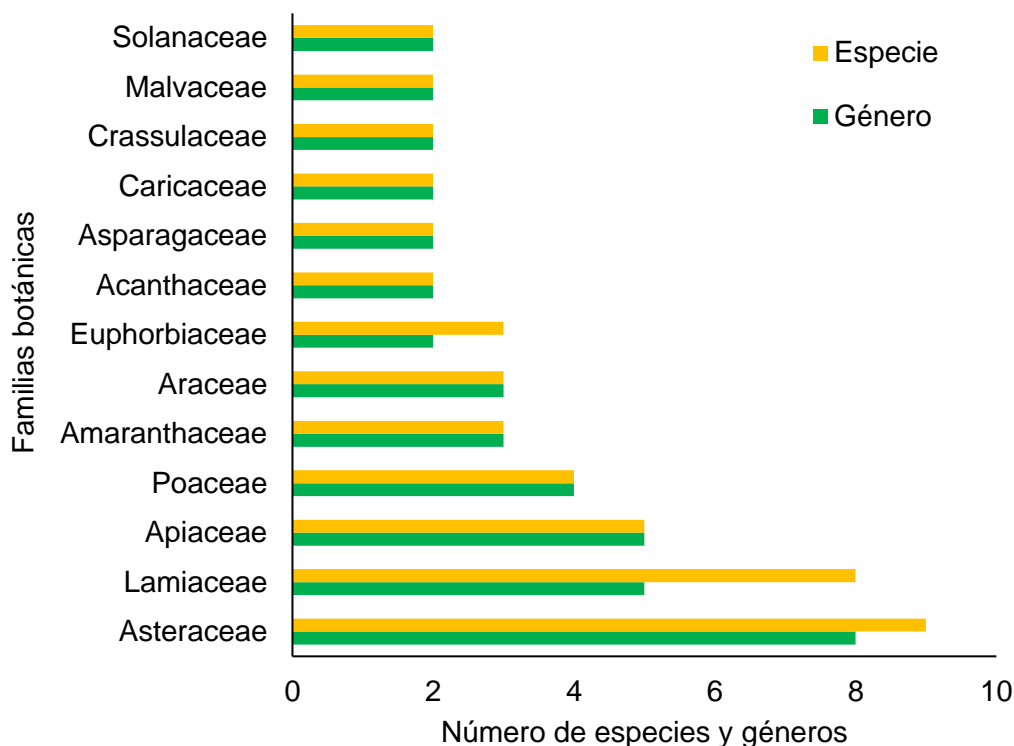


Figura 2. Representación de las familias botánicas más representativas por número de géneros y especie.

De las categorías etnobotánicas, la ornamental presentó el mayor número de especies, con 36 plantas útiles, encontrando achira (*Canna indica*), cresta de gallo (*Celosia* sp.) y dalias (*Dahlia pinnata*), como las más frecuentemente mencionadas. Si bien, no se cuentan con estudios previos para la región frente a este proceso, sí se evidencia el uso de estas plantas por adultos campesinos (Rosero-Toro *et al.* 2018b), para el departamento del Huila. Igualmente, para

esta categoría, se reportó palma de cementerio (*Cordyline fruticosa*), dalia (*Dahlia pinnata*) y caracucho rojo (*Impatiens balsamina*), especies de alto interés en la ornamentación (Rosero Toro *et al.* 2018a). Adicional, la categoría presentó 33 especies con un solo uso (por ejemplo, *Musa velutina*, *Browallia americana* y *Dieffenbachia seguine*) (Figura 3, Anexo 1) y tres especies de uso compartido con la categoría económica (*Helianthus annuus*), medicinal (*Malvaviscus*

penduliflorus) y alimenticio (*Rubus urticifolius*). Se motiva a continuar estudiando esta categoría, precisando la importancia que tiene para la conservación de especies silvestres y variedades cultivables, así como de los usos potenciales, desde la farmacología (Gil Otaiza *et al.* 2006).

Por otro lado, la segunda categoría con el mayor número de especies fue la alimenticia y la medicinal, agrupando 26 plantas útiles, respectivamente; sin embargo, el mayor grado de similitud se dio entre la categoría alimenticia y económica (Figura 3). Lo anterior, concuerda con lo reportado por Estrada-Castillón *et al.* (2021),

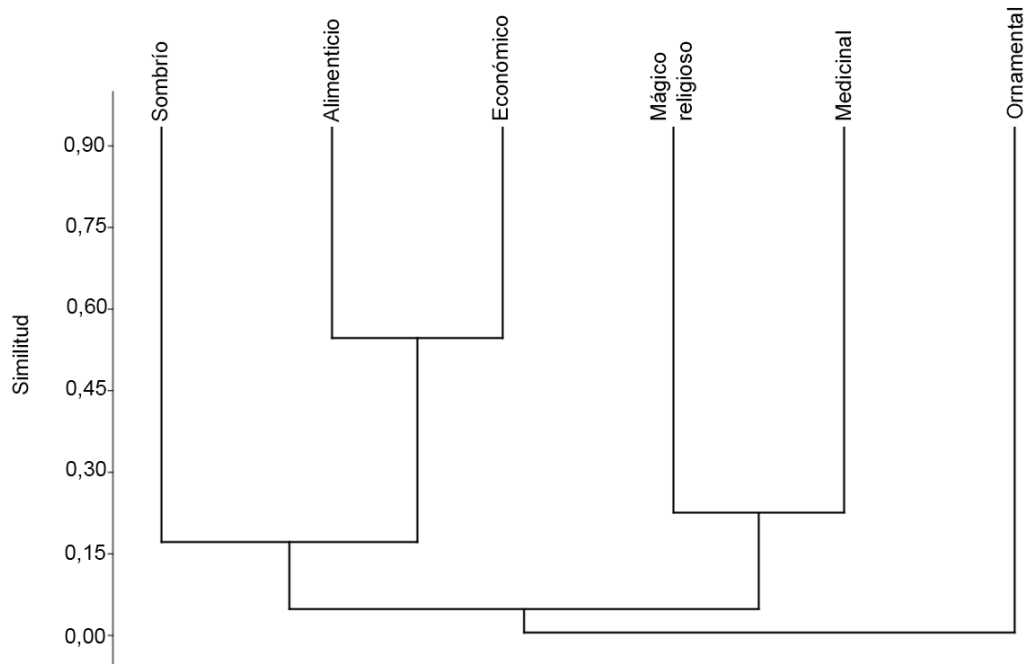


Figura 3. Análisis de similitud con índice de Jaccard, entre las categorías etnobotánicas establecidas por los estudiantes de 5 grado de la Escuela Rural Mixta El Colorado, del Resguardo Indígena de Cohetando, Páez, Cauca.

para las categorías con mayor número de especies y, respecto a la similitud, coincide con lo reportado por Rosero-Toro *et al.* (2018b).

De esta manera, la categoría alimenticia abarca especies, como zapallo (*Cucurbita máxima*), acelga (*Beta vulgaris*) y arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*), que son fuentes de consumo importantes en los ambientes rurales (Bvenura & Sivakumar, 2017), lo cual, se acerca a lo mencionado por los estudiantes, plantas de rápido crecimiento, que están presentes en las huertas de sus casas y son utilizadas, con frecuencia, en sus hogares. Además, para la zona de los Andes, se han estimado 144 especies de frutos silvestres comestibles (López Diago & García Castro, 2021), entre ellos, mora (*R. urticifolius*), una especie ampliamente consumida por la comunidad y que, además, se integra dentro de los procesos de ornamentación. Respecto a esta especie, se agrega que los estudiantes manifiestan que es muy frecuente tenerla en los jardines y en las huertas, lo que permite conocer cómo se viene generando unos procesos de domesticación de la especie (Ligarreto Moreno *et al.* 2017).

Para la categoría medicinal, los estudiantes, durante los grupos focales, manifestaron las especies que permiten aliviar algún dolor o enfermedad, entre ellas, se mencionó ampliamente la sábila (*Aloe vera*), que “sirve para bajar la fiebre y el dolor de cabeza” (A. S. Díaz

Embus, comunicación personal, 10 de octubre de 2019) y el limón injerto (*Citrus × limón*), que “se usa cocinado con panela para la tos” (M. Yonas Cuchimba, comunicación personal, 10 de octubre de 2019). Las especies anteriormente citadas fueron reportadas por Mendoza Hernandez *et al.* (2021), que si bien es cierto no se han abordado desde un enfoque escolar, permite reconocer las especies de uso en comunidades indígenas. Asimismo, especies, como el cordoncillo (*Piper sp.*), “utilizado con limón, sirve para la tos y el COVID 19” (Y. E. Talaga, comunicación personal, 15 de noviembre de 2020), la guayaba (*Psidium sp.*), “sirve para esos dolores de estómago” (D. A. Talaga, comunicación personal, 15 de noviembre de 2020) y la hierbabuena (*Mentha spicata*), “sirve para no sentir más cólicos” (M. Yonas Cuchimba, comunicación personal, 15 de noviembre de 2020). Es necesario que desde la escuela se generen estrategias para relacionar el conocimiento de la medicina tradicional con la conservación de la flora etnomédica (Martínez *et al.* 2021), lo cual, hace parte del patrimonio local (Arjona-García *et al.* 2021), para que, a futuro, se puedan generar procesos comparativos y de construcción de currículos, mucho más pensados, para nuestros pueblos indígenas.

Para la categoría Económica, se registró un total de 19 plantas útiles, de las cuales, 16 están reportadas dentro de la categoría Alimenticia, lo que coincide con lo reportado por Rosero-Toro *et al.* (2021).

Entre las especies mencionadas por los niños durante los grupos focales esta la cebolla (*Allium fistulosum*), el maíz (*Zea mays*) y la yuca (*Manihot esculenta*), debido a que son plantas que sus familias cultivan, cosechan y comercializan en su comunidad o municipios vecinos. Autores, como Bautista (2020), consideran que las especies anteriormente citadas hacen parte de la cultura de la mayoría de los pueblos latinoamericanos, lo que evidencia el creciente interés por su comercialización.

Por último, las categorías sombrío y mágico-religioso registraron un total de seis especies cada una. Para la categoría de sombrío, los estudiantes relacionan mayormente especies frutales (*C. × limon*, *C. × sinensis*, *C. reticulata*, *C. maxima*), relacionadas con la categoría de alimento y económico (Anexo 1). Para la categoría mágico-religioso, se da un agrupamiento con la categoría medicinal, con, aproximadamente, 0,20 de similitud (Figura 3). Los estudiantes mencionan la importancia de las especies de esta categoría (Anexo 1), para la tradición cultural de la comunidad. Así, los estudiantes manifestaron durante los recorridos etnobotánicos que plantas, como el cacique (*Salvia* sp.) y la verdolaga (*Echeveria pallida*), “sirven para los rituales o coger los pulsos” (V. M. Hernández Talaga, comunicación personal, 22 de octubre de 2019), Yacuma (sp. 1), “sirve para los refrescamientos y pedir permiso a la madre naturaleza a la hora de ingresar a un espacio natural” (D. A. Talaga, comunicación personal, 22 de octubre de 2019), la albaca (*Ocimum basilicum*) y la menta (*Mentha pulegium*), para “abuyentar las malas energías y la mala suerte” (V. M. Hernández Talaga y D. A. Talaga, comunicación personal, 22 de octubre de 2019).

Respecto a lo anterior, se han reportado las especies en población adulta (Rodríguez Segovia *et al.* 2020; Mendoza Hernandez *et al.* 2021; Ilić *et al.* 2022), lo que evidencia la importancia de las plantas para diversas comunidades y la necesidad de profundizar en los entornos escolares. Además, los estudiantes expresan que en las labores de campo con sus familias y la docente a cargo, se han logrado reconocer plantas que son utilizadas para rituales realizados por Mayores, por tanto, se resalta la importancia de incluir los procesos etnobotánicos en los currículos escolares.

Tabla 1. ANOVA para usos por origen (Silvestre, Cultivado).

Fuente	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	4,83	4,84	22,59	0,0000
Intra grupos	34,27	0,21	-	-
Total (Corr.)	39,11	-	-	-

Tabla 2. Pruebas de múltiples rangos para usos por origen.

Origen	Casos	Media	Grupos Homogéneos	
Silvestre	81	0,42	X	
Cultivada	81	0,77	X	
<i>Contraste</i>		Sig.	Diferencia	+/- Límites
Cultivada - Silvestre		*	0,35	0,14

* indica una diferencia significativa.

Con relación al uso de las plantas, según el origen, se encontró que 34 especies se reportan para la categoría silvestre y 56 para cultivada. A partir de la observación participante, se evidencia que los estudiantes identifican, como plantas silvestres, aquellas que son encontradas en el bosque, en los senderos y que crecen sin el manejo de la comunidad, mientras que las cultivadas son aquellas que sus familias siembran en espacios, como jardines, huertos y cultivos. Por otro lado, se observa que estos últimos entornos representan para los estudiantes un espacio de interacción con sus familias, al aprender de ellos sobre los usos y cuidados para su conservación; asimismo, es un espacio para comprender el rol de las plantas en el ambiente y reflexionar, de forma crítica, sobre los efectos antrópicos, ambientales y culturales, que han amenazado, tanto su existencia como su importancia cultural (Pachón-Barbosa *et al.* 2021).

Por otra parte, el análisis de varianza arrojó efectos significativos sobre la variable respuesta (Número de usos), para los efectos simples de las categorías de uso, con $p < 0,05$, como se observa en la tabla 1. Tras observar la existencia de diferencias estadísticamente significativas para el parámetro evaluado, se corrió la prueba de rangos múltiples en base a la F calculada de Fisher (LSD) y se obtuvo que los valores de las medias son heterogéneos (Tabla 2). Hay un incremento significativo en el número de usos cuando se trata de especies cultivadas con respecto a las especies silvestres (Figura 4). Lo anterior, se soporta por las afirmaciones de los estudiantes en los grupos focales, en cuanto al amplio uso de especies domesticadas, para la alimentación, la medicina y el ornamento, siendo una práctica tradicional, dado a que no hay una orientación sobre el manejo de las plantas silvestres (Delgado Laime *et al.* 2020), que tienden a cultivarse en jardines, patios y zonas cerca de las viviendas (Arias Toledo *et al.* 2009). Igualmente, se resalta la importancia de las plantas cultivadas para los estudiantes; en este sentido, la escuela entra a jugar un papel importante para la incorporación dentro de la estructura curricular el manejo de las plantas, no solo de lo medicinal, sino desde esas otras categorías etnobotánicas (por ejemplo, alimento, ornamentación, sombrío).

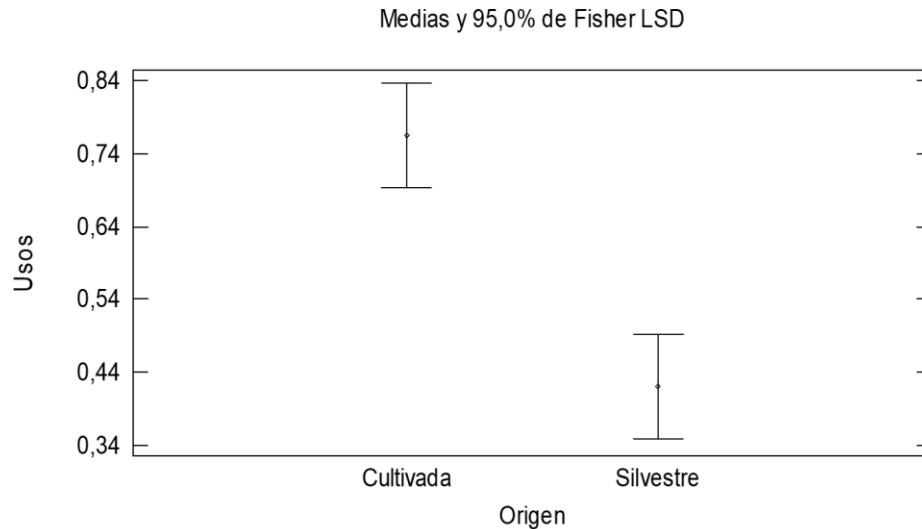


Figura 4. Gráfica de medias de acuerdo con el origen: cultivada y silvestre, según los usos reportados por los estudiantes de 5 grado.

Lo anterior, complementa la importancia que tienen las plantas desde el conocimiento etnobotánico y la preferencia por estas (categorías etnobotánicas y origen cultivado o silvestre). Además, se evidencia el alto grado de conocimiento que tienen los estudiantes sobre la flora útil (81 especies), así como la relación que existe entre las categorías etnobotánicas (Figura 3), lo cual, permite que, desde la escuela, se generen estrategias pedagógicas y didácticas, para relacionar el saber cultural con el saber científico. Sumado a esto, el conocimiento que tienen los estudiantes sobre la preferencia de las plantas (silvestre y cultivado) permite vincular estrategias de conservación, tanto de las plantas como del saber cultural.

Si bien, los estudios etnobotánicos en entornos escolares aún son escasos para nuestro país y región, es relevante continuar reconociendo el saber construido de los niños de las comunidades indígenas frente al uso y manejo de las plantas y cómo desde la escuela se pueden generar relaciones más estrechas y articuladas, entre el saber cultural indígena y el saber occidental. Lo anterior, conlleva a trabajar desde los vínculos de los Mayores, padres de familia y la comunidad indígena, en general, como una forma de resistencia, que permite salvaguardar la memoria histórica.

Además, se recomienda en futuros estudios, profundizar en la tradición cultural y el manejo que se da al ecosistema de Bosque Andino, en relación con cada especie útil (Rosero-Toro *et al.* 2021) y, de esa forma, triangular la información etnobotánica que tienen los estudiantes y sus familiares. Lo anterior puede promover la participación de la gente local, en el ámbito cotidiano, de acción hacia la conservación cultural y biológica (Martínez-Pérez *et al.* 2012; Delgado Laime *et al.* 2020). Adicional, se hace un llamado a continuar los esfuerzos en los entornos escolares, siendo fundamental para la conservación de los acervos culturales y la permanencia de los grupos indígenas. Sumado a esto, es necesario que los planes curriculares sean pensados desde las necesidades y las prioridades de los grupos sociales particulares y, así, poder construir saberes desde la escuela, que vinculen lo cultural, lo ambiental y lo social.

Finalmente, durante los recorridos etnobotánicos y las actividades de colecta vegetal, se evidenció el interés por parte del estudiantado de continuar aprendiendo sobre su territorio, así como a identificar, cultivar y a reafirmar los saberes tradicionales etnobotánicos, propios del Resguardo Indígena de Cohetando. Para lograr este proceso, se debe relacionar las actividades programadas desde el Proyecto Educativo Comunitario (PEC), desde un enfoque etnobotánico, que incentive la participación permanente de los padres de familia y de los Mayores del resguardo, dado que juegan un papel imprescindible en la conservación de los conocimientos etnobotánicos (Cuéllar Rodríguez *et al.* 2021). Además, este proceso permite articular el currículo escolar con la memoria histórica del Resguardo, para salvaguardar el patrimonio cultural del mismo, lo que convierte a la escuela en una herramienta de resistencia y de rescate de los conocimientos ancestrales (Sánchez-Robles & Torres-Muros, 2020).

Agradecimientos. A las autoridades del Resguardo Indígena de Cohetando y a las directivas, docentes, padres de familia y estudiantes de la Escuela Rural Mixta El Colorado, por habernos abierto las puertas para la realización del estudio. Igualmente, a Alfredo Pérez y Maximiliano Trujillo (QEPD), Mayores de la comunidad, por su acompañamiento durante los recorridos etnobotánicos y su compartir de conocimiento ancestral. Finalmente, a Jhony Sebastián Betancourt Toro, por el diseño del mapa de la Escuela y a Kenia Marcela González Pedraza, por el apoyo en el tratamiento estadístico de los datos. **Conflicto de intereses:** El manuscrito fue preparado y revisado con la participación de todos los autores, quienes declaramos que no existe ningún conflicto de intereses que ponga en riesgo la validez de los resultados presentados.

REFERENCIAS

- ALBUQUERQUE, U.P.; LUDWIG, D.; FEITOSA, I.S.; DE MOURA, J.M.B.; GONÇALVES, P.H.S.; DA SILVA, R.H.; DA SILVA, T.C.; GONÇALVES-SOUZA, T.; JÚNIOR, W.S.F. 2021. Integrating traditional ecological knowledge

- into academic research at local and global scales. *Regional Environmental Change*. 21:45.
<https://doi.org/10.1007/s10113-021-01774-2>
2. ALBUQUERQUE, U.P.; RAMOS, M.A.; LUCENA, R.F.P.; ALENCAR, N.L. 2014. Methods and techniques used to collect ethnobiological data. In: Albuquerque, U.P.; Cruz da Cunha, L.V.F.; Paiva de Lucena, R.F.; Nobrega Alves, R.R. (eds.). *Methods and techniques in ethnobiology and ethnoecology*. Humana press (New York, USA). p.15-38.
<https://doi.org/10.1007/978-1-4614-8636-7>
 3. ALBUQUERQUE, U.P.; SOARES SILVA, J.; ALMEIDA CAMPOS, J.L.; SILVA SOUSA, R.; SILVA, T.C.; NÓBREGA ALVES, R.R. 2013. The current status of ethnobiological research in Latin America: gaps and perspectives. *Journal of ethnobiology and ethnomedicine*. 9(1):1-9.
<https://doi.org/10.1186/1746-4269-9-72>
 4. ALCALDÍA MUNICIPAL DE PÁEZ. 2020. Plan municipal de desarrollo de Páez 2020-2023. 338p.
 5. ARENAS, A.; DEL CAIRO, C. 2009. Etnobotánica, modernidad y pedagogía crítica del lugar. *Utopía y Praxis Latinoamericana*. 14(44):69-83.
 6. ARIAS GONZÁLES, J.L. 2020. Técnicas e instrumentos de investigación científica. Para ciencias administrativas, aplicadas, artísticas, humanas. *Enfoques consulting EIRL*. 173p.
 7. ARIAS TOLEDO, B.; GALETTO, L.; COLANTONIO, S. 2009. Ethnobotanical knowledge in rural communities of Cordoba (Argentina): the importance of cultural and biogeographical factors. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*. 5:40.
<https://doi.org/10.1186/1746-4269-5-40>
 8. ARJONA-GARCÍA, C.; BLANCAS, J.; BELTRÁN-RODRÍGUEZ, L.; LÓPEZ BINNQÜIST, C.; COLÍN BAHENA, H.; MORENO-CALLES, A.I.; SIERRA-HUELSZ, J.A.; LÓPEZ-MEDELLÍN, X. 2021. How does urbanization affect perceptions and traditional knowledge of medicinal plants? *J. Ethnobiology Ethnomedicine*. 17:48.
<https://doi.org/10.1186/s13002-021-00473-w>
 9. BAUTISTA, R. 2020. Informe 2019. Acceso a la tierra y territorio en Sudamérica: Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Ecuador, Paraguay, Perú, Uruguay, Venezuela. Instituto para el Desarrollo Rural de Sudamérica. 372p.
 10. BELTRÁN-CUARTAS, A.M.; SILVA GÓMEZ, N.M.; LINARES CASTILLO, E.L.; CARDONA NARANJO, F.A. 2011. La etnobotánica y la educación geográfica en la comunidad rural Guacamayas, Boyacá, Colombia. *Unipluriversidad*. 10(3):124-134.
 11. BERNAL, R.; GRADSTEIN, S.R.; CELIS, M. 2019. Catálogo de plantas y líquenes de Colombia. Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia (Bogotá). Disponible desde Internet en:
<http://catalogoplantasyliquenes.unal.edu.co> (con acceso el 27/09/2021).
 12. BETANCOURT, J.I.M.; MIRANDA, J. 2009. Etnobotánica y educación para la conservación de *Coccothrinax crinita* subsp. *crinita*, Palma Petate (Arecaceae). *Revista del Jardín Botánico Nacional*. 30-31:91-95.
 13. BVENURA, C.; SIVAKUMAR, D. 2017. The role of wild fruits and vegetables in delivering a balanced and healthy diet. *Food Research International*. 99(1):15-30.
<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.06.046>
 14. CABRERA-LUNA, J.A.; SERRANO-CÁRDENAS, V.; PELZ-MARÍN, R. 2007. Plantas vasculares comercializadas como ornamentales decembrinas en 12 municipios de Querétaro, México. *Polibotánica*. 24:117-138.
 15. CANO-CONTRERAS, E.J.; MEDINACELI, A.; SANABRIA DIAGO, O.L.; ARGUETA VILLAMAR, A. 2016. Código de ética para la investigación, la investigación-acción y la colaboración etnocientífica en América Latina. *Etnobiología*. 14(supl.1).
<http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.24216.49927>
 16. CASTELLANOS CAMACHO, L.I. 2011. Conocimiento etnobotánico, patrones de uso y manejo de plantas útiles en la cuenca del río Cane-Iguaque (Boyacá-Colombia): una aproximación desde los sistemas de uso de la biodiversidad. *Ambiente & Sociedad*. 14(1):45-75.
<https://doi.org/10.1590/S1414-753X2011000100004>
 17. CASTILLO VERA, H.; ALBÁN CASTILLO, J.; CASTAÑEDA, R. 2019. Importancia cultural de la flora silvestre de la provincia de Cajabamba, Cajamarca, Perú. *Arnaldoa*. 26(3):1047-1074.
 18. CUÉLLAR RODRÍGUEZ, L.A.; REYES, N.J.; CARREÑO, J.R. 2021. Fortalecimiento de la competencia entorno vivo dentro de los componentes de las Ciencias Naturales en niños y niñas de primaria, a través de la enseñanza de la etnobotánica en el aula de clase. *Revista Educación*. 45(2):413-428.
<https://doi.org/10.15517/revedu.v45i1.42704>
 19. DA COSTA, F.V.; GUIMARÃES, M.F.M.; MESSIAS, M.C.T.B. 2021a. Gender differences in traditional knowledge of useful plants in a Brazilian community. *PloS one*. 16(7):e0253820.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0253820>
 20. DA COSTA, M.K.B.; DA NÓBREGA ALVES, R.R.; NAVONI, J.A.; FREIRE, E.M.X. 2021b. Ethnozoology of snakebite victims in a risk area in Northeast Brazil. *Toxicon*. 201:155-163.
<https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2021.08.021>

21. DA SILVA, J.P.C.; GONÇALVES, P.H.; ALBUQUERQUE, U.P.; DA SILVA, R.R.V.; DE MEDEIROS, P.M. 2021. Can medicinal use protect plant species from wood uses? Evidence from Northeastern Brazil. *Journal of Environmental Management*. 279:111800. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111800>
22. DELGADO LAIME, M.C.; NOLASCO CARBAJAL, G.; TAPIA TADEO, F.; BARRIAL LUJÁN, A.I.; HUARACA APARCO, R.; RUMAJA ALVITEZ, A.; TELLO DELGADO, F.M. 2020. Plantas silvestres y cultivadas de uso medicinal que se comercializan en la feria dominical del distrito y provincia de Andahuaylas, Apurímac, Perú (2019). *Revista de investigación en ciencia, tecnología y sociedad (CTS-UNAJMA)*. 1(2):1-7.
23. ESTRADA-CASTILLÓN, E.; VILLARREAL-QUINTANILLA, J.Á.; ENCINA-DOMÍNGUEZ, J.A.; JURADO-YBARRA, E.; CUÉLLAR-RODRÍGUEZ, L.G.; GARZA-ZAMBRANO, P.; ARÉVALO-SIERRA, J.R.; CANTÚ-AYALA, C.M.; HIMMELSBACH, W.; SALINAS-RODRÍGUEZ, M.M.; GUTIÉRREZ-SANTILLÁN, T.V. 2021. Ethnobotanical biocultural diversity by rural communities in the Cuatrociénegas Valley, Coahuila; Mexico. *Journal of ethnobiology and ethnomedicine*. 17:22. <https://doi.org/10.1186/s13002-021-00445-0>
24. FONNEGRA-GÓMEZ, R.; ALZATE-GUARÍN, F.; OROZCO CASTAÑEDA, C.; VÁZQUEZ LONDOÑO, C.; CORREA SILVA, A.; SUAREZ QUIRÓS, J.; GARCÍA LÓPEZ, V.; ROLDAN PALACIO, F.; VASCO CORREA, C. 2012. *Medicina Tradicional en los corregimientos de Medellín. Historias de vidas y plantas*. Universidad de Antioquia; Alcaldía de Medellín (Medellín, Colombia). 305p.
25. GECK, M.S.; LECCA, D.; MARCHESE, G.; CASU, L.; LEONTI, M. 2021. Ethnomedicine and Neuropsychopharmacology in Mesoamerica. *J. Ethnopharmacol*. 278:114243. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2021.114243>
26. GEILFUS, F. 2002. 80 herramientas para el desarrollo participativo. Instituto Interamericano de Cooperación para la agricultura-IICA (San José, Costa Rica). 217p.
27. GIL OTAIZA, R.; CARMONA ARZOLA, J.; RODRÍGUEZ ARREDONDO, M.C. 2006. Estudio etnobotánico de especies tóxicas, ornamentales y medicinales de uso popular, presentes en el Jardín de Plantas Medicinales” Dr. Luis Ruiz Terán” de la Facultad de Farmacia y Bioanálisis de la Universidad de Los Andes. *Boletín Antropológico*. 24(68):463-481.
28. GONÇALVES, P.H.S.; DE MEDEIROS, P.M.; ALBUQUERQUE, U.P. 2021. Effects of domestic wood collection on tree community structure in a human-dominated seasonally dry tropical forest. *Journal of Arid Environments*. 193:104554. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2021.104554>
29. HERNÁNDEZ-SAMPIERI, R.; MENDOZA TORRES, C.P. 2018. *Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw-Hill Interamericana Editores. 753p.
30. HUSAIN-TALERO, S. 2021. Transmisión del conocimiento etnobotánico en una comunidad campesina de los Andes colombianos. *Revista Colombiana de Educación*. 1(83). <https://doi.org/10.17227/rce.num83-11144>
31. ILIĆ, Z.S.; MILENKOVIĆ, L.; TMUŠIĆ, N.; STANOJEVIĆ, L.; STANOJEVIĆ, J.; CVETKOVIĆ, D. 2022. Essential oils content, composition and antioxidant activity of lemon balm, mint and sweet basil from serbia. *LWT*. 153:112210. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112210>
32. JIMÉNEZ-BALAM, D.; ALCALÁ, L.; SALGADO, D. 2019. Maya children’s medicinal plant knowledge: initiative and agency in their learning process. *Learning, Culture and Social Interaction*. 22:100333. <https://doi.org/10.1016/j.lcsi.2019.100333>
33. JOCILES RUBIO, M.I. 2018. La observación participante en el estudio etnográfico de las prácticas sociales. *Revista colombiana de antropología*. 54(1):121-150. <https://doi.org/10.22380/2539472X.386>
34. KHAN, S.; SHAHEEN, H.; MEHMOOD, A.; NASAR, S.; KHAN, T. 2022. Ethnobotanical and antibacterial study of Primula plants traditionally used in the indigenous communities of Western Himalaya, Pakistan. *Saudi Journal of Biological Sciences*. 29(5):3244-3254. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2022.01.048>
35. LIGARRETO MORENO, G.A.; ESPINOSA B., N.; BARRERO M., L.S.; MEDINA C., C.I. 2017. Variabilidad morfológica de variedades nativas de mora (*Rubus* sp.) en los Andes de Colombia. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*. 10(2):211-221. <https://doi.org/10.17584/rcch.2016v10i2.4755>
36. LINARES-ROSAS, M.I.; GÓMEZ, B.; ALDASORO-MAYA, E.M.; CASAS, A. 2021. Nahua biocultural richness: an ethnoherpetological perspective. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*. 17:33. <https://doi.org/10.1186/s13002-021-00460-1>
37. LÓPEZ DIAGO, D.; GARCÍA CASTRO, N.J. 2021. Frutos silvestres comestibles de Colombia: diversidad y perspectivas de uso. *Biota Colombiana*. 22(2):16-55. <https://doi.org/10.21068/c2021.v22n02a02>

38. MARTÍNEZ, G.; AUDISIO, C.; LUJAN, M.C. 2021. Las plantas medicinales, patrimonio natural y cultural de la Reserva Hídrica Natural y Recreativa Bamba, La Calera, Córdoba, Argentina. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas*. 20(3):270-302.
39. MARTÍNEZ-PÉREZ, A.; LÓPEZ, P.A.; GIL-MUÑOZ, A.; CUEVAS-SÁNCHEZ, J.A. 2012. Plantas silvestres útiles y prioritarias identificadas en la Mixteca Poblana, México. *Acta botánica mexicana*. 98:73-98.
40. MENDOZA HERNANDEZ, A.H.; NIÑO HERNÁNDEZ, M.A.; CHALOUPOKOVÁ, P.; FERNÁNDEZ-CUSIMAMANI, E. 2021. Estudio etnobotánico del uso de las plantas medicinales en la comunidad indígena Pijao en Natagaima, Colombia. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas*. 20(5):482-495. <https://doi.org/10.37360/blacpma.21.20.5.35>
41. NÓBREGA ALVES, R.R.; MARTINS BORGES, A.K.; DUARTE BARBOZA, R.R.; SILVA SOUTO, W.M.; GONÇALVES-SOUZA, T.; PROVETE, D.B.; ALBUQUERQUE, U.P. 2021. A global analysis of ecological and evolutionary drivers of the use of wild mammals in traditional medicine. *Mammal Review*. 51(2):293-306. <https://doi.org/10.1111/mam.12233>
42. PACHÓN-BARBOSA, N.A.; CADENA REYES, M.L.; CASTILLO RUGE, M.C.; RODRÍGUEZ VARGAS, L.K. 2021. El invernadero como escenario de educación ambiental no formal para la enseñanza de la etnobotánica. *Bio-grafia*.
43. PARADISE, R.; ROGOFF, B. 2009. Side by side: Learning by observing and pitching in. *Ethos*. 37(1):102-138. <https://doi.org/10.1111/j.1548-1352.2009.01033.x>
44. PASCUAL, V.; ORDUNA, P. 2020. The intangible heritage in the historical and current cuisine: Multidisciplinary didactic proposal for the teaching and learning of culinary ethnobotany. *International Journal of Gastronomy and Food Science*. 21:100241. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2020.100241>
45. PATCHEN, T.; SMITHENRY, D.W. 2014. Diversifying instruction and shifting authority: A cultural historical activity theory (CHAT) analysis of classroom participant structures. *Journal of Research in Science Teaching*. 51(5):606-634. <https://doi.org/10.1002/tea.21140>
46. PÉREZ, D.; MATIZ-GUERRA, L.C. 2017. Use of plants by farming communities in rural areas of Bogotá DC, Colombia. *Caldasia*. 39(1):68-78. <http://dx.doi.org/10.15446/caldasia.v39n1.59932>
47. PÉREZ PINO, V. 2005. Educación ambiental y cosmovisión de los pueblos originarios. Comisión Nacional del Medio Ambiente. 10p.
48. PINTO-MARROQUIN, M.; ARISTIZABAL, J.F.; GARCÍA DEL-VALLE, Y.; RUAN-SOTO, F.; SERIO-SILVA, J.C. 2021. The primate cultural significance index: applications with populuca indigenous people at los tuxtla biosphere reserve. *Journal of ethnobiology and ethnomedicine*. 17:57. <https://doi.org/10.1186/s13002-021-00483-8>
49. RODRÍGUEZ SEGOVIA, M.A.; RUBIO-JIMÉNEZ, C.; NARVAEZ-VERDESOTO, K.; TUZ-CHAMORRO, J. 2020. Conocimientos sobre plantas rituales utilizadas por yerbateras de los mercados de quito, ecuador: aumentos sobre su estado de conservación. *Ethnoscientia: Revista Brasileña de Etnobiología y Etnoecología*. 5(1). <http://dx.doi.org/10.18542/ethnoscientia.v5i1.10319>
50. ROSERO-TORO, J.H.; DUEÑAS GÓMEZ, H. DEL C.; RUAN-SOTO, F.; SANTOS-FITA, D. 2021. Can cultural significance in plants be explained by domestication and usage spaces? A study case from a coffee producing community in Huila, Colombia. *Ethnobiology and Conservation*. 10:28. <https://doi.org/10.15451/ec2021-06-10.28-1-24>
51. ROSERO TORO, J.H.; DUEÑAS GÓMEZ, H. DEL C.; SANTOS-FITA, D. 2018a. Plantas utilizadas en una comunidad cafetera de Acevedo, Huila. *Editorial Universidad Surcolombiana*. 88p
52. ROSERO-TORO, J.H.; ROMERO-DUQUE, L.P.; SANTOS-FITA, D.; RUAN-SOTO, F. 2018b. Cultural significance of the flora of a tropical dry forest in the Doche vereda (Villavieja, Huila, Colombia). *Journal of ethnobiology and ethnomedicine*. 14(1):1-16. <https://doi.org/10.1186/s13002-018-0220-0>
53. SÁNCHEZ-ROBLES, J.M.; TORRES-MUROS, L. 2020. Educación, etnobotánica y rescate de saberes ancestrales en el Ecuador. *Revista ESPACIOS*. 41(23):158-170.
54. SILVA, I.T.D.; FREIXO, A.A. 2020. Ensino de botânica e classificação biológica em uma escola família agrícola: diálogo de saberes no campo. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)*. 22:e16334. <https://doi.org/10.1590/21172020210122>
55. STATGRAPHICS. 2014. STATGRAPHICS® CENTURION XVII. Statpoint Technologies, Inc. Disponible desde Internet en: www.statgraphics.com
56. TOLEDO, B.A.; GALETTO, L.; COLANTONIO, S. 2009. Ethnobotanical knowledge in rural communities of Córdoba (Argentina): the importance of cultural and biogeographical

- factors. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*. 5:40.
<https://dx.doi.org/10.1186/1746-4269-5-40>
57. UNIVERSITY OF OSLO. 2022. PAleontological STatistics Version 4.10 (Past). Natural History Museum University of Oslo. 300p.
58. URIBE-PÉREZ, M. 2019. Saberes ancestrales y tradicionales vinculados a la práctica pedagógica desde un enfoque intercultural: un estudio realizado con profesores de ciencias en formación inicial. *Revista Educación y Ciudad*. 2(37):57-71.
<https://doi.org/10.36737/01230425.v2.n37.2019.2148>
59. VERDE LÓPEZ, A.; BENLLOCH MARTÍ, V.; FAJARDO RODRÍGUEZ, J. 2005. La etnobotánica como recurso didáctico en la educación ambiental. *Idea La Mancha: Revista de Educación de Castilla-La Mancha*. 1(2):240-245.
60. VIDAL TORRENCILLA, A.C.; MARTELO GÓMEZ, R.J.; MARRUGO LIGARDO, Y.A. 2021. Concepciones etnoeducativas e interculturalidad, perspectivas hacia una educación intercultural. *Revista de filosofía*. 38(99):645-656.
<https://doi.org/10.5281/zenodo.5685014>
61. WHITE, L. 2022. “Momma, today we were Indian Chiefs!” Pathways to Kan’nikonhrí: io through Indigenous Holistic Education. *Frontiers in Education*. 7:699627.
<https://doi.org/10.3389/feduc.2022.699627>

Anexo 1. Listado de especies útiles reportados por estudiantes de 5 grado de la Escuela Rural Mixta El Colorado, del Resguardo Indígena de Cohetando, municipio de Páez, Cauca.

Familia	Nombre común	Categoría etnobotánica ¹	Origen ²
Acanthaceae			
Indeterminada	agras	MED	CUL; SIL
Indeterminada	moco	MED	SIL
Amaranthaceae			
<i>Beta vulgaris</i> L.	acelga	ALM; ECON	CUL
<i>Celosia</i> sp.	cresta de gallo	ORN	CUL
<i>Iresine herbstii</i> Hook.	descanse macho	MED	CUL; SIL
Amaryllidaceae			
<i>Allium fistulosum</i> L.	cebolla	ALM; ECON	CUL
Apiaceae			
<i>Apium graveolens</i> L.	apio	ALM	CUL
<i>Arracacia xanthorrhiza</i> Bancr.	arracacha	ALM	CUL
<i>Bifora cf. radians</i> M. Bieb.	antulia	ORN	CUL
<i>Coriandrum sativum</i> L.	cilantro	ALM; ECON	CUL
<i>Daucus carota sativus</i> L.	zanahoria	ALM; ECON	CUL
Apocynaceae			
<i>Catharanthus roseus</i> (L.) G. Don	besitos	ORN	CUL
Araceae			
<i>Anthurium</i> sp.	malanga	ORN	SIL
<i>Dieffenbachia seguine</i> (Jacq.) Schott	chula	ORN	CUL; SIL
<i>Zantedeschia aethiopica</i> (L.) Spreng.	tulipán	ORN	CUL
Araliaceae			
<i>Polyscias scutellaria</i> (Burm.f.) Fosberg	millonaria	ORN	CUL
Asparagaceae			
<i>Cordyline fruticosa</i> (L.) A.Chev.	palma de cementerio	ORN	CUL; SIL
<i>Dracaena fragrans</i> (L.) Ker Gawl.	chulco	ORN	CUL; SIL

¹**Categorías etnobotánicas:** alimenticia (ALM); económico (ECON); mágico religioso (MAG-REL); medicinal (MED); ornamental (ORN); sombrío (SOM). ²**Origen:** Silvestre (SIL); Cultivada (CUL)

Familia	Nombre común	Categoría etnobotánica ¹	Origen ²
Asteraceae			
<i>Aster</i> sp.	Margarita	ORN	CUL
<i>Aster</i> sp.	Pimpones	ORN	SIL
<i>Bidens pilosa</i> L.	pacunga	MED	SIL
<i>Chrysanthemum</i> sp.	Crisantema	ORN	CUL; SIL
<i>Dahlia pinnata</i> Cav.	Dalias	ORN	CUL
<i>Emilia</i> cf. <i>Sonchifolia</i> (L.) DC.	Clavelillo	ORN	SIL
<i>Helianthus annuus</i> L.	girasol	ORN; ECON	CUL
<i>Lactuca sativa</i> L.	lechuga	ALM; ECON	CUL
<i>Sonchus</i> sp.	Diente de león	ORN	SIL
Balsaminaceae			
<i>Impatiens balsamina</i> L.	caracucho rojo	ORN	CUL
Bignoniaceae			
<i>Handroanthus guayacan</i> (Seem.) S.O.Grose	guayacán	ORN	CUL
Bromeliaceae			
<i>Tillandsia</i> sp.	Chupaya	ORN	SIL
Cannaceae			
<i>Canna indica</i> L.	achira	ORN	CUL
Caricaceae			
<i>Carica papaya</i> L.	papayo	ALM; ECON	CUL
<i>Vasconcellea pubescens</i> A.DC.	papayuelo	ALM	CUL
Caryophyllaceae			
<i>Indeterminada</i>	oreja de gato	MED	SIL
Convolvulaceae			
<i>Ipomoea</i> sp.	Desgranadera	ALM	SIL
<i>Ipomoea purpurea</i> (L.) Roth	flor de mayo	ORN	SIL
Costaceae			
<i>Costus guanaiensis</i> Rusby	cañagria	MED	CUL; SIL
Crassulaceae			
<i>Kalanchoe</i> sp.	Calanchoe	ORN	CUL
<i>Echeveria pallida</i> E. Walther	verdolaga	MED; MAG-REL	CUL
Cucurbitaceae			
<i>Cucurbita maxima</i> Duchesne	zapallo	ALM	CUL; SIL

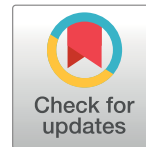
¹**Categorías etnobotánicas:** alimenticia (ALM); económico (ECON); mágico religioso (MAG-REL); medicinal (MED); ornamental (ORN); sombrío (SOM). ²**Origen:** Silvestre (SIL); Cultivada (CUL)

Familia	Nombre común	Categoría etnobotánica ¹	Origen ²
Euphorbiaceae			
<i>Euphorbia</i> sp.	flor navideña	ORN	CUL
<i>Euphorbia milii</i> Des Moul.	corona de cristo	ORN	CUL
<i>Manihot esculenta</i> Crantz	yuca	MED; ALM; ECON	CUL
Fabaceae			
<i>Phaseolus vulgaris</i> L.	habichuela	ALM	CUL
Geraniaceae			
<i>Pelargonium x hortorum</i> L.H. Bailey	geranio	ORN	SIL
Gesneriaceae			
<i>Kohleria</i> sp.	caracola	ORN	CUL; SIL
Hydrangeaceae			
<i>Hydrangea macrophylla</i> (Thunb.) Ser.	hortensia	ORN	CUL
Juncaceae			
<i>Juncus</i> sp.	chondul	MED; MAG-REL	SIL
Lamiaceae			
<i>Clinopodium nubigenum</i> (Kunth) Kuntze	orégano del pequeño	MED; ALM	CUL
<i>Clinopodium brownei</i> (Sw.) Kuntze	poleo	MED; ALM	CUL
<i>Mentha spicata</i> L.	hierbabuena	MED	CUL
<i>Mentha pulegium</i> L.	menta	MED; MAG-REL	CUL
<i>Ocimum basilicum</i> L.	albacá de la morada	MED; MAG-REL	CUL
<i>Salvia</i> sp.1	alegría - cacique	MED; MAG-REL	CUL; SIL
<i>Salvia</i> sp.2	liberal o campana	ORN	SIL
<i>Thymus vulgaris</i> L.	tomillo	MED; ALM	CUL
Malvaceae			
<i>Abutilon</i> sp.	abutilón	ORN	CUL; SIL
<i>Malvaviscus penduliflorus</i> DC.	resucito	MED; ORN	CUL; SIL
Melastomataceae			
<i>Miconia</i> sp.	árboles de la gloria	SOM	SIL
Musaceae			
<i>Musa velutina</i> H.Wendl. & Drude	platanillo silvestre	ORN	CUL; SIL

¹**Categorías etnobotánicas:** alimenticia (ALM); económico (ECON); mágico religioso (MAG-REL); medicinal (MED); ornamental (ORN); sombrío (SOM). ²**Origen:** Silvestre (SIL); Cultivada (CUL)

Familia	Nombre común	Categoría etnobotánica ¹	Origen ²
Musaceae			
<i>Musa balbisiana</i> Colla	plátano	ALM; ECON	CUL
Myrtaceae			
<i>Psidium</i> sp.	guayaba	MED; ALM; ECON	CUL
Nyctaginaceae			
<i>Bougainvillea spectabilis</i> Willd.	veranera	ORN	CUL
Orchidaceae			
Indeterminada	orquídea	ORN	SIL
Passifloraceae			
<i>Passiflora edulis</i> Sims	maracuyá	ALM; ECON	CUL
Piperaceae			
<i>Piper</i> sp.	cordoncillo	MED	SIL
Poaceae			
<i>Cymbopogon citratus</i> (DC.) Stapf	limoncillo	MED	CUL; SIL
<i>Cyperus</i> sp.	pasto estrella	ORN	SIL
<i>Guadua angustifolia</i> Kunth	guadua	MED; SOM; ECON	CUL; SIL
<i>Zea mays</i> L.	maíz	ALM; ECON	CUL
Rosaceae			
<i>Rubus urticifolius</i> Poir.	mora	ALM; ORN	SIL
Rubiaceae			
<i>Coffea arabica</i> L.	café	MED; ALM; ECON	CUL
Rutaceae			
<i>Citrus × limon</i> (L.) Osbeck	limón injerto	MED; SOM; ECON	CUL
<i>Citrus reticulata</i> Blanco	mandarino	ALM; SOM; ECON	CUL
<i>Citrus maxima</i> (L.) Osbeck	lima	ALM; SOM; ECON	CUL
<i>Citrus × sinensis</i> (L.) Osbeck	naranja	ALM; SOM; ECON	CUL
Solanaceae			
<i>Browallia americana</i> L.	azulejo	ORN	SIL
<i>Solanum lycopersicum</i> L.	tomate	ALM; ECON	CUL
Verbenaceae			
<i>Duranta</i> sp.	mirto	MED	SIL
Xanthorrhoeaceae			
<i>Aloe vera</i> (L.) Burm.f.	sábila	MED	CUL
No identificada			
sp 1.	yacuma	MED; MAG-REL	CUL




¹**Categorías etnobotánicas:** alimenticia (ALM); económico (ECON); mágico religioso (MAG-REL); medicinal (MED); ornamental (ORN); sombrío (SOM). ²**Origen:** Silvestre (SIL); Cultivada (CUL)



Aplicación de indicadores ambientales para la planificación del uso del suelo en una zona costera de Buenos Aires, Argentina

Application of environmental indicators for land use planning in a coastal area of

Buenos Aires, Argentina

Mónica Laura Salvioli^{1*} ; Verónica Guerrero-Borges¹ ; Marcos Cipponeri¹ 

¹Universidad Nacional de La Plata, Facultad de Ingeniería, Unidad de Investigación Desarrollo Extensión y Transferencia (UIDET) Gestión Ambiental. La Plata - Buenos Aires, Argentina; email: msalvioli@ing.unlp.edu.ar; vgborges@gmail.com; mcipponeri@ing.unlp.edu.ar.

*autor de correspondencia: msalvioli@ing.unlp.edu.ar

Cómo citar: Salvioli, M.L.; Guerrero-Borges, V.; Cipponeri, M. 2022. Aplicación de indicadores ambientales para la planificación del uso del suelo en una zona costera de Buenos Aires, Argentina. Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 25(Supl.1):e2134. <http://doi.org/10.31910/rudca.v25.nSupl.1.2022.2134>

Artículo de acceso abierto publicado por Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica, bajo una Licencia Creative Commons CC BY-NC 4.0

Publicación oficial de la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A, Institución de Educación Superior Acreditada de Alta Calidad por el Ministerio de Educación Nacional.

Recibido: noviembre 1 de 2021

Aceptado: marzo 19 de 2022

Editado por: Felix Ignacio Contreras

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue aplicar indicadores e índices ambientales en una zona costera localizada en el noreste de la provincia de Buenos Aires (Argentina). El área de estudio se ubica en el sector de la planicie costera del Río de la Plata, correspondiente al partido de Ensenada. La misma es un área con alto valor para la biodiversidad regional y brinda numerosos servicios ecosistémicos. Además, está expuesta de manera recurrente a inundaciones y anegamientos, los cuales, determinan fuertes condicionantes para el uso del suelo. Se identificaron y seleccionaron indicadores que aportan información sobre características estructurales y funcionales del medio natural, respecto de su fragilidad frente a intervenciones, a partir de los criterios: vulnerabilidad natural, valor patrimonial y condicionamientos naturales frente a intervenciones antrópicas; estos indicadores fueron integrados para obtener un Índice de Fragilidad Natural Territorial (IFNT). Se generaron mapas temáticos de índices parciales y un mapa final correspondiente al IFNT, mediante el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG). Los resultados obtenidos establecen que el 15,1 % de la superficie del partido presenta una fragilidad natural entre muy alta (2,1 %) y alta (13 %) y un 20,2 %, con valores medios, asociados a ambientes de escasa pendiente del centro, W y E-SE del territorio, así como al sector más próximo a la ribera rioplatense, donde se asientan áreas urbanas. Se observó tendencia de crecimiento urbano

avanzando sobre sectores identificados con fragilidad entre muy alta y media. Este índice se considera una herramienta útil para la planificación territorial sostenible.

Palabras clave: Indicadores; Planificación territorial; Fragilidad natural; Usos del suelo.

ABSTRACT

The objective of this paper was to apply environmental indicators and indexes in a coastal area located in the northeastern province of Buenos Aires (Argentina). The study area is located in the sector of the coastal plain of the Río de la Plata corresponding to the Ensenada district. It is an area of high regional biodiversity value and provides numerous ecosystem services. In addition, it is exposed to frequent flood events and waterlogged soils, which determines strong conditioning factors for land use. In this paper, the application of environmental indicators and indexes developed ad hoc is presented in order to assist in the sustainable land use planning of the territory. Indicators were identified and selected to provide information on structural and functional characteristics of the natural environment regarding its fragility in front of anthropic interventions. These indicators were made following these selection criteria: natural vulnerability, patrimonial value and natural conditioning to anthropic interventions. These indicators were

integrated to obtain a Natural Territorial Fragility Index (NTFI). Thematic maps of intermediate indexes were generated, as well as a final map corresponding to the NTFI, integrated in a GIS. The results obtained from the NTFI calculation establish that 15,1 % of the area of the district presents a natural fragility with values very high (2,1 %) and high (13 %) and 20,2 % medium value. In the center, W and E-SE of the territory, as well as in the sector closest to the rioplatense riverbank, the NTFI presents very high to medium values mainly associated with low slope environments. Urban areas are developed in this location. There is an urban growth trend advancing on sectors identified with very high to moderate fragility. This index is considered a useful tool for sustainable territorial planning.

