

Vol.6
2023

REVISTA IBEROAMERICANA

AMBIENTE & SUSTENTABILIDAD



www.ambiente-sustentabilidad.org

DOI: <https://doi.org/10.46380/rias.vol6>
ISSN: 2697-3510 . e-ISSN: 2697-3529



PAFICSD
FUNDACIÓN PANAMERICANA
DE COOPERACIÓN INTERNACIONAL
PARA EL DESARROLLO SUSTENTABLE



reima
Red Iberoamericana de Medio Ambiente



REVISTA IBEROAMERICANA AMBIENTE & SUSTENTABILIDAD

EQUIPO EDITORIAL

Editora en jefe:

MSc. Sara Yaima Ulloa Bonilla
editora@ambiente-sustentabilidad.org

Editor asistente:

MSc. Yordanis Gerardo Puerta de Armas
arbitraje@ambiente-sustentabilidad.org

Editores de sección:

Dr. Rafael Bosque Suárez

Universidad de Ciencias Pedagógicas, Cuba

Dra. Luz María Contreras Velázquez

Universidad Metropolitana, Ecuador

Dr. Amado Batista Mainegra

Instituto Especializado de Profesionales de la Salud, El Salvador

PhD. Antonio Martínez Puché

Universidad de Alicante, España

Dr. Jesús Armando Martínez Gómez

Universidad Autónoma de Querétaro, México

Dra. Silvia Guadalupe Ramos Hernández

Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, México

Dr. Rafael de Jesús Huacuz Elías

Universidad Latina de América, México

MSc. Luis Eugenio Rivera Cervantes

Universidad de Guadalajara, México

MSc. Marco Andrés Moreno Tapia

GRD Geoconsultores S.A., Perú

Dr. Eury José Villalobos Ferrer

RECSATI, A.C., Venezuela

Corrección de textos en español:

Lorena Raquel Schrott

Ezequiel Ignacio Miodownik

Observatorio de Conflictos por Recursos Naturales, Argentina

Corrección de textos en inglés:

Lic. Gail Whittaker

Pan American Foundation for International Cooperation for Sustainable Development, Canadá

Corrección de textos en portugués:

Dr. Alfredo Domínguez González

Universidad Estatal de Mato Grosso, Brasil

Diseño y diagramación:

DI. Evelyn Corvea Benitez, España

Los artículos publicados en la Revista Iberoamericana Ambiente & Sustentabilidad expresan exclusivamente la opinión de sus autores. Los editores no se identifican necesariamente con las opiniones recogidas en la publicación.

Las fotografías o imágenes incluidas en la presente publicación pertenecen a los autores o han sido suministradas por las compañías propietarias de los productos.

Prohibida la reproducción parcial o total de los artículos sin previa autorización y reconocimiento de su origen.



FOTO DE PORTADA

Autor: Enrique Dalmau Hevia

Lugar: Finca Moya, Punta Alegre, Ciego de Ávila, Cuba

CONTACTO

Dirección:

Km. 1 ½, Vía Noboa, s/n. Campus Los Ángeles, Jipijapa, Manabí, Ecuador

Código Postal:

060104

E-mail:

info@ambiente-sustentabilidad.org

Website:

www.ambiente-sustentabilidad.org



Esta Revista es difundida bajo la Licencia Creative Commons 4.0 de Reconocimiento – No comercial – Compartir Igual, la cual permite copiar, distribuir y comunicar públicamente la obra; siempre que se reconozca la autoría original, no se utilice con fines comerciales, ni se realicen obras derivadas.



REVISTA IBEROAMERICANA AMBIENTE & SUSTENTABILIDAD

CONSEJO CIENTÍFICO

Dr. Gilberto Javier Cabrera Trimiño

International University Network, Estados Unidos

MSc. Wagner Castro Castillo

Universidad Nacional, Costa Rica

Dra. Yaneisy Cisneros Ricardo

Universidad de Ciencias Pedagógicas, Cuba

Dra. Amparo Osorio Abad

Universidad de Ciencias Pedagógicas, Cuba

Dr. Raúl Rodríguez Muñoz

Universidad de Cienfuegos, Cuba

Dr. Heriberto Vargas Rodríguez

Universidad Agraria de La Habana, Cuba

Dr. Rogelio García Tejera

Universidad de Oriente, Cuba

Dr. Yunior Ramón Velázquez Labrada

Universidad de Oriente, Cuba

MSc. Holanda Teresa Vivas Saltos

Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de MFL, Ecuador

MSc. César Alberto Cabrera Verdesot

Universidad Estatal del Sur de Manabí, Ecuador

Dr. Daniel Arias Toro

Universidad Técnica de Babahoyo, Ecuador

Dr. Jorge Alejandro Batres Quevedo

Universidad Regional Amazónica, Ecuador

MSc. Fátima Azucena Ordoñez de Cruz

Universidad Gerardo Barrios, El Salvador

MSc. Dagoberto Pérez

Universidad de El Salvador, El Salvador

Dr. Juan Luis Pons Rubio

Asociación Española de Educación Ambiental, España

MSc. Rafael Enrique Corrales Andino

Universidad Nacional Autónoma de Honduras, Honduras

Dra. Yanik Ixchel Maldonado Astudillo

Universidad Autónoma de Guerrero, México

Dr. Javier Jiménez Hernández

Universidad Autónoma de Guerrero, México

Dra. Rayma Ireri Maldonado Astudillo

Universidad Autónoma de Guerrero, México

MSc. Esteban Ortiz Rodea

Universidad del Medio Ambiente y Ciencias Aplicadas, México

Dra. Norma Angélica Rodríguez Valladares

Universidad Centro Panamericano de Estudios

Superiores, México

Dra. Izarely Rosillo Pantoja

Universidad Autónoma de Querétaro, México

Dr. Omar Chávez Alegría

Universidad Autónoma de Querétaro, México

MSc. Edith García Real

Universidad de Guadalajara, México

Dra. Xiomara del Pilar Castillo Altamirano

Universidad Tecnológica La Salle, Nicaragua

Dr. Erick Brenes Mata

Instituto Tecnológico del Medio Ambiente - PMA, Perú

Dra. Tivisay Josefina Hernández de Castillo

Universidad Politécnica Territorial del Zulia, Venezuela

Lic. Corona Yamileth García de Álvarez

Escuela Superior Franciscana Especializada/ÁGAPE, El Salvador

MSc. Fiorella Yolybette Díaz Escobar

Universidad de Oriente, El Salvador

Dr. Sergio Iglesias Abad

Universidad Católica de Cuenca, Ecuador

MSc. Claudia Lizeth Lemus Hernández

Universidad Autónoma de Santa Ana, El Salvador

MSc. Nery Francisco Herrera Pineda

Universidad de Sonsonate, El Salvador

Dr. Tito Morales Pinzón

Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia

Dr. José Heriberto Erquicia Cruz

Universidad Pedagógica de El Salvador, El Salvador

Dra. Blanca Inés Aguilar

International University Network (Universidad Veracruzana), Estados Unidos

Dr. Jorge Luis Llamas

International University Network (Universidad de Cartagena), Estados Unidos



REVISTA IBEROAMERICANA AMBIENTE & SUSTENTABILIDAD

REVISORES INVITADOS

Dra. Clecia Simone Gonçalves Rosa Pacheco

I.F. del Sertão Pernambucano, Brasil

Dr. Alfredo Domínguez González

Universidad Estatal de Mato Grosso, Brasil

MSc. Neme Yamil Doumet Chilán

Universidade Federal de Mato Grosso, Brasil

Dr. Jairo Elicio Tocancipá-Falla

Universidad del Cauca, Colombia

Dr. José Antonio Díaz Duque

Universidad Tecnológica de La Habana, Cuba

Dra. Isabel María Valdivia Fernández

Universidad de La Habana, Cuba

Dr. Arturo Rúa de Cabo

Universidad de La Habana, Cuba

Dr. Julio Iván González Piedra

Universidad de La Habana, Cuba

Dra. Ada Lucía Bonilla Vichot

Universidad de Pinar del Río, Cuba

Dra. Martha Margarita Bonilla Vichot

Universidad de Pinar del Río, Cuba

Dra. Raquel de la Cruz Soriano

Universidad de Sancti Spíritus, Cuba

Dr. José Luis Corvea Porras

Inversiones GAMMA S.A., Cuba

Dr. Arturo Andrés Hernández Escobar

Universidad Estatal del Sur de Manabí, Ecuador

Dr. Reinaldo Demesio Alemán Pérez

Universidad Estatal Amazónica, Ecuador

Dra. Ruth Echeverría Orellana

Asociación Española de Educación Ambiental, España

Dr. Yandy Rodríguez Cueto

Universidad Nacional Autónoma de México, México

Dr. Manuel Bollo Manent

Universidad Nacional Autónoma de México, México

MSc. Yudisleyvis Ventura Díaz

Universidad Nacional Autónoma de México, México

MSc. Marco Vinicio Sandino Castillo

Universidad Tecnológica La Salle, Nicaragua

Dra. Dayanara María Macías Mayorga

Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Ecuador

Dr. Jorge Ferro Díaz

Centro de Investigaciones y Servicios Ambientales

ECOVIDA, Cuba

Dra. María de los Ángeles Pérez Hernández

Centro de Investigaciones y Servicios Ambientales

ECOVIDA, Cuba

REVISTA IBEROAMERICANA

AMBIENTE & SUSTENTABILIDAD

EDITORIAL



JOSÉ LUIS CORVEA PORRAS

Doctor en Ciencias Ambientales
Investigador Auxiliar
Especialista Principal
Inversiones GAMMA S.A. Cuba