Keywords: Indicators; Territorial planning; Natural fragility; Land use.

INTRODUCCIÓN

El proceso de planificación del uso del suelo requiere analizar las características estructurales y funcionales del medio natural de base de modo de maximizar los usos del suelo, en función de la potencialidad ambiental del territorio; asimismo, permite minimizar la generación de impactos negativos resultantes de intervenciones antrópicas. En este sentido, los índices e indicadores ambientales se consideran instrumentos de diagnóstico de gran utilidad, en la toma de decisiones sobre el territorio.

Existen antecedentes a escala internacional y nacional, que proponen criterios e indicadores enfocados en el ordenamiento de los usos del suelo. Algunos aportes internacionales relevantes se pueden consultar en Weil *et al.* (2020), Marull (2005) y Palacio-Prieto *et al.* (2004).

En Argentina, Nacif & Suvires (2013) y Cabral *et al.* (2002) han propuesto indicadores e índices para valorar la sustentabilidad de zonas urbano-rurales y evaluar modificaciones territoriales por intervenciones antrópicas, entre otros. El noreste de la provincia de Buenos Aires, en la margen sur del estuario del Río de la Plata (Argentina), manifiesta conflictos ambientales, vinculados al uso del suelo. Esta zona corresponde a la planicie costera del Río de la Plata (Fucks *et al.* 2017), área vulnerable, que contribuye a la biodiversidad regional y de servicios ecosistémicos, encontrándose expuesta, de manera recurrente, a episodios de inundaciones y de anegamientos por precipitaciones pluviales y mareas meteorológicas del Río de la Plata (Cabral *et al.* 2016), que determinan fuertes condicionantes para su desarrollo urbano, productivo y recreativo. El clima de la zona es de tipo templado-húmedo, con precipitaciones medias anuales de 1.079 mm/año, humedad relativa de 77 % y temperatura media de 15 °C. Se han registrado precipitaciones máximas diarias que superan los 120 mm en la Estación La Plata Aero del Servicio Meteorológico Nacional. Vale mencionar la tormenta del 2 de abril de 2013, con 392 mm, registrados en 24 h, en la Estación Meteorológica Automática, Observatorio perteneciente a la Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas de la Universidad Nacional de La Plata.

Presenta un mosaico complejo y heterogéneo de comunidades naturales más o menos disturbadas que, en conjunto, constituyen un sistema de humedal costero y que concentran un área de diversidad biológica importante para la provincia de Buenos Aires (Passarelli *et al.* 2014). Las comunidades naturales típicas de esta zona son: juncal costero, césped o pradera ribereña, matorral ribereño, saucedal ribereño, pajonal, ceibal, selva marginal, pajonal de paja brava y espadaña, bosquesillos de tala y pastizales.

La situación ambiental compleja y delicada de esta zona puede mejorar, a partir del uso de indicadores, que permitan evaluar la fragilidad natural territorial frente a intervenciones antrópicas. Estos índices, si bien pueden marcar conflictos ambientales de difícil reversibilidad son útiles para no agravarlos; asimismo, permiten reducir o limitar futuros conflictos asociados al uso del suelo en la zona.

En este sentido, el objetivo de este trabajo fue aplicar indicadores e índices ambientales en una zona costera localizada en el noreste de la provincia de Buenos Aires (Argentina). El área de estudio se ubica en el sector de la planicie costera del Río de la Plata, correspondiente al partido de Ensenada (Figura 1), jurisdicción que presenta parte de su superficie modificada por urbanización, actividades industriales y portuarias. Cuenta, además, con extensas áreas rurales donde domina la actividad ganadera intensiva, así como áreas incluidas en el sistema provincial de áreas naturales protegidas; presenta, también, una red vial de importante desarrollo. Se analizó la fragilidad del medio natural ante intervenciones antrópicas, vinculadas fundamentalmente con desarrollos urbanísticos. En este trabajo, se ha definido la fragilidad natural, como las condiciones de sensibilidad y de limitaciones del ambiente natural a las intervenciones antrópicas, en función de las características intrínsecas de los ecosistemas y de su estado de conservación.

El Índice de Fragilidad Natural Territorial (IFNT), diseñado para esta zona, consistió en una adaptación del índice desarrollado por Marull (2005), el cual, cuantifica e incorpora los fenómenos ambientales como un factor más en la matriz de elementos, siendo básicamente una metodología paramétrica de apoyo para la planificación del territorio.

MATERIALES Y MÉTODOS

Análisis de antecedentes y de imágenes satelitales: Se recopiló y se analizó información antecedente proveniente de diversas fuentes y de imágenes satelitales. Los antecedentes brindaron información sobre características climáticas, geomorfológicas, edáficas, hidrológicas y biológicas del área de estudio. Se trabajó con seis imágenes del satélite Sentinel 2A y 2B, de la Agencia Espacial Europea, con una resolución de 10 metros en el espectro visible y disponibles para descarga de manera gratuita, de la plataforma Copernicus Open Access IHub (<https://www.copernicus.eu/en/copernicus-services/land>).

Caracterización biofísica del área de estudio: Con base en el análisis de antecedentes y de relevamientos de campo, se desarrolló una

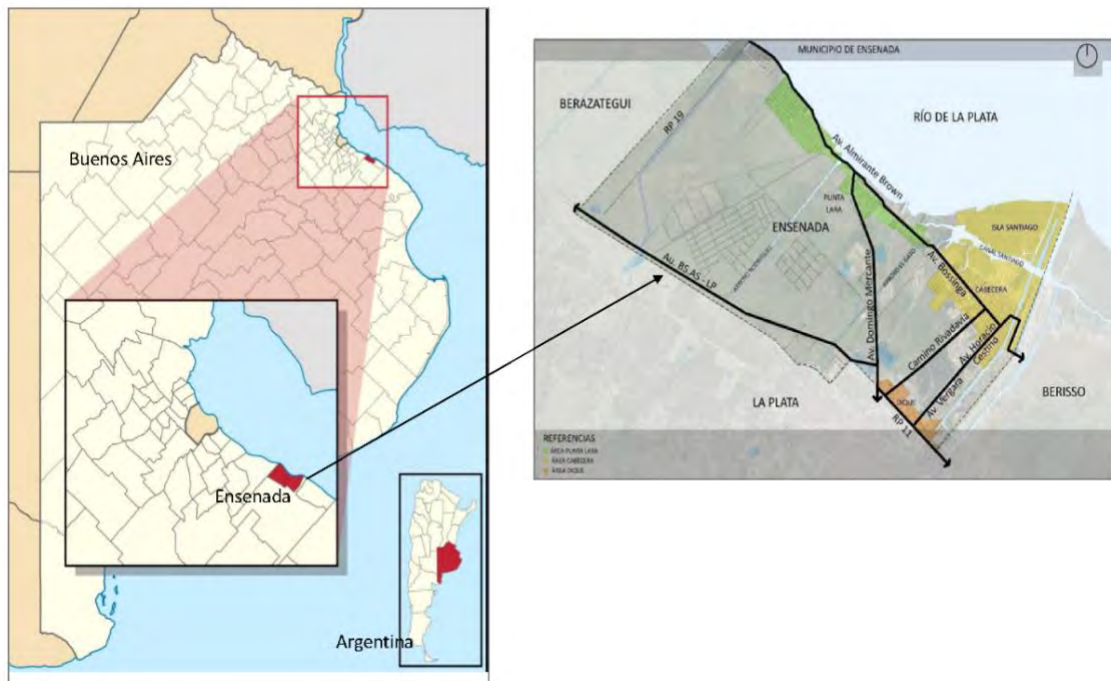


Figura 1. Mapa de ubicación del área de estudio.

caracterización sobre componentes físicos y biológicos del medio natural, con la finalidad de definir los indicadores a utilizar en el desarrollo del índice propuesto. El trabajo de campo permitió confirmar o completar la información antecedente analizada y consistió en un relevamiento visual. Cada sitio fue georreferenciado y fotografiado, registrándose para cada punto relevado el tipo de cobertura y el uso del suelo, así como la fisonomía vegetal y la característica de las comunidades naturales presentes. Estos relevamientos fueron utilizados como sitios de muestreo y de entrenamiento para la obtención del mapa de coberturas y usos del suelo, resultado de la interpretación digital de imágenes satelitales, utilizando técnicas multivariadas de clasificación supervisada y no supervisada.

Identificación y caracterización de unidades ambientales homogéneas: Mediante la interpretación de imágenes satelitales, relevamientos de campo y el procesamiento de datos (antecedentes y generados *ad hoc*), a través de un sistema de información geográfica, se definieron y delimitaron, para el partido de Ensenada, unidades ambientales homogéneas (UAH), que comparten características respecto del tipo de cobertura del suelo y de su geomorfología. Estas unidades, se utilizaron como base para el desarrollo y aplicación de índices e indicadores ambientales. Se procesaron dos imágenes satelitales del Satélite Sentinel 2A de diferentes fechas, 18/10/2019 y 12/09/2015, para la elaboración del mapa de coberturas del suelo, que fueron clasificadas siguiendo dos métodos: no supervisado, primero y supervisado, después, para el ajuste de las clases que representarían menor variabilidad en la respuesta espectral. Dado que la interpretación generó un mapa dependiente de las condiciones temporales de las imágenes, se llevó a cabo

una reinterpretación de cada cobertura en función de la unidad geomorfológica analizada. La clasificación, se basó en un proceso iterativo y de reinterpretación. Como primer resultado, se obtuvo en gabinete un mapa preliminar que fue validado o reinterpretado, a través del trabajo de campo.

Desarrollo del Índice de Fragilidad Natural Territorial (IFNT): El diseño del IFNT incluyó las siguientes etapas de desarrollo:

a. Selección de Indicadores: Se seleccionaron indicadores que aportaran información sobre diferentes características del medio natural respecto de la fragilidad frente a intervenciones, a partir de la determinación y análisis de los siguientes criterios:

a.1 Vulnerabilidad natural frente a perturbaciones: Refiere a la capacidad de recuperarse frente a intervenciones (resiliencia), a la presencia de limitantes naturales que condicionan desarrollo vegetal, al estado de conservación de las comunidades vegetales y a la vulnerabilidad del agua superficial y subterránea respecto de potenciales fuentes contaminantes. Se diferenció, según vulnerabilidad de la vegetación y de la calidad del agua.

Vulnerabilidad de la vegetación: Refiere a la capacidad de las comunidades vegetales para recuperarse después de una alteración, resultante de la concurrencia de factores intrínsecos de cada comunidad vegetal y ambientales y que comprenden las estrategias de vida de las especies, las particularidades ecológicas de los hábitats y los condicionantes generales del territorio (Terradas, 2001). Incluyó los siguientes indicadores:

- **Complejidad estructural:** Refiere a la complejidad en la distribución espacial vertical o estratificación de la vegetación. A mayor cantidad de estratos y estructura leñosa, mayor complejidad y, por lo tanto, mayor vulnerabilidad. La velocidad de cicatrización de los ecosistemas se incrementa cuanto mayor es la complejidad estructural vertical en el espacio. A menor velocidad de cicatrización, mayor vulnerabilidad.
- **Estado de conservación:** Refiere al nivel de intervención y de degradación antrópica de ambientes naturales. Se estableció a partir del análisis de la cobertura vegetal, presencia de obras de infraestructura, entre otros. A mayor degradación, menor vulnerabilidad.
- **Existencia de factores limitantes para el crecimiento:** Corresponde a condiciones naturales que se consideran fundamentales para la presencia de comunidades naturales. Las modificaciones o eliminación de los factores limitantes elevan la vulnerabilidad de la vegetación. Se consideró el componente hídrico.

Vulnerabilidad de la calidad hídrica: Refleja la vulnerabilidad intrínseca de las aguas superficiales y subterráneas continentales, respecto a su calidad por potencial contaminación, en relación con desarrollos urbanísticos o cambios en los usos del suelo. Incluyó los siguientes indicadores:

- **Vulnerabilidad de las aguas superficiales:** Se analizaron las distancias a cuerpos lénticos y lóticos naturales o artificiales.
- **Vulnerabilidad de las aguas subterráneas:** Se analizó el grado de exposición de la napa freática, en función de su profundidad y de la permeabilidad del sustrato.

a.2 Valor del patrimonio natural: Corresponde al valor biológico, ecológico y de servicios ecosistémicos. Incluyó los siguientes indicadores:

- **Biodiversidad:** Corresponde a la diversidad de especies presentes. Se vinculó con el estadio sucesional, es decir, los ambientes más cercanos al clímax presentan una biodiversidad mayor que las que corresponden a etapas serales. A mayor diversidad biológica, mayor valor natural y mayor vulnerabilidad.
- **Servicios Ecosistémicos:** Refiere a la condición de los ambientes respecto de servicios ecosistémicos característicos de humedales costeros (Kandus *et al.* 2011). Se consideraron:

-Regulación hídrica: Servicio ecosistémico de amortiguación hídrica ante eventos de precipitaciones intensas o de protección costera contra tormentas, amortiguación de crecidas y estabilización de línea de costa de ribera del Río de la Plata.

-Recreación y educación ambiental: Servicio ecosistémico cultural que ofrecen las áreas naturales protegidas.

a.3 Condicionamientos naturales a intervenciones: Refiere a características del medio natural que pueden representar una amenaza o condicionamiento al desarrollo urbano. Incluyó los siguientes indicadores:

- **Inundabilidad/Anegamiento:** Considera las consecuencias que producen dos amenazas diferentes: las precipitaciones que generan inundación/anegamiento localizados y desbordes de ríos y arroyos; y las sudestadas, combinación de mareas astronómicas y meteorológicas del Río de la Plata. Para el análisis, debido a precipitaciones, se analizaron dos imágenes satelitales del satélite Sentinel de fechas octubre 2018 y 2019 (de excesos hídricos), para observar presencia de agua en superficie y vegetación, con alto contenido de humedad en suelo. Una vez clasificada la imagen y aisladas las áreas con diferente nivel de anegamiento, se sumó el área de la llanura aluvional del mapa geomorfológico (Cabral *et al.* 2016), zona de influencia de crecidas del Río de la Plata.
- **Afectación de estructuras civiles:** Potencial afectación de estructuras edilicias por características de suelo con presencia de arcillas expansivas, que podrían producir deslizamientos y agrietamientos.

Una vez seleccionados los indicadores, se agruparon en índices parciales en función del tipo de información suministrada, respondiendo a los criterios de selección mencionados, según se resume en el cuadro 1.

b. Desarrollo de escala de indicadores: Con la finalidad de asignar valores al territorio analizado respecto de cada uno de los indicadores establecidos, se elaboraron escalas numéricas y conceptuales en un rango 1 – 5. En esta escala, el mayor valor corresponde a la situación más desfavorable para el desarrollo o intervención, respecto de la condición de cada indicador. En el cuadro 1, se presenta un ejemplo de escala para el indicador vulnerabilidad de aguas subterráneas.

c. Agregación de indicadores e índices parciales – Ponderación: Esta última etapa consistió en la ponderación de indicadores, según su importancia relativa y en la integración de estos, mediante funciones matemáticas sencillas, para obtener el IFNT. No se encontraron valores diferenciales de importancia relativa entre los índices parciales. En éstos, se priorizaron los indicadores vinculados al componente hídrico.

La integración, se realizó según se indica a continuación:

$$IP = \sum_i^n Q_i * w_i$$

Donde:

IP: es el valor de cada Índice Parcial (IVN, IVPN, ICN) integrantes del IFNT

Q_i: es el valor de cada indicador i (escala 1 – 5)

w_i: es el peso dado al indicador i

Cuadro 1. Componentes del Índice De Fragilidad Natural Territorial IFNT.

ÍNDICE GLOBAL	ÍNDICES PARCIALES	INDICADORES																			
Fragilidad Natural Territorial (IFNT)	Vulnerabilidad Natural (IVN)	Subíndice Vulnerabilidad Vegetación	Complejidad estructural																		
			Estado de conservación																		
			Existencia de factores limitantes para el crecimiento																		
		Subíndice Vulnerabilidad Calidad Hídrica	Vulnerabilidad de aguas superficiales																		
			Vulnerabilidad de aguas subterráneas																		
		Valor Patrimonio Natural (IVPN)	Biodiversidad																		
	Subíndice Servicios Ecosistémicos		Regulación hídrica																		
			Cultural. Recreación, Educación ambiental																		
	Condicionamientos Naturales A Intervenciones (ICN)	Inundabilidad/Anegamiento																			
		Afectación de estructuras civiles																			
Ejemplo de escala de indicadores Indicador Vulnerabilidad Agua Subterránea		<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">VALOR</th> <th>CARACTERÍSTICA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Muy baja</td> <td>Más de 4 m profundidad</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Baja</td> <td>Entre 3 – 4 m profundidad</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Moderada</td> <td>Entre 2 - 3 m profundidad</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>Mala</td> <td>Muy cerca de superficie (entre 1 – 2 m)</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>Muy mala</td> <td>Nivel freático aflorante o menos de 1 m</td> </tr> </tbody> </table>		VALOR		CARACTERÍSTICA	1	Muy baja	Más de 4 m profundidad	2	Baja	Entre 3 – 4 m profundidad	3	Moderada	Entre 2 - 3 m profundidad	4	Mala	Muy cerca de superficie (entre 1 – 2 m)	5	Muy mala	Nivel freático aflorante o menos de 1 m
VALOR		CARACTERÍSTICA																			
1	Muy baja	Más de 4 m profundidad																			
2	Baja	Entre 3 – 4 m profundidad																			
3	Moderada	Entre 2 - 3 m profundidad																			
4	Mala	Muy cerca de superficie (entre 1 – 2 m)																			
5	Muy mala	Nivel freático aflorante o menos de 1 m																			

Para el caso de presencia de Subíndices (en el IVN y el IVPN):

$$IP = \sum_i^n Si$$

$$i = \sum_i^n Qi * wi$$

Donde:

Si: es el valor de cada Subíndice (vulnerabilidad vegetal, vulnerabilidad de la calidad hídrica)

La agregación final permitió obtener el IFNT:

$$IFNT = \sum_i^n IP$$

Desarrollo de mapas temáticos diagnósticos: Mediante la implementación de un sistema de información geográfica, se procedió a elaborar mapas temáticos, que permitieron visualizar espacialmente las características naturales definidas, para establecer la fragilidad natural del territorio frente a intervenciones antrópicas. En este sentido, se desarrollaron mapas de índices parciales y del IFNT. La escala de valoración numérica (entre 1 – 5) es la misma que se aplicó para los indicadores.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se obtuvieron tres mapas temáticos, que representaron, espacialmente, los valores asignados a los índices parciales desarrollados para el partido de Ensenada.

En la figura 2, se presentan los resultados de la aplicación del Índice de Vulnerabilidad Natural. Las áreas más vulnerables (muy alta (5) y alta (4) vulnerabilidad) ocupan el 19,55 % de la superficie del partido y se asocian a la ribera rioplatense, donde se desarrollan las comunidades naturales selva marginal, matorral, saucedal, ceibal, entre otras, fundamentalmente, en el noroeste y noreste del partido; así como a las proximidades de canales y a sectores deprimidos del área de bañados del sudeste y centro del territorio. Las condiciones más favorables (baja (2) y muy baja (1) vulnerabilidad), ocupan en 54,67 % de la superficie del territorio y se presentan en sectores próximos a la autopista Buenos Aires - La Plata, en terrenos más elevados y planos donde se asienta la mayor parte de las áreas urbanas y en sectores menos deprimidos, alejados de cuerpos de agua y dominados por pastizal.

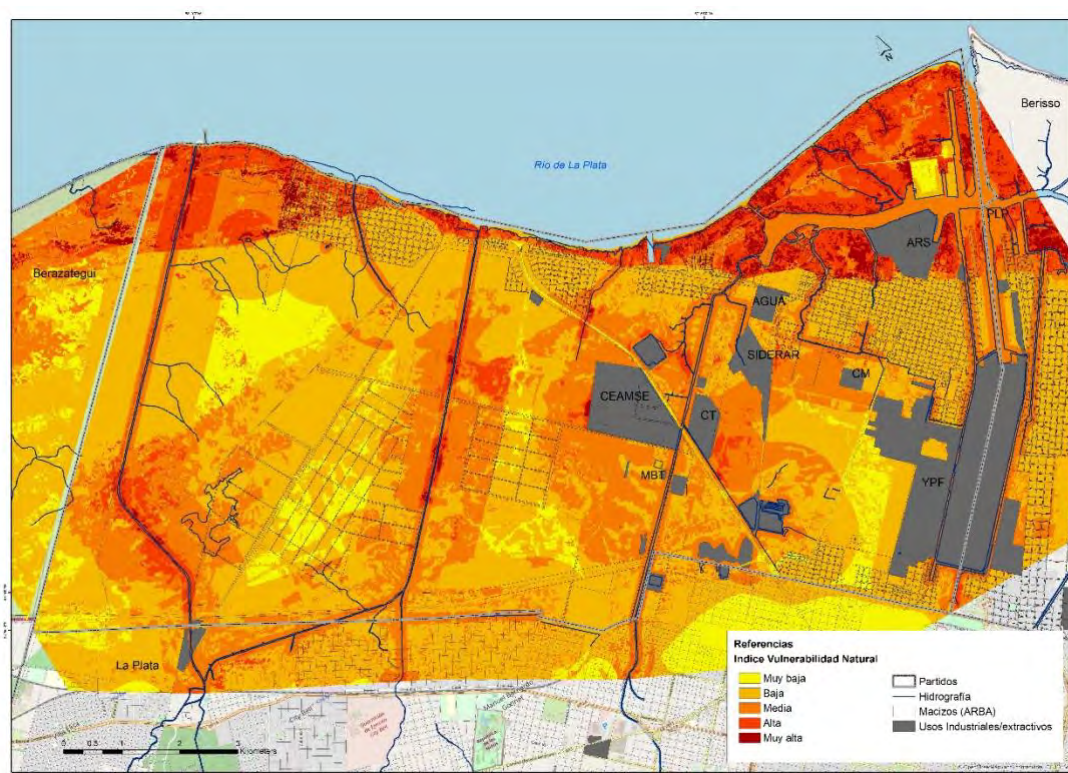


Figura 2. Mapa de Índice de Vulnerabilidad Natural del partido de Ensenada, Buenos Aires, Argentina.

Los resultados de la aplicación del Índice de Valor Patrimonio Natural, se presentan en la figura 3, donde se aprecia que las áreas con condición más desfavorable ocupan el 10,6 % de la superficie del partido y corresponden a la ribera rioplatense, donde se desarrollan las comunidades naturales selva marginal, matorral, saucedal, ceibal, pajonal, entre otras; así como a áreas deprimidas del centro y sudeste del territorio, sectores rurales y áreas naturales protegidas del oeste del partido. Las mejores condiciones, se ubican en sectores próximos a la autopista Buenos Aires – La Plata; en las zonas más altas y de escasa pendiente en donde se localiza la mayor parte de las áreas urbanas consolidadas del partido y en las proximidades del límite con el partido de La Plata, ocupando el 71,28 % de la superficie total del área de estudio.

En la figura 4, se representan espacialmente los condicionamientos a intervenciones producto del análisis de anegamiento/inundabilidad y presencia de arcillas expansivas en el suelo. Las condiciones más desfavorables se manifiestan en las áreas bajas e inundables del centro, oeste y este del partido, así como en áreas expuestas a las mareas meteorológicas del Río de la Plata, que representan el 17,6 % de la superficie del territorio. Las condiciones más favorables ocupan un 37 % de la superficie del partido y se presentan en los ambientes más elevados y planos del partido, donde se asientan áreas urbanas y en las proximidades de la autopista y el límite con el partido de La Plata, también urbanizado.

Por último, la figura 5 corresponde a la representación espacial del Índice de Fragilidad Natural Territorial del partido de Ensenada,

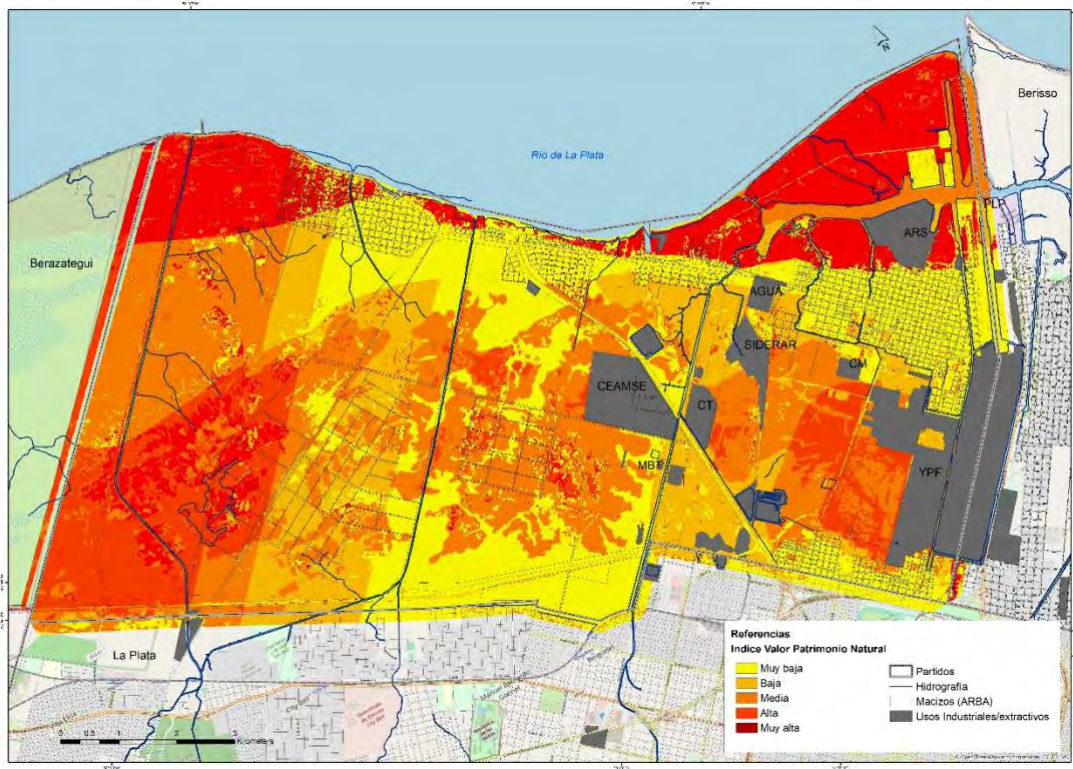


Figura 3. Mapa de Índice de Valor Patrimonio Natural del partido de Ensenada, Buenos Aires, Argentina.

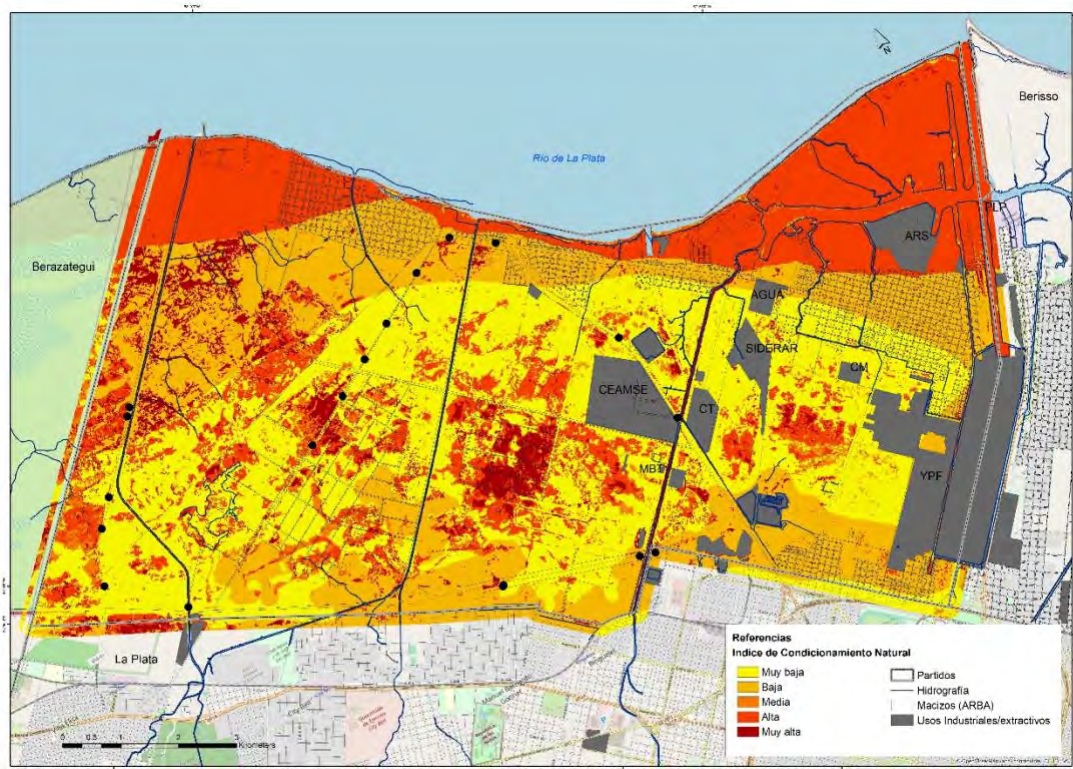


Figura 4. Mapa de Índice de Condicionamientos Naturales del partido de Ensenada, Buenos Aires, Argentina.

resultante de la integración de los tres índices parciales desarrollados precedentemente. Este mapa final permite visualizar que el 35,3 % de la superficie del partido de Ensenada presenta fragilidad natural, con valores muy altos (2,1 %) , altos (10,04 %) y medios (20,2 %), asociados a los ambientes más bajos, planos y deprimidos, que ocupan el centro, oeste y este-sudeste del territorio; así como al sector más próximo a la ribera del Río de la Plata del norte, noreste y noroeste del partido, expuesto a inundaciones periódicas por efecto de las mareas meteorológicas del Río de la Plata, donde existe urbanización.

Estas condiciones se presentan dispersas en otras áreas del partido, como aquellas linderas a cursos superficiales, muchos, de los cuales, atraviesan áreas pobladas. Las condiciones con menor fragilidad natural representan el 33,7 % de la superficie del partido y se presentan, por un lado, en parte de las áreas urbanas desarrolladas sobre los terrenos más elevados del norte y este del partido y alejadas de cursos de agua; así como en pequeñas superficies dispersas de terrenos bajos, planos, alejados de cursos de agua y con cobertura de pastizales, del centro, oeste y sur del territorio. Se destaca que algunos

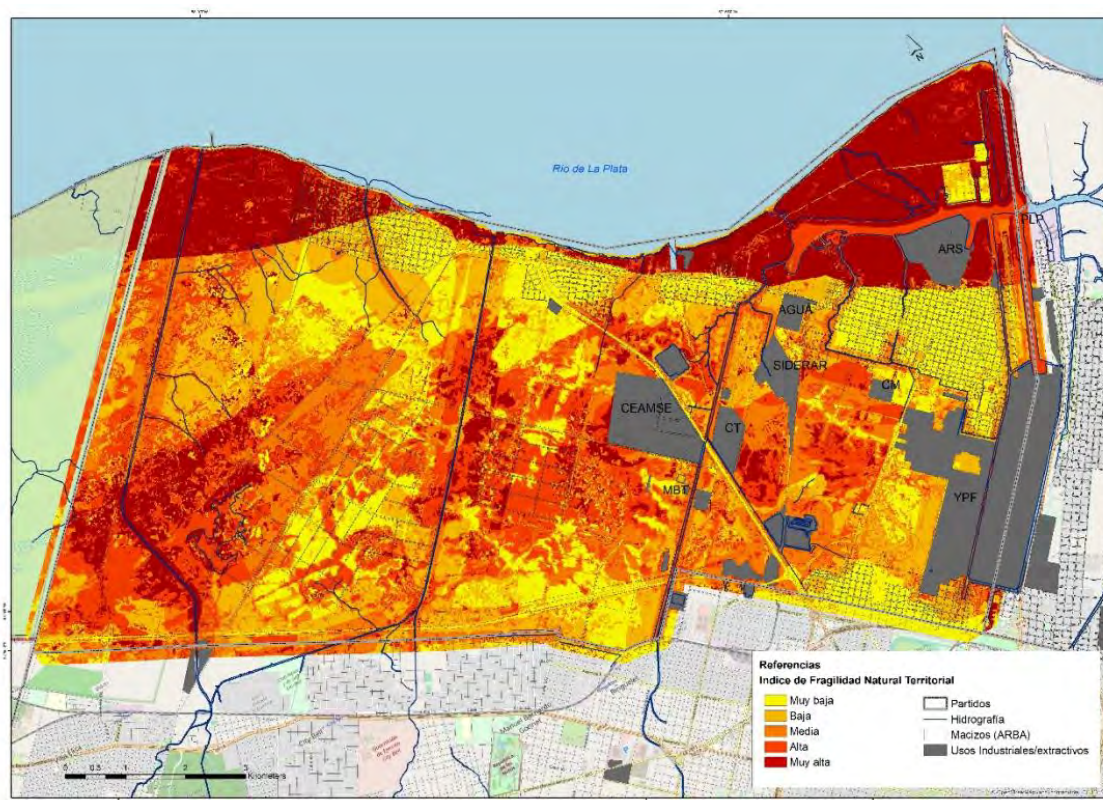


Figura 5. Mapa de Índice de Fragilidad Natural Territorial del partido de Ensenada, Buenos Aires, Argentina.

barrios consolidados del partido de Ensenada se localizan en áreas con muy alta y alta fragilidad natural. Asimismo, se observa que la tendencia de crecimiento urbano en la localidad de Ensenada estaría avanzando sobre sectores identificados con valores de fragilidad natural, entre muy alta y moderada. Se observan parcelas que estarían indicando potencial cambio del uso del suelo de rural a urbano en áreas críticas respecto de la fragilidad natural.

La aplicación del IFNT, se considera innovador respecto del ordenamiento territorial en la zona de estudio, así como en todo el litoral o planicie costera rioplatense. Los antecedentes analizados permiten establecer que las intervenciones en la zona carecen de este tipo de análisis. Entre los antecedentes relevados para una jurisdicción vecina al área de estudio, Cabral *et al.* (2002) proponen indicadores que analizan el grado de afectación territorial por el uso del territorio, sobre la base exclusivamente de aspectos del medio físico natural. Respecto de antecedentes internacionales analizados, la metodología aplicada en este trabajo concuerda con la desarrollada

por Marull (2005), con adaptaciones atribuidas fundamentalmente al ambiente natural de base y al tipo de información que ha estado disponible.

Los resultados obtenidos permiten concluir que el IFNT se puede aplicar como un instrumento de apoyo en la toma de decisiones sobre el uso del territorio en la zona de estudio. El diagnóstico obtenido brinda información sobre las áreas donde el medio natural presenta limitaciones, así como condiciones más favorables para la intervención antrópica, de modo de no agravar la situación ambiental de base. Asimismo, el mapeo de los índices parciales aporta información particular del territorio. Este índice ha sido diseñado *ad hoc*, a partir de información del medio natural considerada pertinente por el grupo evaluador y de datos disponibles en la información antecedente analizada para este trabajo.

Por otra parte, se destaca que, como todo índice, es una aproximación de la realidad y que admite ajustes en función de

aportes y actualización de información; por lo tanto, su utilización se debe realizar bajo esta premisa.

Conflictos de intereses: El manuscrito fue preparado y revisado con la participación de todos los autores, quienes declaramos que no existe ningún conflicto de intereses que ponga en riesgo la validez de los resultados presentados. **Financiación:** Este estudio fue realizado a través de un Convenio entre la Universidad Nacional de la Plata y Urbanización Las Hermanas SA, institución que aportó los fondos para su desarrollo. En este marco, se hace un especial agradecimiento a Dante López, Claudio Grasso y Rubén Corbani, quienes actuaron como interlocutores en el mencionado convenio. También, se agradece a la Municipalidad de Ensenada, quien a través de Cecilia Cladis colaboró con el aporte de información e intercambio de ideas.

REFERENCIAS

1. CABRAL, M.; HURTADO, M.; GIMÉNEZ, J.E.; SÁNCHEZ, C.; MUNTZ, D.; DA SILVA, M. 2002. Índices de afectación territorial en la planificación estratégica del partido de La Plata, provincia de Buenos Aires, Argentina. V jornadas geológicas y Geofísicas Bonaerenses. 20p.
2. CABRAL, M.; MUNTZ, D.; GIANI, E.; HURTADO, M.; DA SILVA M.; BOFF, L.; PALMA, J.C. 2016. Efectos del cambio climático en las condiciones ambientales de un sector costero del Río de La Plata. Capítulo 1. Informe final PIO CONICET-UNLP (2014-2016): Las inundaciones en La Plata, Berisso y Ensenada. Análisis de riesgos y estrategias de intervención. Hacia la construcción de un observatorio ambiental (Argentina).
3. FUCKS, E.E.; D'AMICO, G.M.; PISANO, M.F.; NUCCELLI, G. 2017. Evolución geomorfológica de la región del Gran La Plata y su relación con eventos catastróficos. Revista de la Asociación Geológica Argentina. 74(2):141-154.
4. KANDUS, P.; QUINTANA, D.; MINOTTI, P.G.; ODDI, J.P.; BAIGÚN, C.; GONZÁLEZ TRILLA, G.; CEBALLOS, D. 2011. Ecosistemas de humedal y una perspectiva hidromórfica como marco para la valoración ecológica de sus bienes y servicios. En: Laterra, P.; Jobbagy, E.G.; Paruelo, J.M. (eds). Valoración de servicios ecosistémicos: conceptos, herramientas y aplicaciones para el ordenamiento territorial. Ed. INTA (Argentina). p.265-283.
5. MARULL, J. 2005. Metodologías paramétricas para la evaluación ambiental estratégica. Ecosistemas. 14(2):97-108.
6. NACIF, N.E.; SUVIRE, G.M. 2013. Propuesta de indicadores de sostenibilidad en el Valle de Zonda, provincia de San Juan, Argentina. Proyección. 15:4-20.
7. PALACIO-PRIETO, J.L.; SÁNCHEZ-SALAZAR, M.T.; CASADO IZQUIERDO, J.M.; PROPIN FREJOMIL, E.; DELGADO CAMPOS, J.; VELÁZQUEZ MONTES, A.; CHIAS BECERRIL, L.; ORTIZ ÁLVAREZ, M.I.; GONZÁLEZ SÁNCHEZ, J.; NEGRETE FERNÁNDEZ, G.; GABRIEL MORALES, J.; MÁRQUEZ HUITZIL, R.; NIEDA MANZANO, T.; JIMÉNEZ ROSENBERG, R.; MUÑOZ LÓPEZ, E.; OCAÑA NAVA, D.; JUÁREZ AGUIRRE, E.; ANZALDO GÓMEZ, C.; HERNÁNDEZ ESQUIVEL, J.C.; VALDERRAMA CAMPOS, K.; RODRÍGUEZ CARRANZA, J.; CAMPOS CAMPUZANO, J.M.; VERA LLAMAS CRUZ, H.; CAMACHO RAMÍREZ, C.G. 2004. Indicadores para la caracterización y el ordenamiento del territorio. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales; Instituto Nacional de Ecología; Universidad Nacional Autónoma de México; Instituto de Geografía; Secretaría de Desarrollo Social. 161p.
8. PASSARELLI, L.M.; ROLLERI, C.H.; CICIARELLI, M. DE LAS M.; DEDOMENICI, A.C.; GONZÁLEZ, G. 2014. Flora vascular de humedales permanentes y transitorios bonaerenses (Buenos Aires, Argentina). Botanica Complutensis. 38:139-154. https://doi.org/10.5209/rev_BOCM.2014.v38.45782
9. TERRADAS, J. 2001. Ecología de la vegetación: de la ecofisiología de las plantas a la dinámica de comunidades y paisajes. Ed. Omega (Barcelona, España). 703p.
10. WEIL, C.; WOLNY, S.; MANDLE, L.; VOGL, A.L. 2020. Índice integral de servicios hidrológicos. Agua y gestión del paisaje en las subcuencas del ámbito trinacional. En: Guevara Nogales, M.; Torres Cabrera, M.; Vogl, A. (eds). Proyecto de resiliencia y ordenamiento territorial del agua y servicios ecosistémicos en la Amazonía de Perú, Bolivia y Brasil. Proyecto PROAgua - Centro de Innovación Científica Amazónica, Natural Capital Project - Stanford University (USA). p.28-38. <https://doi.org/10.25740/mx682ny6097>



La percepción local de la transformación del paisaje en San Juan Teposcolula, Oaxaca México

Local perception of landscape transformation in San Juan Teposcolula, Oaxaca Mexico

Anabell Ortiz-Ibarra^{1*} ; Nancy Gabriela Molina-Luna² ; Enrique Martínez-y-Ojeda³ ; Joel Martínez-López⁴ 

¹Tecnológico Nacional de México, Campus Oaxaca (ITO). Oaxaca, México; email: anabellibarra22@gmail.com

²Tecnológico Nacional de México, Campus Valle de Oaxaca (ITVO), Departamento de Ciencias Básicas. Oaxaca, México; email: nancy.ml@voaxaca.tecm.mx

³Tecnológico Nacional de México, Campus Oaxaca (ITO), División de Estudios de Posgrado e Investigación. Oaxaca, México; email: emartyojeda@gmail.com

⁴Universidad de la Sierra Juárez (UNSIJ), Instituto de Estudios Ambientales. Oaxaca, México; email: mjoel@unsij.edu.mx

*autor de correspondencia: anabellibarra22@gmail.com

Cómo citar: Ortiz-Ibarra, A.; Molina-Luna, N.G.; Martínez-y-Ojeda, E.; Martínez-López, J. 2022. La percepción local de la transformación del paisaje en San Juan Teposcolula, Oaxaca México. Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 25(Supl.1):e2144. <http://doi.org/10.31910/rudca.v25.nSupl.1.2022.2144>

Artículo de acceso abierto publicado por Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica, bajo una Licencia Creative Commons CC BY-NC 4.0

Publicación oficial de la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A, Institución de Educación Superior Acreditada de Alta Calidad por el Ministerio de Educación Nacional.

Recibido: noviembre 3 de 2021

Aceptado: febrero 22 de 2022

Editado por: Felix Ignacio Contreras

RESUMEN

Los suelos degradados y sin plantas de la Mixteca Alta de Oaxaca (México) fueron, por un largo tiempo, como el paisaje habitual de la región; sin embargo, la organización de los campesinos y las intervenciones de los programas de reforestación configuraron un nuevo paisaje con bosques. Desde 1935, la Mixteca Alta experimenta reforestaciones en su territorio, lo que originó una paulatina mejoría del paisaje. Para estudiar esta transformación, se aplicó una metodología cualitativa, la cual, se apoyó en la planeación de escenarios y de entrevistas semiestructuradas con las autoridades comunales. Los resultados muestran que los entrevistados perciben a las forestaciones como el factor que cambió su paisaje y, al mismo tiempo, identifican los servicios ecosistémicos que les brindan, como un clima local más agradable, la aparición de pequeños arroyos y fauna silvestre. Los resultados del estudio muestran la intención que

tienen los entrevistados para hacer uso y aprovechamiento de las plantaciones.

Palabras clave: Áreas reforestadas; Ecología del paisaje; Percepción local; Servicios ecosistémicos; Uso y aprovechamiento del bosque.

ABSTRACT

The degraded and deforested soils of the Mixteca Alta of Oaxaca (Mexico) were for a long time the usual landscape of the region. However, the organization of the farmers and the interventions of reforestation programs configured a new forested landscape. Since 1935, the Mixteca Alta has been subject to reforestation processes in its territory, which has led to a gradual improvement of the landscape. To study this transformation, a qualitative methodology was applied, based on scenario planning and semi-structured

interviews with community authorities. The results show that the interviewees perceive the forestations as the factor that changed their landscape and at the same time identify the ecosystem services they provide, such as a more pleasant local climate, the appearance of small streams and wildlife. The results of the study show the intention of the interviewees to use and take advantage of the plantations.

Keywords: Ecosystem services; Landscape ecology; Local perception; Reforested areas; Use and exploitation of forest.

INTRODUCCIÓN

La región de la Mixteca en el estado de Oaxaca, México, está subdividida en tres regiones (Mixteca Alta, Mixteca Baja y Mixteca de la Costa) (Figura 1). Este estudio, se ubica en la región de la Mixteca Alta, localizada al oeste del estado de Oaxaca. Su paisaje peculiar está caracterizado por la presencia de montañas, cerros, riscos y peñascos, cuyas alturas van entre los 1.650 y 2.500 metros sobre el nivel del mar (Pérez Ortiz, 2017). Su orografía y el desarrollo de actividades antropogénicas favorecen la erosión del suelo, lo que derivó en el deterioro ecosistémico (Guerrero-Arenas *et al.* 2010).

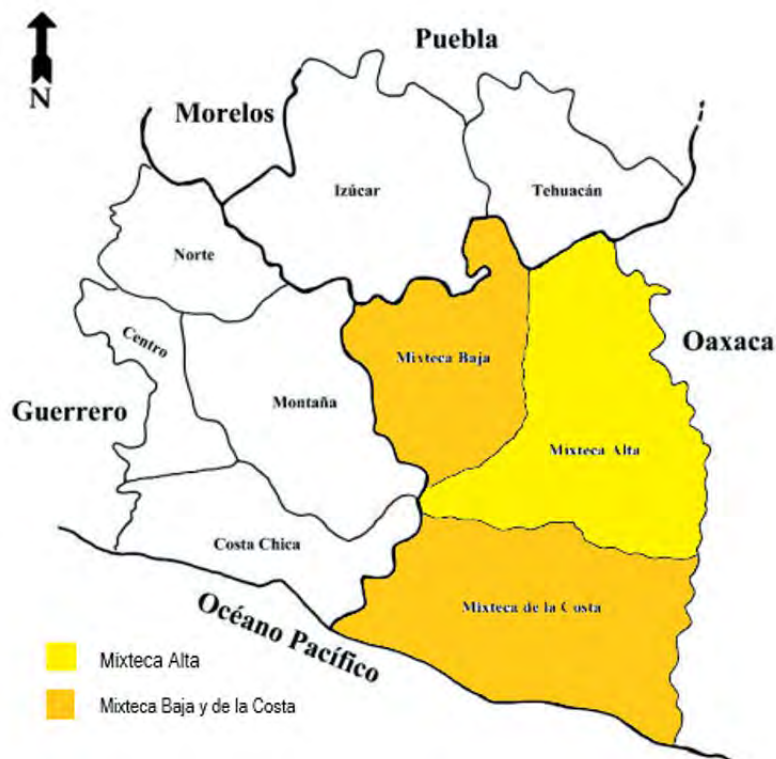


Figura 1. Región de la Mixteca y sus subdivisiones en el estado de Oaxaca. Tomado de Rodríguez (2016).

Debido a la degradación ambiental en la Mixteca Alta, se han ejecutado proyectos y programas de reforestación y obras de conservación, como medida para frenar el deterioro de los suelos. Los primeros proyectos fueron implementados hace más de 80 años; sin embargo, desde el 2000 a la fecha, la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) se ha encargado de establecer los programas de Conservación y Reforestación, Plantaciones Comerciales, Producción de Planta en Vivero, Pago por Servicios Ambientales, entre otros (Durand *et al.* 2012).

En el periodo 2007-2012, ProÁrbol fue el principal programa federal de apoyos al sector forestal en México. En el 2013, las acciones de restauración se llevaron a cabo por el Programa Nacional Forestal (PRONAFOR), ambos programas siguieron el objetivo de conservar, proteger y restaurar los recursos forestales de la nación y la generación de empleos en las zonas rurales (Vanegas López,

2016). En San Juan Teposcolula, desde el 2007 hasta el 2014, se han reforestado áreas erosionadas con apoyo de los programas ProÁrbol y PRONAFOR.

La unión de la organización comunitaria y la intervención de los programas de reforestación gubernamentales produjeron modificaciones en el paisaje (Figura 2). Skewes *et al.* (2011) señalan que el paisaje es el resultado de esta acción intencionada, imaginativa y creativa de las poblaciones humanas frente a su entorno. Por su parte, Folch & Bru (2017) mencionan que el paisaje condensa la historia del proceso antrópico que en él se haya podido desarrollar.

En su apreciación, se evalúan las cualidades de un territorio y, a la par, se comprenden los valores de las generaciones que lo han moldeado (Valdés Tejera, 2018); por consiguiente, el contenido del paisaje son las cualidades físicas del área que son significantes



Figura 2. Erosión y reforestación en Cañada de León en San Juan Teposcolula – Oaxaca, México. Vista panorámica del 2022, donde se aprecian las cárcavas y la reforestación en el paraje “Cañada de León”, el arbolado tiene una edad de 11 años.

para el hombre y en sus formas de uso (Sauer, 2006). Valdés Tejera (2018) explica que en las referencias del habitante local se entiende la percepción y la experiencia del que ha sido día a día su espacio, su lugar de trabajo, de ocio, de recuerdos, de experiencias positivas y negativas. Lo que connota que, en el paisaje, el humano no solo se involucra en el objeto, sino que forma parte de él (*ibid.*)

En San Juan Teposcolula, la tenencia de la tierra es comunal, las autoridades comunales son el Comisariado de Bienes Comunales y el Consejo de Vigilancia, ambas autoridades son las encargadas de representar a los comuneros y rendir cuentas ante la Asamblea de Comuneros. Dentro de las facultades de las autoridades comunales, se encuentran la de generar normas que consideren adecuadas para el manejo y la conservación de los recursos naturales, asentarlas en el estatuto comunal y darles cumplimiento.

El territorio de San Juan Teposcolula, con la reforestación de la que los habitantes son testigos fieles, se transfigura en una temporalidad, en un territorio pasado y un territorio vivencial (Reyes Tovar & Lamy, 2017). Para la investigación, la temporalidad se refleja en los cambios del paisaje, el paisaje, del cual, la sociedad es receptora y es quien le otorga un valor con base en la gestión de sus atributos, siendo esta la principal razón por la que la sociedad debe ser incorporada de forma activa en el análisis del paisaje (Zubelzu Mínguez & Allende Álvarez, 2015).

Con el paso del tiempo, las áreas reforestadas también ofrecen servicios ecosistémicos (SE) que los habitantes han comenzado a notar, lo que significa que su vínculo con el paisaje es fuerte. La Evaluación de los Ecosistemas del Milenio clasifica a los SE en cuatro tipos, que son: a) los servicios de regulación integrados por la regulación del clima, de enfermedades, regulación y saneamiento del agua, así como la polinización; b) los servicios de aprovisionamiento son los productos que se obtienen de los ecosistemas como los alimentos, el agua dulce, leña, fibras, bioquímicos y los recursos genéticos; c) los servicios culturales son los beneficios no materiales obtenidos de los ecosistemas, como lo recreativo y el turismo, la espiritualidad y lo religioso, lo estético, lo inspirativo, lo educativo, la identidad de sitio, así como la herencia cultural y, d) los servicios

de soporte, que son los indispensables para la producción de los otros SE, como la formación de suelos, reciclaje de nutrientes y la producción primaria (Camacho Valdez & Ruiz Luna, 2012).

Escobar Torres & Palacio Tamayo (2010) señalan que reconocer los vínculos entre actores que colaboran en procesos comunes permite conocer la vinculación de los actores con el bosque y sus procesos de conservación y, al mismo tiempo, las características relacionales de prestigio, de centralidad y de cohesión. En San Juan Teposcolula, el prestigio y la cohesión se concretan en dos formas de organización social: el tequio y la asamblea comunitaria, que se mantienen en la actualidad.

El tequio es el trabajo colectivo no remunerado que se realiza entre los habitantes locales para el bien común y la asamblea comunitaria es el máximo órgano de toma de decisiones en colectivo (Jurado Celis, 2019). Las reforestaciones, se realizaron por medio del tequio y para tomar la decisión de qué predios de uso común serían reforestados, se sometieron a discusión y se aprobó en la Asamblea Comunitaria, es decir, en consenso de todos los habitantes.

El trabajo comunitario en favor de la población local, se sigue realizando y es la base para la construcción y el mantenimiento de la infraestructura, los servicios públicos locales, así como para las actividades de protección y de restauración de las áreas forestales (Durand *et al.* 2012). En consideración al aprovechamiento de los productos forestales, López Camacho (2008) sostiene que se deben involucrar a los componentes sociales, culturales, económicos y políticos y no solamente los contextos ecológicos y biológicos, para garantizar el manejo sostenible de estos recursos; por tanto, el objetivo del artículo es describir la percepción local de los habitantes de San Juan Teposcolula - Oaxaca, México, en torno a la transformación del paisaje y a la futura gestión, uso y aprovechamiento de las áreas reforestadas.

MATERIALES Y MÉTODOS

San Juan Teposcolula, se ubica al noreste del estado de Oaxaca (Figura 3), entre los paralelos 17°31' y 17°40' de latitud Norte;

los meridianos 97°22' y 97°28' de longitud Oeste; altitud entre 2.200 y 2.900 m s.n.m. (DIGEPO, 2015). Colinda al Norte con los municipios de Villa Tejúpam de la Unión, San Juan Bautista Coixtlahuaca, Santa María Nativitas y Santo Domingo Tonaltepec; al Este con los municipios de Santo Domingo Tonaltepec y San Bartolo Soyaltepec; al Sur con los municipios de San Bartolo Soyaltepec y San Pedro y San Pablo Teposcolula; al Oeste con los municipios de San Pedro y San Pablo Teposcolula, San

Pedro Yucunama y Villa Tejúpam de la Unión (*ibid.*). El suelo predominante está integrado por Leptosol, en un 50,95 %; de Phaeozem, en un 39,20 % y por Vertisol, en un 9,85 % (*ibid.*). San Juan Teposcolula, hasta el 2020, tenía una población total es de 1.494 habitantes (INEGI, 2020).

La investigación es del tipo cualitativa-descriptiva, el muestreo se realizó por conveniencia, considerando solamente a los integrantes

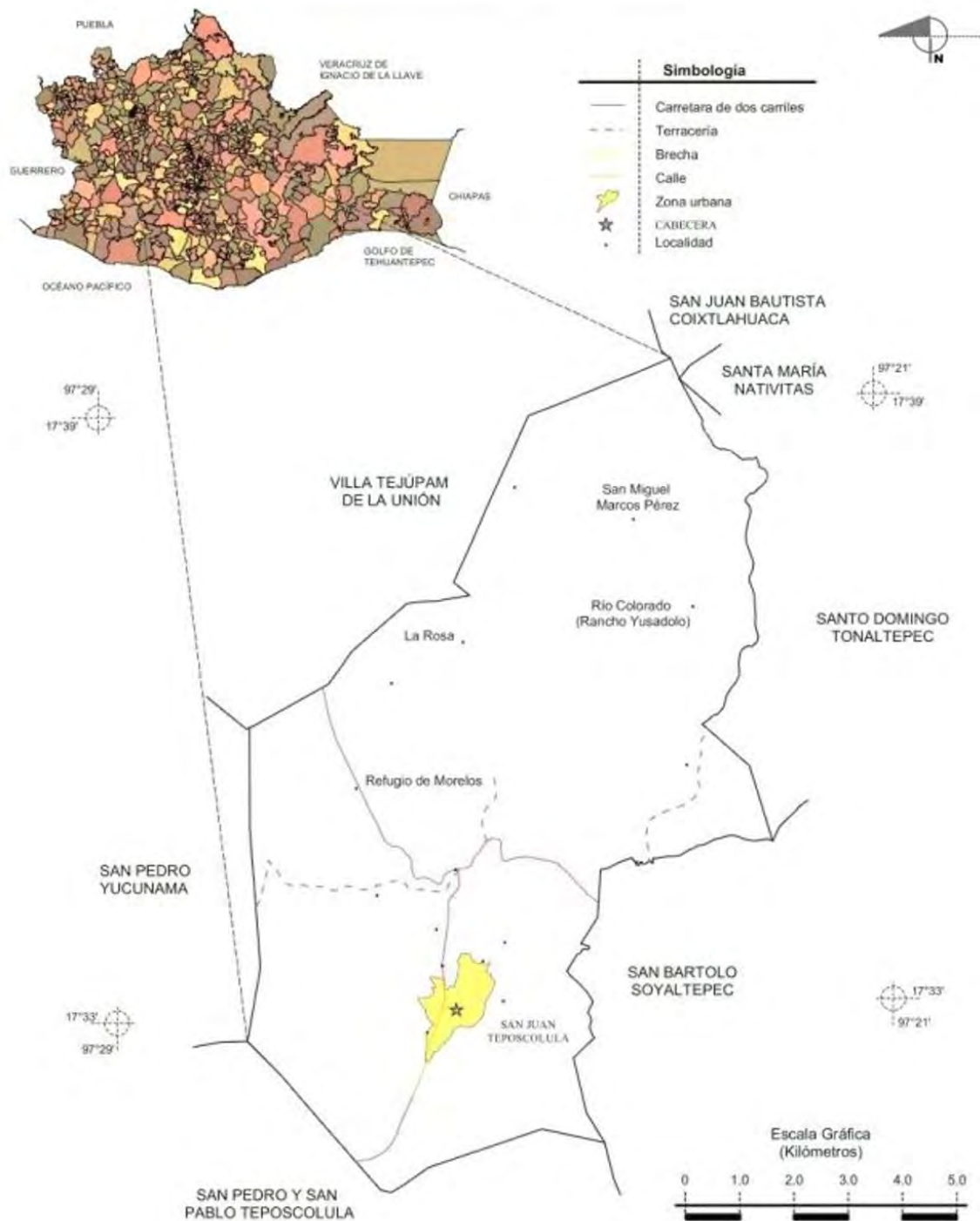


Figura 3. Localización del área de estudio. Ubicación y colindancias de San Juan Teposcolula, Oaxaca. Tomado de DIGEPO (2015).

del Comisariado de Bienes Comunales y al Consejo de Vigilancia de San Juan Teposcolula. La elección está respaldada en la disposición y el interés mostrado durante la reunión regional de las Reglas de Operación del Programa Apoyos para el Desarrollo Forestal Sustentable 2019, realizada en Asunción Nochixtlán, Oaxaca y en la facultad que tienen las autoridades comunales de fungir como apoderados generales de los comuneros ante terceros, en este caso, ante la Gerencia Estatal de la CONAFOR.

El periodo de recolección de datos fue de agosto de 2019 a marzo de 2020; en este lapso, se llevaron a cabo siete visitas a la comunidad. Se entrevistaron, en total, a cinco de los seis integrantes del Comisariado de Bienes Comunales y del Consejo de Vigilancia. La limitante principal que se tuvo para continuar con el trabajo de campo fue la contingencia sanitaria por el COVID-19.

Para la recolección de la información, se aplicaron las herramientas de Planeación de escenarios y entrevistas semiestructuradas. En lo referente a la planeación de escenario, la metodología consiste en enunciar una alternativa futura que se focaliza en el presente, pero se direcciona hacia donde se quiere evolucionar, hacia un futuro escogido o deseado (Cruz-Aguilar & Medina-Vásquez, 2015).

Esta metodología, se aplicó con el objetivo de conocer las reglas de uso y aprovechamiento de las áreas reforestadas, por lo cual, la construcción del escenario se formuló considerando el 2030, como base. Se les indicó a los participantes que visualizarán a las áreas reforestadas en condiciones óptimas para aprovechamiento forestal, específicamente, bajo el manejo forestal adecuado y con el tratamiento silvícola pertinente, en cuanto a la composición y la estructura del rodal en buena calidad (madera de segunda), es decir, la madera con uno o más nudos de tamaño muy pequeño y otros defectos, pero sin sobresalir.

Las entrevistas semiestructuradas fueron los hilos conductores para que los entrevistados determinaran, a quién se le permitiría el uso y el aprovechamiento, quiénes lo regularían, así como qué Productos Forestales No Maderables (PFNM) y Productos Forestales Maderables (PFM), se podrían extraer. El aprovechamiento de PFNM y de los PFM tuvo énfasis en el supuesto de que las áreas reforestadas recibieran un mantenimiento adecuado y la sanidad fuera la óptima. La planeación de escenarios y las entrevistas semiestructuradas, se conjugaron con la intención de que la triangulación y el análisis de la información fueran más apegadas a la percepción local.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La sociedad, al situarse en un territorio, se apropia del mismo y lo conoce. Para Capel (2016), el territorio es un producto social, una construcción, en la que los elementos simbólicos tienen la capacidad de producir identidad, es decir, solo existe el territorio cuando los actores sociales influyen desde su planeación hasta el ordenamiento territorial. Las relaciones sociales¹ se desarrollan en el territorio, en los lugares donde se establecen las actividades y evolucionan en el tiempo, teniendo una propia historia y una

dinámica (Vargas Ulate, 2012). En San Juan Teposcolula, las áreas reforestadas son lugares construidos por las relaciones sociales de los habitantes locales, materializadas en el tequio y los programas de reforestación. En las entrevistas el Señor Frumencio destaca:

“El tequio para mí es una organización que no se debe de perder, porque juntos sacamos los trabajos rápido y se hacen bien... En todos los tequios daba emoción el sembrar los arbolitos, ver la cantidad que se avanzaba, en la Peña Blanca (paraje reforestado ubicado al Noroeste de la comunidad), todo el tiempo hemos venido trabajando en equipo” [sic].

Hamui Sutton (2011) menciona que las acciones no se producen en un vacío de sentido y van ligadas al contexto en lapso de tiempo. Las áreas reforestadas son lugares de uso común, que los habitantes de San Juan Teposcolula destinaron para este fin. La reforestación, se llevó a cabo por medio del trabajo colectivo (tequio) y con el paso del tiempo esta cooperación se vio reflejada en la transformación del paisaje. Entonces, el paisaje es un proceso donde las mentes de sus habitantes interpretan sus características, abarcando aspectos históricos, psicológicos y de experiencia de vida e interacción, que permiten su construcción y su adaptación, de manera continua (James Cruz & Soler Caicedo, 2018). Al respecto, el señor Otilio narra:

“Desde 2007 participo en las reforestaciones, antes no había reforestaciones. Yo participé en la reforestación de Satayuco (paraje ubicado al Noroeste de San Juan Teposcolula) sembrando árboles por invitación del comisariado. Los tequios para las reforestaciones antes no se hacían, no había reforestaciones” [sic].

El paisaje modificado por humanos, de acuerdo con sus actos y sus valores, se considera un paisaje humanizado (Leimgruber, 2002). En cuanto a esto, el paisaje no se crea de una sola vez, con el devenir de los años se adicionan, se remplazan y se eliminan objetos (Trinca Figuera, 2006), como ocurre con la repoblación de árboles en los parajes áridos. En este proceso de transformación, el entorno natural se ve influenciado por factores que corresponden a categorías estéticas, aspectos intelectuales y emocionales, los cuales, ponen en manifiesto la apreciación de los entornos modificados por la acción humana (Arribas Herguedas, 2014). Para su valoración estética los sujetos que lo observan son elementos clave, ellos logran visibilizar el presente y el pasado del paisaje.

Los resultados muestran que la percepción local de la transformación del paisaje está relacionada con la cobertura arbórea y la generación de materia orgánica en las áreas reforestadas. Según las características descritas por los entrevistados, antes el suelo tenía una coloración blanquizca y desprovista de materia orgánica; actualmente, presenta un color grisáceo y está acolchado por la *yujía*, es decir, las acículas de los pinos (Figura 4). El cambio de cobertura vegetal está asociado con la transición forestal, es decir, el proceso, por el cual, un territorio pasa de una pérdida de superficie de bosque a una ganancia de superficie forestal (Goñi, 2019) y uno de los

efectos ambientales positivos atribuidos a la transición forestal es la protección de suelos frente a la erosión (Corbelle Rico & Tubío Sánchez, 2018). Sobre el tema, los señores José Luis y Frumencio, mencionan:

“...hay más vegetación, hay más agua y se ven bonitas las partes áridas, se ve más negro el suelo” [sic].

“La tierra reforestada ya no está como antes, ya hay pájaros, ardillas y ya no está erosionada como antes, aunque pasen los aguaceros, ya no deja esas zanjas (cárcavas por erosión hídrica). Ya no hay zanjas como antes, ahora las cubren la yujía y las ramitas que les vamos tirando intencionalmente, para que se vayan rellenando” [sic].



Figura 4. Paisaje de San Juan Teposcolula – Oaxaca, México. En la fotografía del lado izquierdo, se aprecia la vegetación asociada con las reforestaciones y la cobertura de las acículas de los pinos en el 2020 y en la fotografía del lado derecho, el paisaje de la Desviación *Diji nuu* en San Juan Teposcolula, Oaxaca, en el 2021.

Lambin *et al.* (2003) afirman que el análisis histórico del paisaje capta la complejidad de los acontecimientos que afectan los cambios de uso y de cobertura del suelo, como es el caso que se presenta. Asimismo, entender los beneficios que los ecosistemas brindan a la sociedad es fundamental, ya que todos los sectores se favorecen de ellos (Balvanera & Cotler, 2000); estos beneficios son conocidos como SE (Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (MA), 2003). En consonancia con los SE, los resultados indican que las reforestaciones son la fuente del cambio en el paisaje, además de la infiltración de agua, la retención de cárcavas y el crecimiento de vegetación asociada a la aparición de hierbas, arbustos y pastos. En cuanto a esto, el señor Cosme describe:

“Después de las reforestaciones abundó el agua y se puede sembrar otras hortalizas en temporada de estiaje. El ojito de agua (fuente natural de agua de la cual brotan el agua subterránea) ha crecido, se puede tomar de esa agua - ¿cómo le explico? - antes se llenaban los pocitos, los arroyitos y hasta allá. Ahorita, se llena y corre el agua en menos tiempo, antes tomaba un día en llenarse los almacenamientos y ahora se llena en medio día y sigue corriendo el agua” [sic].

La visualización de los SE consiste, precisamente, en la percepción social del cambio en estos y sus impulsores, lo que ayuda a la planificación del manejo sobre la capacidad de producir SE (Villamagua Vergara, 2017). Los resultados muestran que son dos

vertientes en torno a las áreas reforestadas, una es la planificación del uso y aprovechamiento de sus PFNM y PFM y la otra es el establecimiento de reglas de manejo y conservación de los mismos. Anda Basabe *et al.* (2017) afirman que las percepciones sobre el bosque son construidas desde una actitud proteccionista, es decir, la protección de la naturaleza se requiere por los SE, que ella provee.

De la planificación de escenarios, se obtuvieron cinco resultados sobresalientes. **El primer resultado** es la disposición de los entrevistados a formular un reglamento que aseguraría la gestión comunitaria de los PFNM y los PFM, de las áreas reforestadas. Con el objetivo de mantener bajo control el aprovechamiento de los RFM y los RFNM, para no generar disputas entre los habitantes, los entrevistados manifiestan lo siguiente:

“Para elaborar un reglamento nosotros lo someteríamos a la asamblea de comuneros y con los mismos del pueblo, para evitar conflictos. Pero, así también, contribuir que todos reforestemos, a lo mejor extraer una madera y sembrar otras más, el derecho sería de todos, porque no hay porque discriminar” [sic].

Al respecto, Rodríguez & Quintanilla (2019) argumentan que, para la interpretación y la comprensión de la naturaleza, se requiere de una forma de pensamiento, de toma de acciones y de modificación de actitudes y hábitos; por tanto, la valoración y el aprovechamiento de los PFNM constituyen estrategias para el uso sostenible y la

conservación de los recursos forestales, que van ligados al desarrollo social y económico de las poblaciones (Aguirre Mendoza & Aguirre Mendoza, 2021).

Los PFSM son los recursos de valor para sociedad humana, que surgen de los bosques, pero que no se basan, explícitamente, en la madera que se produce (Grebner *et al.* 2022). En México solo se distinguen siete categorías de PFSM, que son: las resinas, las fibras, las gomas, las ceras, los rizomas, la tierra de monte y otros productos (Téllez-Velasco & Tejeda-Sartorius, 2017) y dentro de los PFSM están el papel, la madera y el caucho (Forest Stewardship Council, 2021). Con relación a lo expuesto, el señor Otilio y la señora Basilia, señalan:

“los recursos que podemos sacar son madera, plantas, tierra, flores porque, ya hay” [sic].

“hay tierra, leña, orquídeas y pastle” [sic].

Este estudio encontró que los PFSM, que se aprovecharían en las áreas reforestadas, son los hongos comestibles, la fauna silvestre, como alimento, así como la tierra de monte. En cuanto a los PFM, con potencial para ser aprovechados, son la leña y la madera, para la construcción de viviendas o galeras. En consideración a lo anterior, el señor Cosme y la señora Basilia, sostienen:

“por ejemplo, en la temporada de lluvias vamos a los hongos, sacamos el hongo amarillo lo hacemos en mole (comida típica oaxaqueña) o asado” [sic].

“(…) piden permiso para leña cuando tienen un compromiso, por ejemplo, cuando son padrinos o mayordomos (la mayordomía es parte de los sistemas de cargos, a través de esta organización las festividades religiosas se llevan a cabo) y usan la leña para cocinar” [sic].

El primer resultado coincide con Byg *et al.* (2017), cuando destacan que los recursos maderables de los bosques son usados como material de construcción y de combustible. Por su parte, Rahman *et al.* (2021) mencionan que los PFSM forman parte del sustento en general de la comunidad y no solo son vistos como generación de sus ingresos.

El segundo resultado, se vincula con su papel como autoridades comunitarias y la comunidad, que alude al consenso entre ambas partes para la generación y la aprobación del reglamento de uso y aprovechamiento de los PFSM y los PFM. En el sistema de cargos, el Comisariado de Bienes Comunales y el Consejo de Vigilancia buscan la participación de todos sus miembros (González de la Fuente, 2011). Al hacer partícipe a la comunidad en la gestión e intervenciones locales, se configura un escenario de coordinación y de fortalecimiento de la organización, basados en la convivencia comunitaria y la confianza (Ayaviri *et al.* 2017). Al respecto, los señores Cosme y Otilio, indican:

(…) por ejemplo, un tío o tía (gentilicio para dirigirse a personas mayores), quiere construir una cabañita tiene derecho, no de talar el cerro, pero tiene derecho, tiene su obligación de aportar algo a la comunidad, sea dinero o tequios o sembrar más árboles” [sic].

“Las sanciones serían las que acordáramos en la asamblea de comuneros, si no se llegaran a respetar, que se sancione con algo más, porque así, si nos disciplinamos” [sic].

El tercer resultado es la resolución que solo a los habitantes locales se les permitiría el uso y el aprovechamiento de los PFSM y los PFM, solo con el fin de darles un uso familiar. En este sentido, la participación de la comunidad es esencial para la gestión adecuada de dichos productos y para garantizar su sustentabilidad (Rahman *et al.* 2021). En palabras del señor José Luis:

“El corte de madera debe ser sin exceso, con moderación y ver si se va a usar realmente. Los árboles que estén dando más, esos se cortarían porque no podemos extraer un árbol pequeño y solo para consumo familiar” [sic].

El aprovechamiento, se planea realizar en las áreas reforestadas donde el arbolado tenga una edad mayor a los 20 y 30 años. Otro aspecto interesante es la percepción local que se tiene acerca de la conservación de las áreas reforestadas, como fuente de aprovechamiento para las generaciones futuras, lo que concuerda con lo mencionado por Anda Basabe *et al.* (2017). Los señores Otilio y Frumencio, citan:

“Las mejorías de las reforestaciones todavía no se ven, dentro de otros años más. Seguramente, mis nietos o mis hijos las aprovecharán” [sic].

“(…) platico con mi hijo lo invito a que conozca mi visión para que algún día le dé seguimiento. A mi hijo, le he enseñado cómo se plantan los árboles para que le siga” [sic].

El cuarto resultado, se relaciona con las formas de regular el uso y el aprovechamiento de los PFSM y PFM. Aquí, se muestran dos coyunturas; la primera, se vincula con el poder que las autoridades comunales tienen para hacer cumplir el reglamento y, la segunda, tiene que ver con las sanciones que se impondrían, en caso de cometerse un uso y aprovechamiento inadecuado, las cuales, serían económicas y administrativas. En lo que se refiere a las primeras, se mencionaron las multas de fuertes sumas de dinero (sin especificar el monto) y, en cuanto a las segundas, manifestaron la cárcel y el trabajo comunitario para volver a reforestar. En atención a lo mencionado los entrevistados enfatizan:

“Una sanción económica fuerte, a quién se sorprenda cortando sin permiso y la otra que reforestaran” [sic].

Intervención del Sr. Frumencio: “*Si vamos a cortar, por ejemplo, uno, nos comprometeríamos a sembrar unos diez arbolitos, mínimo, ¿no? Nos aseguraríamos de que lo van a hacer con él que está en turno, presionándolo para que haga*” [sic].

Intervención del Sr. José Luis: “*Otra es, ir con él que está pidiendo permiso y decirle: “sabes qué, tienes que plantar diez árboles, ¿cuándo los vas a plantar? y vamos contigo” o antes de que corte, primero que plante*” [sic].

“*Otra regla es que se encierre (castigar con cárcel) a la persona que corte madera sin permiso. Hay muchas reglas, pero no estamos preparados, necesitamos que alguien nos ayude, nos oriente*” [sic].

Acerca de esto, Durand *et al.* (2012) consideran a la participación local en la protección de los bosques y selvas como una de las claves para su conservación. El establecimiento de nuevos bosques y el cambio en el paisaje dan paso a nuevas oportunidades de las personas que viven en él (Lazos-Chavero *et al.* 2016), tal como lo manifiestan los entrevistados. Esto se traduce en las aspiraciones a un estado de

bienestar más alto y expectativas que las áreas reforestadas causan en la población. Desde este punto de vista, García-Alandete (2014) ratifica que las emociones positivas asociadas al presente se generan y fortalecen por medio del disfrute de placeres y gratificaciones, es decir, la aspiración a una buena vida y las emociones positivas del futuro, se generan y fortalecen mediante atributos de optimismo y actitudes de esperanza, con lo que se facilita hacer frente a las situaciones por venir (*ibid.*).

Como quinto resultado de la planeación del escenario, los entrevistados fueron muy incisivos en el aspecto de la sanidad de las áreas reforestadas. Esta fue considerada como el eje central para el uso y el aprovechamiento de las áreas reforestadas, además de precisar que, actualmente, esta zona se encuentra con serias afectaciones de escarabajo descortezador (Figura 5). El señor Otilio hace la siguiente referencia:

“*Nos da la satisfacción de verlos crecer, da la satisfacción de la materia orgánica, un poco de abono, oxígeno y uno que otro árbol que nos sirve, porque la plaga definitivamente nos los está acabando*” [sic].



Figura 5. Plaga en área reforestada en San Juan Teposcolula. En la fotografía del lado izquierdo, se muestra parte del arbolado sin mantenimiento forestal y árboles muertos. En el lado derecho, el cuello del fuste afectado por escarabajo descortezador en San Juan Teposcolula, Oaxaca, en el 2019.

La participación de las comunidades locales no garantiza por sí sola el éxito de la reforestación (Lazos-Chavero *et al.* 2016). En este caso, el apoyo de la CONAFOR sería pertinente para el manejo y el control de la plaga y no solamente en el apoyo con las plantas para reforestar.

En la Mixteca Alta, desde la puesta en marcha de programas para reforestar, los pobladores reconocen que el obstáculo que imposibilita la continuidad y el mantenimiento de las acciones implementadas es la precaria situación económica de la región; también, contribuye la falta de apoyo técnico por parte de las instituciones gubernamentales. En este marco, Evans (2018) propone que la reforestación se debe apoyar en una combinación de políticas públicas coherentes y complementarias, encaminadas a

la participación a largo plazo y a resultados ambientales positivos.

Muchos de los resultados mostrados confirman lo encontrado por Ota *et al.* (2020), cuando sostienen que la reforestación y los modos de vida están muy unidos, siendo que las reforestaciones forman parte de un mosaico de los usos de la tierra en un paisaje. Asimismo, se reconoce a las asambleas comunitarias como mecanismos de consulta, debate, decisión y elección de la comunidad (González de la Fuente, 2011) y que las decisiones tomadas en asamblea son de carácter obligatorio, tanto para la comunidad como para las autoridades (Gallardo García, 2012).

Al incorporar la perspectiva local a la faceta social, biofísica y económica, se orientaría a políticas más holísticas de reforestación,

en otras palabras, no solo centrarse en los servicios ecosistémicos más tangibles y directos, sino también en los servicios de equilibrio y culturales (Caballero-Serrano *et al.* 2017). Y respecto a la política pública de reforestación y de plantaciones en México, se adolece de priorizar la atención en el desarrollo de las capacidades locales de planeación, manejo, administración y producción (Durand *et al.* 2012).

Se concluye que, la contribución principal del estudio es el abordaje de la percepción local en las áreas reforestadas en San Juan Teposcolula, con lo que se ultima que, para los habitantes locales las áreas reforestadas representan un pasaje, a un nivel de bienestar más elevado, relacionado con anhelos, es decir, las reforestaciones son impulsores de cambio; no obstante, también presentan problemas relacionados con la falta de apoyo técnico gubernamental para el control de la plaga que amenaza sus aspiraciones.

A lo largo del escrito, se describen los procesos asociados a las áreas reforestadas, que inician en el 2007, pasando a la transformación del paisaje en 2019 y 2020, hasta llegar a un futuro proyectado, en el 2030, para desde allí enunciar las posibles estrategias de uso y de aprovechamiento de los PFNM y PFM. Por otra parte, se da a conocer la reflexibilidad que los habitantes locales hacen acerca de su relación con el ecosistema.

Con la percepción local, como cimiento, se descubre que las políticas de reforestación del gobierno mexicano carecen de este tipo de investigaciones para generar políticas públicas, realmente eficientes. Retomando a Ota *et al.* (2020), la intención de las reforestaciones es reforzar la resiliencia socio ecológica; sin embargo, en últimas fechas los resultados, a menudo, se muestran subóptimos; como es analizado en San Juan Teposcolula, Oaxaca-México.

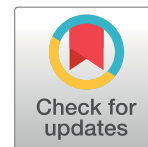
Agradecimientos. A los integrantes del Comisariado de Bienes Comunales y el Consejo de Vigilancia de San Juan Teposcolula, por su apoyo y tiempo brindado para la realización de la investigación.

REFERENCIAS

1. AGUIRRE MENDOZA, Z.H.; AGUIRRE MENDOZA, L.A. 2021. Estado actual e importancia de los productos forestales no maderables. *Bosques Latitud Cero*. 11(1):71-82.
2. ANDA BASABE, S.; GÓMEZ DE LA TORRE, S.; BEDOYA GARLAND, E. 2017. Estrategias productivas familiares, percepciones y deforestación en un contexto de transición forestal: el caso de Tena en la Amazonía ecuatoriana. *Anthropologica*. 35:177-209.
<https://doi.org/10.18800/anthropologica.201701.007>
3. ARRIBAS HERGUEDAS, F. 2014. Ecología, estética de la naturaleza y paisajes humanizados. *Enrahonar*. 53:77-91.
<https://doi.org/10.5565/rev/enrahonar.184>
4. AYAVIRI, D.; QUISPE, G.M.; BORJA, M.E. 2017. O capital social no desenvolvimiento local comunitario. Un estudio en comunidades rurales de Bolivia. *Revista Galega de Economía*. 26(2):77-88.
<https://doi.org/10.15304/rge.26.2.4312>
5. BALVANERA, P.; COTLER, H. 2000. Los servicios ecosistémicos y la toma de decisiones: retos y perspectivas. *Gaceta Ecológica*. 84-85:117-123.
6. BYG, A.; NOVO, P.; DINATO, M.; MOGES, A.; TEFERA, T.; BALANA, B.; WOLDEAMANUEL, T.; BLACK, H. 2017. Trees, soils, and warthogs – Distribution of services and disservices from reforestation areas in southern Ethiopia. *Forest Policy Econ*. 84:112-119.
<https://doi.org/10.1016/j.forpol.2017.06.002>
7. CABALLERO-SERRANO, V.; ALDAY, J.G.; AMIGO, J.; CABALLERO, D.; CARRASCO, J.C.; MCLAREN, B.; ONAINDIA, M. 2017. Social perceptions of biodiversity and ecosystem services in the ecuadorian amazon. *Human Ecology*. 45:475-486.
<https://doi.org/10.1007/s10745-017-9921-6>
8. CAMACHO VALDEZ, V.; RUIZ LUNA, A. 2012. Marco conceptual y clasificación de los servicios ecosistémicos. *Revista Bio Ciencias*. 1(4):3-15.
<https://doi.org/10.15741/revbio.01.04.02>
9. CAPEL, H. 2016. Las ciencias sociales y el estudio del territorio. *Biblio 3W: revista bibliográfica de geografía y ciencias sociales*. 21.
10. CORBELLE RICO, E.J.; TUBÍO SÁNCHEZ, J.M. 2018. Productivismo y abandono: dos caras de la transición forestal en Galicia (España), 1966-2009. *Bosque*. 39(3):457-467.
<https://doi.org/10.4067/s0717-92002018000300457>
11. CRUZ-AGUILAR, P.L.; MEDINA-VÁSQUEZ, J.E. 2015. Selección de los métodos para la construcción de los escenarios de futuro. *Entramado*. 11(1):32-46.
<https://doi.org/10.18041/entramado.2015v11n1.21113>
12. DIRECCIÓN GENERAL DE POBLACIÓN DE OAXACA, DIGEPO. 2015. Libro demográfico San Juan Teposcolula. 1ra edición. DIGEPO. 24p. Disponible desde Internet en: http://www.digepo.oaxaca.gob.mx/recursos/info_pdf/San%20Juan%20Teposcolula.pdf
13. DURAND, L.; FIGUEROA, F.; GUZMÁN, M. 2012. La naturaleza en contexto: hacia una ecología política mexicana. Universidad Nacional Autónoma De México, Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades, Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias, El Colegio de San Luis, A. C. 336p.
14. ESCOBAR TORRES, V.C.; PALACIO TAMAYO, D.C. 2010. Participación social y conservación del bosque de robles: el

- caso de Paipa y Duitama. *Colomb. For.* 13(2):257-273.
<https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.colomb.for.2010.2.a06>
15. EVANS, M.C. 2018. Effective incentives for reforestation: lessons from Australia's carbon farming policies. *Curr. Opin. Environ. Sustain.* 32:38-45.
<https://doi.org/10.1016/j.cosust.2018.04.002>
 16. FOLCH, R.; BRU, J. 2017. Paisaje: el aspecto del territorio. En: *Ambiente, territorio y paisaje. Valores y valoraciones*. 1^{ra} ed. Editorial Barcino, Fundación AQUAE (Barcelona, España). p.55-64. Disponible desde Internet en:
<https://www.fundacionaquae.org/wp-content/uploads/2017/12/AMBIENTE-TERRITORIO-Y-PAISAJE.pdf> (con acceso el 3/11/2021)
 17. FOREST STEWARDSHIP COUNCIL. 2021. 12 Irreplaceable forest products in our daily lives. Forest Stewardship Council. Disponible desde Internet en:
<https://fsc.org/en/newsfeed/12-irreplaceable-forest-products-in-our-daily-lives> (con acceso el 3/11/2021)
 18. GALLARDO GARCÍA, E.D. 2012. Lo público en los procesos comunitarios de los pueblos indígenas en México. *Polis.* 31:1-14.
 19. GARCÍA-ALANDETE, J. 2014. Psicología positiva, bienestar y calidad de vida. *En-claves del pensamiento.* 8(16):13-29.
 20. GONZÁLEZ DE LA FUENTE, I. 2011. Comunidad, sistema de cargos y proyecto social. Una propuesta analítica de sociedades locales en México. *AIBR, Revista de Antropología Iberoamericana.* 6(1):87-107.
<https://doi.org/10.11156/aibr.060105>
 21. GOÑI, I.I. 2019. "Transición forestal" y cambio económico. El caso de los bosques españoles a largo plazo (1860-2000). *Revista de Historia Industrial.* 75:11-39.
 22. GREBNER, D.L.; BETTINGER, P.; SIRY, J.P.; BOSTON, K. 2022. Chapter 8 - Forest measurements and forestry related data. In: Grebner, D.L.; Bettinger, P.; Siry, J.P.; Boston, K. (eds.). *Introduction to Forestry and Natural Resources*. 2nd edition. Academic Press. p.199-229.
<https://doi.org/10.1016/b978-0-12-819002-9.00008-0>
 23. GUERRERO-ARENAS, R.; JIMÉNEZ HIDALGO, E.; SANTIAGO ROMERO, H. 2010. La transformación de los ecosistemas de la Mixteca Alta oaxaqueña desde el Pleistoceno Tardío hasta el Holoceno. *Ciencia y mar.* 14(40):61-68.
 24. HAMUI SUTTON, L. 2011. Las narrativas del padecer: una ventana a la realidad social. *Cuicuilco.* 18(52):51-70.
 25. INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA, INEGI. 2020. Número de habitantes. Oaxaca. Disponible desde Internet en:
<https://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/oax/poblacion/> (con acceso el 3/11/2021)
 26. JAMES CRUZ, J.L.; SOLER CAICEDO, C.S.I. 2018. San Andrés: cambios en la tierra y transformación en el paisaje. *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía.* 27(2):372-388.
<https://doi.org/10.15446/rcdg.v27n2.65356>
 27. JURADO CELIS, S.N. 2019. Los claroscuros para salvaguardar las prácticas comunitarias en Oaxaca. Legado en vida de Evangelina Zepeda-García y Rocío Bravo. *Desacatos: Revista de Ciencias Sociales.* 61:152-159.
 28. LAMBIN, E.F.; GEIST, H.J.; LEPERS, E. 2003. Dynamics of land-use and land-cover change in tropical regions. *Annual Review of Environment and Resources.* 28(1):205-241.
<https://doi.org/10.1146/annurev.energy.28.050302.105459>
 29. LAZOS-CHAVERO, E.; ZINDA, J.; BENNETT-CURRY, A.; BALVANERA, P.; BLOOMFIELD, G.; LINDELL, C.; NEGRA, C. 2016. Stakeholders and tropical reforestation: challenges, trade-offs, and strategies in dynamic environments. *Biotropica.* 48(6):900-914.
<https://doi.org/10.1111/btp.12391>
 30. LEIMGRUBER, W. 2002. Actores, valores y cultura. Reflexiones acerca del papel de la cultura en geografía. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles.* 34:91-103.
 31. LÓPEZ CAMACHO, R. 2008. Productos forestales no maderables: importancia e impacto de su aprovechamiento. *Colombia Forestal.* 11:215-231.
<https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.colomb.for.2008.1.a14>
 32. OTA, L.; HERBOHN, J.; GREGORIO, N.; HARRISON, S. 2020. Reforestation and smallholder livelihoods in the humid tropics. *Land Use Policy.* 92:104455.
<https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.104455>
 33. PÉREZ ORTIZ, A. 2017. Congregations in the Upper Mixtec. *Signos Históricos.* 19(38):56-87.
 34. RAHMAN, M.H.; ROY, B.; ISLAM, S. 2021. Contribution of non-timber forest products to the livelihoods of the forest-dependent communities around the Khadimnagar National Park in northeastern Bangladesh. *Regional Sustainability.* 2(3):280-295.
<https://doi.org/10.1016/j.regsus.2021.11.001>
 35. REYES TOVAR, M.; LAMY, B. 2017. Migración y Transformación Sociocultural: el paisaje como referente de la movilidad. *Acta Universitaria.* 27(3):91-100.
<https://doi.org/10.15174/au.2017.1196>

36. RODRÍGUEZ, E.; QUINTANILLA, A.L. 2019. Relación ser humano-naturaleza: desarrollo, adaptabilidad y posicionamiento hacia la búsqueda de bienestar subjetivo. *Avances en Investigación Agropecuaria*. 23(3):7-22.
37. RODRÍGUEZ, L. 2016. Los topónimos de la Mixteca Baja: corpus y análisis epigráfico y cartográfico. Tesis de Doctorado, Universidad Nacional Autónoma de México-UNAM. p.19.
38. SAUER, C.O. 2006. La morfología del paisaje. *Polis*. 15:1-29.
39. SKEWES, J.C.; GUERRA, D.; ROJAS, P.; MELLADO, M.A. 2011. ¿La memoria de los paisajes o los paisajes de la memoria? Los enigmas de la sustentabilidad socioambiental en las geografías en disputa. *Desarrollo E Meio Ambiente*. 23:39-57.
<https://doi.org/10.5380/dma.v23i0.20774>
40. TÉLLEZ-VELASCO, M.A.A.; TEJEDA-SARTORIUS, O. 2017. Importancia y aprovechamiento sustentable de productos forestales no maderables en bosques de niebla: estudio de caso en orquídeas. *Agroproductividad*. 10(6):46-53.
41. TRINCA FIGHERA, D. 2006. Paisaje natural, paisaje humanizado o simplemente paisaje. *Revista Geográfica Venezolana*. 47(1):113-118.
42. VALDÉS TEJERA, E. 2018. La percepción del paisaje desde la realidad de Occidente: Entre la naturaleza y la razón. *Ecozon*. 9(2):8-22.
43. VANEGAS LÓPEZ, M. 2016. Manual de mejores prácticas de restauración de ecosistemas degradados, utilizando para reforestación solo especies nativas en zonas prioritarias. Informe final dentro del proyecto GEF 00089333 "Aumentar las capacidades de México para manejar especies exóticas invasoras a través de la implementación de la Estrategia Nacional de Especies Invasoras". CONAFOR, CONABIO, GEF-PNUD (México). 158p.
44. VARGAS ULATE, G. 2012. Espacio y territorio en el análisis geográfico. *Reflexiones*. 91(1):313-326.
45. VILLAMAGUA VERGARA, G.C. 2017. Percepción social de los servicios ecosistémicos en la microcuenca El Padmi, Ecuador. *Revista Iberoamericana de Economía Ecológica*. 27:102-114.
46. ZUBELZU MÍNGUEZ, S.; ALLENDE ÁLVAREZ, F. 2015. El concepto de paisaje y sus elementos constituyentes: requisitos para la adecuada gestión del recurso y adaptación de los instrumentos legales en España. *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía*.



Territorios hidrosociales: historia ambiental de la apropiación social y sostenibilidad en la cuenca del Río Dagua, Colombia en el siglo XX

Hydrosocial territories: Environmental history of social appropriation and sustainability in the Dagua River Basin, Colombia in the twentieth century

Elizabeth Patiño-Correa¹ ; Narciso Barrera-Bassols²

¹Universidad Autónoma de Occidente, Grupo de GEADES. Cali - Valle del Cauca, Colombia; e-mail: epatinoc@uao.edu.co

²Universidad Autónoma de Querétaro, Facultad de Ciencias Políticas y Sociales. Querétaro, México; e-mail: nbarrerabassols@icloud.com

*autor de correspondencia: epatinoc@uao.edu.co

Cómo citar: Patiño-Correa, E.; Barrera-Bassols, N. 2022. Territorios hidrosociales: historia ambiental de la apropiación social y sostenibilidad en la cuenca del Río Dagua, Colombia en el siglo XX. Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 25(Supl.1):e2142. <http://doi.org/10.31910/rudca.v25.nSupl.1.2022.2142>

Artículo de acceso abierto publicado por Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica, bajo una Licencia Creative Commons CC BY-NC 4.0

Publicación oficial de la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A, Institución de Educación Superior Acreditada de Alta Calidad por el Ministerio de Educación Nacional.

Recibido: noviembre 4 de 2021

Aceptado: abril 20 de 2022

Editado por: Felix Ignacio Contreras

RESUMEN

Reconocer el carácter híbrido, complejo y sistémico del agua desde los estudios hidrosociales, implicó entender que esta circula en un proceso continuo entre los diversos actores en diferentes periodos históricos. En la cuenca del río Dagua, las profundas transformaciones que han alterado o modificado naturalmente la dinámica ecológica de la cuenca, están estrechamente vinculadas a la forma de apropiación social que cada uno de los actores que allí confluyen realizan, no solo del agua sino del territorio, creando y recreando territorios hidrosociales. Con una metodología interdisciplinaria y descriptiva, a través del análisis documental y del trabajo etnográfico con talleres, entrevistas semiestructuras y trabajo de campo, se reconoció que la apropiación social del agua está determinada por la cultura, es flexible y depende de cada contexto ontológico, geográfico e histórico, en el que se suscribe. El documento abarca desde el periodo precolombino hasta la actualidad y permitió mostrar que la apropiación social del agua no

es excluyente ni en tiempo ni espacio. Puede darse simultáneamente, lo que sugiere que, en algunos momentos históricos, coexiste y puede estar inscrita a sociedades diferentes, con modos de vida y diferentes visiones-nociones y acciones de construir territorios hidrosociales, a lo largo del tiempo.

Palabras clave: Actores sociales; Estudios hidrosociales; Dagua (Colombia); Historia ambiental; Territorios hidrosociales.

ABSTRACT

Recognizing the hybrid, the complex and systemic character of water from hydrosocial studies implied understanding that it circulates in a continuous process between the various actors in different historical periods. In the Dagua river basin, the profound transformations that have naturally altered or modified the ecological dynamics of the basin are closely linked to the form of social appropriation that each of the actors that converge there

carries out, not only of water but also of the territory, thus creating and recreating hydrosocial territories. With an interdisciplinary and descriptive methodology, through documentary analysis, and ethnographic work with workshops, semi-structural interviews and fieldwork, it recognized that the social appropriation of water determined by culture is flexible and depends on each ontological and geographical context and history subscribed. The document ranges from the pre-Columbian period to the present and shows that the social appropriation of water is not exclusive in time or space. It can occur simultaneously, which suggests that, in some historical moments, it coexists and may be inscribed in different societies, with different ways of life and different visions-notions and actions of building hydrosocial territories over time.

Keywords: Environmental history; Dagua (Colombia); Hydrosocial territories; Hydrosocial studies; Social Actor.

INTRODUCCIÓN

En la última década, la conceptualización en torno a la perspectiva hidrosocial ha tomado gran relevancia en campos del saber interdisciplinario. La historia ambiental ha permitido cuestionar el papel del poder hídrico que se ejerce en el espacio (Boelens *et al.* 2017). Como productor del espacio geográfico, de heterogeneidad y de las relaciones entre actores en torno al uso de agua, mismas que se dan de manera multiescalar, multidimensional y de manera dinámica, a través del tiempo (Budds, 2011; Linton & Budds, 2014). Los estudios hidrosociales, se posicionan, entonces, en el marco de la actual crisis hídrica, como una perspectiva integradora, que reconoce la complejidad de los problemas y conflictos ambientales, al permitir incluir en su análisis aspectos socioculturales e históricos, que los estudios disciplinarios tradicionales han dejado de lado (Palacio & Ulloa, 2002; García, 2006; Rivera Castañeda & Chávez Ramírez, 2018).

De este modo, los estudios hidrosociales entienden el espacio como producto y productor social de las acciones de los actores y de las relaciones de poder en torno al agua, en un contexto temporal y espacial específico (Linton, 2011). Para su comprensión, surgen categorías híbridas, que responden a la naturaleza híbrida del agua, lo que sugiere el análisis de su función social como natural. Esta concepción híbrida fusiona de manera multidimensional los aspectos físicos, biológicos, sociales, políticos, económicos y culturales, definiéndola como un elemento “híbrido sionatural” (Swyngedouw, 2015), además del análisis de las relaciones de poder entre los diferentes actores involucrados en torno a ella. En palabras de Budds (2012), las decisiones en torno a dichas relaciones no pueden ser consideradas como neutrales o técnicas, debido a que la gestión y usos del agua deben ser entendidos como el resultado de complejos procesos de lucha entre los actores sociales, para controlar este recurso y garantizar sus propios intereses.

Por lo anteriormente mencionado, los territorios hidrosociales, hídricos o del agua son entendidos como construcciones mentales que hacen los actores sociales para producir y reproducir su relación con dicho elemento y que explican la base de la gestión

socioproductiva, política y cultural de las comunidades, en correspondencia con las redes sionaturales en espacios físico-naturales y paisajes del agua, en los que la gente vive y reproduce sus medios de vida e identidades (Rocha, 2014); se construyen, a partir de complejos procesos de disputa y negociación entre los actores sociales involucrados, para controlar el agua y garantizar sus propios intereses y necesidades (Boelens *et al.* 2011). En otras palabras, estos abarcan no solo sus dimensiones materiales, físicas o técnicas sino también sus dimensiones político-institucionales, imaginarias y discursivas, que se articulan en torno al agua (Boelens *et al.* 2017).

Desde la escuela brasileña, la noción de territorio se entiende como un producto de relaciones de poder expresadas en territorialidades que se materializan en el terreno (Zaragocin Carvajal *et al.* 2018), en donde es considerado como una unidad espacial socialmente moldeada y vinculada a dichas relaciones (Raffestin, 1980). En palabras de Escobar (2011), el territorio es un espacio multidimensional para la creación y recreación de las prácticas ecológicas, económicas y culturales de las comunidades. Mientras que un territorio hidrosocial es una comunidad política de muchas capas y fuertemente enraizada, en la que un esquema de pertenencia mutua permite el renacimiento del imaginario colectivo (Boelens *et al.* 2011).

El objetivo de este documento fue dilucidar las diferentes formas en las que el agua ha sido apropiada socialmente a través del tiempo, lo que remite a diferentes momentos históricos con particularidades socioculturales heterogéneas. Esto dado, que no solo conciben el mundo de modo distinto, sino que también se organizan y organizan el uso de la naturaleza y del territorio, de manera diferente; donde los procesos que ocurren en torno al agua son activados por diversos intereses que mantienen los actores involucrados, siendo dinámicos por su temporalidad y espacialidad al suceder, ligados a los procesos ecológico-geográficos e histórico sociales en los lugares en donde se llevan a cabo e insertos de manera multiescalar (es decir, pasando de lo global a lo regional y a lo local y de manera inversa). Para lograrlo, se requirió caracterizar a los distintos sectores de las sociedades que han habitado, habitan o no habitan ni han habitado hasta la actualidad.

MATERIALES Y MÉTODOS

A través del foco de la historia ambiental, como campo interdisciplinario, esta investigación integró los estudios hidrosociales en relación con la sustentabilidad, para lograr reconocer cómo desde la historia es posible, comprender la complejidad en los análisis sistémicos, al partir de considerar que el estado actual de los problemas tiene raíces en el pasado (García, 2006).

En términos metodológicos, se retoma la concepción estructural del tiempo histórico de Braudel (2007), en donde los procesos históricos se componen por diferentes tiempos, mismos que tienen diversos ritmos y estos, a su vez, diversos fenómenos, que -en comunión-, juntos explican el surgimiento, el desarrollo y el declive del proceso estudiado. La importancia de esta concepción del tiempo histórico radica en que permite al historiador ambiental

comprender la complejidad que caracteriza un proceso histórico más allá de un acontecimiento, una coyuntura o de la misma estructura. Al igual de concebir que estos tres tiempos (larga, media y corta duración) se deben combinar simultáneamente para analizar la multi-dimensionalidad de la realidad social.

Se hizo una revisión documental histórica de fuentes primarias y secundarias de textos importantes para la historia de Cali, Dagua y Buenaventura, como municipios en archivos notariales. Estos permitieron caracterizar el panorama socioeconómico, cultural y ecosistémico del espacio geográfico estudiado en los diferentes momentos históricos. Asimismo, se revisaron fuentes coloniales (crónicas, cartas, relatos de viajeros) e informes de investigación arqueológica.

Por lo que respecta al trabajo etnográfico, se llevaron a cabo talleres con actores clave vinculados de manera directa con la cuenca,

ya sea porque habitaban o trabajaban en ella. Los talleres fueron diseñados de acuerdo con la zona, según el tipo de actor y el tipo de información que se requería. De la misma forma, se recurrió a la técnica de la entrevista semi-estructurada, aplicada a actores sociales claves y se desarrolló trabajo de campo con recorridos por el área de influencia de la cuenca del río Dagua hasta su desembocadura, en la bahía de Buenaventura. Ambas actividades permitieron recopilar datos empíricos de actores clave, que permitieron triangular acontecimientos actuales y su relación con los procesos históricos en la zona de estudio. En cuanto, al tratamiento de la información, se recurrió al apoyo del software NVIVO para el análisis a profundidad. Se codificaron los datos y la información importante de las fuentes primarias y secundarias para construir una base de datos. El primer tratamiento de la información, a partir de las listas de términos relacionados con “uso del agua”, permitió una visualización inicial de nodos y categorías claves que guiaron la investigación (Figura 1).



Figura 1. Nube de palabras. Nota: elaborado a partir del Software NVIVO.

Este trabajo, se desarrolló en la cuenca del río Dagua, que se encuentra ubicada en la vertiente pacífica del departamento del Valle del Cauca y se extiende desde la línea divisoria de aguas de la Cordillera Occidental, entre el corregimiento El Queremal, en el sur y el municipio de Restrepo, en el norte, hasta su desembocadura en el océano Pacífico. Cubre un área total de 1.423 km² y limita al norte con la cuenca del río Calima y con la bahía de Buenaventura; al sur, con las cuencas de los ríos Anchicayá y Cali; al oriente, con las cuencas de los ríos Yotoco, Vijes, Yumbo, Arroyohondo y la quebrada Mulaló y al occidente, con el océano Pacífico. Geográficamente, está ubicada entre las coordenadas 3° 20' a 3° 53' latitud Norte y 76° 22' a 77° 05' longitud Oeste (Figura 2) (Alcaldía Distrital de Buenaventura, 2013).

El cauce principal, el río Dagua, nace en la zona occidental del Parque Nacional Natural los Farallones, en el alto de San Luis (corregimiento de San Bernardo), en el municipio de Dagua. Éste tiene 110 km de recorrido, con pendiente media de 2,6 % y con un área de drenaje de 1.600 km². El caudal medio es de 27,3 m³/s, con 74 km de longitud en su parte alta y 36 km en su parte baja (Alcaldía Distrital de Buenaventura, 2013). Su navegación es difícil, debido a la presencia de numerosos saltos, siendo posible únicamente en balsas y canoas. Su importancia ecosistémica beneficia no solo a las comunidades locales sino también a la economía nacional, por medio del puerto marítimo de Buenaventura, la vía Alejandro Cabal Pombo y la red férrea de carga (Alcaldía Distrital de Buenaventura, 2013).

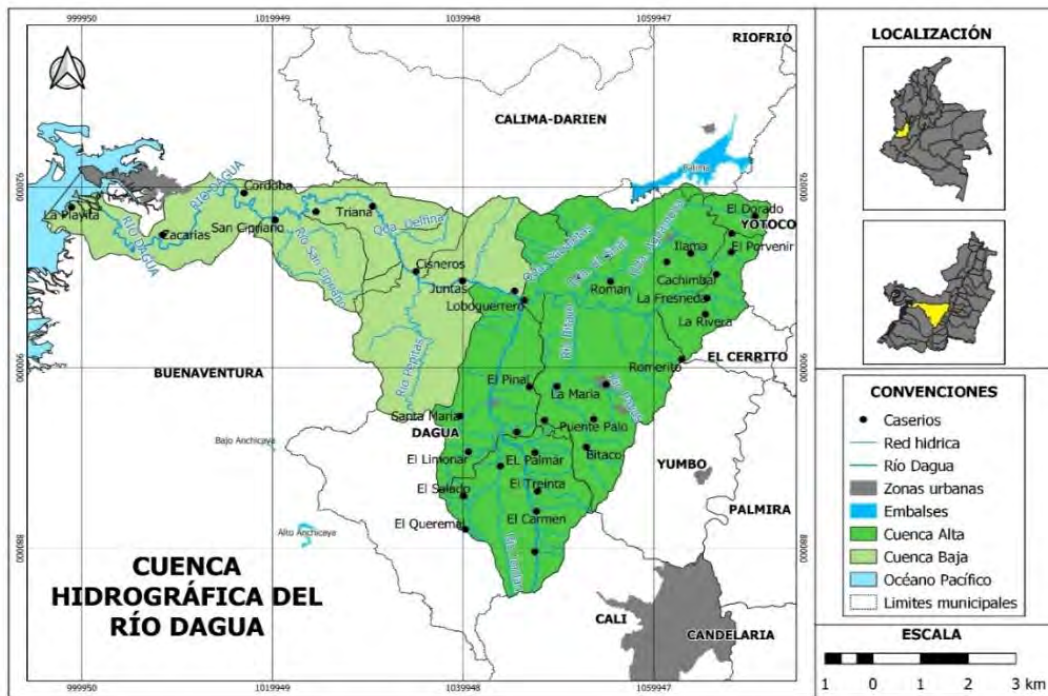


Figura 2. Localización de la cuenca hidrográfica del río Dagua.

En términos climáticos y como consecuencia de la variabilidad de las precipitaciones, la cuenca está subdividida en cuenca alta y cuenca baja (Daza *et al.* 2012), dado que existen diferencias hídricas atribuidas al volumen de precipitación entre la parte alta con menores precipitaciones, de alrededor de 1.500 mm/año y en su parte baja, con un régimen anual de lluvias superior a los 6.000 mm anuales (Loaiza, 2014; Alcaldía Distrital de Buenaventura, 2013), y fisiográficas, al comprender en un 98,2 % de su superficie a zonas de ladera y tan solo un 1,8 %, a su zona de planicie (Univalle *et al.* 2018). De ahí, que la variabilidad en precipitación permita no solo una alta diversidad climática y biológica con un alto endemismo, sino, también, étnico cultural. A partir de que en ella confluyen características significativas de su gente, su cultura y, por supuesto, de sus concepciones de concebir mundos, donde la distinción entre cuenca alta y la cuenca baja, para la adaptabilidad y la apropiación simbiótica de las comunidades tradicionales (indígenas, afrodescendientes y mestizas campesinas) a las condiciones ambientales, es fundamental.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Según Motta González & Perafán Cabrera (2010), a partir de un bosquejo histórico ambiental del departamento del Valle del Cauca, el actual territorio de la cuenca del río Dagua fue un escenario de profundas transformaciones ecológicas, donde convergieron diversos procesos socioculturales de sus habitantes. En este contexto de transformación histórica, esta investigación reconoció siete periodos (Figura 3), mismos que representan las distintas formas en las que los diferentes actores, caracterizados por sus relaciones de poder dominante/dominado, se han apropiado de los elementos agua y suelo en la cuenca y en sus dos sub-cuencas: alta y baja.

Estos momentos históricos van desde la época prehispánica (siglo IV AC. y III DC.), pasando por la conquista, colonia hasta la República (1536-1810), seguidos de un periodo de adaptación cultural (1810-1887), que dio paso a la etapa del Estado-Nación (1997-1948), posteriormente, por la modernización (1948-1991), el periodo neoliberal (1991-2009) y, finalmente, la época actual de agroexportación (2009-2020).

En el primer periodo, se ubicaron las comunidades prehispánicas, las cuales, en términos de apropiación, se caracterizaron por desarrollar un uso múltiple, encaminado a mantener la diversidad de sus aprovechamientos y en la adaptación de las condiciones naturales de su entorno ecosistémico, asentándose, para ello, en las cercanías de las fuentes hídricas (Patiño C., 2017; Cardale De Schrimppff, 1996). En este sentido, se puede afirmar que fue una relación de dependencia, en donde el agua y la naturaleza circundante fue apropiada como un bien común para mantener su supervivencia y su necesidad para perseverar la vida, es decir, bajo una manera simbiótica de convivir con ella.

El manejo local adecuado de las comunidades prehispánicas permitió la consolidación de prácticas agrícolas de alternancia atribuidas al conocimiento ancestral del territorio (Clavijo & Cabal, 2018). Se caracterizaron, por la fragilidad de los suelos, las altas tasas de precipitación y las características ecosistémicas propias del Pacífico colombiano, lo que generó el desarrollo de actividades complementarias entre sí de intercambio y comunicación entre los habitantes de las zonas altas y bajas (Rodríguez, 1986).

Durante este primer periodo, el uso del agua era para el consumo propio, de ahí que la intervención humana fuese relativamente



Figura 3. Periodización histórico ambiental en la cuenca del río Dagua.

baja. De acuerdo con la estimación de la densidad demográfica para el periodo Sonso en el valle de El Dorado (Restrepo), aproximadamente, de 147 personas/km², con viviendas dispersas entre campos de cultivo (aldeas) (Morales *et al.* 2005), es posible afirmar que la demanda en la cantidad de agua era mucho menor en términos absolutos, dado el bajo nivel demográfico y la riqueza natural permitió que la oferta hídrica en la cuenca fuese un factor importante para la implementación de sistemas de riego para el cultivo, lo que explica las diversas experiencias históricas en las comunidades prehispánicas (Buitrago Bermúdez *et al.* 2005).

Entre las culturas prehispánicas que habitaron el territorio de la actual cuenca del río Dagua, se evidencian por hallazgos arqueológicos la cultura Calima en la parte alta y baja, mientras que en la costa se desarrolló la cultura Tumaco-Tolita (Patiño C., 2017) (Tabla 1). Además de la presencia de pueblos indígenas, como los Emberá y Noamamásés, procedentes de migraciones tardías del norte de Chocó (Romero Vergara, 1995) y con asentamientos dispersos que perduran hasta la actualidad.

El desarrollo de la infraestructura para el riego, el mantenimiento de cultivos y, por ende, del paso de las comunidades al sedentarismo, denota la producción de diferentes territorios hidrosociales. Se evidencia, así, cómo las obras hidráulicas realizadas por los indígenas para controlar el agua, señalan su interés por asegurar su disponibilidad, a través de la construcción de canales, acequias, camellones, zanjas, entre otros (Motta González & Perafán Cabrera, 2010; Cardale De Schrimppff, 1996).

Esta forma de adaptación de las sociedades prehispánicas al medio geográfico fue uno de sus rasgos más característicos, dado que les permitió vivir durante milenios sin alterar los ciclos naturales de los ecosistemas de los que dependían, los cuales, fueron transformados profundamente ante la llegada de nuevos actores a la cuenca y que configuraron el segundo periodo histórico. Durante el proceso de conquista y de colonización, se modificaron profundamente los territorios, ya que implicaron impactos, tanto en el ámbito natural, con la introducción y la propagación de especies y de animales exóticos, como también cultural entre grupos sociales completamente disímboles (Toledo & González de Molina, 2007). A diferencia de los indígenas, el imperio español instauró una lógica de obtención de beneficio económico, o sea, instrumentalizó a la naturaleza, pero no solo se apropió de ella como recurso, sino que la transformó profundamente y la convirtió en mercancía (para el comercio) la producción, imponiéndose así una economía extractivista, comercial y minera de los elementos naturales, cuya explotación se daba en el menor tiempo posible, sin tener en cuenta, las consecuencias posteriores de la alteración e impacto ambiental.

Durante este periodo, el desarrollo de la agricultura, a gran escala, fue incipiente y se centró más en la concentración de grandes extensiones de tierra para actividades comerciales, donde la minería y la ganadería tomaron una mayor representación (Escorcía, 1982). Las haciendas coloniales garantizaban la subsistencia de las cuadrillas mineras, a través de la diversidad de cultivos, además de la ganadería extensiva, que configuraba un espacio rico en agua como principal insumo para el mantenimiento de las

Tabla 1. Grupos indígenas ubicados en el área de influencia de la cuenca del río Dagua.

Grupo indígena	Cronología	Ubicación
Cultura Calima	9.000 años (VI a.C.)	Alto y medio río Calima y en la suela plana del río Cauca Precerámico y sociedades agro-alfareras ¹ : *Llama (1.500 a 100 a.C.) *Yotoco-Malagana (800 a. C – 1.200 d.C.) *Sonso (1.200 d.C. – hasta la conquista española)
Cultura Tumaco–Tolita	700 a.C, hasta el 350 d.C. (siglos IV a.C. y III d.C.)	Esmeraldas, Ecuador hasta Buenaventura, Colombia
Tribus Emberá ²		Istmo de Panamá hasta el Ecuador (ríos de los departamentos del Chocó, Valle del Cauca y Nariño hasta Antioquia, Caldas y Risaralda), pertenecientes a la raíz lingüística del Chocó
Tribus Noanamás ³ Wounaan, Wauna, Waunana o Chanco		

Nota: elaborado a partir de Rodríguez (1986); Ministerio de Cultura (2010) y Romero Vergara (1995). ¹Los nombres de los periodos corresponden a lugares de la parte plana del valle del río Cauca. Yotoco y Sonso son términos indígenas que sobrevivieron a la colonia. Mientras que Llama era el nombre de un pueblo de Sonso (Bugá) que en el año de 1552 estaba bajo el mando del cacique de nombre “Bonba”. ²Su importancia ancestral en el territorio consolida a los Emberá como uno de los pueblos indígenas más grandes de Colombia con aproximadamente 93.000 personas (DANE, 2005). Asimismo, a éstos los ha hecho protagonistas de conflictos ambientales como es el caso de la movilización social de los embera Katío en el alto Sinú en contra de la construcción de la represa Urrá (Leguizamón Castillo, 2015). ³El censo reportó aproximadamente a 9.066 personas (DANE, 2005).

actividades económicas (Colmenares, 1975). Desconocedores de las condiciones geográficas y ambientales de la región, los españoles se expandieron rápidamente hacia la cordillera occidental, en su afán de encontrar una salida al Pacífico y conectar las zonas de explotación minera en el Chocó (Colmenares, 1975; Valencia Llano & Zuluaga, 1992; Romero Vergara, 1995). A pesar de esto, las comunidades indígenas no permanecieron inmóviles, sino que respondieron de forma distinta, unas con enfrentamientos y otras con alianzas, relaciones comerciales, huida, contención y resistencia (Vargas Sarmiento, 1991).

La intervención humana transformó el territorio completamente y también al sistema cultural de los indígenas, al reducirse en número e introducirse un nuevo grupo humano: los esclavos procedentes de África. Entre las principales modificaciones, se destacan la fundación de ciudades, la creación de sistemas de acequias para la distribución del agua, la introducción de semillas y animales, la imposición de un sistema económico mina-hacienda y la adecuación de vías de comunicación a las nuevas necesidades y medios de transporte (Perafán Cabrera, 2012). Además de la resistencia indígena como respuesta a dichas transformaciones, las cuales iniciaron en el siglo XVI.

A lo largo de toda la cuenca del río Dagua, se inició un proceso de adaptación cultural entre indígenas y africanos/afroamericanos/

esclavos y de sometimiento a estos por parte del grupo dominante: españoles y criollos. Esta situación es reflejada en el informe del corregidor de la provincia de Raposo al Virrey Joseph de Solís Folch de Cardona, quién señaló que era necesario reducir a la población indígena y esclavos negros concentrada en el río Dagua, para “protegerlas” del contacto con negros libres e independientes, que se estaban estableciendo en sus cercanías (Zuluaga Ramírez & Romero Vergara, 2006).

La riqueza ecosistémica de esta zona atrajo indígenas del San Juan del Chocó y negros libres del Valle del Cauca (aún Gran Cauca) y de la Costa, lo que, ante las diferencias étnicas entre los negros e indígenas, se arraigó una práctica cultural del uso de la canoa en las tierras bajas en el río Dagua, que perduró y perdura hasta la actualidad (Cifuentes Ramírez, 2002). En resumen, los habitantes, tanto originarios (indígenas) como los recién llegados (negros), así como los blancos españoles y criollos, configuraron un espacio en el que el agua se utilizó para impulsar actividades económicas, como la minería, la ganadería y la agricultura y para fortalecer culturalmente a negros e indígenas en torno a sus múltiples usos en el territorio, es decir su adaptación:

“Gracias a estas prácticas ecológicas de profundo valor adaptativo [ordenando el mundo de acuerdo a una cosmovisión que tenía a mantener el equilibrio entre los humanos, los animales, las plantas,

el medio ambiente y las deidades que suministran los recursos], desarrolladas en el transcurso de miles de años a juzgar por sus similitudes biológicas con poblaciones andinas chibchas con las que comparten un remoto tronco ancestral común, los indígenas vallecaucanos lograron regular el crecimiento demográfico, mantener sus sementeras con exquisitos maizales, yucales y frutales, pescar abundantes peces en ríos y lagunas, cazar animales que prodigaba el monte, y recrear el medio ambiente que les suministraba estos recursos” (Rodríguez Cuenca, 2005).

Un territorio, que a mitad del siglo XVIII inspiraba a la libertad de esclavos negros e indígenas, aún ante la preocupación de las autoridades blancas por el control de la población, tal y como fue descrito por el Teniente Gobernador, en 1761, al afirmar que:

“Negros libres se congregaban a lo largo del río Dagua, en donde alternaban las actividades mineras con el servicio de bogas y cargueros, alquilándose a los comerciantes y mineros que proveían a las cuadrillas del pacífico...en 1761 el sitio de la Cruz se estaba saturando de población libre al grado que era mayor que la esclava. “pues se halla el sitio lleno de varias familias de negros libres, zambos y mulatos, gente blanca forastera (mercaderes) y barquera (bogas)” (AHNC. Caciques e indios. Tomo 11. Folios 633-663 citado por Zuluaga Ramírez & Romero Vergara, 2006).

El territorio hidrosocial configurado en la dinámica hacienda-mina propia de los terratenientes y mineros caleños en la región Pacífica, funcionó alrededor de la comunicación entre Cali y Buenaventura, con el uso intensivo del agua, como insumo principal para la agricultura, en las plantaciones de maíz, plátano o tabaco y con la función principal de abastecer las minas ubicadas en los ríos ya citados. Sumado a la ganadería, como actividad comercial, misma que tomó fuerza ante las fugas de esclavos y demás situaciones que los terratenientes no lograron controlar, llevándolos a preferir una mayor ocupación de la tierra, sin requerir mano de obra difícil de someter, para sus haciendas (Colmenares, 1975).

Ya en el siglo XIX, se dio paso al tercer periodo, que se caracterizó por la inestabilidad política, debido a las guerras de independencia entre criollos y españoles y, posteriormente, debido a las guerras civiles protagonizadas por los mismos. Ello, sumado al empobrecimiento regional ante la ausencia de un producto rentable para la exportación y al anhelo de las élites criollas de consolidar una ruta comercial, que permitiera la llegada al Océano Pacífico, deseo latente desde la colonia.

Este siglo cambió el orden hegemónico heredado de la colonia. Gracias a la abolición de la esclavitud (ley del 21 de mayo de 1851), se consolidó el surgimiento de un grupo social representado por campesinos mestizos, ubicados en los linderos de las grandes propiedades del siglo anterior, muchas de ellas divididas por las guerras de independencia, situación que reconfiguró el territorio al fraccionamiento y privatización de los grandes latifundios coloniales en pequeñas y medianas parcelas. Esto generó un sistema de arrendamiento a terrazgueros para la ganadería y de peonaje para la agricultura en zonas de linderos, es decir, surgió un nuevo grupo

social, campesinos vallecaucanos con demandas hacia el derecho de la propiedad y a su derecho de cultivar y comercializar libremente (Valencia Llano, 2003), los cuales, tomaron connotaciones de “bandidos y delincuentes”, al oponerse al orden establecido por la élite del momento.

Se sumó al cambio social, el ímpetu de la modernización con el modelo librecambista y la continuidad del sueño colonial por integrar el interior del país con el Pacífico, a través de la construcción de grandes obras de infraestructura iniciadas en este siglo y finalizadas en el XX, que caracterizarían, así, el cuarto periodo. Entre ellas, el camino carretable del general Tomás Cipriano de Mosquera, el primer tramo del ferrocarril del Pacífico, las obras portuarias para el Puerto de Buenaventura y las carreteras Simón Bolívar y Alejandro Cabal Pombo (Martínez Capote, 2005). Es por ello, por lo que, en 1835, la empresa libertadora del naciente Estado-nación, en su afán por modernizar el territorio nacional, a través de la interconexión local e internacional de mercados con el intercambio agrícola y comercial, necesitó impulsar la comunicación vial, férrea y fluvial. Un ejemplo de ello fue la promulgación de leyes de concesión para la construcción de los primeros ferrocarriles en Colombia. Esto generó que, en 1872, se iniciaran las obras del ferrocarril del Pacífico, siguiendo la ruta guiada por el curso principal del río Dagua. Esta obra provocó repercusiones multidimensionales, que impactaron profundamente no solo en su estado ecosistémico, a través de la deforestación y tala indiscriminada de árboles nativos para ser usados como madera para pilotes, sino también a nivel sociopolítico, con la reordenación del territorio, a través del surgimiento de caseríos a ambos lados de las vías férreas, por migraciones internas, que concibieron, a su vez, procesos de mestizaje cultural y el realineamiento del poder regional, que promovió el surgimiento del departamento del Valle del Cauca y posicionó a Cali, como su capital y nuevo centro político económico.

A inicios del siglo XX, el quinto periodo respondió a la modificación de los flujos comerciales ante la apertura del canal de Panamá y, por ende, se modificaron las prácticas agrícolas heredadas de la colonia, a través de grandes intervenciones estatales puntuales, como la construcción de las obras portuarias para el terminal marítimo del muelle de Buenaventura, realizadas durante toda la mitad del siglo; obras viales, como la construcción de las carreteras ya mencionadas e institucionales, como la creación de la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca-CVC, en 1956 y Puertos de Colombia, esta última empresa administradora del muelle (Colpuertos 1961-1993; Uribe-Castro, 2015).

Ya con la infraestructura construida, durante la segunda mitad del siglo XX, el gobierno central promovió políticas liberales para consolidar mercados internos y externos de agroexportación, propias de los últimos periodos históricos. Un ejemplo de ello fue la llegada de grandes empresas a la cuenca alta, como Cartón Colombia que, al requerir mano de obra, incentivaron el cambio de campesinos a jornaleros y, por supuesto, al inicio de fragmentación de la tierra en medianas y pequeñas propiedades (Motta González & Perafán Cabrera, 2010). Mientras tanto, en la cuenca baja, se instauraron

empresas explotadoras de bosque, que operaron en los principales cauces de los ríos del Pacífico; no obstante, fue la apertura económica de finales de los años ochenta e inicios del noventa y el Tratado de Libre Comercio (TLC) con los Estados Unidos de Norteamérica, que se incentivó y promovió la sobreexplotación de la tierra y el agua para la producción agrícola en zonas más amplias de la cuenca alta (Instituto de investigaciones ambientales del Pacífico-IIAP, 2010) (Figura 4). Ello, trajo consigo, el avance de la frontera agrícola, la deforestación para zonas de cultivo, la desaparición de cauces y la contaminación por vertimientos domésticos, industriales y agrotóxicos, producto del uso insostenible y a la ocupación no planificada (Daza *et al.* 2012). Aún ante impulsos conservacionistas, como la declaración de Reserva Forestal del Pacífico (Ley 2/59), con un área total de 112.361,99 km² (Instituto de investigaciones ambientales del Pacífico, IIAP, 2010) y la Reserva Forestal de San Cipriano, ratificada por Acuerdo número 031 de noviembre 20 de 1979, pero también de aprovechamiento forestal, trataron de garantizar un uso racional que, finalmente, benefició económicamente a diferentes actores del capital privado y conllevó al estado actual de deterioro ecológico (Torres Gutiérrez *et al.* 2013).



Figura 4. Monocultivo de Pino-Corregimiento de Bitacó.

baja y, en la zona alta, el parcelamiento para fincas de recreo con piscinas llenas, deshabitadas la mayor parte del tiempo.

Basados en los recorridos de campo, el último periodo se caracteriza por encontrarse diferentes territorios hidrosociales. Mientras que, en la cuenca baja habitan comunidades negras e indígenas se basan en una organización social comunitaria, con un sistema económico de subsistencia, alternancia y policultivo, atribuidas a su memoria biocultural indígena de adaptación histórica (Toledo & Barrera Bassols, 2009). En la cuenca alta, se presenta la confrontación entre el parcelamiento de la propiedad y el uso del agua para fincas de recreo entre quienes viven allí y los finqueros caleños, ausentistas. Se contrasta aquí que los primeros (quienes habitan el territorio, campesinos mestizos) mantienen un uso múltiple y de subsistencia, basando su apropiación a su concepción del agua para riego y consumo doméstico, mientras que los segundos, los ausentistas, usan el agua solo para fines recreativos, vulnerando el acceso y uso de los primeros.

De la misma manera y bajo la lógica de beneficio económico e interconexión con Buenaventura, en 2009, con la construcción de la doble calzada Buga-Loboguerrero-Buenaventura, se originó el boom de la fiebre del oro en el corregimiento de Zaragoza (Parra Romero, 2014). Esta situación provocó la contaminación hídrica por metales pesados, la desviación de cauces, la pérdida de flora y fauna, además, socialmente, generó desplazamientos locales, migraciones de pobladores internos a las ciudades, prostitución, narcotráfico y violencia (González & López, 2016).

Las prácticas agrícolas de alternancia y apropiación simbiótica, mantenidas durante años atrás por los actores locales, como las comunidades afro, indígenas y campesinas, se transformaron significativamente al atraer actores externos, como grupos al margen de la ley en el territorio. El origen de estas problemáticas, se pueden atribuir a las políticas nacionales impulsadas desde el poder económico, a través de la llamada “locomotora minera” (DNP, 2011), que se enmarcaron en una apropiación extractivista de despojo/saqueo, propias del modelo neoliberal, que perduran hasta la actualidad. En un contexto de violencia y narcotráfico que consolidaron hasta la actualidad un “puerto sin gente”, en la zona

Tal y como fue verificado en los talleres, cuando se afirma que el agua significa para algunos solo un recurso para el llenado de las piscinas de quienes visitan los fines de semana:

“Consideran que el estado del agua en la vereda y sus alrededores no están bien: “hay escasez” “ya no hay tanta agua”; lo cual es debido a las prácticas productivas de la zona, entre las que destacan: agricultura (monocultivo de piña y plantas aromáticas), ganadería y en gran medida al crecimiento demográfico. Este último aspecto llama mucho la atención de los pobladores ya que relacionan que la parcelación de la tierra ha causado la llegada de gente “itinerante” a las condiciones cotidianas de quienes allí residen de manera permanente; al contaminar y no valorar el recurso: “vienen el fin de semana y gastan el agua llenando piscinas” (Habitante vereda La Virgen, octubre 20 2018).

Esto evidencia la configuración de diferentes territorios hidrosociales a partir del análisis de las relaciones entre los actores y el agua en un

espacio diferenciado. Dichas relaciones contrastantes y disímbricas sobre el uso del agua se presentan históricamente, como resultado de un contexto complejo de relaciones sociedad–naturaleza y sus valores inherentes en los significados e imaginarios que los diversos grupos humanos le asignan. De ahí que, en la cuenca del río Dagua, sea posible evidenciar la gran diversidad cultural de sus gentes, que habitan, crean y recrean territorios con una diversidad biológica propia del Pacífico colombiano.

Reconocer desde la historia ambiental los diferentes territorios hidrosociales permitió mostrar que la apropiación social del agua no es excluyente ni en tiempo ni espacio y puede darse simultáneamente, lo que sugiere que, en algunos momentos históricos, coexiste y puede estar inscrita a sociedades diferentes, con modos de vida y diferentes visiones-nociones y acciones de construir territorios hidrosociales a lo largo del tiempo.

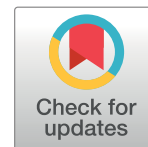
Conflicto de interés: El manuscrito fue preparado y revisado con la participación de los autores, quienes declaramos que no existe conflicto de intereses que ponga en riesgo la validez de los resultados presentados.

REFERENCIAS

1. ALCALDÍA DISTRITAL DE BUENAVENTURA. 2013. Plan De Ordenamiento Territorial Municipio de Buenaventura. Disponible desde Internet en: https://www.buenaventura.gov.co/images/multimedia/resumen_ejecutivo_-_pot_2013.pdf (con acceso el 12/11/2021).
2. BOELEN, R.; CREMERS, L.; ZWARTEVEEN, M. 2011. Justicia Hídrica. Acumulación conflicto y acción social. IEP-Instituto de Estudios Peruanos, Fondo Editorial PUCP, Justicia Hídrica. 480p.
3. BOELEN, R.; HOOGESTER, J.; SWYNGEDOW, E.; VOS, J.; WESTER, P. 2017. Territorios hidrosociales: una perspectiva de ecología política. En: Salamanca Villamizar, C.; Astudillo Pizarro, F. (eds.). Recursos, Vínculos y Territorios: inflexiones transversales en torno al agua. UNR Editora. p.85-104.
4. BRAUDEL, F. 2007. La larga duración en la historia y las ciencias sociales. Relaciones internacionales: Revista académica cuatrimestral de publicación electrónica. 5(1):1-36.
5. BUDDS, J. 2011. Las relaciones sociales de poder y la producción de paisajes hídricos. En: Boelens, R.; Cremers, L.; Zwartheveen, M. (eds). Justicia Hídrica: Acumulación, Conflicto y Acción Social. Fondo Editorial. p.59-69.
6. BUDDS, J. 2012. La demanda, evaluación y asignación del agua en el contexto de escasez: un análisis del ciclo hidrosocial del valle del río La Ligua, Chile. Rev. geogr. Norte Gd. 52(1):167-184. <https://doi.org/10.4067/S0718-34022012000200010>
7. BUITRAGO BERMÚDEZ, O.; LONDOÑO PINTO, N.; MARTÍNEZ TORO, P. 2005. María y el proyecto de refundación del Valle del Cauca. Poligramas. 23:153-196.
8. CARDALE DE SCHRIMPFF, M. 1996. Caminos prehispánicos en Calima: el estudio de caminos precolombinos de la cuenca del alto río Calima, Cordillera occidental, Valle del Cauca. Fundación de Investigaciones Arqueológicas Nacionales. Banco de la República. Asociación Pro-Calima. 200p.
9. CIFUENTES RAMÍREZ, J. 2002. Memoria Cultural del Pacífico. Club de leones de Buenaventura Monarca (Buenaventura). 278p.
10. CLAVIJO, A.; CABAL, G. 2018. Nuevas evidencias de ocupación prehispánica en el trazado del proyecto vial Buga-Buenaventura Tramo: Madroñal-Córdoba. Cespedia. 23(71-72):117-142.
11. COLMENARES, G. 1975. Cali: terratenientes, mineros y comerciantes, siglo XVIII. Universidad del Valle. 263p.
12. DAZA, M.C.; REYES-TRUJILLO, A.; LOAIZA-CERÓN, W.; FAJARDO-VASQUEZ, M.P. 2012. Índice de sostenibilidad del recurso hídrico agrícola para la definición de estrategias sostenibles y competitivas en la Microcuenca Centella Dagua – Valle del Cauca. Gestión y Ambiente. 15(2):47-58.
13. DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO NACIONAL DE ESTADÍSTICA- DANE. 2005. Censo general 2005. Disponible desde Internet en: <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/censo-general-2005-1> (con acceso el 12/11/2021).
14. DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN-DNP. 2011. Plan Nacional de Desarrollo 2010-2014 Colombia. Tomo 1. DNP.
15. ESCOBAR, A. 2011. Una minga para el posdesarrollo. Signo y Pensamiento. 30(58):306-312.
16. ESCORCIA, J. 1982. Haciendas y estructura agraria en el Valle del Cauca 1810-1850. Anuario Colombiano de Historia Social y de la Cultura. 10:119-138.
17. GARCÍA, R. 2006. Sistemas complejos. Conceptos, método y fundamentación de la investigación interdisciplinaria. Gedisa. 199p.
18. GONZÁLEZ, D.; LÓPEZ, L. 2016. Percepción de paisajes antroponaturales y el agua en la parte alta de la cuenca hidrográfica del río Dagua. Tesis de pregrado. Universidad del Valle.
19. INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AMBIENTALES DEL PACÍFICO, IIAP. 2010. Definición participativa de la

- zonificación, el ordenamiento y los lineamientos de manejo de la reserva forestal del Pacífico de Ley 2 de 1959. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial; Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico Quibdó. 177p.
20. LEGUIZAMÓN CASTILLO, Y.R. 2015. Conflictos ambientales y movimientos sociales: el caso del movimiento embera katío en respuesta a la construcción de la represa Urrá (1994-2008). *Memoria y Sociedad*. 19(39):94-105. <https://doi.org/10.11144/Javeriana.mys19-39.cams>
 21. LINTON, J. 2011. The hydrologic cycle and the hydrosocial cycle: bridging hydrosystems and hydropolitics. *Hydrosystems & Hydropolitics Seminar*. 1-9.
 22. LINTON, J.; BUDDS, J. 2014. The hydrosocial cycle: Defining and mobilizing a relational-dialectical approach to water. *Geoforum*. 57:170-180. <https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2013.10.008>
 23. LOAIZA, W. 2014. Evaluación de sequías meteorológicas y procesos de adaptación de las comunidades agrícolas de la cuenca del río Dagua – Valle del Cauca. Caso de estudio: microcuenca La Centella. Trabajo de grado. Universidad del Valle.
 24. MARTÍNEZ CAPOTE, A.B. 2005. Orígenes del Municipio de Dagua. Editorial Deriva. 192p.
 25. MINISTERIO DE CULTURA. 2010. Caracterización de los pueblos indígenas de Colombia. Wounaan tejedores de redes. 13p.
 26. MORALES, G.; VARGAS, Z.Á.P.; HERRERA, A.C.L.; PATIÑO, C.J.; DUARTE, E. 2005. Diagnóstico participativo de tensores territoriales, bienes, servicios y propuesta de manejo sostenible de las microcuencas que drenan a la cuenca del río Calima en el municipio de Restrepo, Valle del Cauca, Colombia. Convenio: ACUAVALLE, Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira, Grupo de Investigación en Planificación Turística y Desarrollo Sostenible (UN-GIPTDS).
 27. MOTTA GONZÁLEZ, N.; PERAFÁN CABRERA, A. 2010. Historia ambiental del Valle del Cauca: Geoespacialidad, cultura y género. Universidad del Valle. 199p.
 28. PALACIO, G.; ULLOA, A. 2002. Repensando la naturaleza: encuentros y desencuentros disciplinarios en torno a lo ambiental. Universidad Nacional de Colombia, Instituto Amazónico de Investigaciones Imani, Instituto Colombiano de Antropología e Historia, Colciencias. 246p.
 29. PARRA ROMERO, A. 2014. Explotación minera en la cuenca del Río Dagua. Una mirada desde la teoría del actor-red. Universidad Icesi. 20p.
 30. PATIÑO C., D. 2017. Tumaco-Tolita: cultura, arte y poder en la costa pacífica. *Antropología*. 18:40-54. <https://doi.org/10.26807/ant.v0i18.123>
 31. PERAFÁN CABRERA, A. 2012. Valle del Cauca: Un estudio en torno a su sociedad y medio ambiente. Universidad del Valle. 450p.
 32. RAFFESTIN, C. 1980. Por uma Geografia do poder. Ática (São Paulo).
 33. RIVERA CASTAÑEDA, P.; CHÁVEZ RAMÍREZ, R. 2018. La construcción de la historia ambiental en América. *Revista de El Colegio de San Luis*. 8(16):171-202.
 34. ROCHA, R. 2014. Enfoque sociotécnico, hidrosocial & sacionatural. Paraguas. 31p.
 35. RODRÍGUEZ, C.A. 1986. 50 Años de investigación arqueológica en el Valle del Cauca. *Boletín Museo del Oro*. 16:17-30.
 36. RODRÍGUEZ CUENCA, J.V. 2005. Pueblos, rituales y condiciones de vida prehispánicas en el Valle del Cauca. Universidad Nacional de Colombia. 212p.
 37. ROMERO VERGARA, M.D. 1995. Poblamiento y sociedad en el pacífico colombiano siglos XVI al XVIII. Universidad del Valle. 119p.
 38. SWYNGEDOUW, E. 2015. Urbanization and environmental futures: politicizing urban political ecologies. En: Perreault, T.; Bridge, G.; McCarthy, J. (Eds.). *Handbook of Political Ecology*. Routledge (London & New York). p.609-619.
 39. TOLEDO, V.M.; BARRERA BASSOLS, N. 2009. La memoria biocultural: la importancia ecológica de las sabidurías tradicionales. *Icara*. 232p.
 40. TOLEDO, V.M.; GONZÁLEZ DE MOLINA, M. 2007. El metabolismo social: las relaciones entre la sociedad y la naturaleza. En: Garrido Peña, F.; González de Molina, M.; Serrano Moreno, J.L.; Solana Ruiz, J.L. (eds.). *El Paradigma ecológico en las ciencias sociales*. Icaria Editorial. p.85-112.
 41. TORRES GUTIÉRREZ, J.I.; PINZÓN SALCEDO, M.; ESQUIVIA ZAPATA, M.; PARRA PIZARRO, A.; ESPITIA JIMÉNEZ, E.H. 2013. La explotación ilícita de los recursos minerales en Colombia, Casos Valle del Cauca (Río Dagua) – Chocó (Río San Juan) efectos sociales y ambientales. Contraloría General de la República de Colombia. 138p.
 42. UNIVERSIDAD DEL VALLE, UNIVALLE; UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE, UAO; PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA. 2018. Proyecto de investigación recurso hídrico de las cuencas de los ríos Cauca

- y Dagua recuperado Cali, Valle del Cauca, Occidente. (Colombia).
43. URIBE-CASTRO, H. 2015. Expansión cañera en el Valle Del Cauca y resistencias comunitarias (Colombia). *Ambiente y Sostenibilidad*. 4(1):16-30.
<https://doi.org/10.25100/ays.v4i1.4311>
44. VALENCIA LLANO, A. 2003. La insurgencia social y la consolidación de los campesinos vallecaucanos. *Historia y Espacio*. 21:53-72.
45. VALENCIA LLANO, A.; ZULUAGA, F.U. 1992. Historia regional del Valle del Cauca. Universidad del Valle. 223p.
46. VARGAS SARMIENTO, P. 1991. Los emberás y los cunas en frontera con el imperio español. Una propuesta para el trabajo complementario de la historia oral y de la historia documental. *Boletín Museo Del Oro*. 29(1):74-101.
47. ZARAGOCIN CARVAJAL, S.; MOREANO VENEGAS, M.; ÁLVAREZ VELASCO, S. 2018. Presentación del dossier. Hacia una reapropiación de la geografía crítica en América Latina. *Íconos*. 61:11-32.
<https://doi.org/10.17141/iconos.61.2018.3020>
48. ZULUAGA RAMÍREZ, F.U.; ROMERO VERGARA, M.D. 2006. Sociedad, cultura y resistencia negra en Colombia y Ecuador. Universidad del Valle. 262p.



Uso de la prospectiva estratégica, ordenación territorial y evaluación de impacto como base para la sostenibilidad de los sistemas agrícolas

Use of strategic foresight, spatial planning and impact assessment for the sustainability of agricultural systems

Jaime Sanhueza-Aros^{1*} ; Fernando Peña-Cortés¹ 

¹Universidad Católica de Temuco, Facultad de Recursos Naturales, Departamento de Ciencias Ambientales, Laboratorio de Planificación Territorial. Temuco, Chile; e-mail: jaimesanhuezaaros@gmail.com; fpena@uctemuco.cl

*autor de correspondencia: jaimesanhuezaaros@gmail.com

Cómo citar: Sanhueza-Aros, J.; Peña-Cortés, F. 2022. Uso de la prospectiva estratégica, ordenación territorial y evaluación de impacto como base para la sostenibilidad de los sistemas agrícolas. Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 25(Supl.1):e2148. <http://doi.org/10.31910/rudca.v25.nSupl.1.2022.2148>

Artículo de acceso abierto publicado por Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica, bajo una Licencia Creative Commons CC BY-NC 4.0

Publicación oficial de la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A, Institución de Educación Superior Acreditada de Alta Calidad por el Ministerio de Educación Nacional.

Recibido: noviembre 3 de 2021

Aceptado: marzo 11 de 2022

Editado por: Felix Ignacio Contreras

RESUMEN

La complejidad e incertidumbre de transformar los sistemas de producción agrícola futuros en sistemas sostenibles requiere de evaluaciones holísticas y prospectivas, que involucren las interacciones dinámicas, entre agricultura, economía, sociedad y medio ambiente. En este sentido, se requieren modelos holísticos, que incluyan la prospectiva estratégica y el desarrollo territorial en la evaluación de la sostenibilidad de estos sistemas, a escala regional. Este documento, a través de análisis bibliográfico 1) identifica los avances en prospectiva estratégica, ordenación territorial y evaluaciones de impacto territorial en el contexto agrícola y los enfoques integrales de evaluación de la sostenibilidad agrícola a escala regional y 2) genera las bases para una nueva aproximación de la evaluación de la sostenibilidad del sistema agrícola a escala regional y del desarrollo territorial, con base en los avances identificados. Los resultados muestran que la prospectiva estratégica, la ordenación del territorio y las evaluaciones de impacto territorial han avanzado en un enfoque integral proporcionando, además, una visión y evaluación estratégica de los sistemas. Así, también, se mencionan como factores de éxito, el establecimiento de una buena gobernanza, la co-creación de los escenarios estratégicos, el uso de unidades homogéneas en la planificación, una amplia disponibilidad

de datos ambientales y sociales con resolución espacial y temporal y la inclusión de nuevas herramientas analíticas y computacionales. La proyección del trabajo vincula los objetivos de la evaluación de los sistemas agrícolas para el desarrollo territorial sostenible, en un marco de acción integral.

Palabras claves: Desarrollo territorial; Evaluación de impacto territorial; Ordenamiento territorial; Sostenibilidad agrícola; Visión estratégica territorial.

ABSTRACT

The complexity and uncertainty of transforming future agricultural production systems into sustainable systems require holistic and prospective evaluations that understand the dynamic interactions between agriculture, the economy, society, and the environment. In this sense, holistic models need that include strategic foresight and territorial development in evaluating the sustainability of these systems on a regional scale. This document, through bibliographic analysis: 1) identifies the advances in strategic foresight, land use planning, and land impact assessments in the agricultural context and comprehensive approaches to assessing agricultural sustainability at a regional scale; and, 2) it generates the bases

for a new approach to the evaluation of the sustainability of the agricultural system on a regional scale and territorial development based on the advances identified. The results show that strategic foresight, spatial planning, and territorial impact evaluations have advanced in a comprehensive approach, providing a vision and strategic evaluation of the systems. The establishment of good governance, the co-creation of strategic scenarios, homogeneous units in planning, the wide availability of environmental and social data with a spatial and temporal resolution, and the inclusion of new ones are considered success factors—analytical and computational tools. The projection of the work links the objectives of the evaluation of agricultural systems for sustainable territorial development in a comprehensive action framework.

Keywords: Agricultural sustainability; Spatial planning; Territorial strategic vision; Territorial impact assessment; Territorial development.

INTRODUCCIÓN

La necesidad de una planificación sostenible de las actividades económicas desarrolladas sobre el medio físico, se señalan en varias reuniones internacionales, como la declaración de Roma (FAO, 1996), el plan de implementación de Johannesburgo-2002 (ONU, 2002), RIO + 20-2012 y la primera cumbre de la tierra, en donde se suscribe “La Agenda 21” (Talukder *et al.* 2020; Barrezueta Unda, 2015).

La agricultura es una de las actividades económicas más grandes e importantes, a nivel mundial que, además, tiene un impacto significativo en el crecimiento del Producto Interno Bruto (PIB), en los países en desarrollo (Talukder *et al.* 2020); no obstante, la intensificación de la producción agrícola ha aumentado significativamente la huella ambiental de la agricultura, provocando una serie de impactos ambientales, asociados con el uso extensivo de fertilizantes, plaguicidas, agua y cambios en el uso del suelo (Lampridi *et al.* 2019), situación que dificulta el trabajo de los tomadores de decisiones y la planificación de sistemas de producción agrícola en el mundo, en un contexto de múltiples crisis mundiales, como la climática y la ecológica; la crisis financiera, económica y social; la pobreza endémica; la crisis energética (Godet & Durance, 2011; Demartini *et al.* 2015).

Walker *et al.* (2013) plantean que es importante que los tomadores de decisiones, los analistas de políticas y los formuladores de políticas acepten, comprendan y gestionen la incertidumbre, ya que: i) dada la falta de esferas de cristal, no se pueden eliminar las incertidumbres sobre el futuro; ii) ignorar la incertidumbre puede resultar en políticas deficientes, opciones y oportunidades perdidas y conducir a un uso ineficiente de los recursos y iii) ignorar la incertidumbre podría significar que limitamos nuestra capacidad para tomar medidas correctivas en el futuro y terminar en situaciones que podrían haberse evitado, como lo es el desafío actual de revertir las tendencias hacia una insostenibilidad más profunda (Talukder & Hipel, 2018).

Estos aspectos hacen que la evaluación de la sostenibilidad agrícola sea muy compleja en términos de problemas locales, nacionales y globales (Talukder *et al.* 2020). Ante este panorama existe un creciente interés en

desarrollar una planificación sostenible de estos sistemas productivos, que logre aceptar, comprender y gestionar la incertidumbre inherente de estos sistemas complejos y su planificación (Walker *et al.* 2013), estableciéndose, como tema clave, para la implementación de políticas y prácticas a largo plazo, económicamente viables, ecológicamente racionales y socialmente aceptables, a nivel local y regional (Bartzas & Komnitsas, 2020); sin embargo, es complicada una definición general de “sostenibilidad” en la praxis agrícola, científica y analítica (Demartini *et al.* 2015), siendo un acuerdo común que la sostenibilidad agrícola debe abordar, al menos, los tres pilares básicos del desarrollo sostenible (Lampridi *et al.* 2019), que involucra lo económico, lo social y lo ambiental. En la misma línea, la planificación sostenible de los sistemas de producción agrícola es un problema complejo, por lo tanto, es tema de sistemas complejos (Talukder *et al.* 2020), que involucra múltiples factores y actores en las dimensiones económica, social, ambiental y cultural y a diferentes escalas y niveles de incertidumbre (Talukder *et al.* 2020; Bartzas & Komnitsas, 2020).

En cuanto a métodos de evaluación, los de escala de unidades productivas (granjas), han acuñado un número cada vez mayor de marcos de sostenibilidad, en desmedro de una escala mayor, con metodologías de evaluación, basadas en indicadores, en protocolos y en regulaciones (Bartzas & Komnitsas, 2020); sin embargo, la aplicación de estos métodos y herramientas de evaluación de sostenibilidad existentes y establecidos como SAFA, IDEA, MOTIFS, SMART, SAEMETH y RISE, requieren, en la mayoría de los casos, de un conjunto complejo de indicadores, que hace que la recopilación, el procesamiento y el análisis de datos sean costosos y lentos (Bartzas & Komnitsas, 2020) y no han logrado plasmar la integración de las dimensiones de sostenibilidad, por lo cual, se siguen actualizando y complementando (FAO, 2017). Además, al concepto de planificación sostenible del sistema productivo agrícola, se suman otros, como el concepto de intensificación agrícola sostenible y la agricultura climáticamente inteligente (Kanter *et al.* 2018), dificultando, aún más, la creación de marcos aceptables para la evaluación de la sostenibilidad agrícola, a nivel regional o en cualquier otra escala.

Ante esta realidad, en los últimos años, la “ordenación del territorio” o “spatial planning”, una disciplina científica, técnica administrativa y política, y la “prospectiva estratégica” o “strategic foresight”, disciplina con visión global, sistémica y abierta, que explica y gestiona la incertidumbre los futuros posibles y deseados (Godet & Durance, 2011; Gómez Orea & Gómez Villarino, 2013; Burt & Nair, 2020), han tomado relevancia para la comprensión de las dinámicas territoriales y la búsqueda del equilibrio y la cohesión territorial. Además, se observa la necesidad de una planificación que evalúe, de manera multidimensional, el posible impacto en el territorio de las políticas y los programas considerados en la planificación futura de los sistemas de producción agrícolas, pero en una dimensión en la que convergen todas las dimensiones relevantes, económicas, sociales, ambientales y culturales (Camagni, 2017); esto es, la evaluación de la cohesión territorial (Medeiros, 2017). Esta considera cuatro dimensiones: cohesión socioeconómica; sostenibilidad del medio ambiente; gobernanza / cooperación territorial; y policentricidad morfológica (Medeiros, 2016).

El presente documento tiene como objetivos: identificar los enfoques integrales existentes de evaluación de la sostenibilidad agrícola a escala regional y los avances en prospectiva estratégica, ordenación territorial y evaluaciones de impacto territorial en el contexto agrícola, junto con generar las bases para una nueva aproximación de la evaluación de la sostenibilidad del sistema agrícola, a escala regional y el desarrollo territorial que considere los avances identificados.

MATERIALES Y MÉTODOS

La metodología utilizada, se desarrolla en dos etapas: primero, se partió por una revisión panorámica de literatura (Guirao Goris, 2015), sobre prospectiva, prospectiva estratégica, planificación de escenarios en el ámbito territorial y agricultura. En segundo lugar, se realizó una revisión de literatura sistematizada (Guirao Goris, 2015), que consistió en el análisis de artículos académicos publicados

en revistas revisadas por pares, entre 2010 y 2020 y conferencias de importancia internacional, presentes en las siguientes bases de datos: Scopus y Science Direct. Para el logro de los objetivos, se consideró, fundamentalmente, el foco de la planificación integral u holística de evaluación de la sostenibilidad agrícola, a escala regional (por lo cual, se excluyeron las evaluaciones de cultivos específicos, empresas, rubros y/o granjas). Además, la revisión se complementa con otros documentos asociados, los cuales, prestan un apoyo fundamental en las ideas y objetivos de la revisión. Para la consecución de los objetivos, se utilizó un conjunto de parámetros de búsqueda para la revisión de la literatura (Tabla 1).

Los parámetros de búsqueda se aplicaron al título, el resumen y las palabras clave. Los artículos seleccionados se analizaron en ocho criterios de clasificación. El análisis descriptivo para cada grupo de categorías, se explica en detalle a continuación:

Tabla 1. Parámetros de búsqueda utilizados en las bases de datos Scopus y Science Direct.

Tema	Parámetros de búsqueda
1. Evaluación de la sostenibilidad agrícola	TITLE-ABS-KEY (“agricultural assessment” OR “agricultural planning” OR “agricultural sustainability assessment”) AND TITLE-ABS-KEY (sustainability)) AND PUBYEAR > 2009
2. Ordenación del territorio y evaluación de impacto territorial en la agricultura	(TITLE-ABS-KEY (“Spatial Planning” OR “Territorial Development” OR “Territorial Impact Assessment”) AND TITLE-ABS-KEY (“agricultural”) AND TITLE-ABS-KEY (“sustainability”)) AND PUBYEAR > 2009

1) Información general: En esta categoría, se presentan el título, el autor y el año de publicación; 2) Escala de decisión: de acuerdo con Gómez Orea & Gómez Villarino (2013), son seis niveles típicos que definen la jerarquía de los sistemas territoriales: supranacional, nacional, regional, subregional, local o municipal, nivel particular; 3) Enfoques: dimensiones de la sostenibilidad que aborda el modelo; ambiental, social, económico u otro más integral; 4) Evaluación de impactos territoriales: presencia/ausencia; 5) Co-creación participativa: presencia/ausencia; 6) Prospectiva estratégica (escenarios): presencia/ausencia; 7) Gestión: presencia/ausencia y 8) Uso de SIG: presencia/ausencia.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Revisión de literatura sistematizada, información recolectada. Un total de 81 artículos/documentos para el tema 1 y 112, para el 2, resultaron de los parámetros de búsqueda (Tabla 1); 27 estaban presentes en las dos bases de datos consultadas. Solo se consideraron los documentos que aportaban a las temáticas 1 y 2, a una escala regional o multiescalar; fueron 28 los artículos resultantes de la etapa de clasificación anterior.

Métodos/enfoques de la evaluación de la sostenibilidad agrícola a escala regional. Para la evaluación de la sostenibilidad agrícola, se han propuesto métodos de cuantificación bien establecidos e integrales; sin embargo, los estudios se han centrado únicamente

en evaluar la sostenibilidad ambiental en función de los impactos ambientales asociados a nivel de granja, en lugar de tener en cuenta las tres dimensiones de la sostenibilidad y una escala regional (Bartzas & Komnitsas, 2020); además, de acuerdo con la revisión realizada, aún no se consideran los desafíos integrales de cohesión territorial (Medeiros, 2017). A continuación, se presentan los métodos de evaluación de la sostenibilidad agrícola recopilados y clasificados, de acuerdo con factores de éxito que se están considerando, según los trabajos de Demblans *et al.* (2020), Soria-Lara & Banister (2017), Gómez Orea & Gómez Villarino (2013), Valenzuela Montes *et al.* (2012), entre otros. Cada uno de estos métodos de evaluación ha sido desarrollado pensando en la necesidad de una evaluación integral, pero dependiendo de las herramientas y la información disponible, cada uno ha puesto el foco en diferentes dimensiones, interacciones, o niveles de complejidad de la evaluación (Tabla 2). Además, se muestra una breve descripción de cada uno de estos métodos, indicando en algunos fortalezas y debilidades, que han sido planteadas por autores revisados:

A) **Marco de evaluación de la sostenibilidad agrícola que integra los objetivos de desarrollo sostenible y las prioridades interrelacionadas de las políticas medioambientales, climáticas y agrícolas** (Streimikis & Baležentis, 2020): propone un marco de evaluación de la sostenibilidad para la agricultura, para abordar las políticas de desarrollo sostenible, medioambientales, climáticas y agrícolas de forma armonizada para los Estados miembros de la UE.

Como debilidad, se puede mencionar que se encuentra basado en el contexto europeo. No se aprecia inclusión de TIA, Participación, Escenarios ni SIG. Se aprecia inclusión de Gestión y seguimientos de indicadores.

B) Análisis de Decisión de Criterios Múltiples – MCDA (Talukder *et al.* 2018): combina y agrega indicadores económicos, ambientales y sociales, con el fin de cuantificar la sustentabilidad, de una manera holística y priorizar el desempeño de sustentabilidad de los sistemas agrícolas, mediante la incorporación de los aportes de las partes interesadas en forma de ponderación. Como debilidad, plantea Talukder *et al.* (2020), que no brinda resultados / soluciones definitivas a los problemas, ya que los resultados consisten en compensaciones entre los objetivos: un área mejora, mientras

que otra, se deteriora. No se aprecia inclusión de TIA, Gestión ni Escenarios. Se aprecia inclusión de Participación y SIG.

C) Método basado en un conjunto de indicadores multiescala para evaluar la contribución de la agricultura al desarrollo sostenible de las regiones y su evolución en el tiempo (Chopin *et al.* 2017): comprende cinco pasos: i) la definición de varios objetivos de sustentabilidad, ii) la selección de indicadores, iii) una descripción de los cambios de escala, iv) la recopilación de datos que describen los sistemas de cultivo y ganadería y (v) la creación de una geodatabase de campos, que incluye las unidades espaciales a las que pertenecen. No se aprecia inclusión de Gestión ni Escenarios. Se aprecia inclusión de Participación, SIG y TIA.

Tabla 2. Métodos de evaluación de la sostenibilidad agrícola (escala regional) e información complementaria. Enfoque: A=Ambiental; S=Social; E=Económico; I=Institucional; G=Gobernabilidad.

Método y año	Enfoque	Estructura y escala de decisión	Temas evaluados
A 2020	A - S - E	Indicadores de la UE para monitorear ODS. Escala: Nacional, con posibilidad de adaptar a escala regional.	Principales ODS vinculados a la agricultura son el ODS 2 y el ODS 13.
B 2018	A - S - E	Examina el desempeño de un sistema en base a los 3 criterios de sustentabilidad para priorizar temas. Escala: Granja, regional y nacional.	i) Definir la sustentabilidad agrícola; (ii) identificar problemas e inquietudes sobre la sustentabilidad con base en la definición; (iii) identificar y categorizar indicadores; (iv) recopilar datos, calcular valores para indicadores y desarrollar indicadores compuestos; (v) aplicar procedimientos MCDA utilizando indicadores compuestos; y (vi) presentar resultados.
C 2017	A - S - E	Objetivos de sustentabilidad, indicadores, SIG, participación. Escala: Regional	Los resultantes del análisis de los responsables de la formulación de políticas a escala regional.
D 2020	A - S - E	Emplea una variedad de métodos, además del uso equilibrado de indicadores inteligentes, para observar las diferentes dimensiones de la sustentabilidad. Escala: Nacional, Regional, granjas.	Administración de recursos, residuos, conservación del suelo, biodiversidad, cambio climático. Salud y seguridad, condiciones laborales, educación y formación, derechos básicos y capital, cadenas de valor inclusivas. Medios de vida de los agricultores, riesgos y resiliencia, competitividad, administración/gestión, organización de productores.
E 2015	A - S - E y de decisión variable	Implica la partición de un conjunto de elementos en estudio en subconjuntos de acuerdo con las igualdades dentro de ellos, y una evaluación de las porciones superpuestas. Escala: Nacional, Regional.	Externalidades positivas de la agricultura, Externalidades negativas de la agricultura. Multifuncionalidad agrícola, Contribución de la agricultura al empleo. Rentabilidad agrícola, Contribución de la agricultura a la economía, Competitividad agrícola. Estado de las actividades agrarias.
F 2013	A - S - E - G	Es un marco general para evaluar la sustentabilidad de los sistemas alimentarios y agrícolas con un enfoque general. Escala: Plantilla aplicable a nivel mundial y en múltiples escalas.	Atmósfera, agua, tierra, materiales y energía, biodiversidad, bienestar animal, diversidad cultural, salud humana y seguridad, capital, derechos laborales, prácticas comerciales justas, medios de vida decentes, inversión, vulnerabilidad, calidad e información del producto, economía local, ética empresarial, responsabilidad, participación, estado de derecho, gestión holística.
G 2007	A - S - E	Principios, criterios e indicadores y valores de referencia. Escala: Parcela, granja, y un nivel espacial superior: paisaje región o estado.	(ambiental) aire, suelo, agua, energía, biodiversidad; (económica) Viabilidad; (social) seguridad e inocuidad alimentaria, calidad de vida, aceptabilidad social, aceptabilidad cultural.
H 2008	A - S - E - I	Marco basado en componentes. Escala: Amplia gama de escalas, así como algunas interacciones globales.	Actividades agrícolas terrestres y sus interacciones con el medio ambiente, la economía y el desarrollo rural.

D) Métodos COSA (2020): principios metodológicos compilados de los elementos más importantes de la Evaluación de Impacto y el Monitoreo del Desempeño, que son apoyados por el Comité de Evaluación de la Sustentabilidad (COSA por sus siglas en inglés). No se aprecia inclusión de Gestión ni Escenarios. Se aprecia inclusión de Participación, SIG y TIA.

E) Marco georreferenciado basado en la teoría de conjuntos aproximados (Demartini *et al.* 2015): implica la partición de un conjunto de elementos en estudio en subconjuntos, de acuerdo con las igualdades dentro de ellos y una evaluación de las porciones superpuestas (conjuntos aproximados), que representan las

inconsistencias de la base de datos. Si bien la teoría del conjunto aproximado proporciona resultados fáciles de leer, su aplicación en la ciencia agrícola parece limitada y heterogénea. Además, el método solo se puede ejecutar con unos pocos paquetes de software gratuitos (Demartini *et al.* 2015). No se aprecia inclusión de Gestión, Escenarios, Participación ni TIA. Se aprecia inclusión de SIG.

F) Evaluación de la sustentabilidad de los sistemas alimentarios y agrícolas - SAFA (Talukder *et al.* 2020; FAO, 2017): la FAO se ha cimentado en las iniciativas existentes para elaborar, en condiciones de competencia equitativas, un marco internacional

para la evaluación de la sostenibilidad de los sistemas agrícolas y alimentarios (SAFA). Después de cinco años de desarrollo participativo SAFA ha sido presentado a los países miembros de FAO, el 18 de octubre de 2013; las guías de SAFA, indicadores y herramientas, se pueden descargar gratuitamente desde la página web de FAO. Las Directrices SAFA proporcionan el protocolo para evaluar la sostenibilidad, mediante 21 temas y 58 subtemas. Como debilidad, plantea Talukder *et al.* (2020), que es un marco que “está en proceso de desarrollo y se ha aplicado en pocos estudios. No todos los indicadores son aceptables para todos los sistemas agrícolas del mundo”. No se aprecia inclusión de SIG ni TIA. Se aprecia inclusión de Gestión, Participación y Escenarios.

G) Marco de Evaluación de la Sostenibilidad de la Agricultura y el Medio Ambiente – SAFE (Van Cauwenbergh *et al.* 2007): un marco confiable y amplio de principios, criterios e indicadores y valores de referencia para la evaluación estructurada de la sostenibilidad. Identifica, desarrolla y evalúa los sistemas de producción, técnicas y políticas de la agricultura. Como deficiencia, Talukder *et al.* (2020) plantea que “no se pretende encontrar una solución común para la sostenibilidad en la agricultura en su conjunto. No mide la interacción de los tres pilares de la sostenibilidad”. No se aprecia inclusión de Gestión ni TIA. Se aprecia inclusión de Participación, SIG y Escenarios.

H) Evaluación integrada de sistemas agrícolas: un marco basado en componentes para la Unión Europea -SEAMLESS (Talukder *et al.* 2020; Van Ittersum *et al.* 2008): marco basado en componentes para sistemas agrícolas, que busca evaluar, ex ante, políticas y tecnologías agrícolas y agroambientales en una variedad de escalas, desde el campo hasta la región y la Unión Europea, así como algunas interacciones globales. Tiene como objetivo proporcionar capacidad analítica para evaluar la sostenibilidad de los sistemas agrícolas en la Unión Europea y las contribuciones de los sistemas agrícolas de la UE al desarrollo sostenible en general, incluidos algunos efectos en toda la cadena de producción (transporte, procesamiento y embalaje) y otros usos de la tierra. Como debilidad, plantea Talukder *et al.* (2020), que está basado en el contexto europeo. Se aprecia inclusión de Participación, SIG, Escenarios, Gestión y TIA.

Consideraciones generales de las revisiones. Nuevas oportunidades de investigación, que vinculan la sostenibilidad de los sistemas de producción agrícola y la ordenación del territorio, a nivel regional, son abordadas por diferentes autores (Gómez Orea & Gómez Villarino, 2013; Caldwell *et al.* 2020; Demblans *et al.* 2020), aprovechando una creciente variedad de fuentes de datos de detección remota, una gama cada vez mayor de datos de ciencias sociales georreferenciados, incluidos, los datos de dispositivos móviles y el acceso a una potente ciber-infraestructura informática (Kugler *et al.* 2019). Los métodos de mapeo participativo, comúnmente llamados sistemas de información geográfica de participación pública (PPGIS), SIG participativo (PGIS) e información geográfica voluntaria (VGI), se han utilizado cada vez más, para evaluar las oportunidades de conservación, basadas en las relaciones espaciales, entre los valores ecológicos, los valores sociales y preferencias del público por la gestión terrestre / marina

(Brown *et al.* 2019). Economistas, investigadores de salud pública, antropólogos, demógrafos y politólogos están cada vez más interesados, no solo en los lugares y tiempos de eventos específicos, sino también en los patrones y procesos espaciotemporales, que subyacen a una serie de eventos e interacciones relacionados (Kugler *et al.* 2019). Es así, como algunas técnicas se integran al análisis espacial de la planificación, como SOMERSET-P, método que integra el MCDA y GIS (Guay & Waaub, 2019). Estas técnicas son relevantes para ser consideradas, a futuro, en los métodos de evaluación de la sostenibilidad agrícola, a escala regional.

Además, se discute y se presenta, como esencial, la elaboración de escenarios estratégicos del sistema productivo agrícola, a nivel regional, de forma integrada, en la búsqueda de la cohesión territorial (Golobic & Marot, 2011), en un contexto de sostenibilidad, dado, por ejemplo, por la herramienta del Análisis del Ciclo de Vida o LCA, por sus siglas en inglés (Bartzas & Komnitsas, 2020; De Luca *et al.* 2017); enfoques participativos de evaluación, que busquen una visión común del sistema en estudio y permitan la co-creación de una planificación por etapas (Valenzuela Montes *et al.* 2012) y evaluaciones de impacto territorial, que evalúen los posibles impactos territoriales de los sistemas agrícolas (Chopin *et al.* 2017). Por lo cual, técnicas de evaluaciones de impacto territorial, como el TARGET_TIA (Medeiros, 2015), se están desarrollando y avanzado para proporcionar un análisis más eficiente y más amplio de los impactos territoriales evaluados del proyecto / programa / política, en los distintos sistemas. Coteur *et al.* (2018) recomiendan “organizar momentos de evaluación recurrentes para alinear las motivaciones y visiones dentro de las estructuras de gobernanza supra agrícola” y proponen que la investigación futura se debería centrar, aún más, en la “implementación de herramientas de evaluación “flexibles”, el papel de las partes interesadas, las estructuras de gobernanza existentes y el vínculo con las cuestiones estratégicas en juego”.

La prospectiva estratégica en la evaluación de la sostenibilidad del sistema agrícola regional: mejorando la exploración del futuro. Hasta ahora, planificando para el futuro o no, como seres humanos, el mundo no es sostenible, por tanto, es evidente que los planes de futuro necesitan ser modificados para reforzar el compromiso con las próximas generaciones y mostrar un mayor equilibrio entre las perspectivas económica, social y medioambiental (Dias *et al.* 2016). La prospectiva es una de las herramientas que facilita el acceso a la fase de planificación territorial, generando escenarios o modelizaciones de sistemas territoriales futuros, que se adoptan como referencias para definir la imagen objetivo o el sistema territorial de largo plazo (Abdoli *et al.* 2018; Gómez Orea & Gómez Villarino, 2013) y se convierte en estratégica, cuando se llevan las técnicas prospectivas a la toma de decisiones estratégicas, lo que, como concepto, es bastante nuevo (Iden *et al.* 2017). Existen diferentes características y tipologías de escuelas de prospectiva y elaboración de escenarios, según Bishop *et al.* (2007), Börjeson *et al.* (2006) y Bradfield *et al.* (2005) y todas ellas intentan apoyar a las organizaciones para generar prospectiva estratégica (Burt & Nair, 2020). Godet & Durance (2011) plantean que la prospectiva, como tal, se concentra en el “¿Qué puede ocurrir?” (P1), pero se

vuelve estratégica, cuando una organización o territorio se pregunta “¿Qué puedo hacer?” (P2). Después de haber respondido a esas dos preguntas, la estrategia parte del “¿Qué puedo hacer?” (P2) para hacerse otras dos preguntas: “¿Qué voy a hacer?” (P3) y “¿Cómo lo voy a hacer?” (P4). Es, entonces, que la prospectiva estratégica tiene un vínculo claro con la gestión estratégica y se debe entender como los procesos que ayudan a los tomadores de decisiones a trazar el curso de acción futuro de las empresas y los territorios (Godet & Durance, 2011; Iden *et al.* 2017). La prospectiva estratégica es una tarea de doble propósito que implica: 1) observar, percibir y capturar factores que, probablemente, induzcan cambios futuros y 2) lidiar con estos cambios decidiendo las respuestas organizacionales apropiadas (Iden *et al.* 2017; Astigarraga, 2016; Arias & Torres, 2016; Miklos & Arroyo, 2008).

De acuerdo con Bourgeois & Sette (2017), la prospectiva llevada al contexto de la alimentación y la agricultura enfrenta el doble desafío, de incluir a múltiples partes interesadas y lograr un

impacto significativo, concluyendo, que los problemas regionales o nacionales se exploran mejor con una combinación de previsión regional, nacional y local. En este sentido, el trabajo anticipatorio contribuiría, a nivel local y a los estudios de prospectiva, global, haciéndolos más viables, pero en lo específico de esta temática, surge la interrogante ¿Cómo puede aportar la prospectiva estratégica en la evaluación de la sostenibilidad del sistema agrícola a nivel regional? Para ello, es necesario comprender que la prospectiva estratégica busca el desarrollo de imágenes de futuros posibles y deseables, que se complementan con la discusión del “cómo se estructuran éstas” y cómo se “proponen caminos de cambio social en estas imágenes”, junto con proceder a un examen más detenido del significado del tiempo (Dias *et al.* 2016). Autores, como Soria-Lara *et al.* (2021), Soria-Lara & Banister (2017) y Dias *et al.* (2016) utilizan el método de escenarios, para visualizar futuros sustentables en alguna temática en particular, incorporando enfoques claves, como la participación de las partes interesadas, un diagnóstico estratégico y visualización de futuros de largo plazo, entre otros (Figura 1).

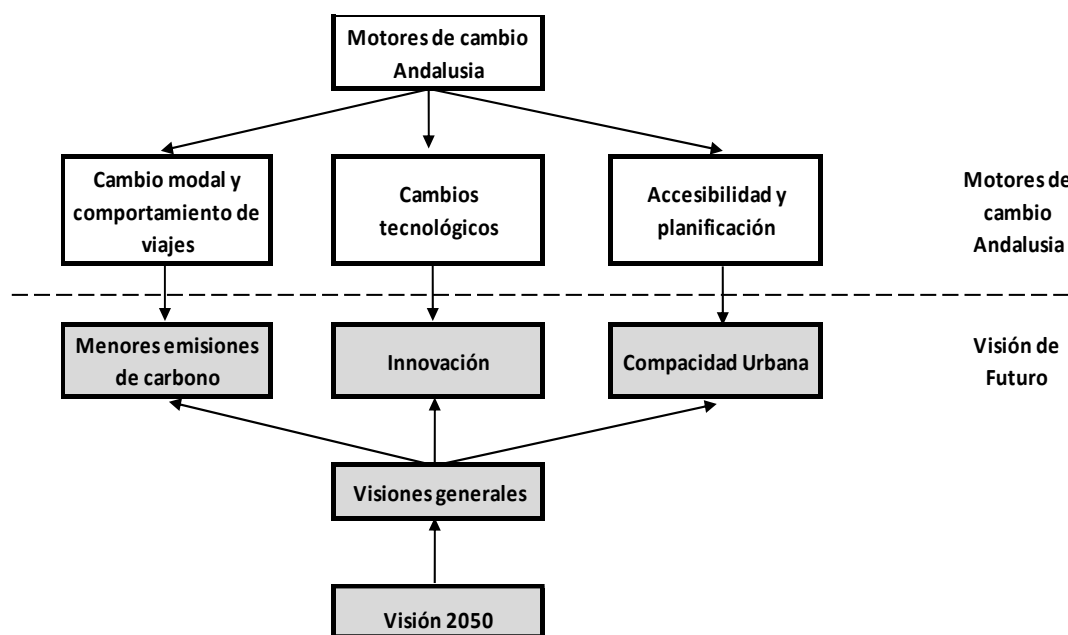


Figura 1. Esquema de visión de futuro para 2050. Adaptado de Soria-Lara & Banister (2017).

Ordenación del territorio y evaluaciones de impacto territorial: enfoques para integrar a las evaluaciones de la sostenibilidad agrícola y responder a los desafíos territoriales. El principal objetivo de la ordenación del territorio es asegurar que la utilización de los recursos de la tierra se planifique y gestione de manera organizada, para satisfacer las necesidades de la generación presente y futura (Susilowati *et al.* 2020). La ordenación territorial provee marcos de planificación integral, a nivel regional, como el realizado por Zheng *et al.* (2020), el cual, concluye que la exploración de los patrones de cambio de cobertura / uso de la tierra (LUCC) es un tema central para la gestión ambiental y la planificación regional, utilizando, a nivel regional, “índices de paisaje”, que utiliza para representar la morfología urbana, desde cuatro aspectos: fragmentación, complejidad, contigüidad y dispersión. Por su parte, Pezzagno *et al.* (2020) trabajan sobre la necesidad de una visión integrada, a nivel

regional, de la reducción de los Gases de Efecto Invernadero (GEI) y plantean un marco único para comprender mejor los fenómenos relacionados con la ordenación territorial y mejorar la Evaluación Ambiental Estratégica (EAE), a nivel local.

La ordenación territorial permite un trabajo en unidades integradoras, llamadas unidades homogéneas o ambientales, lo cual, tiene como objetivo final el desarrollo integral de las unidades territoriales a las que se aplica, entendido en términos de calidad de vida; se desarrolla el sistema territorial como un todo integrado y no de aspectos parciales de él, por importantes que sean (Gómez Orea & Gómez Villarino, 2013).

En cuanto al impacto en el territorio de los sistemas de producción, el uso de procedimientos de evaluación de impacto

territorial está ganando cada vez más relevancia en los procesos de evaluación de políticas de la Unión Europea (Medeiros, 2019). Estos procedimientos de evaluación de impacto multidimensional y multivectorial van más allá de los procedimientos comunes de evaluación de políticas socioeconómicas y ambientales, al incluir elementos relacionados con la gobernanza territorial y la planificación espacial (Medeiros, 2017). Uno de los enfoques de evaluación emergentes más recientes es la evaluación de impacto territorial (TIA). Este, se concibe como una evaluación estratégica de las políticas sectoriales que, además, mejora su coherencia con los objetivos de cohesión territorial (Medeiros, 2015; Golobic & Marot, 2011).

Así también, se podría entender como una nueva adición a una amplia gama de herramientas de evaluación de impacto que se han aplicado desde la década de 1970, promoviendo que el desarrollo territorial se deba entender de una manera más compleja (Nosek, 2019). Autores, como Nosek, (2019) y Medeiros (2017) destacan que el desarrollo territorial debe seguir cinco objetivos principales: competitividad económica, cohesión social, sostenibilidad ambiental, procesos sólidos de gobernanza territorial y procesos eficientes de planificación espacial o articulación territorial, los que son abarcados por TIA. En términos generales, la metodología de TIA complementa a la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) y la Evaluación Ambiental Estratégica (EAE) u otras herramientas de evaluación de impacto, pero la diferencia radica en que ésta es más holística y también tiene en cuenta los acuerdos de gobernanza (Nosek, 2019).

Generando las bases para una aproximación de la evaluación de la sostenibilidad del sistema agrícola, a nivel regional y el desarrollo territorial. Una aproximación de la evaluación de la sostenibilidad del sistema agrícola, a nivel regional, es proporcionada por Zulfiqar & Thapa (2017), los cuales, desarrollan un marco de evaluaciones provinciales con indicadores en las tres dimensiones clásicas de la sostenibilidad. El marco revisado tiene como principal debilidad, el basarse, en gran medida, en datos secundarios, obtenidos de informes gubernamentales, encuestas y planes de desarrollo periódicos. Con base en este marco, se hace la propuesta actual, integrando las principales herramientas revisadas en el documento (Figura 2). Los efectos positivos y negativos (Paso 1), que se establecen en este marco estratégico regional, serían los lineamientos estratégicos claves, que deberían guiar a los tomadores de decisiones del gobierno regional-local; estos lineamientos, se construirían con base en un diagnóstico estratégico sobre unidades homogéneas o ambientales del territorio regional (Paso 2), lo cual, permitiría dirigir políticas regionales agrícolas eficientes, basadas en estas unidades integradoras. Además, se debe realizar un análisis estructural (Godet & Durance, 2011), del sistema agrícola regional en el contexto del sistema territorial, en el que está inmerso, incorporando una planificación de escenarios exploratorios y normativos sobre las variables claves

detectadas en este análisis estructural. Estos deben fomentar el aprendizaje colectivo y la co-creación de la imagen objetivo del sistema territorial, para lo cual, se deben realizar capacitaciones e incluir las partes interesadas, en todo momento. Por último (Paso 3), esta evaluación debe considerar el impacto territorial, que provocaría desarrollar estos lineamientos estratégicos sobre el sistema agrícola y la región.

Un aporte significativo lo plantean Golobic & Marot (2011), quienes proponen el diagrama de Venn (Figura 3), para representar la evaluación de TIA, que permite la representación de los elementos de sostenibilidad superpuestos. Esta evaluación de la cohesión territorial involucra, por tanto, la evaluación de las medidas propuestas por los tomadores de decisiones, de acuerdo con el análisis estructural (situación actual), efectos negativos y positivos e intervenciones propuestas en términos de su contribución a los diferentes objetivos territoriales (del sistema territorial) y la comprensión de las consecuencias esperadas en contextos de las unidades homogéneas evaluadas.

Conclusiones y recomendaciones. En síntesis, la planificación sostenible de los sistemas de producción agrícola a escala regional, deben incluir entre otros: la obtención de rendimientos máximos sostenibles, una visión basada en el interés común, procesos de involucramiento de las partes interesadas, el impacto territorial de las estrategias particulares y políticas gubernamentales, las estrategias para la mantención de la resiliencia del sistema, la integración sostenible de capitales (humanos, sociales, financieros y físicos), la mezcla de puntos de vista interdisciplinarios y un enfoque multi-escala (temporal y espacial).

Por su parte, los métodos de evaluación participativos, efectivos e integrales pueden reconciliar los conceptos complejos involucrados en la interpretación y planificación de la sostenibilidad agrícola y su aporte al desarrollo territorial, a diferentes escalas, desde la local hasta la global, de una manera que se fomente una mayor atención a la resiliencia social, ecológica y económica y la buena gobernanza en los sistemas agrícolas. Su revisión plantea la necesidad de formular políticas pensadas en los diferentes niveles del sistema territorial, en donde se tengan en cuenta las diversas condiciones agroecológicas/ endógenas de cada territorio y los factores que empujan hacia la insostenibilidad ambiental, económica, social y cultural de la agricultura.

Los escasos estudios que se han realizado basándose en una planificación holística del territorio, a nivel regional, que integre varias escalas y que apoye de manera “sencilla” o rápida a los tomadores de decisiones, se constituye en una necesidad de primera importancia. El estudio actual tiene limitaciones, ya que el marco de evaluación de la sostenibilidad agrícola desarrollado no se aplicó empíricamente y no se desarrolló el estudio de caso.

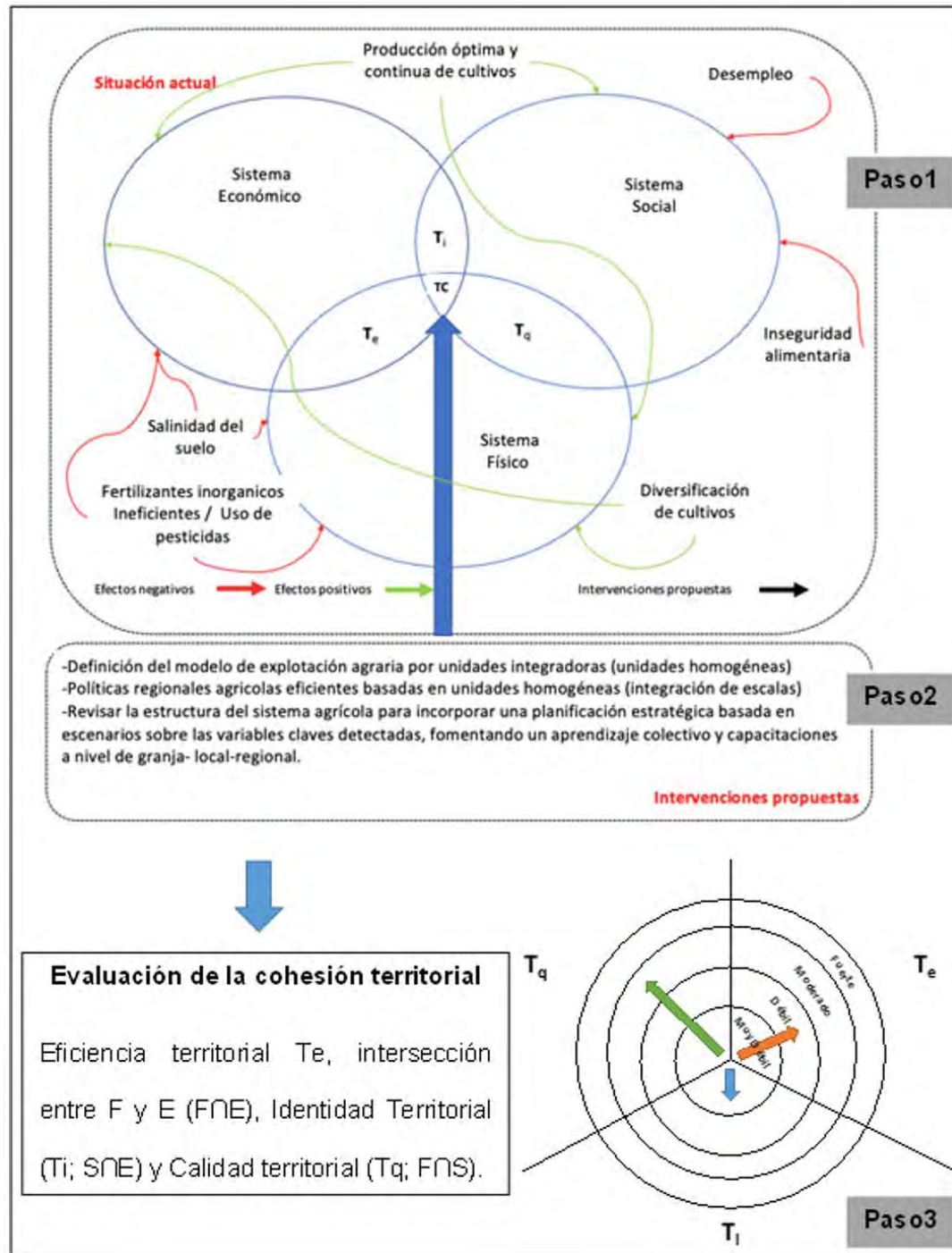


Figura 2. Marco esquemático propuesto de la sostenibilidad agrícola nivel regional. Adaptado de Golobic & Marot (2011), Zulfiqar & Thapa (2017) y Talukder *et al.* (2020).

Finalmente, el uso de la prospectiva estratégica en el sistema productivo agrícola, a nivel regional, se presenta como una nueva línea de trabajo para avanzar en una herramienta holística e integradora en la planificación y gestión estratégica de estos sistemas. Además, se releva en el corto y largo plazo el enfoque participativo, cuestión esencial, que consigue empoderar las diferentes partes interesadas, cuyos conocimientos y experiencias son elementos

claves para el sistema territorial. Las futuras directrices de esta investigación están vinculadas, principalmente, a la aplicación empírica del marco de evaluación de la sostenibilidad agrícola, a escala regional desarrollado.

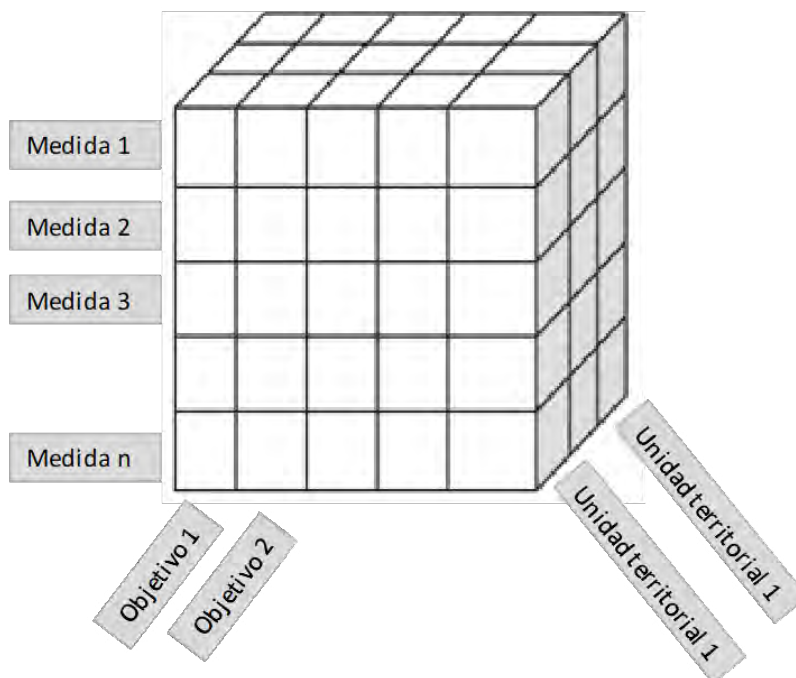


Figura 2. Marco esquemático propuesto de la sostenibilidad agrícola nivel regional. Adaptado de Golobic & Marot (2011), Zulfiqar & Thapa (2017) y Talukder *et al.* (2020).

Agradecimientos. Los autores agradecen a “Convenio de desempeño interno becario programa de Doctorado en Ciencias Agropecuarias” de la Universidad Católica de Temuco, Chile, por su colaboración y apoyo en la formación de posgrado.

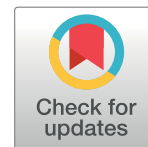
REFERENCIAS

1. ABDOLI, S.; HABIB, F.; BABAZADEH, M. 2018. Making spatial development scenario for south of Bushehr province, Iran, based on strategic foresight. *Environment, Development and Sustainability*. 20:1293-1309. <https://doi.org/10.1007/s10668-017-9940-x>
2. ARIAS, E.; TORRES, M.F. 2016. Guía Metodológica-Fase de análisis prospectivo para sectores. Centro Nacional Planeamiento estratégico. 94p.
3. ASTIGARRAGA, E. 2016. Prospectiva estratégica: orígenes, conceptos clave e introducción a su práctica. *Rev. Centroam. Adm. Pública*. 71:13-29.
4. BARREZUETA UNDA, S. 2015. Introducción a la sostenibilidad agraria: con enfoque de sistemas e indicadores. Universidad Técnica de Machala (Machala, Ecuador). 79p.
5. BARTZAS, G.; KOMNITSAS, K. 2020. An integrated multi-criteria analysis for assessing sustainability of agricultural production at regional level. *Information Processing in Agriculture*. 7(2):223-232. <https://doi.org/10.1016/j.inpa.2019.09.005>
6. BISHOP, P.; HINES, A.; COLLINS, T. 2007. The current state of scenario development: an overview of techniques. *Foresight*. 9(1):5-25. <https://doi.org/10.1108/14636680710727516>
7. BÖRJESON, L.; HÖJER, M.; DREBORG, K.-H.; EKVALL, T.; FINNVEDEN, G. 2006. Scenario types and techniques: Towards a user's guide. *Futures*. 38(7):723-739. <https://doi.org/10.1016/j.futures.2005.12.002>
8. BOURGEOIS, R.; SETTE, C. 2017. The state of foresight in food and agriculture: Challenges for impact and participation. *Futures*. 93:115-131. <https://doi.org/10.1016/j.futures.2017.05.004>
9. BRADFIELD, R.; WRIGHT, G.; BURT, G.; CAIRNS, G.; VAN DER HEIJDEN, K. 2005. The origins and evolution of scenario techniques in long range business planning. *Futures*. 37(8):795-812. <https://doi.org/10.1016/j.futures.2005.01.003>
10. BROWN, G.; MCALPINE, C.; RHODES, J.; LUNNEY, D.; GOLDINGAY, R.; FIELDING, K.; HETHERINGTON, S.; HOPKINS, M.; MANNING, C.; WOOD, M.; BRACE, A.; VASS, L.; SWANKIE, L. 2019. Integration of social spatial data to assess conservation opportunities and priorities. *Biological Conservation*. 236:452-463. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.06.002>

11. BURT, G.; NAIR, A.K. 2020. Rigidities of imagination in scenario planning: Strategic foresight through 'Unlearning'. *Technological Forecasting and Social Change*. 153:119927. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.119927>
12. CALDWELL, W.; ZINK, R.; EPP, S.; GESCHIERE, E. 2020. Food production systems, policies and rural planning: contributions to sustainability and environmental impact. WIT Press. 254:51-59. <https://doi.org/10.2495/EID200061>
13. CAMAGNI, R. 2017. Territorial Impact Assessment (TIA): A Methodological Proposal. En: Capello, R. (Ed.). *Seminal Studies in Regional and Urban Economics*. Springer. p.399-410. https://doi.org/10.1007/978-3-319-57807-1_20
14. CHOPIN, P.; BLAZY, J.-M.; GUINDÉ, L.; TOURNEBIZE, R.; DORÉ, T. 2017. A novel approach for assessing the contribution of agricultural systems to the sustainable development of regions with multi-scale indicators: Application to Guadeloupe. *Land Use Policy*. 62:132-142. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2016.12.021>
15. COMMITTEE ON SUSTAINABILITY ASSESSMENT, COSA. 2020. COSA Methods. Concise introduction to the methodological principles. 14p. Disponible desde Internet en: <https://thecosa.org/wp-content/uploads/2014/03/COSA-Methods-20141031.pdf>
16. COTEUR, I.; MARCHAND, F.; DEBRUYNE, L.; DALEMANS, F.; LAUWERS, L. 2018. Participatory tuning agricultural sustainability assessment tools to Flemish farmer and sector needs. *Environmental Impact Assessment Review*. 69:70-81. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2017.12.003>
17. DE LUCA, A.I.; IOFRIDA, N.; LESKINEN, P.; STILLITANO, T.; FALCONE, G.; STRANO, A.; GULISANO, G. 2017. Life cycle tools combined with multi-criteria and participatory methods for agricultural sustainability: Insights from a systematic and critical review. *Science of The Total Environment*. 595:352-370. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.03.284>
18. DEMARTINI, E.; GAVIGLIO, A.; BERTONI, D. 2015. Integrating agricultural sustainability into policy planning: A geo-referenced framework based on Rough Set theory. *Environmental Science & Policy*. 54:226-239. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2015.07.006>
19. DEMBLANS, A.; PALAZUELOS MARTÍNEZ, M.; LAVALLE, C. 2020. Chapter 19 - place-based solutions to territorial challenges: how policy and research can support successful ecosystems. En: Šucha, V.; Sienkiewicz, M. (Eds.). *Science for Policy Handbook*. Elsevier. p.224-238. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822596-7.00019-X>
20. DIAS, M.A. DE P.; VIANNA, J.N. DE S.; FELBY, C. 2016. Sustainability in the prospective scenarios methods: A case study of scenarios for biodiesel industry in Brazil, for 2030. *Futures*. 82:1-14. <https://doi.org/10.1016/j.futures.2016.06.005>
21. GODET, M.; DURANCE, P. 2011. *La prospective stratégique*. 2d ed. Dunod. 222p. <https://doi.org/10.3917/dunod.godet.2011.01>
22. GOLOBIC, M.; MAROT, N. 2011. Territorial impact assessment: Integrating territorial aspects in sectoral policies. *Evaluation and Program Planning*. 34(3):163-173. <https://doi.org/10.1016/j.evalprogplan.2011.02.009>
23. GÓMEZ OREA, D.; GÓMEZ VILLARINO, A. 2013. *Ordenación territorial*. 3ra ed. Mundi-Prensa. 544p.
24. GUAY, J.-F.; WAAUB, J.-P. 2019. SOMERSET-P: A GIS-based/MCDA platform for strategic planning scenarios' ranking and decision-making in conflictual socioecosystem. *EURO Journal on Decision Processes*. 7(3-4):301-325. <https://doi.org/10.1007/s40070-019-00106-4>
25. GUIRAO GORIS, S.J.A. 2015. Utilidad y tipos de revisión de literatura. *Ene*. 9(2). <https://dx.doi.org/10.4321/S1988-348X2015000200002>
26. IDEN, J.; METHLIE, L.B.; CHRISTENSEN, G.E. 2017. The nature of strategic foresight research: A systematic literature review. *Technological Forecasting and Social Change*. 116:87-97. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2016.11.002>
27. KANTER, D.R.; MUSUMBA, M.; WOOD, S.L.R.; PALM, C.; ANTLE, J.; BALVANERA, P.; DALE, V.H.; HAVLIK, P.; KLINE, K.L.; SCHOLLES, R.J.; THORNTON, P.; TITTONELL, P.; ANDELMAN, S. 2018. Evaluating agricultural trade-offs in the age of sustainable development. *Agricultural Systems*. 163:73-88. <https://doi.org/10.1016/j.agry.2016.09.010>
28. KUGLER, T.A.; GRACE, K.; WRATHALL, D.J.; DE SHERBININ, A.; VAN RIPER, D.; AUBRECHT, C.; COMER, D.; ADAMO, S.B.; CERVONE, G.; ENGSTROM, R.; HULTQUIST, C.; GAUGHAN, A.E.; LINARD, C.; MORAN, E.; STEVENS, F.; TATEM, A.J.; TELLMAN, B.; VAN DEN HOEK, J. 2019. People and Pixels 20 years later: the current data landscape and research trends blending population and environmental data. *Population and Environment*. 41(2):209-234. <https://doi.org/10.1007/s11111-019-00326-5>
29. LAMPRIIDI, M.G.; SØRENSEN, C.G.; BOCHTIS, D. 2019. Agricultural sustainability: a review of concepts and methods. *Sustainability*. 11(18):5120. <https://doi.org/10.3390/su11185120>

30. MEDEIROS, E. 2015. Territorial impact assessment and cross-border cooperation. *Regional Studies, Regional Science*. 2(1):97-115.
<https://doi.org/10.1080/21681376.2014.999108>
31. MEDEIROS, E. 2016. Territorial Cohesion: An EU concept. *European Journal of Spatial Development*. 60:1-30.
32. MEDEIROS, E. 2017. Cross-border cooperation in inner Scandinavia: A territorial impact assessment. *Environmental Impact Assessment Review*. 62:147-157.
<https://doi.org/10.1016/j.eiar.2016.09.003>
33. MEDEIROS, E. 2019. Spatial planning, territorial development, and territorial impact assessment. *Journal of Planning Literature*. 34(2):171-182.
<https://doi.org/10.1177/0885412219831375>
34. MIKLOS, T.; ARROYO, M. 2008. Prospectiva y escenarios para el cambio social. 28p.
35. NOSEK, Š. 2019. Territorial Impact Assessment – European context and the case of Czechia. *AUC GEOGRAPHICA*. 54(2):117-128.
<https://doi.org/10.14712/23361980.2019.12>
36. ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS, ONU. 2002. Declaración de Johannesburgo sobre el Desarrollo Sostenible. Disponible desde Internet en:
https://www.un.org/spanish/esa/sustdev/WSSDsp_PD.htm
37. ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN, FAO. 1996. Declaración de Roma sobre la Seguridad Alimentaria Mundial. Cumbre Mundial sobre la Alimentación. Disponible desde Internet en:
<https://www.fao.org/3/w3613s/w3613s00.htm#:~:text=La%20Declaraci%C3%B3n%20de%20Roma%20sobre,%2C%20nacional%2C%20regional%20y%20mundial>
38. ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN, FAO. 2017. Evaluación de la sostenibilidad para la agricultura y la alimentación (SAFA). Vías de la Sostenibilidad. Disponible desde Internet en:
<http://www.fao.org/nr/sustainability/evaluaciones-de-la-sostenibilidad-safa/es/>
39. PEZZAGNO, M.; RICHIEDEI, A.; TIRA, M. 2020. Spatial planning policy for sustainability: analysis connecting land use and GHG emission in rural areas. *Sustainability*. 12(3):947.
<https://doi.org/10.3390/su12030947>
40. SORIA-LARA, J.A.; ARIZA-ÁLVAREZ, A.; AGUILERA-BENAVENTE, F.; CASCAJO, R.; ARCE-RUIZ, R.M.; LÓPEZ, C.; GÓMEZ-DELGADO, M. 2021. Participatory visioning for building disruptive future scenarios for transport and land use planning. *Journal of Transport Geography*. 90:102907.
<https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2020.102907>
41. SORIA-LARA, J.A.; BANISTER, D. 2017. Participatory visioning in transport backcasting studies: Methodological lessons from Andalusia (Spain). *Journal of Transport Geography*. 58:113-126.
<https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2016.11.012>
42. STREIMIKIS, J.; BALEŽENTIS, T. 2020. Agricultural sustainability assessment framework integrating sustainable development goals and interlinked priorities of environmental, climate and agriculture policies. *Sustainable Development*. 28(6):1702-1712.
<https://doi.org/10.1002/sd.2118>
43. SUSILOWATI, Y.; KUMORO, Y.; NUR, W.H. 2020. Integrated water quality modelling for spatial planning. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 483:012041.
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/483/1/012041>
44. TALUKDER, B.; BLAY-PALMER, A.; VANLOON, G.W.; HIPEL, K.W. 2020. Towards complexity of agricultural sustainability assessment: Main issues and concerns. *Environmental and Sustainability Indicators*. 6:100038.
<https://doi.org/10.1016/j.indic.2020.100038>
45. TALUKDER, B.; HIPEL, K.W. 2018. The PROMETHEE framework for comparing the sustainability of agricultural systems. *Resources*. 7(4):74.
<https://doi.org/10.3390/resources7040074>
46. TALUKDER, B.; HIPEL, K.W.; VANLOON, G.W. 2018. Using multi-criteria decision analysis for assessing sustainability of agricultural systems. *Sustainable Development*. 26(6):781-799.
<https://doi.org/10.1002/sd.1848>
47. VALENZUELA MONTES, L.M.; SORIA LARA, J.A.; AGUILERA BENAVENTE, F. 2012. El distanciamiento entre plan y territorio: diagnóstico conceptual y renovación instrumental. *Ciudades*. 15:68-88.
<https://doi.org/10.24197/ciudades.15.2012.65-88>
48. VAN CAUWENBERGH, N.; BIALA, K.; BIELDERS, C.; BROUCKAERT, V.; FRANCHOIS, L.; GARCIA CIUDAD, V.; HERMY, M.; MATHIJS, E.; MUYS, B.; REIJNDERS, J.; SAUVENIER, X.; VALCKX, J.; VANCLOOSTER, M.; VAN DER VEKEN, B.; WAUTERS, E.; PEETERS, A. 2007. SAFE—A hierarchical framework for assessing the sustainability of agricultural systems. *Agriculture*,

- Ecosystems & Environment. 120(2-4):229-242.
<https://doi.org/10.1016/j.agee.2006.09.006>
49. VAN ITTERSUM, M.K.; EWERT, F.; HECKELEI, T.; WERY, J.; ALKAN OLSSON, J.; ANDERSEN, E.; BEZLEPKINA, I.; BROUWER, F.; DONATELLI, M.; FLICHTMAN, G.; OLSSON, L.; RIZZOLI, A.E.; VAN DER WAL, T.; WIEN, J.E.; WOLF, J. 2008. Integrated assessment of agricultural systems – A component-based framework for the European Union (SEAMLESS). *Agricultural Systems*. 96(1-3):150-165.
<https://doi.org/10.1016/j.agsy.2007.07.009>
50. WALKER, E.W.; HAASNOOT, M.; KWAKKEL, J.H. 2013. Adapt or perish: a review of planning approaches for adaptation under deep uncertainty. *Sustainability*. 5(3):955-979.
<https://doi.org/10.3390/su5030955>
51. ZHENG, D.; ZHANG, G.; SHAN, H.; TU, Q.; WU, H.; LI, S. 2020. Spatio-Temporal evolution of urban morphology in the yangtze river middle reaches megalopolis, China. *Sustainability*. 12(5):1738.
<https://doi.org/10.3390/su12051738>
52. ZULFIQAR, F.; THAPA, G.B. 2017. Agricultural sustainability assessment at provincial level in Pakistan. *Land Use Policy*. 68:492-502.
<https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2017.08.016>



Beneficios ambientales del reciclaje de residuos plásticos posconsumo para la producción de postes en Mendoza, Argentina

Environmental benefits of recycling: A case study on post-consumer plastic waste to produce poles in Mendoza, Argentina

Fernando Arce-Bastias^{1,2*} 

¹Universidad Tecnológica Nacional, Grupo CLIOPE, Facultad Regional Mendoza. Mendoza, Argentina; e-mail: farcebastias@mendoza-conicet.gob.ar

²Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, CONICET, Argentina.

*autor de correspondencia: farcebastias@mendoza-conicet.gob.ar

Cómo citar: Arce-Bastias, F. 2022. Beneficios ambientales del reciclaje de residuos plásticos posconsumo para la producción de postes en Mendoza, Argentina. Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 25(Supl.1):e2145. <http://doi.org/10.31910/rudca.v25.nSupl.1.2022.2145>

Artículo de acceso abierto publicado por Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica, bajo una Licencia Creative Commons CC BY-NC 4.0

Publicación oficial de la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A, Institución de Educación Superior Acreditada de Alta Calidad por el Ministerio de Educación Nacional.

Recibido: noviembre 4 de 2021

Aceptado: mayo 8 de 2022

Editado por: Raquel Rojas Rodríguez

RESUMEN

Argentina, se encuentra entre los países de Latinoamérica con el mayor consumo de plásticos por habitante, con un valor de 42 kg, por año. El reciclaje mecánico de plástico, se presenta como una estrategia para recuperar los residuos y, de esta manera, evitar el uso de materia prima virgen, contribuyendo en la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. El objetivo de este trabajo es evaluar el desempeño ambiental del reciclaje de plástico para la elaboración de postes en Mendoza, Argentina. En la evaluación, se utilizó el indicador tasa de beneficio de la reciclabilidad, adaptado para ciclo abierto y para su cálculo, se utilizaron los resultados del análisis de ciclo de vida de dos escenarios (vertedero y reciclaje). El valor del indicador resultó, para este caso de estudio, en 22 %. Este resultado positivo indica un ahorro ambiental de reciclar residuos plásticos posconsumo con respecto a la producción del producto, a partir de materia prima virgen (madera) y la disposición final de los residuos plásticos en el vertedero. Posteriormente, se realizó un análisis de sensibilidad, para el parámetro del indicador que considera la vida útil de los productos y los resultados mostraron la necesidad de evitar su suposición, mediante su correcta determinación, con base a aspectos técnicos, económicos o de la calidad.

Palabras claves: Análisis de ciclo de vida; Economía circular; Ciclo abierto; Reciclaje; Residuos plásticos.

ABSTRACT

Argentina is one of the largest consumers of plastic materials in Latin America; the average consumption is 42 kg per capita per year. Mechanical recycling of plastics is a process for recovering plastic materials, and this practice produces recycled plastics substituting virgin materials. Substituting virgin materials with recycling plastics is a common practice that contributes to reducing greenhouse gas emissions. This work aims to assess the environmental performance of a case study on plastic waste recycling in Mendoza, Argentina. We applied the open-loop recyclability benefit rate indicator in the plastic waste treatment, which is based on an LCA approach. The indicator results in 22 %, this result indicates a potential environmental saving related to the recycling of the post-consumer plastic waste compared to the production of virgin material (wood) and landfilling of waste in terms of GHG emissions. Furthermore, a sensitivity analysis was performed to study the effect of the parameter that considers the lifetime of the products. There is a need to account for the lifetime of the product made from recycled material and the one made from virgin material. The accounting could be determined based on economic aspects, technical aspects, or material quality.

Keywords: Life cycle assessment; Recycling; Circular Economy; Open-loop; Plastic waste.

INTRODUCCIÓN

En contraposición al modelo económico actual denominado “economía lineal”, la Economía Circular (EC) propone un enfoque más amplio y completo del ciclo de vida de cualquier proceso y de su interacción con el medio (Ghisellini *et al.* 2016). Aunque no hay un concepto de EC ampliamente aceptado por la comunidad científica, Kirchherr *et al.* (2017) propusieron la siguiente definición:

Una EC describe un sistema económico que sustituye al concepto de fin de vida por el de reducir, reusar, reciclar y recuperar materiales en los procesos de producción/distribución y consumo. Funciona a nivel micro (productos, empresas, consumidores), meso (Parques Eco-Industriales) y macro (ciudad, región, nación y más allá), con el objetivo de lograr un desarrollo sostenible, creando así, simultáneamente, calidad ambiental, prosperidad económica y equidad social, en beneficio de las generaciones actuales y futuras.

Varios autores han reportado beneficios ambientales de la EC; por ejemplo, la simbiosis industrial de Kalundborg, Dinamarca, ha logrado reducir 635.000 toneladas de emisiones de CO₂ y disminuir el consumo de 87.000 toneladas de materiales, como etanol, cenizas, yeso, azufre y arena (Danielsson *et al.* 2018). Glogic *et al.* (2021) mostraron otro caso de éxito de la EC en la producción de pilas, en el cual, evaluaron la aplicación de tres estrategias (incrementar la utilidad del producto, el reciclaje posterior y el contenido de reciclaje), con el objetivo de incrementar la circularidad; sus resultados mostraron beneficios ambientales en los tres escenarios. Por otro lado, Huysman *et al.* (2015) analizaron el reciclaje de residuos plásticos y reportaron mayores ahorros en el uso de recursos comparado con la incineración y la disposición final.

Por otro lado, Cullen (2017) y Zink & Geyer (2017) cuestionan la EC y plantean que es una idea utópica. Para los materiales y los procesos reales, cada ciclo cerrado crea disipación y entropía, que se pueden atribuir a pérdidas en cantidad (pérdidas de material físico) y en calidad (degradación), por lo que resulta imposible cambiar hacia una economía con ciclo de materiales completamente cerrados y en los que los productos se reciclan indefinidamente, sin ningún aporte de recursos no renovables (Cullen, 2017). Además, algunos autores piensan que la EC podría producir un “efecto rebote” en el desempeño ambiental (Zink & Geyer, 2017); por ejemplo, Rodríguez *et al.* (2019) evaluaron un sistema que vincula una instalación de harina de pescado con una planta de microalgas, en la que los gases de combustión sustituyen al CO₂ puro. Los autores mostraron que, cuando la electricidad suministrada presentaba una alta contribución (mayor al 9 %) de combustibles fósiles, no se consiguió una reducción neta de las emisiones de GEI en este sistema circular.

Una de las claves para la transición hacia la EC es mejorar el desempeño de los materiales que se utilizan, entre ellos, cabe destacar la importancia que tiene el plástico en los distintos sistemas productivos. Entre los beneficios que tiene el plástico, se destacan su peso liviano, que facilita el transporte y permite conservar alimentos, reduciendo las pérdidas. Según datos del 2019, el consumo de plástico en Argentina fue de 42 kg por habitante por

año; este valor es uno de los más altos de Latinoamérica (Sbarbati Nudelman, 2020). En el área Metropolitana de Mendoza, se generan 1.078 toneladas por día de residuos sólidos urbanos y el 10 % está compuesto por plásticos (Bobillo & Santonato, 2017). Debido a las falencias en el tratamiento de los residuos en Argentina, el destino final de los residuos plásticos domiciliarios suele ser los basurales a cielo abierto.

El reciclado mecánico de plástico es uno de los procesos más utilizados para recuperar los residuos plásticos y utilizarlos en la fabricación de nueva materia prima (Davidson *et al.* 2021). Khoo (2019) reportó una eficiencia del proceso de 87,8 %, para el caso del polietileno, es decir, 0,878 kg de plástico reciclado se obtienen por cada kg de residuo previamente clasificado, mientras que, Seigné-Itoiz *et al.* (2015) consideraron en su trabajo, una eficiencia material del 85 %. En Argentina, se estima que se están reciclando 232.900 toneladas por año; este valor representa el 13 % del total de plástico que se consume, según datos de 2019 (Sbarbati Nudelman, 2020). El reciclaje de plástico es una estrategia que puede producir dos beneficios: reducir la cantidad de residuos plásticos que se disponen en vertedero y basurales a cielo abierto, al mismo tiempo, que se mitiga las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Además, el uso de residuos plásticos para la fabricación de productos evita el uso de materia prima virgen y esto contribuye en la reducción de emisiones de GEI (Liu *et al.* 2018). Seigné-Itoiz *et al.* (2015) reportaron, para España, una reducción de las emisiones de GEI de 620 kg de CO₂ por cada tonelada de residuo plástico que se recicla. Es por eso, que el Análisis de Ciclo de Vida (ACV) es una herramienta fundamental para evaluar el impacto y los beneficios asociados con el reciclaje de residuos plásticos y para compararlo con estrategias alternativas (Gu *et al.* 2017).

El objetivo de este trabajo es evaluar el desempeño ambiental de la producción de postes a partir de residuos plásticos posconsumo, los cuales, son utilizados en el emparrado de viñedos. Este producto es de relevancia, debido a que la provincia de Mendoza (Argentina) posee grandes superficies de cultivo de vid, que supone una alta demanda de postes para su emparrado. La utilización de postes reciclados permitiría reemplazar a los postes de madera por un producto elaborado a partir de residuos plásticos que, tradicionalmente, son descartados. Algunos autores han estudiado la factibilidad de la aplicación de esta tecnología en Colombia (Sora Camargo, 2020; Toro Ortiz & Porras Hernandez, 2018) y en Ecuador (Torres Caiza, 2017).

En la evaluación, se utiliza el indicador Tasa de Beneficio de la Reciclabilidad (RBR, por sus siglas en inglés), adaptado al reciclaje de ciclo abierto, el cual, utiliza, como datos de entrada, los resultados del ACV, aplicado a dos escenarios: vertedero y reciclaje. Esta investigación contribuye a la evaluación del potencial de un caso específico de EC, además, aporta al bagaje de información de datos sobre el consumo de recursos y emisiones de productos y residuos en el campo de la sustentabilidad industrial.

MATERIALES Y MÉTODOS

En la tabla 1, se explican, de manera sucinta, las etapas llevadas a cabo en este trabajo. Metodológicamente, se acudió a la investigación de tipo cuantitativa, la cual, se describe con mayor detalle en las siguientes secciones.

Descripción del caso de estudio. La empresa Madera Plástica Mendoza (MPM) transforma el residuo plástico posconsumo en productos que reemplazan a la madera y está localizada en Mendoza, Argentina; uno de los productos principales es el poste

de plástico reciclado (Figura 1a). Se seleccionó este caso de estudio, debido a que representa el primer y único caso en la localidad, en el cual, una empresa fabrica postes a partir de material reciclado. Para la producción de un poste, se utilizan 10 kg de residuos plásticos, aproximadamente; el producto de MPM es empleado por la industria vitivinícola en el emparrado de viñedos, absorbiendo los esfuerzos del viento y de la maquinaria. El objetivo de MPM es reciclar la mayor cantidad de residuos plásticos de difícil disposición, reemplazar los postes de madera y, de esta manera, disminuir la tala de árboles.

Tabla 1. Etapas de la metodología.

1 Definición del objetivo y el alcance
1.1 Se especificó el objetivo para realizar el estudio
1.2 Se describió la unidad funcional
1.3 Se especificaron los límites del sistema y los procedimientos de asignación
1.4 Se seleccionó el cambio climático como categoría de impacto
2 Análisis del inventario del ciclo de vida
2.1 Se recolectaron los datos de los procesos unitarios
2.2 Se calcularon los datos en referencia a la unidad funcional
2.3 Se plantearon los dos escenarios: vertedero y reciclaje
3 Evaluación del impacto del ciclo de vida
3.1 Se asignaron los resultados del inventario a la categoría de impacto seleccionada
3.2 Se utilizaron los factores de caracterización correspondientes para determinar el indicador de categoría
4 Interpretación
4.1 Se seleccionó el indicador RBR para evaluar los beneficios del reciclaje de plásticos posconsumo comparado con los postes de madera
4.2 Se calculó el indicador para el caso de estudio
4.3 Se analizaron los procesos con mayor contribución al impacto ambiental
5 Análisis de sensibilidad
5.1 Se modificó el valor del parámetro d con el objetivo de evaluar su influencia en los resultados
5.2 Se recalculó el indicador RBR

Este trabajo, se enfoca en el estudio del reciclaje de residuos plásticos provenientes de la cooperativa CO.RE.ME, localizada en Las Heras, Mendoza, que se dedica a la clasificación de los residuos sólidos urbanos de la Ciudad de Mendoza. CO.RE.ME recupera una mezcla de plásticos de los residuos sólidos que recibe y, desde 2020, provee de estos materiales a MPM. La corriente de residuos plásticos que es separada de los demás residuos está compuesta, principalmente, por empaques de alimentos, mangueras, tapas, etiquetas, recipientes de agroquímicos, entre otros. Debido a la falta de un mercado que los utilice, estos plásticos, tradicionalmente, eran considerados un “descarte” y se disponían en el vertedero de El Borbollón, Mendoza. La cooperativa envía semanalmente a MPM los residuos plásticos en fardos de 500 kg cada uno. La distancia total de transporte es de 50 km y para el transporte, se utiliza un camión con una capacidad máxima de 3.500 kg.

La materia prima que ingresa a MPM es separada en dos corrientes de plásticos: flexibles y duros. Ambas corrientes son trituradas en un molino a cuchillas. Luego, todo el material molido (Figura 1b), se mezcla e ingresa al proceso de extrusión. La extrusora tiene una capacidad máxima de procesamiento de 500 kg/h. El siguiente proceso consiste en el enfriamiento del material que ingresa a

los moldes; el enfriamiento, se realiza con agua que se recircula constantemente. La generación de residuos durante la fabricación de los postes es despreciable, debido a que todo el material se aprovecha, inclusive, los postes defectuosos.

Indicador. El indicador utilizado para cuantificar el ahorro ambiental producido por el reciclaje es la Tasa de Beneficio de la Reciclabilidad (RBR, por sus siglas en inglés). El RBR fue propuesto por Ardente & Mathieux (2014), para evaluar el reciclaje de ciclo cerrado y para su cálculo, se utilizan los resultados del ACV. El RBR, se define como la razón entre el ahorro ambiental obtenido por el reciclaje y las cargas ambientales de la producción de materia prima virgen y la disposición final (por ejemplo, vertedero o incineración). Posteriormente, Huysman *et al.* (2015) modificaron el indicador y ampliaron su utilización al reciclaje de ciclo abierto (RBR_{oi}). El RBR_{oi}, se utiliza en los casos donde el material reciclado no puede sustituir a la materia prima original, es decir, en aplicaciones distintas a la del producto inicial. Si bien esas modificaciones ampliaron el alcance del RBR, este indicador aún presentaba inconsistencias. Huysveld *et al.* (2019) propusieron una mejora del RBR_{oi} y su formulación matemática se muestra en la ecuación 1.

$$RBR_{O_{L,n}} = \frac{RCR \left(\frac{m_{v,\alpha_1}}{m_{r,\alpha_1}} \left((p_{\alpha_1} - (d_{\alpha_1} - 1)(1 - p_{\alpha_1})) V_{\alpha_1,v}^* + M_{\alpha_1,v}^* + U_{\alpha_1,v}^* + D_{\alpha_1,v}^* \right) - d_{\alpha_1} (R_{\alpha_0 \rightarrow \alpha_1}^* + M_{\alpha_1,r}^* + U_{\alpha_1,r}^* + D_{\alpha_1,r}^*) + D_{\alpha_0}^* (1 - d_{\alpha_1} (1 - RCR)) \right)}{D_{\alpha_0}^* + RCR \frac{m_{v,\alpha_1}}{m_{r,\alpha_1}} (V_{\alpha_1,v}^* + M_{\alpha_1,v}^* + U_{\alpha_1,v}^* + D_{\alpha_1,v}^*)} \times 100 \quad \text{ecuación 1}$$

$RBR_{O_{L,n}}$: tasa de beneficio de la reciclabilidad para la n -ésima categoría de impacto.

m_{v,α_1} : masa de materia prima virgen necesaria para producir el producto α_1

m_{r,α_1} : masa de material reciclado necesario para producir el producto α_1 [kg].

RCR : tasa de reciclaje [%], definido como la cantidad de material reciclado obtenido a partir de un kilogramo de residuo.

p_{α_1} : proporción de materia prima virgen en el producto α_1 , que es sustituido por material reciclado [%].

d_{α_1} : inversa de la relación entre la vida útil del producto α_1 , hecho a partir de material reciclado y el mismo, a partir de materia prima virgen [-]; por ejemplo, si α_1 es igual a 0,5 el producto reciclado tiene el doble de vida útil que el fabricado a partir de material virgen.

$V_{\alpha_1,v}^*$: impacto evitado de la producción de la materia prima virgen utilizada en el producto [unidad de la categoría de impacto/kg de materia prima virgen].

$M_{\alpha_1,v}^*$; $U_{\alpha_1,v}^*$; $D_{\alpha_1,v}^*$: impacto evitado de la manufactura, uso y disposición final del producto, elaborado a partir de materia prima virgen [unidad de la categoría de impacto/kg de materia prima virgen].

$R_{\alpha_0 \rightarrow \alpha_1}$: impacto del reciclaje del producto α_0 , para producir el material reciclado necesario para el producto α_1 [unidad de la categoría de impacto/kg de material reciclado].

$M_{\alpha_1,r}^*$; $U_{\alpha_1,r}^*$; $D_{\alpha_1,r}^*$: impacto de la manufactura, uso y disposición final del producto α_1 , elaborado a partir de material reciclado [unidad de la categoría de impacto/ kg de material reciclado].

$D_{\alpha_0}^*$: impacto debido a la disposición final del producto [unidad de la categoría de impacto/kg de producto α_0].

Análisis de ciclo de vida. El ACV es una metodología estandarizada en las normas ISO 14040 (ISO, 2006a) y 14044 (ISO, 2006b). El ACV es una técnica que evalúa aspectos ambientales y potenciales impactos a lo largo del ciclo de vida de un producto. Mediante la aplicación del ACV, se colecta la información relacionada con los flujos de materia y energía del ciclo de vida de un producto y se determinan los potenciales impactos ambientales. De acuerdo con ISO, las cuatro fases del ACV son: (i) definición del objetivo y

alcance, (ii) análisis del Inventario de Ciclo de Vida, (iii) evaluación del Impacto del Ciclo de Vida, (iv) interpretación.

Definición de objetivos y alcance: El objetivo de este trabajo es cuantificar los potenciales impactos ambientales de los escenarios reciclaje y vertedero. Existen diferentes métodos para modelar el reciclaje en el ACV (Ekvall *et al.* 2020). En este trabajo, se consideró que el más apropiado es el método de corte, debido a que se recomienda cuando la oferta de material reciclado supera a la demanda. Con este método, el residuo plástico ingresa al ciclo de vida del siguiente producto sin un impacto ambiental asociado. Los procesos que componen el escenario vertedero son la disposición final del residuo plástico en vertedero y la producción del poste a partir de madera virgen. Además, se tuvo en cuenta que el poste de madera, luego de su uso, es incinerado, lo cual, representa una práctica habitual. En cambio, el poste de plástico, en su fin de vida, es transportado al vertedero Según información provista por la cooperativa, la disposición final en el vertedero es una práctica habitual en la región par los productos elaborados a partir de plástico en su fin de vida.

La unidad funcional es 1 kg de residuos plásticos posconsumo (principalmente, polipropileno, polietileno de alta densidad, polietileno de baja densidad). Se realizó un análisis de la cuna a la tumba, es decir, se incluyeron las fases de extracción de materias primas, producción, transporte y disposición final. Como el poste es un producto que no requiere de energía, se considera que la fase de uso es despreciable. Con el fin de definir los procesos unitarios considerados, se establecieron los límites del sistema que se describen en la figura 2.

Análisis del inventario: La recolección de datos del sistema principal fue realizada en estrecha colaboración con la empresa MPM. Para modelar el sistema de fondo (es decir, inventario de electricidad, agua, diesel y otros), se utilizó la base de datos de Ecoinvent 3.6 (Wernet *et al.* 2016), contenida en el software SimaPro® (version 9.1.1.1). En el ACV no se incluyó la infraestructura, debido a que la información no estaba disponible. La tabla 2 muestra los datos recogidos para modelar la producción de los postes de plástico reciclado.

Como el poste de plástico se produce exclusivamente a partir de material reciclado, se consideró que el parámetro p es 100 %. En cuanto a la relación $m_{v,\alpha_1}/m_{r,\alpha_1}$, 1 kg de material reciclado reemplaza a 1,04 kg de materia prima virgen. La tasa de reciclaje (RCR) tiene el valor de 1, porque se utiliza todo el material residual que ingresa, según información provista por la empresa. Debido a la falta de información sobre la vida útil de los productos elaborados a partir de material reciclado y virgen, se supuso que el parámetro d es igual a 1. Posteriormente, se realizó un análisis de sensibilidad respecto al parámetro d , para ilustrar el efecto en el ahorro ambiental, de la suposición hecha. El análisis de sensibilidad consistió en modificar el valor del parámetro d del RBR_{O_i} ; en este estudio, se seleccionó un valor superior ($d=2$), al considerado, y un valor menor ($d=0,5$).

Evaluación del impacto del ciclo de vida: Para cuantificar las emisiones de GEI, en términos de $kgCO_2\text{-eq}$, se utilizó el método IPCC 2013 GWP 100a, el cual, se basa en los factores de conversión



Figura 1. a) Poste de plástico para la venta; b) residuo plástico molido que ingresa a la extrusora.

del potencial de calentamiento global, desarrollados por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, 2013).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tradicionalmente, el reciclaje de plásticos se ha presentado como una estrategia que busca reducir las emisiones de GEI y extender la vida de los residuos recuperados. En la actualidad, existen metodologías, como el ACV e indicadores, como el RBR_{0t} , que permiten evaluar los beneficios ambientales del reciclaje. En este trabajo, se utilizaron estas dos herramientas para cuantificar el

ahorro ambiental, en términos de emisiones de GEI ($kgCO_2$ -eq). El caso de estudio contempla el uso de residuos plásticos posconsumo, como materia prima para la elaboración de postes. Estos postes son utilizados en los viñedos y reemplazan a los postes de madera.

Resultados del Análisis de Ciclo de Vida. Como se ha mencionado anteriormente, el impacto ambiental se expresa en términos de emisiones de GEI utilizando el método IPCC 2013 GWP 100a. La unidad funcional es 1 kg de residuos plásticos posconsumo.

Con respecto al escenario vertedero, las emisiones totales son de 0,49 $kgCO_2$ -eq. Las emisiones de GEI asociadas a la producción de

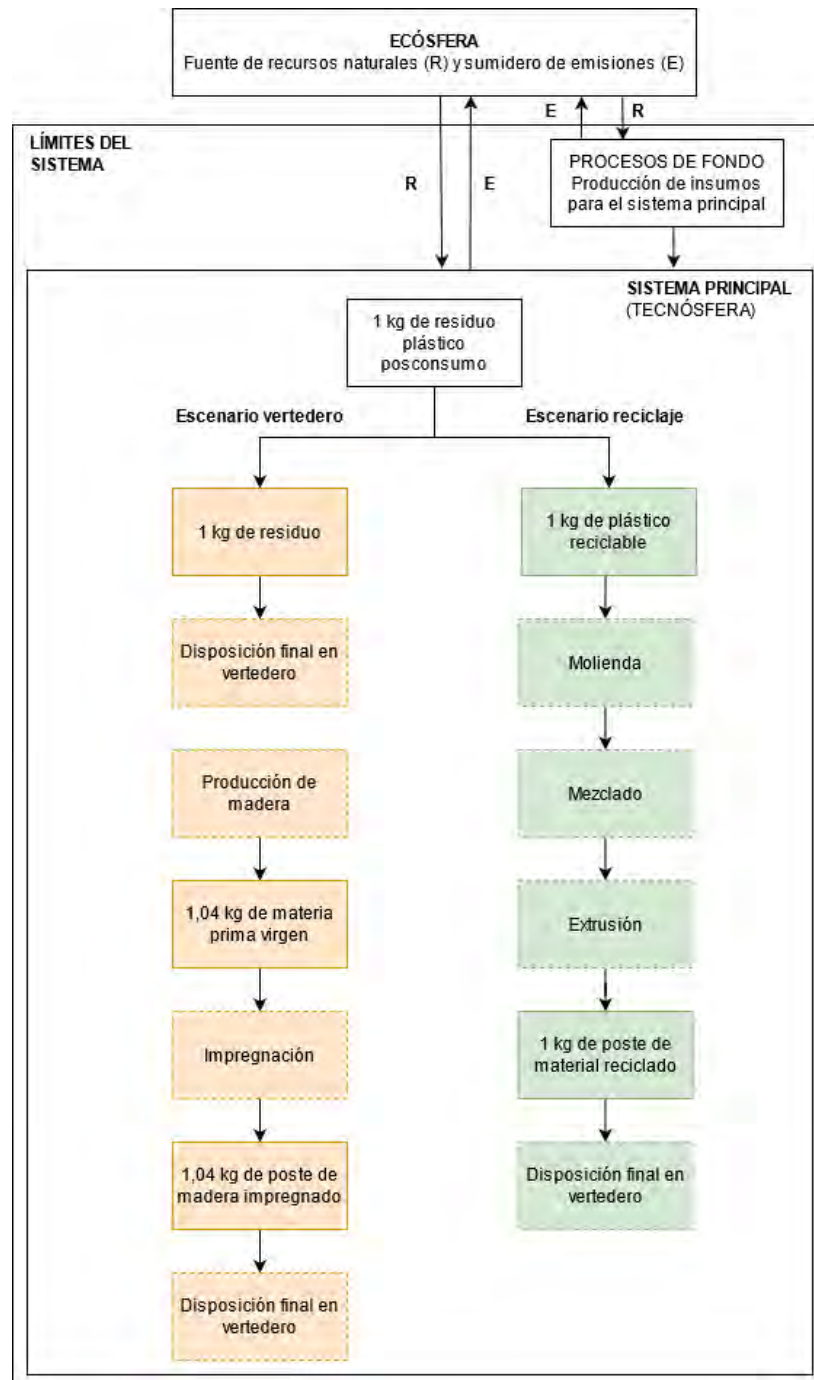


Figura 2. Caso de estudio evaluado mediante dos escenarios: reciclaje y vertedero. Los bloques verdes representan los procesos y los productos del escenario reciclaje; los bloques color naranja representan los procesos y los productos del escenario vertedero; los bloques con línea continua representan productos, mientras que los que tienen línea punteada, procesos.

materia prima virgen ($U_{\alpha_1,r}^*$) resultan en 0,02 kgCO₂-eq. Por otro lado, las emisiones relacionadas con la manufactura y disposición final ($M_{\alpha_1,v}^* + D_{\alpha_2,v}^*$) del producto elaborado a partir de materia prima virgen son de 0,31 kgCO₂-eq. La variable que considera la fase de uso ($U_{\alpha_1,v}$) del producto es nula, debido a que es un producto que no consume energía. La disposición final ($D_{\alpha_0}^*$) de los residuos plásticos en vertedero tiene unas emisiones de GEI asociadas de 0,16 kgCO₂-eq.

En el escenario reciclaje, las emisiones totales son de 0,38 kgCO₂-eq. Las emisiones de GEI asociadas al proceso de reciclaje y manufactura ($R_{\alpha_0 \rightarrow \alpha_1}^* + M_{\alpha_1,r}^*$) del producto reciclado resultan en 0,23 kgCO₂-eq. Como en el escenario anterior, no se consideran las emisiones asociadas a la fase de uso ($U_{\alpha_1,r}$). La disposición final del producto reciclado ($D_{\alpha_1,r}^*$) presenta unas emisiones de GEI asociadas de 0,15 kg CO₂-eq.

Tabla 2. Información sobre las entradas a MPM. Los valores fueron calculados para la unidad funcional (1 kg de residuos plásticos posconsumo).

Entrada	Valor	Unidad
Electricidad	2,07E-01	kWh
Agua	9,32E-06	kg
Aditivo antioxidante ^a	2,24E-03	kg

^a El aditivo tiene el siguiente nombre: tetrakis[metileno-3-(3,5-di-ter-butil-4-hidroxifenil)propionato]metano.

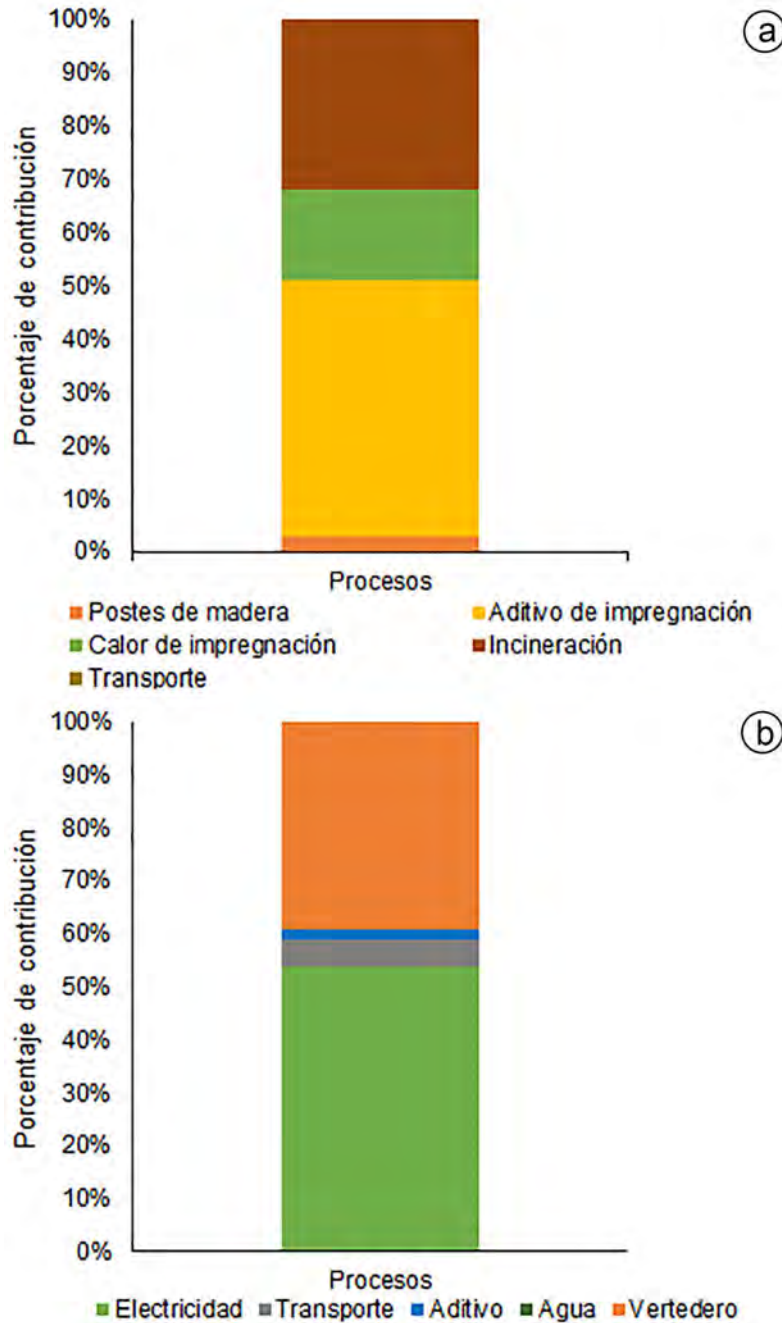


Figura 3. Contribución de cada proceso al impacto total, en términos de gases de efecto invernadero GEI, para los dos escenarios evaluados: a) vertedero; b) reciclaje.

Resultados del indicador. Con los resultados del ACV, se evaluó el ahorro ambiental producido por la fabricación de postes a partir de plástico reciclado, mediante el indicador RBR_{oi} . Para utilizar este indicador adaptado para el reciclaje de ciclo abierto, se compararon dos escenarios: vertedero y reciclaje.

El valor del RBR_{oi} , para este estudio, es 22 %. Este resultado positivo indica que el ahorro ambiental de reciclar residuos plásticos posconsumo es 22 % con respecto a la producción del producto a partir de materia prima virgen (madera) y la disposición final de los residuos plásticos en el vertedero, expresado en término de emisiones de GEI. Algunos autores también han reportado beneficios ambientales; por ejemplo, Huysman *et al.* (2015) evaluaron el uso de recursos del reciclaje de residuos plásticos domésticos para elaborar bandejas para plantas y lo compararon con la producción del mismo producto a partir de tereftalato de polietileno virgen y la disposición final en vertedero de los residuos plásticos. Los autores obtuvieron un valor del indicador RBR_{oi} de 10 %. Por otro lado, Huysveld *et al.* (2019) analizaron el reciclaje de residuos plásticos para la fabricación de tejas ecológicas; los autores compararon este sistema con la producción de tejas a partir de polipropileno virgen y la disposición final en vertedero de los residuos, el indicador RBR_{oi} , para este caso, resultó en 59 %, considerando el calentamiento global, como categoría de impacto.

En este trabajo, el indicador RBR_{oi} mostró un beneficio ambiental positivo y, por lo tanto, una disminución en la emisión de gases de efecto invernadero del escenario reciclaje en comparación al escenario vertedero. Una de las limitaciones de este resultado es que se consideró que, luego de la fase de uso, el poste de plástico reciclado se transporta al vertedero. Si bien este fin de vida es común en la mayoría de los productos plásticos, los postes de plástico reciclado tienen la capacidad de volver a ingresar al sistema productivo; de esta manera, se produce un uso en cascada que puede mejorar el desempeño ambiental en comparación con la disposición final en vertedero. Huysman *et al.* (2015) demostraron, en un caso de estudio de ciclo abierto aplicado al reciclaje de plástico, que el uso en cascada del producto incrementaba el beneficio ambiental.

Contribución de cada proceso. Como se muestra en la figura 3a, el proceso de impregnación (aditivo y calor de impregnación) del poste de madera aporta un 64 % a las emisiones totales. La disposición final del residuo plástico en vertedero es el siguiente proceso con mayores emisiones y contribuye con un 32 % a las emisiones totales de este escenario. En cuanto al escenario reciclaje, el consumo de energía eléctrica para los procesos de molienda, mezclado y extrusión realiza la mayor contribución a las emisiones totales, con un valor de 54 % (Figura 3b). El siguiente proceso, que hace su mayor aporte, es la disposición final en vertedero del poste, con un valor de 40 %. Gu *et al.* (2017) realizaron el ACV del proceso de reciclaje mecánico del plástico y encontraron, de forma similar, que el proceso que contribuye mayormente a las emisiones de GEI es el proceso de extrusión.

A partir de los resultados anteriores, se pueden sacar conclusiones en cuanto a los procesos que necesitan ser mejorados, para

disminuir las emisiones de GEI de cada producto. En el escenario vertedero, los esfuerzos se deben realizar para buscar una alternativa más sustentable para la impregnación del poste de madera y que, al mismo tiempo, permita prolongar su vida útil. El proceso de incineración de la madera también resultó relevante; si bien la práctica de quema es habitual, no existe aprovechamiento del calor, en cambio, si ese calor pudiese ser aprovechado, existen emisiones evitadas que pueden disminuir las emisiones netas. En el escenario reciclaje, la mayor contribución de los procesos de molienda, mezcla y extrusión se debe a las emisiones asociadas a la producción de la energía eléctrica. Esto indica que la reducción de las emisiones actuales se podría lograr con un mayor aporte de energías limpias.

Resultados del análisis de sensibilidad. La figura 4 presenta los resultados del análisis de sensibilidad para el parámetro d . En los resultados presentados en la sección 3.1, se supuso que el parámetro d era igual a 1, debido a que no hay un estudio que compare la vida útil de los postes evaluados. Con el objetivo de investigar la influencia del parámetro d en los resultados del indicador, se compararon tres escenarios, en los que el parámetro d toma los valores 0,5, 1 y 2. La disminución del parámetro d , de 1 a 0,5, supone una reducción del 50 % de la vida útil del poste fabricado con material virgen, en comparación con el poste fabricado con material reciclado. La disminución del parámetro d supone un incremento del beneficio ambiental, alcanzando un valor del indicador de 61 %. Por el contrario, el incremento del parámetro d , de 1 a 2, supone que el producto reciclado tiene la mitad de la vida útil del producto fabricado a partir de material virgen. Este incremento del parámetro d provoca una disminución del indicador, el cual, toma un valor de -55 % y, por lo tanto, muestra una reducción de los beneficios ambientales del escenario de reciclaje, en comparación con el escenario de vertedero. Huysveld *et al.* (2019) mostraron resultados similares. En su trabajo efectuaron un incremento del parámetro d , de 1 a 2 y recalcularon el RBR_{oi} , con estos cambios; al igual que en este trabajo, el indicador presentó una reducción del beneficio ambiental y su valor disminuyó de 59 a 18 %.

En atención al análisis de sensibilidad realizado en este trabajo, los resultados obtenidos demostraron el efecto que tiene el parámetro d sobre el cálculo del beneficio ambiental. Como señalan Huysveld *et al.* (2019) es necesario realizar una correcta contabilización de la diferencia de vida útil entre el producto fabricado con material reciclado y el producto que utiliza material virgen. Para determinar la vida útil, los aspectos que pueden ser considerados son los técnicos, económicos y la calidad del material. Huysman *et al.* (2017) desarrollaron un indicador, en el cual, la calidad del producto era determinada a partir de parámetros físicos.

Limitaciones y recomendaciones para futuras investigaciones. Las limitaciones de este estudio se relacionan, en primer lugar, con el inventario utilizado para evaluar la producción de postes de madera; no se ha elaborado, considerando los flujos materiales y de energía, propios de la región estudiada. Para resolver esta limitación, los esfuerzos se deberían realizar sobre el estudio de especies forestales regionales utilizadas para la producción de postes de madera, como también sobre la producción y los aditivos aplicados en la

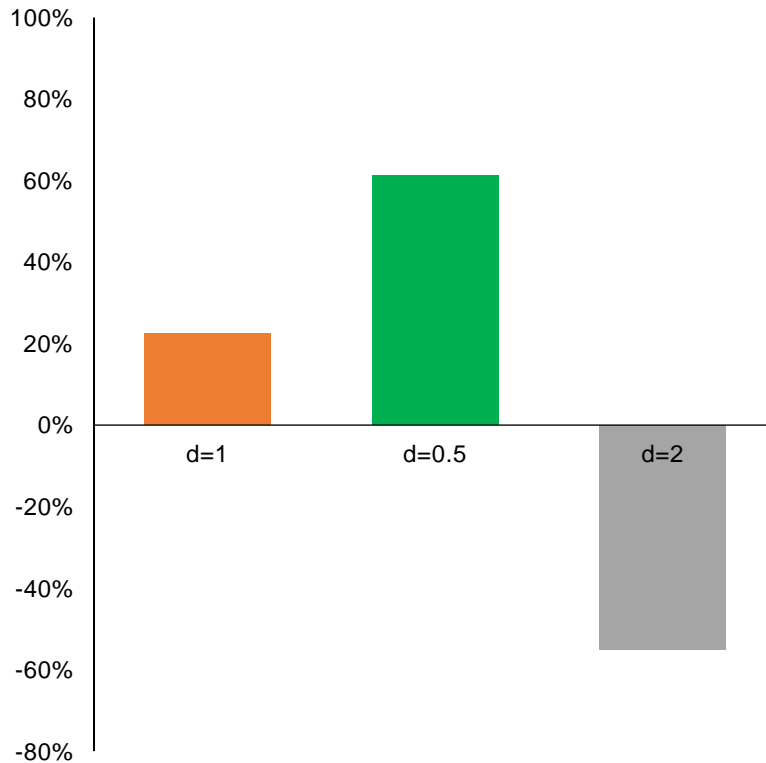


Figura 4. Resultados del análisis de sensibilidad para el parámetro d, con los valores 1, 0,5 y 2.

impregnación. En segundo lugar, por razones de falta de información respecto a la vida útil de los productos comparados, se asumió el valor numérico del parámetro d. Como se demostró en el análisis de sensibilidad, podría modificar enormemente el resultado del indicador. Con el fin de obtener un valor real de la vida útil, se debe estudiar la resistencia de ambos productos a los esfuerzos, durante la fase de uso. Además, con base en lo expuesto anteriormente, surge la necesidad de definir, como actividad futura, el cálculo del indicador, incluyendo el uso en cascada del poste reciclado.

Agradecimientos. El autor desea agradecer a Leonardo Cano, Pio De Amoriza y Carlos Arce, socios de Madera Plástica Mendoza, por su colaboración. **Conflictos de intereses:** El manuscrito fue preparado y revisado con la participación del autor, quien declara que no existe ningún conflicto de intereses que ponga en riesgo la validez de los resultados presentados. Además, el autor declara que no hay conflicto de confidencialidad de la información o con el uso del nombre de Madera Plástica Mendoza. **Financiación:** Este trabajo fue realizado en el marco de la beca doctoral otorgada por el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET).

REFERENCIAS

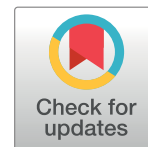
1. ARDENTE, F.; MATHIEUX, F. 2014. Identification and assessment of product's measures to improve resource efficiency: the case-study of an energy using product. *Journal of cleaner production*. 83:126-141. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.07.058>
2. BOBILLO, J.M.; SANTONATO, A.J. 2017. Análisis de la cadena de intermediarios de los materiales reciclables en el área metropolitana de Mendoza. Ministerio de producción; Mendoza gobierno; Universidad Nacional de Cuyo. 44p.
3. CULLEN, J.M. 2017. Circular economy: Theoretical benchmark or perpetual motion machine? *Journal of Industrial Ecology*. 21(3):483-486. <https://doi.org/10.1111/jiec.12599>
4. DANIELSSON, S.E.; MØLLER, P.; RANDERS, L. 2018. Modelling CO₂ savings and economic benefits for the Kalundborg Symbiosis. Symbiosis Center Denmark. 10p.
5. DAVIDSON, M.G.; FURLONG, R.A.; MCMANUS, M.C. 2021. Developments in the life cycle assessment of chemical recycling of plastic waste – A review. *Journal of Cleaner Production*. 293:126163. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126163>
6. EKVAL, T.; BJÖRKLUND, A.; SANDIN, G.; JELSE, K.; LAGERGREN, J.; RYDBERG, M. 2020. Modeling recycling in life cycle assessment. Vinnova; Swedish Energy Agency; Formas. 138p. Available from Internet in: https://www.lifecyclecenter.se/wp-content/uploads/2020_05_Modeling-recycling-in-life-cycle-assessment-1.pdf
7. GHISELLINI, P.; CIALANI, C.; ULGIATI, S. 2016. A review on circular economy: the expected transition to a balanced

- interplay of environmental and economic systems. *Journal of Cleaner Production*. 114:11-32.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.09.007>
8. GLOGIC, E.; SONNEMANN, G.; YOUNG, S.B. 2021. Environmental trade-offs of downcycling in circular economy: combining life cycle assessment and material circularity indicator to inform circularity strategies for alkaline batteries. *Sustainability*. 13(3):1040.
<https://doi.org/10.3390/su13031040>
 9. GU, F.; GUO, J.; ZHANG, W.; SUMMERS, P.A.; HALL, P. 2017. From waste plastics to industrial raw materials: A life cycle assessment of mechanical plastic recycling practice based on a real-world case study. *Science of the Total Environment*. 601-602:1192-1207.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.05.278>
 10. HUYSMAN, S.; DE SCHAEPMEESTER, J.; RAGAERT, K.; DEWULF, J.; DE MEESTER, S. 2017. Performance indicators for a circular economy: A case study on post-industrial plastic waste. *Resources, Conservation and Recycling*. 120:46-54.
<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.01.013>
 11. HUYSMAN, S.; DEBAVEYE, S.; SCHAUBROECK, T.; DE MEESTER, S.; ARDENTE, F.; MATHIEUX, F.; DEWULF, J. 2015. The recyclability benefit rate of closed-loop and open-loop systems: A case study on plastic recycling in Flanders. *Resources, Conservation and Recycling*. 101:53-60.
<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2015.05.014>
 12. HUYSVELD, S.; HUBO, S.; RAGAERT, K.; DEWULF, J. 2019. Advancing circular economy benefit indicators and application on open-loop recycling of mixed and contaminated plastic waste fractions. *Journal of Cleaner Production*. 211:1-13.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.11.110>
 13. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, ISO. 2006a. ISO 14040:2006 Environmental management: Life cycle assessment: Principles and framework. 2th Edition. 20p.
 14. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, ISO. 2006b. ISO 14044:2006 Environmental management: Life cycle assessments: Requirements and guidelines. 1th Edition. 46p.
 15. IPCC. 2013. Climate Change 2013: The physical science basis. Contribution of working group I to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate. Cambridge University Press (Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA). 1535p.
 16. KHOO, H.H. 2019. LCA of plastic waste recovery into recycled materials, energy and fuels in Singapore. *Resources, Conservation and Recycling*. 145:67-77.
<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.02.010>
 17. KIRCHHERR, J.; REIKE, D.; HEKKERT, M. 2017. Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. *Resources, Conservation and Recycling*. 127:221-232.
<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.09.005>
 18. LIU, Z.; ADAMS, M.; COTE, R.P.; CHEN, Q.; WU, R.; WEN, Z.; LIU, W.; DONG, L. 2018. How does circular economy respond to greenhouse gas emissions reduction: An analysis of Chinese plastic recycling industries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 91:1162-1169.
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.04.038>
 19. RODRÍGUEZ, P.D.; ARCE BASTIAS, F.; ARENA, A.P. 2019. Modeling and environmental evaluation of a system linking a fishmeal facility with a microalgae plant within a circular economy context. *Sustainable Production and Consumption*. 20:356-364.
<https://doi.org/10.1016/j.spc.2019.08.007>
 20. SBARBATI NUDELMAN, N. 2020. Residuos plásticos en Argentina: su impacto ambiental y en el desafío de la economía circular. *Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales-ANCEFN (Ciudad Autónoma de Buenos Aires)*. 260p.
 21. SEVIGNÉ-ITOIZ, E.; GASOL, C.M.; RIERADEVALL, J.; GABARRELL, X. 2015. Contribution of plastic waste recovery to greenhouse gas (GHG) savings in Spain. *Waste Management*. 46:557-567.
<https://doi.org/10.1016/j.wasman.2015.08.007>
 22. SORA CAMARGO, R.A. 2020. Estudios realizados sobre procesos de transformación de residuos plásticos en el municipio de Boyacá departamento de Boyacá a partir de la producción de postes de plástico residual. Tesis de maestría, Universidad EAN. 121p.
 23. TORO ORTIZ, J.S.; PORRAS HERNANDEZ, M.L. 2018. Formulación de un plan de negocio para la fabricación de postes y mangueras a partir de la transformación del plástico recuperado en el municipio de Cumaribo, Vichada. Tesis de grado, Universidad Santo Tomás. 117p.
 24. TORRES CAIZA, L.F. 2017. Elaboración de un prototipo para la fabricación de ecopostes con plástico (PET) en el relleno sanitario Romerillos del Cantón Mejía. Tesis de grado, Universidad Técnica de Cotopaxi. 70p.
 25. WERNET, G.; BAUER, C.; STEUBING, B.; REINHARD, J.; MORENO-RUIZ, E.; WEIDEMA, B. 2016. The ecoinvent database version 3 (part I): overview and methodology. *The International Journal of Life Cycle Assessment*.

21:1218-1230.

<https://doi.org/10.1007/s11367-016-1087-8>

26. ZINK, T.; GEYER, R. 2017. Circular economy rebound. *Journal of Industrial Ecology*, 21(3):593-602.
<https://doi.org/10.1111/jiec.12545>



5° Congreso Nacional y 1° Internacional de Ciencias Ambientales "Las Ciencias Ambientales en el Antropoceno". Emisiones generadas y evitadas

5th National and 1st International Congress of Environmental Sciences "Environmental Sciences in the Anthropocene". Emissions generated and avoided

Ana María Serna-Benavides¹ ; Luz Piedad Romero-Duque¹ ; Jorge Enrique Molina-Zambrano¹ ; Fabio Nelson Guerrero-Archila¹

¹Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A. Bogotá, Colombia, e-mail: anaserna@udca.edu.co; luz.romero@udca.edu.co; jmolina@udca.edu.co; faguerrero@udca.edu.co

*autor de correspondencia: luz.romero@udca.edu.co

Cómo citar: Serna-Benavides, A.M.; Romero-Duque, L.P.; Molina-Zambrano, J.E.; Guerrero-Archila, F.N. 2022. 5° Congreso Nacional y 1° Internacional de Ciencias Ambientales "Las Ciencias Ambientales en el Antropoceno". Emisiones generadas y evitadas. Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 25(Supl.1):e2160. <http://doi.org/10.31910/rudca.v25.nSupl.1.2022.2160>

Artículo de acceso abierto publicado por Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica, bajo una Licencia Creative Commons CC BY-NC 4.0

Publicación oficial de la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A, Institución de Educación Superior Acreditada de Alta Calidad por el Ministerio de Educación Nacional.

Recibido: noviembre 15 de 2021

Aceptado: mayo 19 de 2022

Editado por: Raquel Rojas Rodríguez

RESUMEN

Las actividades académicas, como los congresos, son muy importantes para la investigación y el desarrollo; sin embargo, las emisiones de carbono derivadas de la realización de eventos presenciales han mostrado estar muy por encima de las que producen eventos en línea. El objetivo de este trabajo fue estimar las emisiones generadas por el 5° Congreso Nacional y 1° Internacional de Ciencias Ambientales "Las Ciencias Ambientales en el Antropoceno", celebrado virtualmente, en su mayor parte. Se estimaron las emisiones del uso directo de computadores y de software (emisiones de los computadores, emisiones de la transferencia de los datos) y las emisiones de otras fuentes (reuniones de los organizadores, búsquedas y visitas a la página Web, uso de monitores externos y lámparas), así como las emisiones evitadas por transporte aéreo y terrestre. El congreso emitió 4,8 tCO₂eq y evitó 33 tCO₂eq. El desarrollo de eventos online o híbridos es más sostenible ambientalmente y podría ser más accesibles, a un mayor número de personas.

Palabras clave: Emisiones de carbono; Factor de conversión de emisiones; Factor marginal de emisión; Gases de Efecto Invernadero; Huella de carbono.

ABSTRACT

Academic activities such as conferences are very important for research and development, however, carbon emissions derived from face-to-face events have been shown to be much higher than those produced by online events. The aim of this work was to estimate CO₂ emissions generated by the 5th National Congress and 1st International Congress of Environmental Sciences "Environmental Sciences in the Anthropocene". Emissions from direct use of computers and software (emissions from computers, emissions from data transfer) and emissions from other sources (meetings of the organizers, searches and visits to the website, use of external monitors and lamps), as well as emissions avoided by air and land transport. The congress emitted 4.8 tCO₂eq and avoided 33 tCO₂eq. The development of online or hybrid events is more environmentally sustainable and could be more accessible to a greater number of people.

Keywords: Carbon emissions; Carbon footprint; Emission conversion factor; Greenhouse gases, Marginal Emission Factor.

INTRODUCCIÓN

La reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero sigue siendo muy baja y aunque los gobiernos están comenzando a tomar acción es necesario que los individuos y las comunidades, también lo hagan. En el caso de las comunidades científicas, de acuerdo con Nathans & Sterling (2016), señalan que una de las formas que más huella de carbono genera la actividad científica es el uso de refrigeradores, congeladores y otros equipamientos similares. Los autores señalan que un laboratorio de 7 a 10 personas puede generar más de 20 toneladas métricas de CO₂ al año; sin embargo, es muy difícil reducir esta huella de carbono, sin sacrificar la generación de conocimiento necesaria y útil para la humanidad. Por su parte, Achten *et al.* (2013) señalan que un proyecto doctoral tiene una huella de 21,5 tCO₂-eq, de los cuales, la movilidad representa 75 % (la asistencia a conferencias 35 % y las emisiones relacionadas con la infraestructura 20 % del impacto total).

Las actividades académicas, como los congresos, son muy importantes para la investigación y el desarrollo, pues son espacios en donde los profesionales intercambian sus hallazgos y experiencias (Leochico *et al.* 2021); no obstante, y de igual manera que los laboratorios, los eventos presenciales producen altas emisiones de carbono (Quinton, 2020); por ejemplo, se estima que en viajes de clase económica en un avión comercial, cada 10 kilómetros, se emite 1 kgCO₂/pasajero, aproximadamente (Nathans & Sterling, 2016). Entre el 4 y el 5 % de las emisiones globales, cada año, provienen de los viajes en avión (Larsson *et al.* 2019). A la huella por viajes en avión se suman otros factores, como el alojamiento y las necesidades alimentarias, así como el uso de equipos audiovisuales y la impresión o elaboración de artículos de un solo uso, como folletos, cordones, carteles y envases de bebidas que, también, tienen una huella ecológica (Milford *et al.* 2021).

La literatura demuestra las importantes reducciones de emisiones derivadas de la realización de reuniones en línea, en comparación con las presenciales, en diversas circunstancias; por ejemplo, Guerin (2017) reportó un ahorro de, al menos, 100.000 kgCO₂, en un ensayo en el que comparó los costos y las emisiones de realizar reuniones presenciales y mediante teleconferencia en una empresa, mientras que Oliveira *et al.* (2013), registraron una reducción de 445 tCO₂eq, al realizar teleconsultas médicas, en Alentejo (Portugal). Los costos de las diferentes formas de reunirse dependen de muchos factores, como la distancia recorrida, la duración de la reunión y las tecnologías utilizadas. De manera general, Ong *et al.* (2014) reportaron que las reuniones que se realizan por videoconferencia consumen máximo el 7 % de la energía/carbono que consume una reunión en persona.

Los estudios, generalmente, vinculan factores de conversión de emisiones, a medida del uso de energía de la infraestructura de red y el uso de energía de computadoras y de equipo periférico (Toffel & Horovath, 2004; Ong *et al.* 2014); estas son acciones realizadas cuando se llevan a cabo las videoconferencias, como

utilizar documentos digitales o beber líquidos, es decir, dinero sufragado en cosas que no se habrían gastado, de otra manera (Takahashi *et al.* 2006; Matsuno *et al.* 2007) y como los viajes a ubicaciones, para permitir teleconferencias (Oliveira *et al.* 2013), entre otros.

El factor de conversión de emisiones es un término utilizado para comparar el impacto ambiental de diferentes combustibles o actividades o sectores, en términos de contaminantes emitidos. La intensidad de carbono es la expresión que se utiliza para comparar las emisiones de diferentes fuentes de energía eléctrica, en el que solo se consideran las emisiones de CO₂ y se excluyen otros contaminantes. La intensidad de carbono de la electricidad es una medida de la cantidad de emisiones de CO₂, que se producen por kWh de electricidad consumida (Aujoux *et al.* 2021).

Siendo coherentes con la preocupación actual por el cambio climático y, además, por la situación generada por la pandemia global por Covid-19, la Red Colombiana de Formación Ambiental RFCA y la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A, organizaron del 5º Congreso Nacional y 1º Internacional de Ciencias Ambientales “Las Ciencias Ambientales en el Antropoceno”, en línea, mediante la plataforma Zoom, cuyos servicios ha aumentado drásticamente, por las medidas de distanciamiento social por la pandemia (Warren, 2020). Debido al enfoque ambiental del Congreso, se propuso como objetivo estimar las emisiones de CO₂eq, con miras a posibles compensaciones de este y próximos eventos. Este artículo describe el proceso de estimación de estas emisiones, siguiendo el marco teórico propuesto por Faber (2021), así como de las que se evitaron por concepto de desplazamiento de los participantes, desde sus lugares de origen, con base en el costo de viaje evitado (transporte aéreo y terrestre), en kgCO₂eq.

MATERIALES Y MÉTODOS

La organización del 5º Congreso Nacional y 1º Internacional de Ciencias Ambientales “Las Ciencias Ambientales en el Antropoceno”, se inició en 2019 y debido al Covid-19, a partir de marzo de 2020, las reuniones preparativas se adelantaron en línea; el Congreso, se realizó entre el 20 y el 24 septiembre de 2021. El 20 y 21, se llevaron a cabo los cursos y los talleres pre-congreso y entre el 22 y el 24 de septiembre, las actividades propias del Congreso (Conferencias magistrales, sesiones de ponencias y póster y sesiones de networking). En total, se contó con la participación de 235 asistentes, de 116 instituciones (80 nacionales, 36 internacionales). El staff estuvo conformado por 34 personas, para un total de 269 participantes.

Para la estimación de la huella de carbono del Congreso, se siguió el marco teórico propuesto por Faber (2021), que fundamenta la estimación de las emisiones del uso directo de computadores y de software (emisiones de los computadores, emisiones de la transferencia de los datos) y emisiones de otras fuentes (reuniones de los organizadores, búsquedas y visitas a la página Web, uso de monitores externos y lámparas). Como actividades previas al Congreso, se realizaron cinco seminarios Web, para los cuales,

también se midió la huella de carbono, pero, en este caso, solo se usó, como parámetro, las emisiones del uso directo de computadores y de software. Finalmente, se estimó el costo de viaje evitado (transporte aéreo y terrestre), en kgCO₂eq de los participantes, si el Congreso hubiera sido presencial.

Emisiones del uso directo de computadores. Las emisiones del uso directo de computadores se definieron como aquellas que surgen del uso de energía del computador y las emisiones incorporadas en su ciclo de vida; se obtuvieron los datos directos de fabricantes. Para los que no se tuvieron datos directos, el valor se obtuvo del factor de conversión de 0,6 kgCO₂eq/kWh. Este factor, se basó en la cifra de la Agencia Internacional de Energía sobre la emisión de CO₂, derivada de la generación mundial de electricidad, de 0,5 kgCO₂eq/kWh (IEA, 2011), con un adicional de 0,1 kgCO₂eq/kWh, atribuido a la cadena de suministro de combustible y de infraestructura, para la distribución de energía, pérdidas en distribución y gestión de residuos (Raghavan & Ma, 2011). Para elaborar los cálculos, se midieron las emisiones asociadas al uso de computadores por parte de los participantes en la conferencia y de los organizadores. Los datos de los participantes se obtuvieron mediante una encuesta, en la que se preguntó sobre el uso de computadores y otros elementos. El 34 % de los participantes respondieron (80 de 235 participantes). La mayoría de los encuestados usaron computadoras portátiles para participar del congreso; el 30 %, usó HP (HP, 2021); el 21,2 %, Lenovo (Lenovo, 2021b); el 11,2 %, Apple (Apple, 2021) y 11,2 %, Asus (ASUS, 2021); los demás usaron otras marcas, como Dell (Dell, 2021) y Acer (Acer, 2021). Los organizadores (34) usaron computadores de escritorio Lenovo M73t, con pantalla L197W (Lenovo, 2021b). Para la estimación de las emisiones del uso de computadores se usó la ecuación:

$$P_c * E_c * \frac{H_c}{Y * 365,25 * H_d}$$

Donde, P_c = número de participantes (computadores); E_c = emisiones de los computadores (kgCO₂eq/computador); H_c = duración de la conferencia en horas; Y = años de vida útil de los computadores; H_d = horas diarias de uso de los computadores (hora/día). En este Congreso, P_c = 269; E_c = 342 (se obtuvo del promedio de las emisiones del ciclo de vida de los computadores); H_c = 52,5 horas; Y = 4,7 años; H_d = 10,5 horas, suponiendo que participaron de todas las actividades diarias del Congreso. La constante 365,25 corresponde al número de días del año.

Emisiones de la energía para la transferencia de datos. La intensidad energética de transferencia de datos se definió como el costo de energía por gigabyte de transmisión de datos (kgCO₂eq/kWh). La intensidad energética, se calculó dividiendo la potencia operativa de Internet (Watts) por el flujo de datos de Internet (bits por segundo). El resultado final fue una estimación de la intensidad energética operativa media de Internet (Taylor & Koomey, 2008), el cual, se obtuvo mediante la ecuación:

$$P_c * E_e * P_c * I * D * H_c * \frac{3600 \text{ seg/h}}{8000 \text{ Mb/GB}}$$

Donde, P_c = número de participantes (computadores); E_e = emisiones de la electricidad (kgCO₂eq/kWh); I = intensidad de la energía de internet (kWh/GB); D = tasa de transferencia de datos (Mbps/computador); H_c = duración del congreso (horas). En este Congreso, P_c = 269 participantes; E_e = 0,166 kgCO₂eq/kWh, obtenido de la Resolución No. 000385 de 2020 - Actualización del Factor Marginal de Emisión de Gases de Efecto (UPME, 2020). Este valor representa las emisiones de CO₂ por unidad de electricidad promedio de Colombia, dado que la mayoría de los participantes estaban radicados en Colombia; I = 0,64 kWh/GB, con base en Jensen (2019); D = 5,5 Mbps/computador (Zoom, 2021) y H_c = 52,5 horas. El cociente 3600/8000 es una constante necesaria para obtener las unidades (kWh /GB).

Emisiones del uso de energía de los servidores. Siguiendo a Faber (2021), se contabilizó el uso de un servidor dedicado completamente al Congreso. Las emisiones del uso de servidores se definieron como las emisiones que surgen de la energía necesaria para el funcionamiento del servidor y se obtuvo mediante la ecuación:

$$E_e * S * W_s * H_c$$

Donde, E_e = kgCO₂eq/kWh; S = número de servidores; W_s = tasa de energía de los servidores (kW/servidor); H_c = duración del congreso (horas). En este Congreso, E_e = 0,43 kgCO₂eq/kWh, valor para Estados Unidos, dado que los servidores de Zoom se encuentran localizados allí; S = 1, servidor (Faber, 2021); W_s = 0,594 kW/servidor (Faber, 2021) y H_c = 52,5 horas.

Emisiones de las reuniones de los organizadores. En este apartado, se tuvieron en cuenta no solo las reuniones durante el Congreso sino las reuniones previas al mismo. Las emisiones de las reuniones se estimaron sobre la base de los valores de las fórmulas anteriores, siguiendo la ecuación:

$$O * \left(P_o * E_c * \frac{H_o}{Y * 365,25 * H_d} \right) + \left(P_o * E_e * I * D * H_o * \frac{3600 \text{ seg/h}}{8000 \text{ Mb/GB}} \right) + (E_e * S * W_s * H_o)$$

Donde, O = número de reuniones de los organizadores; P_o = número de participantes en las reuniones de los organizadores; E_c = emisiones de los computadores (kgCO₂eq/computador); H_o = duración de las reuniones de los organizadores (horas); Y = años de vida útil de los computadores; H_d = horas diarias de uso de los computadores (horas/día); E_e = emisiones de la electricidad (kgCO₂eq/kWh); I = 0,64 kWh/GB, con base en Jensen (2019); D = tasa de transferencia de datos (Mbps); S = número de servidores; W_s = tasa de energía de los servidores (kW/servidor), artículo base. En este Congreso, O = 21 reuniones; P_o = 109 participantes; E_c = 342, se obtuvo del promedio de las emisiones del ciclo de vida de los computadores; H_o = 10,5 horas; Y = 4,7 años; H_d = 8 horas; E_e = 0,166 kgCO₂eq/kWh, obtenido de la Resolución No. 000385 de 2020 - Actualización del Factor Marginal de Emisión de Gases de Efecto (UPME, 2020); I = 0,64 kWh/GB, con base en Jensen

(2019); $D = 5,5$ Mbps/computador (Zoom, 2021); $S = 1$ servidor; $W_s = 0,594$ kW, tasa de energía de los servidores (kW/servidor).

Consultas en motores de búsqueda. El número de consultas se obtuvo de Google Analytics, el cual, se multiplicó por el valor de emisión de Google (2009). Para la estimación, se usó la ecuación:

$$Q * E_q$$

Donde, Q = número de consultas; E_q = emisiones de las consultas (kgCO₂eq/consulta). En este Congreso, $Q = 50020$ consultas y $E_q = 0,0002$ kgCO₂eq/consulta.

Emisiones de la energía por el uso de monitores adicionales. Doce de los 80 participantes que respondieron la encuesta usaron monitores adicionales durante el Congreso. En la encuesta, no se especificó el tipo de monitor que usaron, por lo que se supuso que la mayoría fue Lenovo estándar (Lenovo, 2021a). La estimación de las emisiones por el uso de monitores adicionales se realizó usando la ecuación:

$$M * E_m * \frac{H_c}{Y * 365,25 * H_d}$$

Donde, M = uso de monitores adicionales; E_m = emisiones de los monitores adicionales (kgCO₂eq/monitor); H_c = duración del congreso (horas); Y = años de vida útil del monitor; H_d = uso diario del monitor (horas/día). En este Congreso, $M = 12$ monitores; $E_m = 485$ (kgCO₂eq/monitor); $H_c = 52,5$ horas; $Y = 5$ años (Lenovo, 2021a); $H_d = 10,5$ horas, suponiendo que participaron de todas las actividades diarias del Congreso.

Emisiones de energía por el uso de lámparas adicionales. Diez de los 80 participantes respondieron que usaron lámpara de escritorio durante el Congreso. En la encuesta, no se especificó el tipo de lámpara, por lo que se supuso que la mayoría fue led de 14 kW (Philips, 2021). Para el cálculo de las emisiones derivadas del uso de lámparas durante el Congreso, se usó la ecuación:

$$L * W_l * H_c * E_e$$

Donde, L = número de lámparas en uso; W_l = tasa de energía de la lámpara (kW/lámpara); H_c = duración del congreso (horas); E_e = emisiones de electricidad (kgCO₂eq/kWh). En este Congreso, $L = 10$ lámpara; $W_l = 0,5$ kW/lámpara; $H_c = 52,5$ horas y $E_e = 0.166$ kgCO₂eq/kWh, obtenido de la Resolución No. 000385 de 2020 - Actualización del Factor Marginal de Emisión de Gases de Efecto (UPME, 2020).

Visitas a la página Web. Para este Congreso, se diseñó un sitio Web en línea, que albergó un sistema de pagos por la pasarela Epayco; luego del pago, los participantes adquirieron un usuario y contraseña de ingreso para un Dashboard, con enlaces a las actividades, que se desarrollaron en la plataforma Zoom. Para el cálculo de las emisiones de las visitas al sitio Web, se utilizó el número de visitas, obtenido de Google Analytics, el cual, se multiplicó por el valor obtenido

de la Website Carbon Calculator (Wholegrain Digital, 2021). Esta página calcula los gramos de CO₂eq derivados de la transferencia de datos por cable, la intensidad energética de los datos de la Web, la fuente de energía utilizada por el centro de datos, la intensidad de carbono de la electricidad y el tráfico del sitio. Para ello, se usó la ecuación:

$$\sum_{i=1} V_i * E_{v_i}$$

Donde, V_i = número visitas en la web y E_{v_i} = emisiones por visita a la página web (kgCO₂eq/visita). En este Congreso, $V_i = 20874$ visitas y $E_{v_i} = 0,0151$ (kgCO₂eq/visita).

Costo de viaje evitado. Las emisiones derivadas de viajes aéreos para asistir al Congreso, si hubiera sido presencial, se obtuvieron para todos los participantes internacionales y para aquellos nacionales quienes radican en ciudades, desde donde hay vuelos hacia Bogotá, suponiendo que todos viajarían en avión. La estimación se realizó en la Calculadora de Emisiones de Carbono de la Organización de Aviación Civil Internacional (ICAO Environment, 2021). Esta calculadora tiene en cuenta las distancias y el factor de carga y se basa solo en las operaciones de los pasajeros (es decir, no se considera el consumo de combustible asociado con el transporte de mercancías en el interior). Los pasos para la estimación de las emisiones de kgCO₂eq por pasajero, se basan en la estimación del consumo de combustible de la aeronave, el consumo de combustible de los pasajeros (factor de pasajeros/carga que se deriva de los datos RTK), el cálculo de asientos ocupados suponiendo que todos los aviones están configurados íntegramente con asientos en clase económica (Asiento ocupado = Asientos totales*Factor de carga) y las emisiones de kgCO₂eq por pasajero [(consumo de combustible de los pasajeros*3,16)/asiento ocupado]. Las emisiones derivadas de viajes terrestres se obtuvieron de la calculadora de la iniciativa CeroCO₂, creada por la alianza de ONGs ECODES y Accionatura de España (CeroCO₂, 2021), para aquellos participantes que radican en municipios desde donde no hay vuelos a Bogotá, suponiendo que viajan en transporte público intermunicipal.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La pandemia Covid-19 hizo que los académicos adoptaran rápidamente herramientas digitales para el desarrollo de conferencias, congresos y reuniones, mediante tecnologías, que mostraron que pueden sustituir, adecuadamente, las de carácter presencial (Schwarz *et al.* 2020). Esto ocurrió con el 5° Congreso Nacional y 1° Internacional de Ciencias Ambientales “Las Ciencias Ambientales en el Antropoceno” que, por primera vez, se realizó en línea; pero, además de la pandemia, la necesidad de disminuir la huella ecológica de estos eventos ha sido urgente (Royal Geogr. Soc., 2006; Holden *et al.* 2017), por lo que han proliferado estudios que estiman las emisiones de CO₂ de este tipo de eventos (Ong *et al.* 2014; Guerin, 2017; Bousema *et al.* 2020; Burtscher *et al.* 2020; Jäckle, 2021; Rockwell *et al.* 2021).

En el caso del 5° Congreso Nacional y 1° Internacional de Ciencias Ambientales “Las Ciencias Ambientales en el Antropoceno”,

incluyendo los seminarios Web precongreso y las actividades propias del Congreso, se estimó un total de 4,8 tCO₂eq emitidas (Figura 1). En ambos casos, el mayor porcentaje de emisiones se debió a la transferencia de datos en la red, 81 %, en el Congreso y 59 %, en los seminarios Web precongreso (Figura 1), lo que coincide con Burtscher *et al.* (2020), Faber (2021) y Jäckle (2021), para quienes la mayor contribución a las emisiones fue de la transferencia de datos y la energía para el uso de equipos/dispositivos de los participantes.

Este trabajo siguió la metodología propuesta por Faber (2021), quien estimó las emisiones para la primera conferencia virtual de la comunidad de redes de eliminación de carbono de AirMiners. Esta fue una conferencia de 6 horas, con la participación de 207 personas, que emitió 1,3 tCO₂eq, incluso, muy por encima de las emisiones estimadas para los cinco seminarios Web precongreso, de este trabajo (220 kgCO₂eq) que, en conjunto, duraron seis horas y contaron con poco más de 200 participantes.

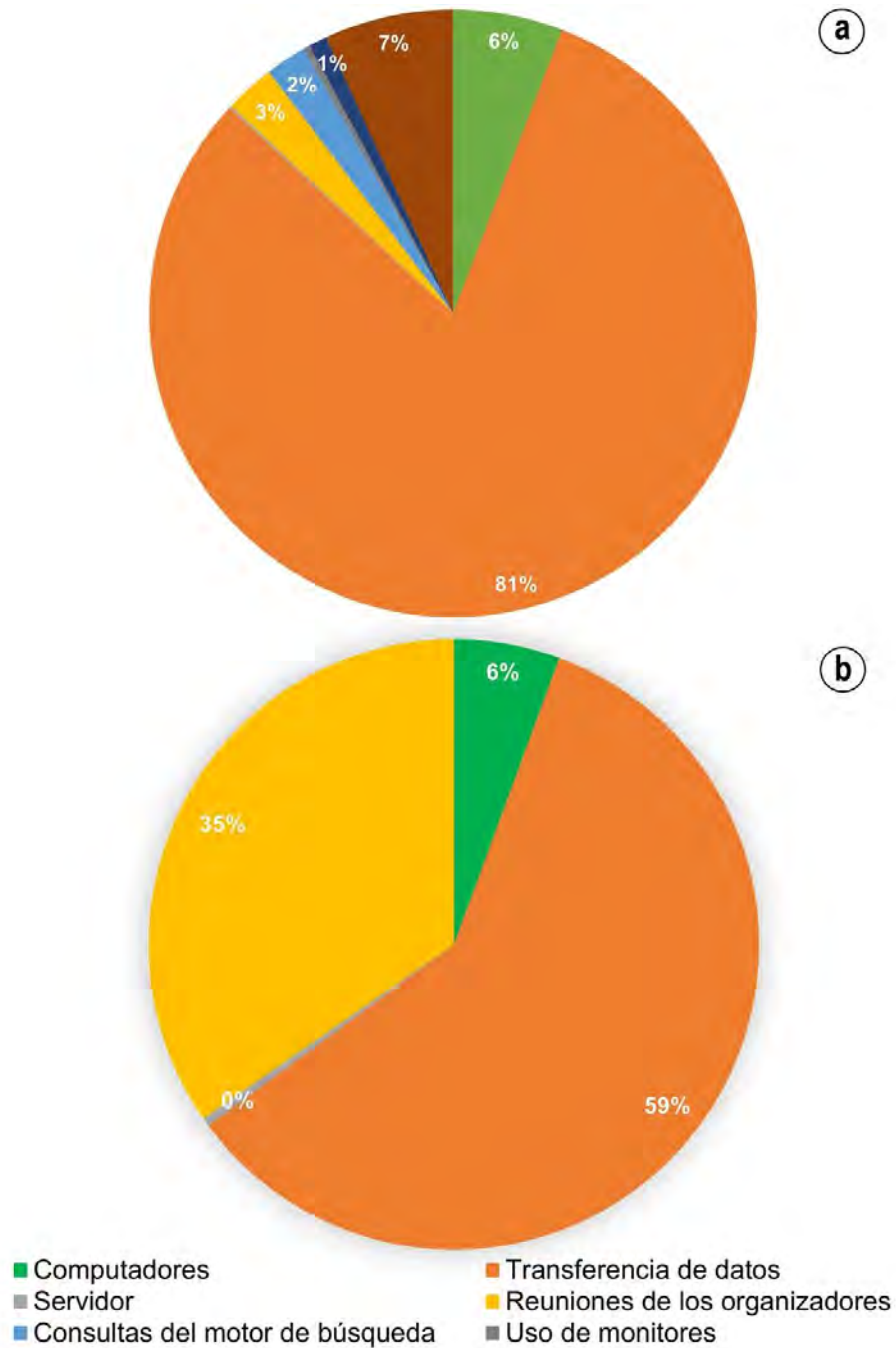


Figura 1. Distribución porcentual de los factores que contribuyeron a las emisiones de carbono (kgCO₂eq). a) 5° Congreso Nacional y 1° Internacional de Ciencias Ambientales “Las Ciencias Ambientales en el Antropoceno”; b) seminarios Web precongreso.

Las estimaciones de las emisiones de carbono se basan, en su mayoría, en el consumo de electricidad, especialmente, la relacionada con el uso de equipos de los participantes y de los organizadores y con el uso de servidores, que permiten la transferencia de datos (Jäckle, 2021), por lo que las comparaciones directas, no son adecuadas. Esto, porque la fuente energética varía, incluso, dentro de un mismo país; por ejemplo, la Agencia Europea del Ambiente (EEA, 2021) muestra variaciones en la producción de 1kWh de electricidad en países europeos, que van de 58 gCO₂, en Francia, a 773 gCO₂, en Polonia. La conferencia de AirMiners, se llevó a cabo en Estados Unidos, cuya fuente energética es el carbón, lo que puede explicar el valor alto de emisión, en comparación con el presente trabajo. Adicionalmente, para los seminarios Web precongreso, no se tuvieron en cuenta algunos aspectos de la medición que Faber (2021) sí estimó, lo que también podría explicar las diferencias.

Aún existe mucha controversia por la forma en la que se estiman las emisiones de carbono de Internet. Aunque, la mayoría de ellas se basa en la energía consumida por actividades desarrolladas en la Web y el uso de equipos, se pueden encontrar diferencias elevadas en las emisiones en eventos de similares; a modo de ejemplo, el congreso de este estudio tuvo una duración de 5 días y participaron 269 personas, emitiendo 4,8 tCO₂eq, mientras que la Conferencia Anual de la Sociedad Europea de Astronomía en Lion (Francia), realizada en 2020, tuvo la misma duración, pero con mayor número de participantes (1.777) y emitió solo 581,6 kgCO₂eq (Burtscher *et al.* 2020). A diferencia del presente estudio, Burtscher *et al.* (2020) solo estimaron las emisiones relacionadas con la red, los portátiles y el servidor de Zoom.

Por otro lado, en otros estudios, se han estimado las reducciones de las emisiones de eventos presenciales frente a aquellos de carácter virtual o en línea y, algunos de ellos, se centran en estimar las emisiones generadas por el transporte hacia la sede del evento (Nathans & Sterling, 2016; Larsson *et al.* 2019; Quinton, 2020; Leochico *et al.* 2021; Van Ewijk & Hoekman, 2021). Si el 5° Congreso Nacional y 1° Internacional de Ciencias Ambientales “Las Ciencias Ambientales en el Antropoceno” hubiera sido presencial, las emisiones estimadas por transporte habrían sido de 33,1 tCO₂eq, con un total de 373.704 km, recorridos en transporte aéreo y 1.497 km, en transporte terrestre (Figura 2); este resultado indica que el Congreso dejó de emitir 28,3 tCO₂eq. Dado que esta es la primera vez que se realiza la medición en este congreso, no se cuenta con datos de emisiones de los eventos previos presenciales, con los cuales, se puedan hacer comparaciones directas; sin embargo, existen algunos aspectos que se podrían tener en cuenta en el futuro; por ejemplo, las emisiones derivadas de la producción de los materiales que se entregan en eventos presenciales o las derivadas del alojamiento, la alimentación y los desplazamientos terrestres (hotel – evento/visitas/salidas de campo/turismo – hotel). Estas actividades no se realizan en eventos no presenciales o, en el caso de los materiales, se pueden convertir en correos electrónicos, por lo tanto, un mayor uso de computadoras, aunque no necesariamente, en mayores emisiones.

Las reuniones científicas presenciales suponen elevados costos de transporte y alojamiento, por lo que muchas personas no pueden participar. Aun cuando los eventos en línea y virtuales tienen muchas barreras que enfrentar (acceso o falta de confiabilidad de la tecnología, efectividad y seguridad de la comunicación y la

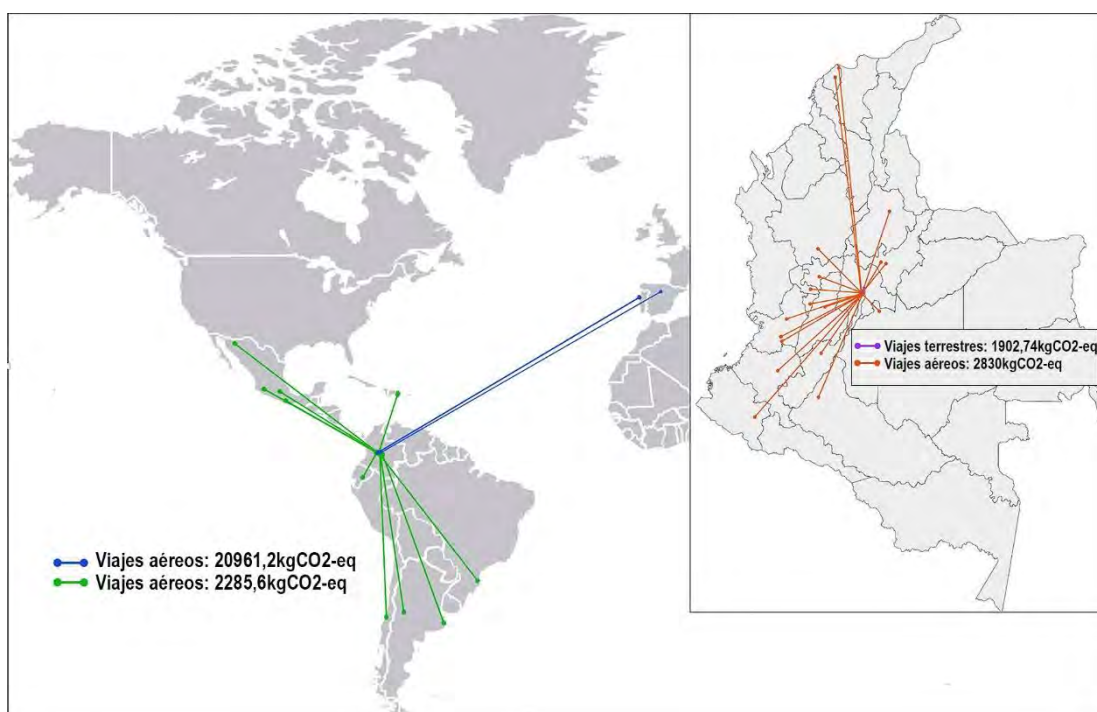


Figura 2. Estimación de emisiones de carbono (kgCO₂eq) derivadas del transporte aéreo y terrestre, si el 5° Congreso Nacional y 1° Internacional de Ciencias Ambientales “Las Ciencias Ambientales en el Antropoceno” hubiese sido presencial.

creación de redes en línea) (Fraser *et al.* 2017), además de ser más sostenibles ambientalmente, también son eventos más inclusivos, pues, también, se reducen los costos de participación.

Los resultados de este estudio sirven para que los organizadores de este y otros congresos evalúen la posibilidad de continuar haciendo este tipo de eventos de manera híbrida o totalmente en línea, de tal manera, que se reduzcan las emisiones de carbono, especialmente, aquellos eventos que tienen una connotación ambiental, como el Congreso Nacional de Ciencias Ambientales. Un evento híbrido permite que las personas radicadas en la ciudad sede del evento puedan congregarse en un mismo sitio, disminuyendo el uso de energía de computadores y de transferencia de datos, que son los componentes que más emiten, de acuerdo con los resultados de este estudio o, al menos, se compensen con las emisiones por transporte terrestre; pero se debe tener en cuenta, también, no incurrir en emisiones derivadas de otras actividades que no se llevarían a cabo, si el evento fuera totalmente en línea, a saber, la elaboración de material de promoción del evento (maletines, libretas, pocillos y escarapelas, entre otros). De igual manera, los resultados de este estudio permiten reflexionar sobre la necesidad de buscar proveedores de servicios digitales o de transporte, que ofrezcan alternativas más eficientes, desde un punto de vista energético.

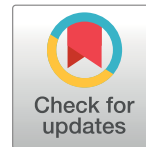
Conflicto de intereses: El manuscrito fue preparado y revisado con la participación de todos los autores, quienes declaramos que no existe ningún conflicto de intereses que ponga en riesgo la validez de los resultados presentados.

REFERENCIAS

1. ACER. 2021. Greenpeace guide to greener electronics-2017. Disponible desde Internet en: <https://www.greenpeace.org/usa/reports/greener-electronics-2017/> (con acceso el 29/10/2021).
2. ACHTEN, W.M.J.; ALMEIDA, J.; MUYS, B. 2013. Carbon footprint of science: More than flying. *Ecological Indicators*. 34:352-355. <https://doi.org/10.1016/J.ECOLIND.2013.05.025>
3. APPLE. 2021. Product environmental report. 16-inch MacBook Pro. Disponible desde Internet en: https://www.apple.com/environment/pdf/products/notebooks/16-inch_MacBookPro_PER_Nov2019.pdf (con acceso el 29/10/2021).
4. ASUS. 2021. ASUS corporate social responsibility. Disponible desde Internet en: <https://csr.asus.com/english/article.aspx?id=1736> (con acceso el 29/10/2021).
5. AUJOUX, C.; KOTERA, K.; BLANCHARD, O. 2021. Estimating the carbon footprint of the GRAND project, a multi-decade astrophysics experiment. *Astroparticle Physics*. 131:102587. <https://doi.org/10.1016/J.ASTROPARTPHYS.2021.102587>
6. BOUSEMA, T.; SELVARAJ, P.; DJIMDE, A.A.; YAKAR, D.; HAGEDORN, B.; PRAIT, A.; BARRET, D.; WHITFIELD, K.; COHEN, J.M. 2020. Perspective piece reducing the carbon footprint of academic conferences: The example of the American Society of Tropical Medicine and Hygiene. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*. 103(5):1758-1761. <https://doi.org/10.4269/ajtmh.20-1013>
7. BURTSCHER, L.; BARRET, D.; BORKAR, A.P.; GRINBERG, V.; JAHNKE, K.; KENDREW, S.; MAFFEY, G.; MC-CAUGHREAN, M.J. 2020. The carbon footprint of large astronomy meetings. *Nature Astronomy*. 4(9): 823-825. <https://doi.org/10.1038/s41550-020-1207-z>
8. CEROCO2. 2021. CeroCO₂ - Calcula tu huella de carbono. Disponible desde Internet en: <https://www.ceroco2.org/soluciones-ceroco2/calculo-huella-de-carbono> (con acceso el 29/10/2021).
9. DELL, T. 2021. Product Carbon Footprints Dell Technologies US. Disponible desde Internet en: <https://corporate.delltechnologies.com/en-us/social-impact/advancingsustainability/sustainable-products-and-services/product-carbon-footprints.htm#tab0=0> (con acceso el 29/10/2021).
10. EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY, EEA. 2021. CO₂-emission intensity from electricity generation - European Environment Agency. Disponible desde Internet en: <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/daviz/sds/co2-emission-intensity-from-electricity-generation-5/@@view> (con acceso el 29/10/2021)
11. FABER, G. 2021. A framework to estimate emissions from virtual conferences. *International Journal of Environmental Studies*. 78(4):608-623. <https://doi.org/10.1080/00207233.2020.1864190>
12. FRASER, H.; SOANES, K.; JONES, S.A.; JONES, C.S.; MALISHEV, M. 2017. The value of virtual conferencing for ecology and conservation. *Conservation Biology*. 31(3):540-546. <https://doi.org/10.1111/COBI.12837>
13. GOOGLE. 2009. Powering a Google search. Disponible desde Internet en: <https://googleblog.blogspot.com/2009/01/powering-google-search.html> (con acceso el 29/10/2021)
14. GUERIN, T.F. 2017. A demonstration of how virtual meetings can enhance sustainability in a corporate context. *Environmental Quality Management*. 27(1):75-81. <https://doi.org/10.1002/TQEM.21515>
15. HEWLETT-PACKARD COMPANY, HP. 2021. Product Carbon Footprint Reports: Notebooks. Disponible desde Internet en: <https://h22235.www2.hp.com/hpinfo/globalcitizenship/environment/productdata/ProductCarbo>







- nFootprintnotebooks.html (con acceso el 29/10/2021).
16. HOLDEN, M.H.; BUTT, N.; STRINGER, M. 2017. Academic conferences urgently need environmental policies Co-occurrence of dynamic communities View project Pri-oritising threat management for biodiversity View project. *Nature Ecology & Evolution*. 1:1211-1212. <https://doi.org/10.1038/s41559-017-0296-2>
 17. ICAO ENVIRONMENT. 2021. ICAO Carbon emissions calculator. Disponible desde Internet en: <https://www.icao.int/environmental-protection/Carbonoffset/Pages/default.aspx> (con acceso el 29/10/2021).
 18. INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, IEA. 2011. CO₂ emissions from fuel combustion – highlights.
 19. JÄCKLE, S. 2021. Reducing the carbon footprint of academic conferences by online participation: The case of the 2020 Virtual European Consortium for Political Research General Conference. *PS: Political Science & Politics*. 54(3):456–461. <https://doi.org/10.1017/S1049096521000020>
 20. JENSEN, V.P. 2019. Internet uses more than 10 % of the world's electricity. Disponible desde Internet en: <https://www.insidescandinavianbusiness.com/article.php?id=356> (con acceso el 29/10/2021).
 21. LARSSON, J.; ELOFSSON, A.; STERNER, T.; ÅKERMAN, J. 2019. Climate Policy International and national climate policies for aviation: a review. *Climate Policy*. 19(6):787-799. <https://doi.org/10.1080/14693062.2018.1562871>
 22. LENOVO. 2021a. Lenovo ThinkVision P24h-20/T24h-20 Product Carbon Footprint.
 23. LENOVO. 2021b. Regulatory Compliance | ECO Declarations | Lenovo US. Disponible desde Internet en: <https://www.lenovo.com/us/en/compliance/eco-declaration/?orgRef=https%253A%252F%252Fwww.google.com%252F> (con acceso el 29/10/2021)
 24. LEOCHICO, C.F.D.; LONGINI DI GIUSTO, M.; MITRE, R. 2021. Impact of scientific conferences on climate change and how to make them eco-friendly and inclusive: A scoping review. *The Journal of Climate Change and Health*. 4:100042. <https://doi.org/10.1016/j.joclim.2021.100042>
 26. MILFORD, K.; RICKARD, M.; CHUA, M.; TOMCZYK, K.; GATLEY-DEWING, A.; LORENZO, A.J. 2021. Medical conferences in the era of environmental conscientiousness and a global health crisis: The carbon footprint of present-er flights to pre-COVID pediatric urology conferences and a consideration of future options. *Journal of Pediatric Surgery*. 56(8):1312–1316. <https://doi.org/10.1016/J.JPESUR.2020.07.013>
 27. NATHANS, J.; STERLING, P. 2016. How scientists can reduce their carbon footprint. *eLife*. 5:e15928. <https://doi.org/10.7554/eLife.15928>
 28. OLIVEIRA, T.C.; BARLOW, J.; GONÇALVES, L.; BAYER, S. 2013. Teleconsultations reduce greenhouse gas emissions. *Journal of Health Services Research & Policy*. 18(4):209-214. <https://doi.org/10.1177/1355819613492717>
 29. ONG, D.; MOORS, T.; SIVARAMAN, V. 2014. Comparison of the energy, carbon and time costs of videoconferencing and in-person meetings. *Computer Communications*. 50:86-94. <https://doi.org/10.1016/J.COMCOM.2014.02.009>
 30. PHILIPS. 2021. A-Shape LED 14A19/LED/827/FR/P/ND 4/4FB. Disponible desde Internet en: www.lighting.philips.com (con acceso el 29/10/2021)
 31. QUINTON, J.N. 2020. Cutting the carbon cost of academic travel. *Nature Reviews Earth and Environment*. 1:13. <https://doi.org/10.1038/s43017-019-0008-3>
 32. RAGHAVAN, B.; MA, J. 2011. The energy and emergy of the internet. *Proceedings of the 10th ACM Workshop on Hot Topics in Networks*. 1-6.
 33. ROCKWELL, G.; ROSSIER, O.; MIYA, C. 2021. “Greening” academic gatherings: a case for eferences. En: Miya, C.; Rossier, O.; Rockwell, G. (Eds.). *Right research: modelling sustainable research practices in the anthropocene*. f. Open Book Publishers (Cambridge, UK). p.463-510.
 34. ROYAL GEOGR. SOC. 2006. The need for sustainable conferences. *Area*. 38(3):229-230.
 35. SCHWARZ, M.; SCHERRER, A.; HOHMANN, C.; HEIBERG J.; BRUGGER, A.; NUÑEZ-JIMENEZ, A. 2020. COVID-19 and the academy: It is time for going digital. *Energy Research & Social Science*. 68:101684. <https://doi.org/10.1016/J.ERSS.2020.101684>
 36. MATSUNO, Y.; TAKAHASHI, K.I.; TSUDA, M.; NAKAMURA, J.; NISHI, S. 2007. Eco-efficiency for Information and Communications Technology (ICT): The state of knowledge in Japan. *Proceeding of the 2007 IEEE International Symposium on Electronics and the Environment*. p.1-5. <https://doi.org/10.1109/ISEE.2007.369091>
 36. TAKAHASHI, K.I.; TSUDA, M.; NAKAMURA, J.; NISHI, S. 2006. Estimation of videoconference performance: Approach for fairer comparative environmental evaluation of ICT services. *IEEE International Symposium on Electronics and the Environment*. 288-291. <https://doi.org/10.1109/ISEE.2006.1650078>

37. TAYLOR, C.; KOOMEY, J. 2008. Estimating energy use and greenhouse gas emissions of internet advertising. *IMC 2*.
38. TOFFEL, M.; HOROVATH, A. 2004. Environmental implications of wireless technologies: news delivery and business meetings. *Environmental Science & Technology*. 38 (11):2961-2970.
<https://doi.org/10.1021/es035035o>
39. UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICA, UPME. 2020. Resolución No. 000385 de 2020 - Actualización del factor marginal de emisión de gases de efecto. Disponible desde Internet en: https://www1.upme.gov.co/Normatividad/385_2020.pdf (con acceso el 29/10/2021)
40. VAN EWIJK, S.; HOEKMAN, P. 2021. Emission reduction potentials for academic conference travel. *Journal of Industrial Ecology*. 25(3):778-788.
<https://doi.org/10.1111/JIEC.13079>
41. WARREN, T. 2020. Zoom grows to 300 million meeting participants despite security backlash: People continue to turn to Zoom to keep connected during the pandemic. *The Verge*. Disponible desde Internet en: <https://www.theverge.com/2020/4/23/21232401/zoom-300-million-users-growth-coronavirus-pandemic-security-privacy-concerns-response> (con acceso el 29/10/2021).
42. WHOLEGRAIN DIGITAL. 2021. Website carbon calculator. Disponible desde Internet en: <https://www.websitecarbon.com> (con acceso el 29/10/2021).
43. ZOOM. 2021. Zoom system requirements: Windows, macOS, Linux. Disponible desde Internet en: <https://support.zoom.us/hc/en-us/articles/201362023-System-Requirements-for-PC-Mac-and-Linux> (con acceso el 29/10/2021).



Diversidad florística y estructural de la vegetación riparia a lo largo de un gradiente urbano-natural del río Pitillal, Jalisco, México

Floristic and structural diversity of riparian vegetation along an urban-natural gradient of Pitillal River Jalisco, México

Jazmin Arechiga¹ ; Tahamara Esquivel¹ ; Adamary Camacho¹ ; Miriam Roxana Delgado-Rodríguez¹ ; Paola Vargas-González¹ ; Sandra Quijas^{1*} 

¹Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de la Costa. Puerto Vallarta - Jalisco, México; e-mail: jazminarechigapena@gmail.com; tahamaraesquivel@gmail.com; camachoflores15@hotmail.com; delgadormr@gmail.com; paola.vargasglez@gmail.com; sandra.quijas@academico.udg.mx

*autor para correspondencia: sandra.quijas@academico.udg.mx

Cómo citar: Arechiga, J.; Esquivel, T.; Camacho, A.; Delgado-Rodríguez, M.R.; Vargas-González, P.; Quijas, S. 2022. Diversidad florística y estructural de la vegetación riparia a lo largo de un gradiente urbano-natural del río Pitillal, Jalisco, México. Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 25(Supl.1):e2196. <http://doi.org/10.31910/rudca.v25.nSupl.1.2022.2196>

Artículo de acceso abierto publicado por Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica, bajo una Licencia Creative Commons CC BY-NC 4.0

Publicación oficial de la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A, Institución de Educación Superior Acreditada de Alta Calidad por el Ministerio de Educación Nacional.

Recibido: diciembre 6 de 2021

Aceptado: mayo 10 de 2022

Editado por: Helber Adrián Arévalo Maldonado

RESUMEN

La zona riparia presenta cambios de vegetación nativa por uso del suelo, asociados a actividades antrópicas, como urbanización, ganadería y agricultura, lo que genera pérdida de diversidad, composición y estructura de la vegetación riparia. En este estudio, se analizó la diversidad florística y estructural de la vegetación riparia a lo largo de un gradiente urbano-natural del río Pitillal - Jalisco, México. Sobre el río Pitillal, se seleccionaron cuatro sitios, siguiendo el gradiente urbano (SU), periurbano (SP), rural (SR) y natural (SN). En cada tramo, se realizaron cuatro parcelas de muestreo, identificando árboles, arbustos, lianas y hierbas. La diversidad florística, se analizó comparando composición, abundancia y riqueza por tipo de planta y origen. La diversidad estructural, se analizó comparando diámetro de tronco, altura total, área de copa, profundidad de copa y perfiles verticales de vegetación. En total, se registraron 508 individuos de 412 familias, 72 géneros y 160 especies y morfoespecies; 75 especies fueron nativas y 10 introducidas. La riqueza específica y abundancia de

los árboles fue distinta entre sitios, incrementándose notablemente en el SN. Las especies introducidas disminuyen del SU al SN. El diámetro de tronco, área y profundidad de copa muestran diferencias significativas entre sitios. Los perfiles verticales de la vegetación riparia muestran patrones más heterogéneos en el SN. Los resultados sugieren que la alteración por uso de suelo adyacente al río Pitillal afecta, claramente, la diversidad florística, la composición y la estructural de la vegetación riparia.

Palabras clave: Efecto antrópico; Especies introducidas; Especies nativas; Perfil de vegetación; Uso del suelo.

ABSTRACT

Riparian zone presents changes of native vegetation due to land use associated with anthropic activities, such as urbanization, cattle, and agriculture, which generated the loss of diversity, composition, and structure of the riparian vegetation. In this study, floristic diversity and structural diversity of riparian vegetation was analyzed

along an urban-natural gradient of Pitillal River, Jalisco, Mexico. On the Pitillal River, four sites were selected following the urban (SU), peri-urban (SP), rural (SR) and natural (SN) gradient. In each section, four sample plots were sampled, identifying trees, shrubs, lianas, and herbs. Floristic diversity was analyzed by comparing composition, abundance, and specific richness by type of plant and origin. Structural diversity was analyzed by comparing trunk diameter, total height, crown area, crown depth and vertical profiles of vegetation. A total of 508 individuals in 412 families, 72 genera and 160 species and morpho species were registered; 75 species were native and 10 introduced. Richness and abundance of the trees was different between sites, increasing notably in the SN. Introduced species decrease from SU to SN. The diameter of the trunk, area and depth of the crown show significant differences between sites. The vertical profiles of the riparian vegetation showed more heterogeneous patterns in the SN. The results suggest that changes due to land use adjacent to Pitillal River have clearly affected the composition, floristic and structural diversity of riparian vegetation.

Keywords: Anthropic effect; Exotic species; Land use; Native species; Vegetation profile.

INTRODUCCIÓN

La vegetación riparia es una franja estrecha que se encuentra a lo largo de los ríos, lagos, embalses y humedales (Möller, 2011). Este tipo de vegetación se establece en la llanura aluvial, es decir, la porción de paisaje terrestre que va desde la marca de la marea alta hacia las tierras altas, donde los niveles freáticos elevados influyen en la vegetación y el suelo (Naiman & Decamps, 1997; Riis *et al.* 2020). Las comunidades vegetales establecidas en la zona riparia deben ser capaces de tolerar la alta variabilidad espaciotemporal (Camacho-Rico *et al.* 2006), impulsada, principalmente, por condiciones bioclimáticas, geomorfológicas y uso del suelo (Riis *et al.* 2020), por la influencia de eventos naturales (Moreno-Jiménez *et al.* 2019) y actividades antropogénicas (Barling & Moore, 1994; Méndez-Toribio *et al.* 2014).

La vegetación riparia ha sido estudiada por largo tiempo, lo que permite reconocer su función dentro de los ecosistemas riparios (Lind *et al.* 2019), así como la variedad de servicios ecosistémicos que genera (Cole *et al.* 2020). Los de mayor importancia son la provisión de hábitat para las especies silvestres y reguladoras de plagas (Díaz-Pascacio *et al.* 2018; Riis *et al.* 2020), regulación de la calidad del agua por el filtrado de partículas y nutrientes (Riis *et al.* 2020), regulación de la erosión y estabilidad del suelo en los márgenes y las orillas (Camacho-Rico *et al.* 2006), regulación de la cantidad y velocidad del agua en los cauces (Riis *et al.* 2020) y regulación del impacto de los eventos extremos como inundaciones y deslaves (Moreno-Jiménez *et al.* 2019). La belleza escénica y del paisaje a lo largo del cauce y su zona de vegetación riparia, así como el desarrollo de actividades acuático recreativas sobre el cauce del río, son servicios ecosistémicos culturales poco evaluados, pero no por ello menos importantes (Cole *et al.* 2020).

La urbanización es uno de los principales problemas que afectan la vegetación riparia (Kuglerová *et al.* 2019), debido a que, durante el proceso de urbanización, los ecosistemas y el hábitat natural de muchas especies de plantas o animales se altera, se elimina o se reemplaza, por el desarrollo de infraestructuras de distintos tipos y usos (Liu *et al.* 2014; Wu, 2014). De esta forma, se generan paisajes heterogéneos de gran diversidad temporal y espacial, los cuales, se suelen evaluar, considerando gradientes que van de lo urbano, periurbano, rural y natural (Faggi & Miguel, 2019).

Tanto en sitios con asentamientos urbanos o como parte de gradientes antrópicos, se ha demostrado cómo la urbanización conduce a la diferenciación en composición, en riqueza y en estructura de las comunidades vegetales riparias (Schwoertz *et al.* 2016, Kuglerová *et al.* 2019). En cuanto a la composición vegetal, en las zonas urbanas predominan las especies introducidas (Pennington *et al.* 2010; Cao & Natuhara, 2020; Faggi & Miguel, 2019); en las zonas periurbanas, se registran, tanto nativas como introducidas (Grella *et al.* 2018; Faggi & Miguel, 2019), mientras que, en las zonas naturales, las especies nativas son dominantes (Grella *et al.* 2018; Cao & Natuhara, 2020). La riqueza de especies aumenta con el incremento de la urbanización, asociado, a su vez, con la presencia de especies introducidas (Cao & Natuhara, 2020; Faggi & Miguel, 2019).

Además, la urbanización conduce a cambios en la estructura y complejidad de las comunidades vegetales riparias. Con el incremento de la urbanización, la abundancia y la riqueza de las especies del sotobosque aumenta con respecto a las especies del dosel, lo que sugiere que, en el dosel, la respuesta a las perturbaciones es más tardía, con respecto a las especies del sotobosque (Pennington *et al.* 2010; Méndez-Toribio *et al.* 2014). Asimismo, el área basal promedio, la altura total promedio y el porcentaje del sotobosque y dosel, dado por el área de copa, disminuyen con el incremento de la urbanización, debido a que los individuos leñosos de mayor tamaño son los primeros en ser removidos, con el cambio de uso del suelo de la vegetación riparia (Méndez-Toribio *et al.* 2014; Zermeno-Hernández *et al.* 2020); sin embargo, no todos los estudios sobre vegetación riparia en gradientes antrópicos siguen los patrones ecológicos descritos, lo que significa, que otros factores tienen que ser integrados en el análisis, entre ellos, los físicos, como la topografía y la estructura del paisaje y los factores sociales, como políticas para el uso y manejo del territorio (Torres-Gómez *et al.* 2009; Pennington *et al.* 2010; Cao & Natuhara, 2020).

En México, distintos estudios demuestran que las comunidades vegetales de la zona riparia están fuertemente afectadas por el cambio de uso de suelo, siendo la principal causa de pérdida de diversidad y de estructura de la vegetación (Moreno-Jiménez *et al.* 2019; Ortiz-Arrona, 2019; Zermeno-Hernández *et al.* 2020). Respecto a la diversidad florística, se reporta una mayor riqueza vegetal y mayor presencia de especies nativas en sitios adyacentes a bosques nativos o secundarios, a diferencia de aquellos sitios adyacentes con usos de suelo urbanizados o con agricultura (Méndez-Toribio *et al.* 2014; Díaz-Pascacio *et al.* 2018). Referente a la estructura y a la complejidad de la vegetación riparia, se reporta

que el número de individuos vegetales por unidad de área y altura total de la vegetación incrementa, positivamente, respecto a la distancia, a la infraestructura: como casas, carreteras pavimentadas o borde de las zonas urbanas (Moreno-Jiménez *et al.* 2017), mientras que el diámetro promedio del tronco, la altura total promedio y cobertura de los distintos estratos de la vegetación, disminuyen con el incremento de la urbanización (Méndez-Toribio *et al.* 2014; Zermeño-Hernández *et al.* 2020). Asimismo, un mayor número de plantas en estratos bajos y con diámetro pequeño son indicadores de zonas de vegetación riparia con perturbación (Méndez-Toribio *et al.* 2014; Moreno-Jiménez *et al.* 2017).

Ante el panorama expuesto, el objetivo del presente estudio fue evaluar los cambios en la diversidad florística y variación estructural de la vegetación riparia a lo largo de un gradiente de cambio de uso de suelo y adyacente al río Pitillal, Jalisco, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área y sitios de estudio. El área de estudio se localiza en la parte baja de la cuenca del río Pitillal, en la costa norte del estado de Jalisco, México, perteneciente a la Región Hidrológica número 13, referente a las cuencas Cuale-Pitillal (Figura 1). La cuenca tiene una superficie de aportación de 423,5 km² y un volumen disponible a la salida de 75,4 mm³. La condición del cauce es perenne, de orden 6, que hace referencia a la magnitud de los caudales al unirse con afluentes de órdenes inferiores, es decir, la unión de ríos de orden 1 crean ríos de orden 2 y así consecutivamente (Ortiz-Arrona, 2019). La longitud total del cauce es de 43,5 km (DOF, 2013). La elevación va de 0 a 1.861 m s.n.m. Los tipos de vegetación predominante son bosque tropical caducifolio y subcaducifolio (Rzedowski, 1998; Ramírez-Delgadillo & Cupul-Magaña, 1999). El clima dominante en la cuenca es cálido subhúmedo (CEA, 2015), con temperatura media anual de 21,8 °C y precipitación media anual de 1.385 mm (IIEG, 2014).

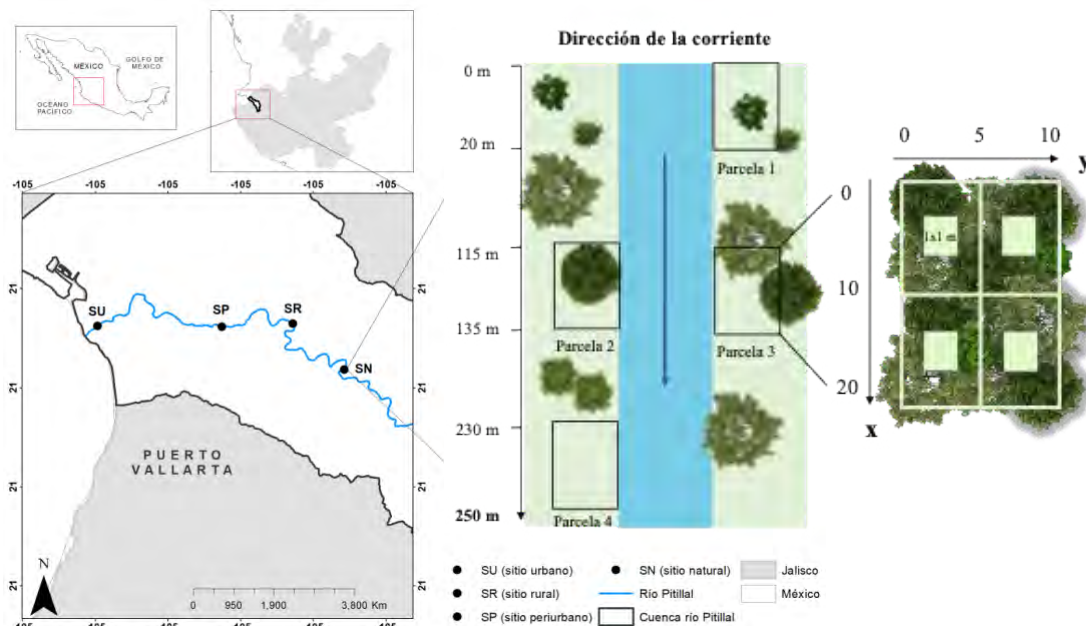


Figura 1. Localización del área y sitios de estudio a lo largo del río Pitillal, Puerto Vallarta - Jalisco, México. Se muestra la localización de las cuatro parcelas de muestreo a lo largo de un tramo de estudio y los cuadros dentro de las parcelas.

En el presente estudio, se consideró un gradiente urbano-natural, seleccionando cuatro sitios, denominados: urbano (SU), con urbanización continua y usos industriales, de servicios o infraestructura vial, a menos de 250 m, en uno o ambos márgenes; periurbano (SP), no hay una continuidad de urbanización y con presencia de más vegetación riparia en uno o ambos márgenes, a menos de 250 m; rural (SR), con vegetación riparia continua, a menos de 250 m, en uno o ambos márgenes, escasa urbanización evidente y natural (SN), sin urbanización y con vegetación riparia continua en ambos márgenes, a menos de 250 m (Faggi & Miguel, 2019). Los cuatro sitios, se establecieron a lo largo de 13 km sobre el río. En cada sitio, se registraron las características de densidad poblacional, actividades económicas, presencia de infraestructura y

uso de suelo adyacente a la zona con vegetación riparia (Idczak & Mrozik, 2020; Sam, 2014).

Muestreo de vegetación. En cada sitio, se delimitó un tramo fluvial de 250 m (Figura 1), en el cual, se distribuyeron, de manera escalonada, cuatro parcelas de muestreo (200 m²), inmediatas a la zona riparia con vegetación, dos en cada margen y tratando de abarcar todo el tramo fluvial delimitado: parcela 1 (0 - 20 m), parcela 2 y 3 (115 - 135 m) y parcela 4 (230 - 250 m) (Sánchez *et al.* 2014; Cao & Natuhara, 2020). Todos los árboles, arbustos y lianas, con un diámetro a la altura del pecho (DAP) mayor a 1 cm, fueron censados. En cada individuo, se registró su ubicación dentro de la parcela (coordenadas x, y), identidad taxonómica, tipo

de planta (árbol, arbusto, liana), DAP de cada tallo, altura total de la planta, diámetros de copa (norte-sur y este-oeste), para calcular área de copa y altura a la primera rama y determinar la profundidad de copa. A su vez, cada parcela se dividió en cuatro secciones iguales (50 m²) y en el centro de cada sección, se colocó un cuadro de 1 m², para la identificación de hierbas o plántulas de las especies leñosas con altura total, de entre 0,1 y 1 m, que forman parte del sotobosque (Figura 1). En cada individuo, se registró su identidad taxonómica, tipo de planta (árboles, arbustos, hierbas y lianas), altura total de la planta y porcentaje de cobertura dentro del cuadro (Ángeles-García *et al.* 2021). En el caso de los organismos vegetales no identificados en campo, se tomaron fotografías digitales, previo a la recolección y después, se cotejaron con ejemplares del herbario del Centro Universitario de la Costa, Universidad de Guadalajara.

Diversidad florística. La diversidad florística total y por sitio, se evaluó en términos de composición, de abundancia y de riqueza de especies, por tipo de planta y distribución natural. Se generó un listado único de especies, para determinar la composición florística de la zona riparia del río Pitillal. Los nombres científicos fueron verificados en la base de datos digital de Tropicos (<https://www.tropicos.org/home>), del Missouri Botanical Garden.

Distribución natural de las especies. La distribución de las especies se categorizó de acuerdo con Villaseñor (2016) y verificada en Trópicos (<https://www.tropicos.org/home>) y en EncicloVida (<https://enciclovida.mx/>), considerando las siguientes categorías:

Nativa (N): Especie vegetal, que se encuentra dentro de su área natural de distribución, de acuerdo con su potencial de dispersión (Catford & Jansson, 2014).

Nativa invasora (NI): Especie vegetal, que se encuentra dentro de su área de distribución original con capacidad de sobrevivir, reproducirse y establecerse en el hábitat, pero que suele afectar la diversidad y el funcionamiento del ecosistema natural (Richardson *et al.* 2007; Catford & Jansson, 2014).

Nativa no invasora pero no propia de la vegetación riparia (NR): Especie vegetal, que se encuentra dentro de su área natural de distribución con capacidad de sobrevivir, reproducirse y establecerse en el hábitat y ecosistemas naturales, no correspondiente al ecosistema ripario y tampoco afecta su funcionamiento (Catford & Jansson, 2014).

Introducida (I): Especie exótica vegetal, que se encuentra fuera de su área natural de distribución, que no suele afectar el funcionamiento del ecosistema en el que se establece y crece (Hood & Naiman, 2000; Catford & Jansson, 2014).

Introducida invasora (II): Especie exótica vegetal, que se encuentra fuera de su área natural de distribución, que es capaz de sobrevivir, reproducirse y colonizar hábitats, suelen amenazar la diversidad nativa y el funcionamiento del ecosistema (Hood & Naiman, 2000; Richardson *et al.* 2007).

Algunos de los individuos vegetales identificados hasta género y las morfoespecies fueron categorizados como distribución natural no definida (ND). La categorización de las especies tiene la finalidad de determinar el papel que cumple cada una dentro del ecosistema ripario.

Variación estructural. Para mostrar si existen diferencias en los valores estructurales de las comunidades vegetales, se compararon las variables de diámetro del tronco a la altura del pecho, altura total, área de copa y profundidad de copa. Además, se generaron los perfiles de vegetación del cuadrante 4 de cada sitio, para visualizar los cambios en la diversidad estructural vertical de las comunidades vegetales. El perfil de vegetación muestra a los árboles y los arbustos allí presentes, considerando sus coordenadas x, y, altura total y diámetros de la copa (Quiroga-C *et al.* 2019).

Análisis de datos. La distribución normal de las variables se probó con el análisis de Shapiro-Wilk. Las diferencias entre los sitios para el número de individuos y de especies por tipo de planta, se examinó con la prueba paramétrica de análisis de varianza, mientras que las diferencias entre los sitios para las variables estructurales, se analizó con la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis. Se adelantó la prueba de Tukey, en los casos donde se encontraron diferencias entre sitios. Los análisis se realizaron en el programa PAST® 4.02 (Hammer *et al.* 2001).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En los cuatro tramos a lo largo del gradiente urbano-natural del río Pitillal, se registraron un total de 508 individuos, incluidos en 42 familias, 72 géneros, 91 especies y 59 morfoespecies (Tabla 1). La especie más abundante fue el botoncillo (*Casearia corymbosa*), con 31 individuos. El sitio natural (SN) mostró la mayor riqueza, con un total de 83 especies y morfoespecies; por el contrario, en el sitio periurbano, se encontraron solo 23 especies y morfoespecies. La cantidad de individuos y de especies para arbustos (Figura 2b, f), hierbas (Figura 2c, g) y lianas (Figura 2d, h), no difieren entre los sitios, por el contrario, los árboles presentaron diferencias significativas en el número de individuos (Figura 2a) y especies por sitio (Figura 2e). Las especies arbóreas más abundantes en el sitio urbano fueron la introducida *Syzgium cumini* y la nativa *Salix humboldtiana*; en el sitio periurbano fue la nativa no invasora, pero no propia de vegetación riparia *Vachellia macracantha*; en el sitio rural fueron las especies nativas *Bursera simaruba*, *Bastardiastrum* sp., *Brosimum alicastrum* y *Heliocarpus* sp. y en el sitio natural fueron las especies nativas *C. corimbosa*, *B. simaruba*, *Psidium sartorianum* y *Thouinia acuminata*.

A lo largo del río Pitillal y su zona riparia disminuye la riqueza florística, resultado de los años de perturbación y de disturbio crónico, que sufren los sitios de estudio y las zonas aledañas (Gómez-Encarnación, 2021). El desmonte de la vegetación riparia original para el establecimiento de asentamientos humanos, plantaciones y cultivos, se presenta en los primeros siete kilómetros de cauce, tramo en el que se encuentra el SU y SP. En este tramo, la urbanización disminuyó la zona riparia disponible para el establecimiento de

diferentes estratos vegetales; la cercanía de las casas-habitación con los corredores riparios influye en que estos sitios sean utilizados como depósitos de desechos, modificando los atributos fisicoquímicos del suelo, lo que reduce la probabilidad de que conserven bancos de semillas y se establezcan plántulas de las especies vegetales (Lind *et al.* 2019).

En el 2020, en el sitio urbano, se registró el retiro de materiales acumulados en el margen y fondo del cauce, lo cual, provocó la remoción de la vegetación y que el ancho promedio del corredor ripario se redujera de 45 a 23, mientras que el ancho promedio del cauce activo pasó de 16 a 48 m. Aunado a esto, se encontró la presencia de cuatro especies introducidas invasoras (*Spathodea campanulata*, *Ricinus communis*, *Cynodon dactylon* y *Megathyrus maximus*), con efectos negativos potenciales en la dinámica de los ecosistemas riparios locales. En el sitio periurbano, se observó el pastoreo de ganado vacuno, lo que, potencialmente, ocasiona la compactación del suelo y no favorece la regeneración de especies (Díaz-Pascacio *et al.* 2018; Ortiz-Arrona, 2019), actividad que puede explicar la menor cantidad de individuos y especies en este sitio.

Se registraron 63 especies nativas, dos nativas invasoras, 10 nativas no invasoras, pero no propias de vegetación riparia; seis introducidas y cuatro introducidas invasoras (Tabla 1). En general, a lo largo del gradiente urbano-natural, se incrementó el número de individuos y de especies nativas, disminuyendo el número de individuos y de especies introducidas, patrón que coincide con estudios previos (Pennington *et al.* 2010; Méndez-Toribio *et al.* 2014); sin embargo, en este estudio, no se cumplió la hipótesis propuesta, la cual, planteaba que a lo largo del gradiente urbano-natural disminuiría el número de especies introducidas hasta encontrar solo especies nativas en el sitio natural (Pennington *et al.* 2010; Méndez-Toribio *et al.* 2014). No se cumplió porque en el sitio natural se registró la especie introducida *C. dactylon*, con baja abundancia, pero frecuente a lo largo de los tramos de estudio, lo que puede estar relacionado con su capacidad de establecerse en tierras degradadas (Singh *et al.* 2013). Asimismo, *R. communis* destacó por su regularidad en los sitios con indicios de perturbación (sitio urbano y periurbano), que podría tener un impacto negativo en la regeneración de especies riparias (Moreno-Jiménez *et al.* 2019; Ortiz-Arrona, 2019).

Tabla 1. Listado de especies vegetales en sitios de vegetación riparia a lo largo del gradiente urbano-natural del río Pitillal, Jalisco, México. Sitio urbano (SU), sitio periurbano (SP), sitio rural (SR) y sitio natural (SN).

Especie	Familia	Abu	SU	SP	SR	SN	Origen
<i>Henrya insularis</i> Nees	Acanthaceae	5			x	x	N
<i>Ruellia stemonacanthoides</i> (Oerst.) Hemsl.	Acanthaceae	2			x		N
<i>Albertainera</i> sp.	Amaranthaceae	1				x	ND
<i>Amaranthus dubius</i> Mart. ex Thell.	Amaranthaceae	1		x			N
<i>Chamissoa altissima</i> (Jacq.) Kunth	Amaranthaceae	5				x	N
<i>Iresine</i> sp.	Amaranthaceae	4				x	
<i>Mangifera indica</i> L.	Anacardiaceae	2		x	x		I
<i>Cymbopetalum hintonii</i> Lundell	Annonaceae	1				x	N
<i>Cascabela ovata</i> (Cav.) Lippold	Apocynaceae	1	x				ND
<i>Cascabela thevetia</i> (L.) Lippold	Apocynaceae	2				x	NR
<i>Tabernaemontana donnell-smithii</i> Rose ex J.D.Sm.	Apocynaceae	1				x	N
<i>Anthurium balmoorei</i> Croat	Araceae	2				x	N
<i>Attalea coburne</i> Mart.	Arecaceae	1			x		N
<i>Chamaedorea pochutlensis</i> Liebm.	Arecaceae	3				x	N
<i>Aristolochia carterae</i> Pfeifer	Aristolochiaceae	1			x		N
<i>Melanthera nivea</i> (L.) Small	Asteraceae	1		x			N
<i>Perityle microglossa</i> Benth.	Asteraceae	1	x				N
<i>Roseodendron donnell-smithii</i> (Rose) Miranda	Bignoniaceae	1			x		NR
<i>Spathodea campanulata</i> P.Beauv.	Bignoniaceae	2	x	x			II
<i>Bursera</i> sp.	Burseraceae	8			x	x	ND
<i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg.	Burseraceae	17		x	x	x	N
<i>Conopia poliandra</i> (Kunth) Rose	Caricaceae	4				x	N
<i>Cecropia obtusifolia</i> Bertol.	Cecropiaceae	7		x		x	N
<i>Terminalia catappa</i> L.	Combretaceae	2	x				I
<i>Commelina erecta</i> L.	Commelinaceae	1	x				N
<i>Rourea glabra</i> Kunth	Connaraceae	1				x	N
<i>Cnidioscolus spinosus</i> Lundell	Euphorbiaceae	2				x	N
<i>Euphorbia schlechtendalii</i> Boiss.	Euphorbiaceae	1				x	N
<i>Ricinus communis</i> L.	Euphorbiaceae	7	x	x			II
<i>Apoplanesia paniculata</i> C.Presl	Fabaceae	9		x		x	N

Abu= Número total de individuos; N= Nativa; NI= Nativa invasora; NR= Nativa no invasora, pero no propia de la vegetación riparia; I= Introducida; II= Introducida invasora; ND= No definida.

Continuación tabla 1.

Especie	Familia	Abu	SU	SP	SR	SN	Origen
<i>Bauhinia pringlei</i> S.Watson	Fabaceae	3				x	N
<i>Cannavalia</i> sp.	Fabaceae	1			x		ND
<i>Coursetia caribaea</i> (Jacq.) Lavin	Fabaceae	9		x	x		N
<i>Inga laurina</i> (Sw.) Willd.	Fabaceae	1				x	N
<i>Inga vera</i> Willd.	Fabaceae	7	x		x	x	N
<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit	Fabaceae	1		x			NR
<i>Machaerium kegelii</i> Meissner	Fabaceae	6			x	x	N
<i>Mimosa</i> sp.	Fabaceae	1	x				ND
<i>Pithecellobium dulce</i> (Roxb.) Benth.	Fabaceae	4		x	x		NI
<i>Tamarindus indica</i> L.	Fabaceae	2			x		I
<i>Vachellia pennatula</i> (Schltdl. & Cham.) Seigler & Ebinger	Fabaceae	1		x			NR
<i>Vachellia hindsii</i> (Benth.) Seigler & Ebinger	Fabaceae	3			x		NR
<i>Vachellia macracantha</i> (Humb. & Bonpl. ex Willd.) Seigler & Ebinger	Fabaceae	15		x			NR
<i>Vitex pyramidata</i> B.L.Rob.	Lamiaceae	4				x	N
<i>Persea</i> sp.	Lauraceae	3			x		NR
<i>Lygodium venustum</i> Sw.	Lygodiaceae	3				x	N
<i>Bastardistrum</i> sp.	Malvaceae	4			x		ND
<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	Malvaceae	12	x	x	x		NI
<i>Heliocharpus</i> sp.	Malvaceae	5			x		ND
<i>Heliocharpus pallidus</i> Rose	Malvaceae	1			x		N
<i>Luehea candida</i> (Moc. & Sessé ex DC.) Mart.	Malvaceae	1				x	N
<i>Pseudobombax ellipticum</i> (Kunth) Dugand	Malvaceae	1				x	N
<i>Thalia geniculata</i> L.	Marantaceae	1	x				N
<i>Cedrela odorata</i> L.	Meliaceae	1			x		N
<i>Brosimum alicastrum</i> Sw.	Moraceae	10			x	x	N
<i>Ficus insipida</i> Willd.	Moraceae	9	x	x			N
<i>Ficus membranacea</i> C.Wright	Moraceae	1			x		N
<i>Sapium macrocarpum</i> Müll.Arg.	Moraceae	1			x		N
<i>Musa × paradisiaca</i> L.	Musaceae	7		x			I
<i>Eugenia uniflora</i> L.	Myrtaceae	1			x		I
<i>Psidium guajava</i> L.	Myrtaceae	2		x			NR
<i>Psidium sartorianum</i> (O.Berg) Nied.	Myrtaceae	13			x	x	N

Abu= Número total de individuos; N= Nativa; NI= Nativa invasora; NR= Nativa no invasora, pero no propia de la vegetación riparia; I= Introducida; II= Introducida invasora; ND= No definida.

La variación estructural de la vegetación riparia mostró variación a lo largo del gradiente urbano-natural del río Pitillal. Los sitios mostraron diferencias significativas en el diámetro de tronco (Figura 3a), en el área de copa (Figura 3c) y en la profundidad de copa (Figura 3d); la altura total no mostró diferencias significativas entre sitios (Figura 3b). En este estudio, la hipótesis planteada para la variación estructural no se cumplió; se esperaba que el valor promedio de diámetro del tronco, altura total, área de copa y profundidad de copa, se incrementará a lo largo del gradiente urbano-natural (Pennington *et al.* 2010; Méndez-Toribio *et al.* 2014; Zerméño-Hernández *et al.* 2020).

Si bien hay diferencias en el valor promedio de las variables estructurales entre los sitios, este valor promedio no se incrementó

a lo largo del gradiente, incluso, se obtiene un patrón inverso; por ejemplo, a lo largo del gradiente urbano-natural, el valor promedio del diámetro de tronco, área y profundidad de copa disminuye, con el valor más bajo en el sitio natural, presenta una dinámica de sucesión ecológica del bosque tropical caducifolio y efectos negativos de factores ambientales, como sequías intensas e inundaciones, que afectan la morfología y el crecimiento de los individuos leñosos (Martínez-Ramos *et al.* 2018; Lacerda & Barbosa, 2020; Fischer *et al.* 2021), además del alto nivel de competencia intra e interespecífica que se presenta entre individuos leñosos por los recursos (agua, luz y nutrientes), dentro de este tipo de bosque (Fallas-Montero & Vilchez-Alvarado, 2018). Por otra parte, la altura de las especies leñosas fue beneficiada a lo largo del gradiente de uso de suelo, debido a la alta humedad en el sustrato, que caracteriza los

Continuación tabla 1.

Especie	Familia	Abu	SU	SP	SR	SN	Origen
<i>Syzygium cumini</i> (L.) Skeels	Myrtaceae	14	x				I
<i>Pisonia aculeata</i> L.	Nyctaginaceae	6	x			x	N
<i>Ouratea mexicana</i> (Bonpl.) Engl.	Ochnaceae	4				x	N
<i>Ludwigia erecta</i> (L.) H. Hara	Onagraceae	2	x		x		N
<i>Piper</i> sp.	Piperaceae	5		x	x	x	ND
<i>Piper aduncum</i> L.	Piperaceae	1		x			N
<i>Piper arboreum</i> Aubl.	Piperaceae	1	x				N
<i>Piper hispidum</i> Sw.	Piperaceae	9	x				N
<i>Scoparia dulcis</i> L.	Plantaginaceae	2	x				N
<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	Poaceae	5	x	x	x	x	II
<i>Megathyrsus maximus</i> (Jacq.) B.K. Simon & S.W.L. Jacobs	Poaceae	10	x	x			II
<i>Oatea acuminata</i> (Munro) C.E. Calderón ex Soderstr.	Poaceae	1			x		N
<i>Phragmites</i> sp.	Poaceae	1			x		ND
<i>Setaria</i> sp.	Poaceae	1				x	ND
<i>Ardisia compressa</i> Kunth	Primulaceae	2			x		N
<i>Adiantum capillus-veneris</i> L.	Pteridaceae	2			x	x	N
<i>Randia</i> sp.	Rubiaceae	2			x	x	ND
<i>Randia armata</i> (Sw.) DC.	Rubiaceae	11				x	N
<i>Casearia arguta</i> Kunth	Salicaceae	4				x	N
<i>Casearia corymbosa</i> Kunth	Salicaceae	31			x	x	N
<i>Salix humboldtiana</i> Willd.	Salicaceae	13	x				N
<i>Paullinia sessiliflora</i> Radlk.	Sapindaceae	1				x	N
<i>Serjania racemosa</i> Schumach.	Sapindaceae	6	x				NR
<i>Tbouinia acuminata</i> S. Watson	Sapindaceae	11			x	x	N
<i>Solanum lycopersicum</i> L.	Solanaceae	1			x		N
<i>Solanum umbellatum</i> Mill.	Solanaceae	1		x			N
<i>Urera baccifera</i> (L.) Gaudich. ex Wedd.	Urticaceae	8				x	N
<i>Urera caracasana</i> (Jacq.) Gaudich. ex Griseb.	Urticaceae	2	x				N

Abu= Número total de individuos; N= Nativa; NI= Nativa invasora; NR= Nativa no invasora, pero no propia de la vegetación riparia; I= Introducida; II= Introducida invasora; ND= No definida.

ambientes riparios (Lacerda & Barbosa, 2020), sin tener efecto el gradiente de uso de suelo, como se mencionaba en trabajos previos (Méndez-Toribio *et al.* 2014).

La estructura vertical de la vegetación riparia presenta patrones contrastantes a lo largo del gradiente urbano-natural del río Pitillal. El sitio urbano tiene pocos árboles que dominan el dosel y que alcanzan hasta los 25 m, con amplios diámetros de la copa, por lo que hay pocos claros. Más de la mitad de los individuos leñosos se encuentran por debajo de los cinco metros y algunos están en proceso de maduración (Figura 4).

En el sitio periurbano, el grado de intervención antrópica fue el más alto en el área de estudio; presentó, además, escasa vegetación, agrupada en diminutos parches en etapa de sucesión temprana, dominados por árboles de menos de 10 m de altura y diámetro

de copa reducido (Figura 4). En el sitio rural, se encontraron varios claros; la mayoría de los individuos leñosos se agruparon en un parche continuo y uniforme adyacente al cauce, que no sobrepasaba los 10 m de altura y diámetros de copa reducidos; la presencia de árboles que alcanzan el dosel fue escasa (Figura 5). El perfil del sitio natural fue uniforme en cuanto a la distribución vertical de los árboles entre el suelo y el dosel, a lo largo de la parcela de muestreo, con escasa presencia de claros. Además, fue el sitio con la mayor cantidad de individuos y especies, con algunos individuos emergentes que alcanzaban el dosel y la mayoría de menos de 10 m de altura (Figura 5).

Los perfiles de vegetación nos permitieron profundizar en el estudio de la distribución de las comunidades vegetales a lo largo del gradiente urbano-natural del río Pitillal e ilustrar tres variantes de vegetación. La primera, se observa en los sitios periurbano y rural,

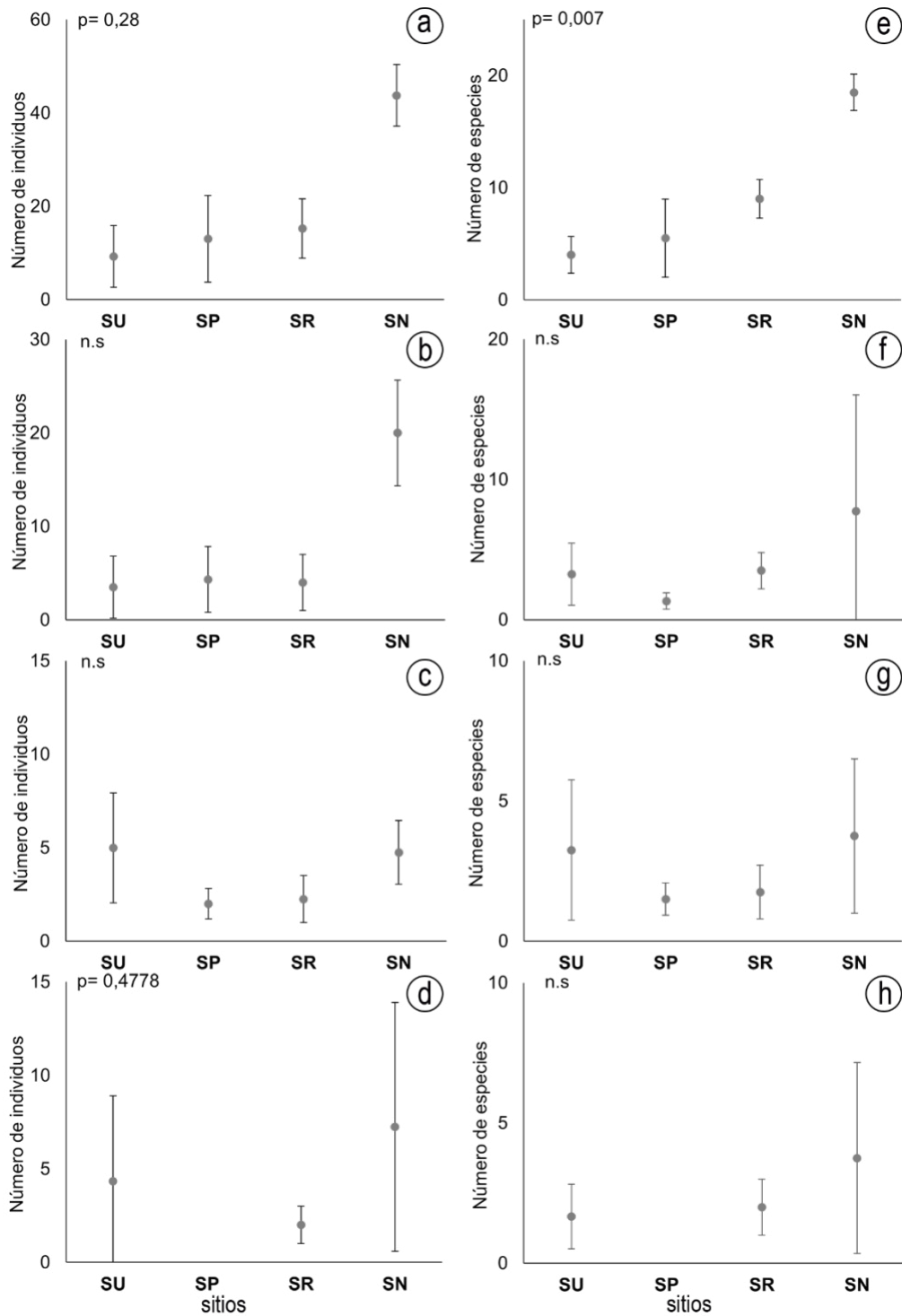


Figura 2. Número de individuos y especies de árboles (a, e), arbustos (b, f), hierbas (c, g) y lianas (d, h), en los sitios de vegetación riparia a lo largo del gradiente urbano-natural del río Pitillal, Jalisco, México. SU= sitio urbano; SP= sitio periurbano; SR =sitio rural; SN= sitio natural. Se muestra los valores promedio \pm desviación estándar.

con alta presencia de claros, dominada por un número bajo de individuos y especies pioneras e intermedias, con alturas menores a los 15 m y áreas de copa muy heterogéneas; estos sitios presentan fases sucesionales procedentes de desastres naturales, así como de perturbaciones antropogénicas. La segunda variante, se observó en el sitio urbano y representa un remanente de bosque ripario,

con dominancia de árboles emergentes de gran porte, definido con base en la altura total, el área y profundidad de copa, típico de una sucesión vegetal avanzada. La última variante fue del sitio natural, donde se encontró la menor cantidad de claros y tres estratos bien definidos; se consideró, que representa una etapa intermedia de la sucesión, a causa de perturbaciones naturales, por el alto número

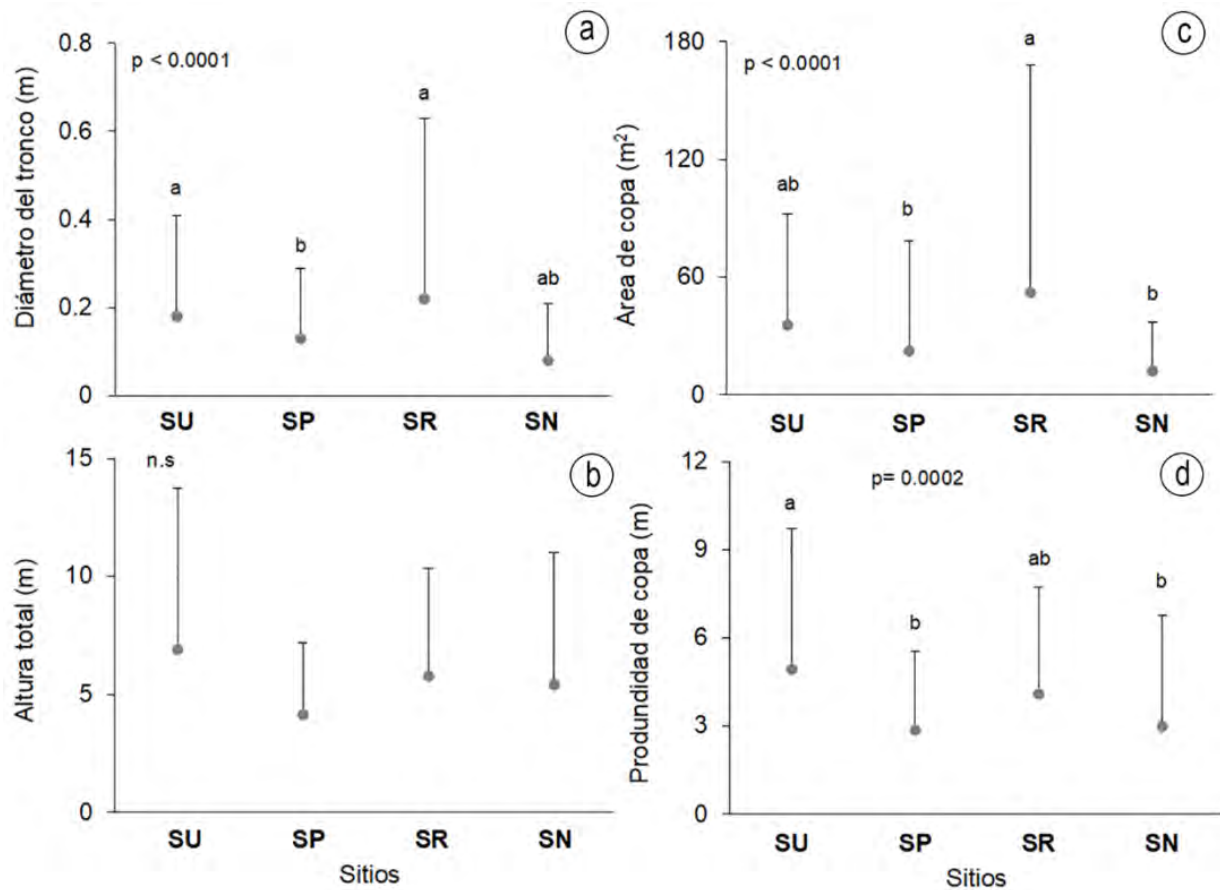


Figura 3. Variables estructurales de la vegetación riparia en sitios a lo largo del gradiente urbano-natural del río Pitillal, Jalisco, México. a) diámetro del tronco, b) altura, c) área de copa, d) profundidad de copa. Se muestra los valores promedio + desviación estándar. SU= sitio urbano; SP= sitio periurbano; SR =sitio rural; SN= sitio natural.

de individuos, con diámetro de tronco pequeño y alturas menores a los 10 m. La etapa intermedia de sucesión en bosques tropicales caducifolios y subcaducifolios, se caracteriza por el recambio de especies conforme van alcanzando el dosel, algunos, de los cuales, se conviertan en árboles emergentes (Jimenez-Rodríguez *et al.* 2018).

Se espera que la actividad antropogénica en las zonas riparias aumente, tanto en magnitud como en complejidad, durante las próximas décadas (Allan, 2004). Por esta razón, es vital mantener estas áreas en un estado relativamente poco perturbado, como la zona riparia con bosque tropical caducifolio del sitio natural, que constituye una importante fuente de propágulos y refugio para la biodiversidad (Rzedowski, 1998). En particular, en este sitio, se registraron 24 especies únicas, es decir, que solo se registraron en este sitio (Tabla 1), resultado similar al encontrado por Méndez-Toribio *et al.* (2014), en ecosistemas riparios de Michoacán, México. Por tanto, se espera que los resultados de esta investigación sirvan de línea base para el estudio de la diversidad florística y estructural de las comunidades riparias, al analizar la dinámica de las especies vegetales nativas dentro de la franja de vegetación riparia a lo largo del río y como están respondiendo al gradiente antrópico; así como explorar el papel que tiene las especies vegetales únicas en el

funcionamiento de los ecosistemas riparios (Naiman & Decamps, 1997; Lind *et al.* 2019).

Finalmente, se espera que los resultados de esta investigación despierten el interés de académicos y de tomadores de decisiones locales sobre las comunidades vegetales que se encuentran en las zonas riparias y que den pie a proyectos, que permitan profundizar en el conocimiento de los factores biofísicos, ecológicos y sociales, que afectan directa e indirectamente la zona riparia del río Pitillal. Los datos obtenidos pueden contribuir a la formulación de planes de manejo, socializados con la comunidad aledaña y asentada a lo largo del cauce del río, para que, con apoyo del gobierno, se logre conservar y rehabilitar los ecosistemas riparios en la región y, especialmente, a lo largo del río Pitillal.

Como recomendación es que, una vez identificadas las zonas del río que han sido altamente modificadas por actividades antrópicas, se consideren como ideales para reforestar, con algunas de las 63 especies vegetales nativas identificadas en el presente estudio e, incluso, con algunas de las especies más abundantes y competitivas, como son *C. corymbosa*, *B. simaruba*, *S. humboldtiana*, *P. sartorianum* o *T. acuminata*.

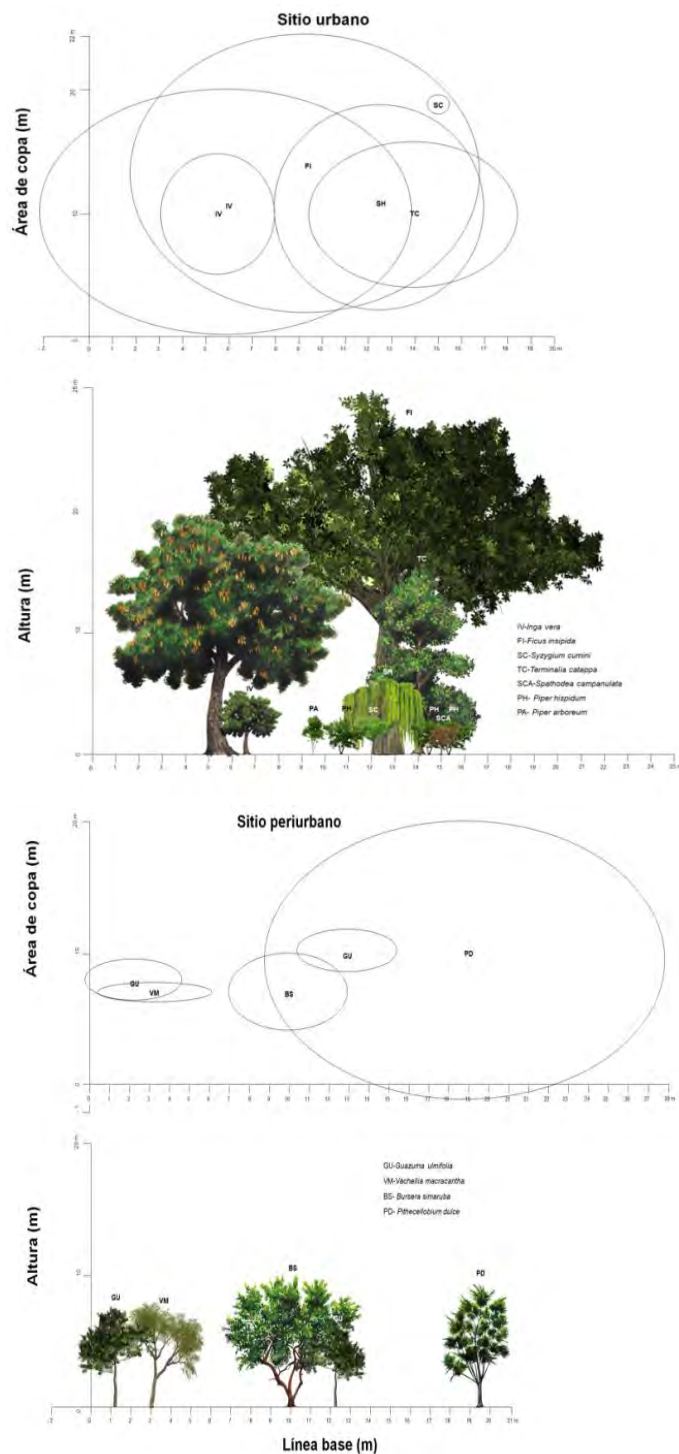


Figura 4. Perfiles de vegetación del cuadrante 4 del sitio urbano y periurbano a lo largo del gradiente urbano-natural del río Pitillal, Puerto Vallarta, Jalisco.

Igualmente, los nuevos estudios del ecosistema ripario deberán producir información sobre otros grupos de organismos que comparten esta zona y que no han sido estudiados, información que dará certeza a las autoridades pertinentes sobre las decisiones de manejo y de conservación de la zona riparia de México.

Agradecimientos. Agradecemos a los Biólogos Luis Enrique Cano, Juan Pablo Cuevas, Cynthia Coronel e Ismael Huerta, por su apoyo en los censos de vegetación. Al señor Evaristo Arechiga, por compartirnos su conocimiento empírico sobre la flora local. A la Doctora Claudia Irene Ortíz-Arrona, por su ayuda en establecer el método de muestreo y al Doctor Pablo Carrillo-Reyes, por la

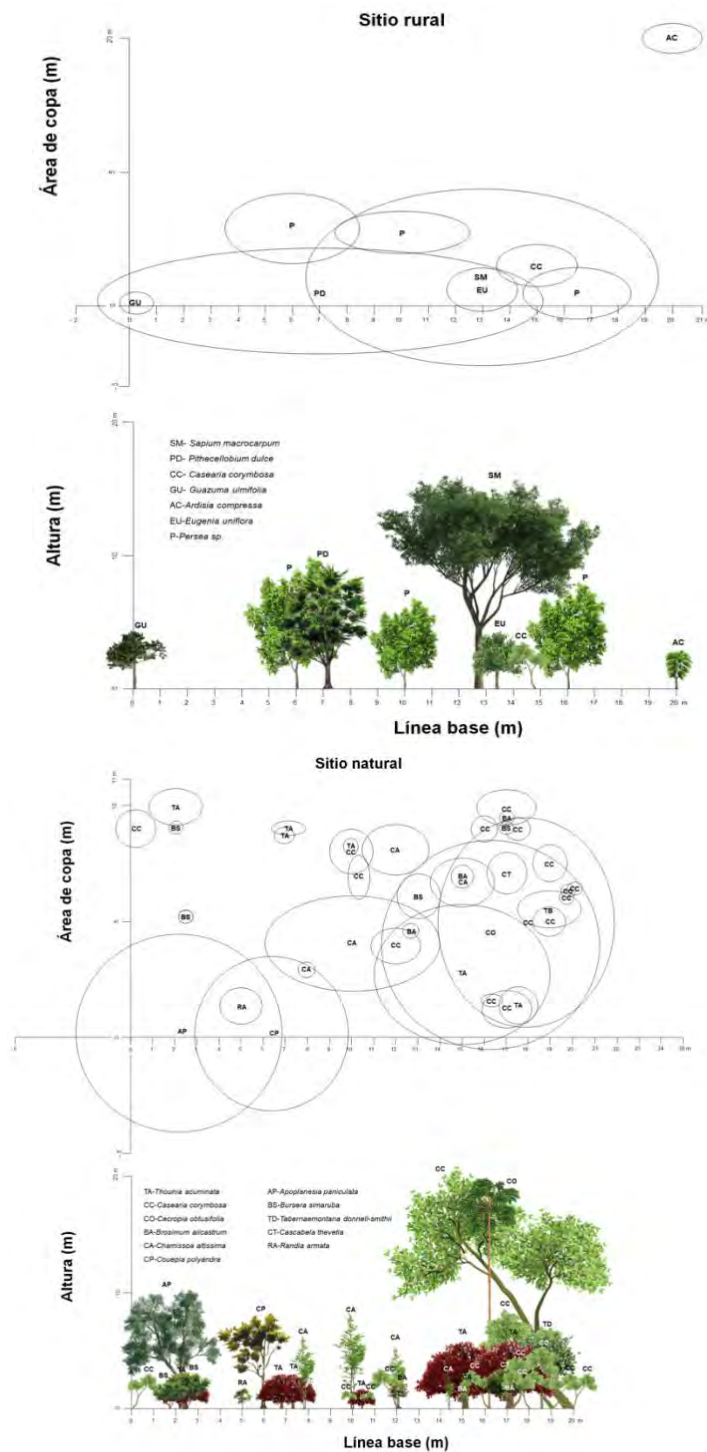


Figura 5. Perfiles de vegetación del cuadrante 4 del sitio rural y natural a lo largo del gradiente urbano-natural del río Pitillal, Puerto Vallarta, Jalisco.

identificación de algunas de las especies colectadas. Agradecemos al editor y a los dos revisores por sus comentarios y sugerencias, los cuales, enriquecieron el manuscrito. Conflictos de interés: El manuscrito fue preparado y revisado por todas las autoras, quienes declaramos que no existe conflicto de intereses que ponga en riesgo

la validez de los resultados presentados. Este trabajo se realizó por parte de un integrante del Cuerpo Académico Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos (UDG-CA-940). Financiación: Programa de Apoyo a la Productividad de Miembros del Sistema Nacional de Investigadores, Universidad de Guadalajara.

REFERENCIAS

- ALLAN, J.D. 2004. Landscapes and riverscapes: the influence of land use on stream ecosystems. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*. 35:257-284.
<https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.35.120202.110122>
- ÁNGELES-GARCÍA, A.Y.; SUÁREZ-TORRES, J.J.; CARRILLO-REYES, P.; PEÑA-JOYA, K.E.; QUIJAS, S. 2021. Woody plant diversity in deciduous and semi-deciduous tropical forest of Sierra de Vallejo, Nayarit, México. *Botanical Sciences*. 100(1):2-27.
<https://doi.org/10.17129/botsci.2770>
- BARLING, R.D.; MOORE, I.D. 1994. Role of buffer strips in management of waterway pollution: A Review. *Environmental Management*. 18:543-558.
<https://doi.org/10.1007/BF02400858>
- CAMACHO-RICO, F.; TREJO, I.; BONFIL, C. 2006. Estructura y composición de la vegetación ribereña de la barranca del río Tembembe, Morelos, México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*. 78:17-31.
<https://doi.org/10.17129/botsci.1718>
- CAO, Y.; NATUHARA, Y. 2020. Effect of urbanization on vegetation in riparian area: plant communities in artificial and semi-natural habitats. *Sustainability*. 12(1):204.
<https://doi.org/10.3390/su12010204>
- CATFORD, J.A.; JANSSON, R. 2014. Drowned, buried and carried away: effects of plant traits on the distribution of native and alien species in riparian ecosystems. *New Phytologist*. 204(1):19-36.
<https://doi.org/10.1111/nph.12951>
- COLE, L.J.; STOCKAN, J.; HELLIWELL, R. 2020. Managing riparian buffer strips to optimize ecosystem services: A review. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 296:106891.
<https://doi.org/10.1016/j.agee.2020.106891>
- COMISIÓN ESTATAL DEL AGUA JALISCO, CEA. 2015. Ficha técnica hidrológica municipal. Puerto Vallarta. Comisión Estatal del Agua Jalisco. Disponible desde Internet en: http://www.ceajalisco.gob.mx/doc/fichas_hidrologicas/region12/puerto%20vallarta.pdf (con acceso el 07/08/2021).
- DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN, DOF. 2013. Acuerdo por el que se actualiza la disponibilidad media anual de las aguas superficiales en las cuencas hidrológicas Ixtapa, Pitillal, Cuale, San Blas, Huicicila y Tecomala, México. *Diario Oficial de la Federación*. Disponible desde Internet en: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5306513&fecha=12/07/2013 (con acceso el 12/10/2021).
- DÍAZ-PASCACIO, E.; ORTEGA-ARGUETA, A.; CASTILLO-UZCANGA, M.M.; RAMÍREZ-MARCIAL, N. 2018. Influence of land use on the riparian zone condition along an urban-rural gradient on the Sabinal River, Mexico. *Botanical Sciences*. 96(2):180-199.
<https://doi.org/10.17129/botsci.1858>
- FAGGI, A.; MIGUEL, S. 2019. Estudio urbano-ambiental de riberas de ríos y arroyos urbanos de la ciudad de Salta. *Terra Mundus*. 6(1):13-32.
- FALLAS-MONTERO, E.; VÍLCHEZ-ALVARADO, B. 2018. Competencia en el desarrollo de *Calycophyllum candidissimum* (Vahl) DC. y *Guazuma ulmifolia* Lam. en bosques secundarios caducifolios del Parque Nacional Palo Verde, Guanacaste, Costa Rica. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*. 15(37):34-47.
<http://dx.doi.org/10.18845/rfmk.v15i37.3598>
- FISCHER, S.; GREET, J.; WALSH, C.; CATFORD, J. 2021. Flood disturbance affects morphology and reproduction of woody riparian plants. *Scientific Reports*. 11:16477.
<https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-403578/v1>
- GÓMEZ-ENCARNACIÓN, E. 2021. La Montgomery & Cía.: puntal de la economía vallartense en la década de 1925-1935. *Ciencia y Mar*. 25(74):101-111.
- GRELLA, C.; RENSHAW, A.; WRIGHT, I.A. 2018. Invasive weeds in urban riparian zones: the influence of catchment imperviousness and soil chemistry across an urbanization gradient. *Urban Ecosystems*. 21:505-517.
<https://doi.org/10.1007/s11252-018-0736-z>
- HAMMER, Ø.; HARPER, D.A.; RYAN, P.D. 2001. Past: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontología Electrónica*. 4(1):1-9.
- HOOD, W.G.; NAIMAN, R.J. 2000. Vulnerability of riparian zones to invasion by exotic vascular plants. *Plant Ecology*. 148:105-114.
<https://doi.org/10.1023/A:1009800327334>
- IDCZAK, P.; MROZIK, K. 2020. Periurbanization—evidence from Polish metropolitan areas. *Economic and Environmental Studies*. 18(1):173-192.
<https://doi.org/10.25167/ees.2018.45.11>
- INSTITUTO DE INFORMACIÓN ESTADÍSTICA Y GEOGRÁFICA DE JALISCO, IIEG. 2014. Cuadernillos Municipales, Región 9 Costa Norte, Puerto Vallarta, 2012. SIEG.
- JIMENEZ-RODRÍGUEZ, D.L.; ALVAREZ-AÑORVE, M.Y.; PINEDA-CORTES, M.; FLORES-PUERTO, J.I.; BENÍTEZ-MALVIDO, J.; OYAMA, K.; AVILA-

- CABADILLA, L.D. 2018. Structural and functional traits predict short term response of tropical dry forests to a high intensity hurricane. *Forest Ecology and Management*. 426:101-114.
<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.04.009>
21. KUGLEROVÁ, L.; KIELSTRA, B.W.; MOORE, R.D.; RICHARDSON, J.S. 2019. Importance of scale, land-use, and stream network properties for riparian plant communities along an urban gradient. *Freshwater Biology*. 64(3):587-600.
<https://doi.org/10.1111/fwb.13244>
 22. LACERDA, A.V.D.; BARBOSA, F.M. 2020. Riparian vegetation structure in a conservation unit in the semi-arid region of Paraíba, Brazil. *Floresta e Ambiente*. 27(2).
<https://doi.org/10.1590/2179-8087.024018>
 23. LIND, L.; HASSELQUIST, E.M.; LAUDON, H. 2019. Towards ecologically functional riparian zones: A meta-analysis to develop guidelines for protecting ecosystem functions and biodiversity in agricultural landscapes. *Journal of Environmental Management*. 249:109391.
<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.109391>
 24. LIU, Z.; HE, C.; ZHOU, Y.; WU, J. 2014. How much of the world's land has been urbanized, really? A hierarchical framework for avoiding confusion. *Landscape Ecology*. 29(5):763-771.
<https://doi.org/10.1007/s10980-014-0034-y>
 25. MARTÍNEZ-RAMOS, M.; BALVANERA, P.; VILLA, F.A.; MORA, F.; MAASS, J.M.; MAZA-VILLALOBOS MÉNDEZ, S. 2018. Effects of long-term inter-annual rainfall variation on the dynamics of regenerative communities during the old-field succession of a neotropical dry forest. *Forest Ecology and Management*. 426:91-100.
<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.04.048>
 26. MÉNDEZ-TORIBIO, M.; ZERMEÑO-HERNÁNDEZ, I.; IBARRA-MANRÍQUEZ, G. 2014. Effect of land use on the structure and diversity of riparian vegetation in the Duero river watershed in Michoacán, Mexico. *Plant Ecology*. 215:285-296.
<https://doi.org/10.1007/s11258-014-0297-z>
 27. MÖLLER, P. 2011. Las franjas de vegetación ribereña y su función de amortiguamiento, una consideración importante para la conservación de humedales. *Gestión Ambiental*. 21:96-106.
 28. MORENO-JIMÉNEZ, V.; CASTILLO-ACOSTA, O.; GAMA-CAMPILLO, L.; ZAVALA-CRUZ, J.; ORTIZ-PÉREZ, M.A. 2017. Relación de vegetación ribereña y propiedades del suelo en un afluente del río Tacotalpa, Tabasco, México. *Madera y Bosques*. 23(1):91-109.
<https://doi.org/10.21829/myb.2017.231510>
 29. MORENO-JIMÉNEZ, V.; GAMA-CAMPILLO, L.M.; ROMERO-GARCÍA, A.; OCHOA-GAONA, S.; CONTRERAS-SÁNCHEZ, W.M.; JIMÉNEZ-PÉREZ, N. DEL C.; MATA-ZAYAS, E.E. 2019. Características del paisaje y su relación con la diversidad y estructura de la vegetación ribereña del sureste de México. *Acta Botánica Mexicana*. 126:e1487.
<https://doi.org/10.21829/abm126.2019.1487>
 30. NAIMAN, R.J.; DÉCAMP, H. 1997. The ecology of interfaces: riparian zones. *Annual Review of Ecology and Systematics*. 28:621-658.
<https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.28.1.621>
 31. ORTIZ-ARRONA, C.I. 2019. Los corredores ribereños en la cuenca del río Ayuquila-Armería en México: vegetación ribereña y calidad de las riberas. Ed. Universidad de Guadalajara (México). 171p.
 32. PENNINGTON, D.N.; HANSEL, J.R.; GORCHOV, D.L. 2010. Urbanization and riparian forest woody communities: diversity, composition, and structure within a metropolitan landscape. *Biological Conservation*. 143(1):182-194.
<https://doi.org/10.1016/j.biocon.2009.10.002>
 33. QUIROGA-C., J.A.; ROA-R., H.Y.; MELO, O.; FERNÁNDEZ-M., F. 2019. Estructura de fragmentos de bosque seco tropical en el sur del departamento del Tolima, Colombia. *Boletín Científico, Centro de Museos, Museo de Historia Natural*. 23(1):31-51.
<https://doi.org/10.17151/bccm.2019.23.1.2>
 34. RAMÍREZ-DELGADILLO, R.; CUPUL-MAGAÑA, F.G. 1999. Contribución al conocimiento de la flora de la Bahía de Banderas, Nayarit-Jalisco, México. *Ciencia ERGO-SUM*. 6(2):135-146.
 35. RICHARDSON, D.M.; HOLMES, P.M.; ESLER, K.J.; GALATOWITSCH, S.M.; STROMBERG, J.C.; KIRKMAN, S.P.; PYSEK, P.; HOBBS, R.J. 2007. Riparian vegetation: degradation, alien plant invasions, and restoration prospects. *Diversity and Distributions*. 13(1):126-139.
<https://doi.org/10.1111/j.1366-9516.2006.00314.x>
 36. RIIS, T.; KELLY-QUINN, M.; AGUIAR, F.C.; MANOLAKI, P.; BRUNO, D.; BEJARANO, M.D.; CLERICI, N.; FERNANDES, M.R.; FRANCO, J.C.; PETTIT, N.; PORTELA, A.P.; TAMMEORG, O.; TAMMEORG, P.; RODRÍGUEZ-GONZÁLEZ, P.M.; DUFOUR, S. 2020. Global overview of ecosystem services provided by riparian vegetation. *BioScience*. 70(6):501-514.
<https://doi.org/10.1093/biosci/biaa041>
 37. RZEDOWSKI, J. 1998. Diversidad y orígenes de la flora fanerógama de México. En: Ramamoorthy, T.P.; Bye, R.; Lot, A.; Fa, J. (eds). *Diversidad Biológica de México:*

- Orígenes y Distribución. Ed. Universidad Nacional Autónoma de México (México, D.F.). p.129-145.
38. SAM, K. 2014. Changing land use and land cover in fringe area using GIS: A case study of Barddhaman town, West Bengal. *International Journal of Geomatics and Geosciences*. 5(2):243-252.
39. SÁNCHEZ, T.; MATA, D.; PÉREZ, M.; CALDERÓN, E.; ARRONA, C. 2014. Protocolo de muestreo de vegetación para la aplicación de la Norma de Caudal Ecológico (NMX-AA-159-SCFI-2012). Ed. Reservas con agua (México).
40. SCHWOERTZIG, E.; POULIN, N.; HARDION, L.; TRÉMOLIÈRES, M. 2016. Plant ecological traits highlight the effects of landscape on riparian plant communities along an urban-rural gradient. *Ecological Indicators*. 61(2):568-576.
<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.10.008>
41. SINGH, K.; PANDEY, V.C.; SINGH, R.P. 2013. *Cynodon dactylon*: An efficient perennial grass to revegetate sodic lands. *Ecological Engineering*. 54:32-38.
<https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2013.01.007>
42. TORRES-GÓMEZ, M.; DELGADO, L.E.; MARÍN, V.H.; BUSTAMANTE, R.O. 2009. Estructura del paisaje a lo largo de gradientes urbano-rurales en la cuenca del río Aisén (Región de Aisén, Chile). *Revista Chilena de Historia Natural*. 82:73-82.
<http://dx.doi.org/10.4067/S0716-078X2009000100005>
43. VILLASEÑOR, J.L. 2016. Checklist of the native vascular plants of Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 87(3):559-902.
<https://doi.org/10.1016/j.rmb.2016.06.017>
44. WU, J. 2014. Urban ecology and sustainability: The state-of-the-science and future directions. *Landscape and Urban Planning*. 125:209-221.
<https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2014.01.018>
45. ZERMEÑO-HERNÁNDEZ, I.; BENÍTEZ-MALVIDO, J.; SUAZO-ORTUÑO, I.; MÉNDEZ-TORIBIO, M. 2020. Impact of adjacent land use on the ecological condition of riparian habitats: The relation between condition and vegetation properties. *Applied Vegetation Science*. 23(4):610-621.
<https://doi.org/10.1111/avsc.12508>

Pares evaluadores

El equipo editorial de la Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica desean expresar sus agradecimientos a los investigadores que colaboraron en la evaluación de manuscritos para el suplemento especial "Las Ciencias Ambientales en el Antropoceno".

En reconocimiento publicamos a continuación sus nombres:

1. Ph.D. Nilsa Lorena Alvear Narváez, Universidad del Cauca, Popayán, **Colombia**
2. M.Sc. Any Bares Viera, Ministerio de Educación y Cultura, Montevideo, **Uruguay**
3. Ph.D. Eric Bautista Guerrero, Universidad de Guadalajara, Puerto Vallarta, **México**
4. Ph.D. Felipe Barragán Torres, Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, San Luis de Potosí, **México**
5. Ph.D. Dante Edín Cuadra, Universidad Nacional del Nordeste, Corrientes, **Argentina**
6. Ph.D. Ricardo Del Barrio, Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca, **Argentina**
7. Ph.D. Luis Hernando Estupiñan, Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales, Bogotá, **Colombia**
8. Ph.D. Federico Ferrelli, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Buenos Aires, **Argentina**
9. M.Sc. Víctor Fabián Forero Ausique, Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Bogotá, **Colombia**
10. Ph.D. Diana Marcela Fuquene Yate, Universidad Piloto de Colombia, Bogotá, **Colombia**
11. Ph.D. Solana González Pensado, Universidad de la República, Montevideo, **Uruguay**
12. M.Sc. Rocío Guevara Dorado, Universidad de la República, Montevideo, **Uruguay**
13. Ph.D. María Victoria Plaza Igarteburu, Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires, **Argentina**
14. Ph.D. Oscar Luis Pyszczek, Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales, Bogotá, **Colombia**
15. Ph.D. Ricardo Russo, Universidad de La Salle, San José, **Costa Rica**
16. Ph.D. Jeimy Denisse Santiago Valentín, Universidad de Guadalajara, San Patricio-Melaque, **México**
17. Ph.D. Andrea Soledad Brendel, Instituto Argentino de Oceanografía, Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca, **Argentina**
18. Ph.D. Valeria Soledad Duval, Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca, **Argentina**
19. Postdoc. Elvira Suarez Montenegro, Universidad Nacional de San Juan, San Juan, **Argentina**
20. Ph.D. Mariana Vallejo Ramos, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, **México**
21. Postdoc. Gisela Via do Pico, Instituto de Botánica del Nordeste, Corrientes, **Argentina**
22. Ph.D. Antonella Volonte, Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca, **Argentina**
23. Ph.D. Arturo Sánchez González, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Hidalgo, **México**

CONTENIDO

Volumen 25 Suplemento 1- junio, 2022
Suplemento especial "Las Ciencias Ambientales en el Antropoceno"
<http://doi.org/10.31910/rudca.v25.nSupl.1.2022>

Editorial

e2290 Las ciencias ambientales en el Antropoceno

Cultura y educación para la sostenibilidad

e2135 Educación ambiental mediada desde las ecologías socioculturales para el abordaje del territorio en contextos escolares

e2159 Estrategia educativa intercultural para la prevención del cáncer de cuello cérvico uterino en el resguardo de Paujil, Amazonia Colombiana

e2149 Estudio etnobotánico con estudiantes de grado 5° de la escuela rural mixta el Colorado, del resguardo indígena de Cohetando, Páez, Cauca

Territorio

e2134 Aplicación de indicadores ambientales para la planificación del uso del suelo en una zona costera de Buenos Aires, Argentina

e2144 La percepción local de la transformación del paisaje en San Juan Teposcolula, Oaxaca México

e2142 Territorios hidrosociales: historia ambiental de la apropiación social y sostenibilidad en la cuenca del Río Dagua, Colombia en el siglo XX

e2148 Uso de la prospectiva estratégica, ordenación territorial y evaluación de impacto como base para la sostenibilidad de los sistemas agrícolas

Tecnología e innovación ambiental

e2145 Beneficios ambientales del reciclaje de residuos plásticos posconsumo para la producción de postes en Mendoza, Argentina

e2160 5° Congreso Nacional y 1° Internacional de Ciencias Ambientales "Las Ciencias Ambientales en el Antropoceno". Emisiones generadas y evitadas

Biodiversidad y servicios ecosistémicos

e2196 Diversidad florística y estructural de la vegetación riparia a lo largo de un gradiente urbano-natural del río Pitillal, Jalisco, México

Pares evaluadores