Los problemas ambientales globales, como consecuencia del crecimiento económico provocado por la intervención humana, parecen ser titulares antiguos y, al mismo tiempo relevantes, debido al crecimiento individual o específico de cada problema y el escenario resultante que han dibujado hasta la actualidad. A pesar de que hace siglos se identificaron las causas, consecuencias, soluciones y alternativas; el intento de concienciar, divulgar y difundir la condición finita de los recursos disponibles en el planeta comenzó hace apenas hace 60 años aproximadamente.

En la actualidad pasamos de la conservación de la biodiversidad centrada en la pérdida de especies, a la conservación basada en hábitats y ecosistemas, del desigual desarrollo económico y social, al avance de la economía circular como opción ambiental. No obstante, la degradación ambiental entre las regiones del norte y del sur son cada vez más evidentes. Muchos foros, congresos, cumbres y acuerdos internacionales han tratado la problemática ambiental principalmente como un asunto político, lo que conduce a la creación de alternativas, programas, estrategias e iniciativas que dependen principalmente de un financiamiento específico que, en teoría, proporciona el apoyo necesario para una gestión ambiental eficiente.

Sin embargo, la gestión ambiental será más efectiva si considera al ser humano como una entidad biológica y psicosocial. Por lo tanto, es importante enfocarse en sus dificultades, abandonando la política y la burocracia centradas en la resolución práctica de los problemas. No es lo mismo, la política de la gestión ambiental que la gestión ambiental como política, esto implica pasar directamente del papel (cumbres, foros y eventos) al diagnóstico en el terreno, la validación de estudios concretos, la mitigación, la solución y el monitoreo, con el fin de lograr una gestión participativa, integrada, multidisciplinaria y multisectorial.

Sería bueno pensar y actuar en este contexto, porque la misión es invertir en las prioridades, los recursos y los resultados, en lugar de en instituciones y funcionarios. Es hora de empoderar directamente el liderazgo y la gestión de las comunidades, de lo contrario, la fecha límite para el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, como el fin de la pobreza y el hambre, el bienestar con salud e igualdad de género, el acceso al agua limpia, la vida de los ecosistemas terrestres, la acción por el clima y otros seguirá cambiando. Es hora de priorizar la gestión ambiental desde el paradigma de la sustentabilidad, como clave principal, sin intereses geopolíticos, económicos o comerciales, con una clara prioridad en la protección de la especie humana y de la naturaleza de la que forma parte.

TABLA DE CONTENIDO

MANEJO SUSTENTABLE DE TIERRAS Y SEGURIDAD ALIMENTARIA

Sustentabilidad y gestión empresarial en la acuicultura de Guerrero, México

Gerardo Santana Huicochea, Javier Alfonso Rodríguez Teliz, Jorge Hernández-Santana, Marco Antonio Rodríguez Mejía, Ma. Victoria Memije Rosas

e306

GESTIÓN DE RIESGOS AMBIENTALES Y CAMBIO CLIMÁTICO

Cambio climático, gestión territorial y gestión del riesgo de desastres

Luis Eduardo Menjívar Recinos

e266

Consideraciones para la evaluación del riesgo climático y de desastre

Luis Eduardo Menjívar Recinos, Ángel Guilemes Peira

e280

GESTIÓN SUSTENTABLE DE RECURSOS HÍDRICOS

Fitorremediación con *Eichhornia crassipes* en aguas residuales del cantón Jipijapa, Ecuador

Bryan Esteven Duran Mera, Margarita Jesús Lino García

e221

GESTIÓN AMBIENTAL EN ASENTAMIENTOS HUMANOS

La satisfacción de los clientes del Departamento Comercial de la Empresa Eléctrica de Ecuador, como elemento clave para la gestión ambiental en asentamientos humanos

Victor Emilio Molina, Gonzalo Sigcho

e286

Contraste del urbanismo táctico como aporte social en ciudades de Colombia

Rubén Dario Calixto Morales, Gonzalo de la Fuente de Val

e305

Metabolismo urbano y entropía como catalizadores de la sostenibilidad en sistemas urbanos complejos

Gustavo Godoy Uribe

e315

La Plaza de los Héroes de la Independencia de Puerto Príncipe, Haití, hacia su balcanización

Jean Fernney Piou, Gonzalo de la Fuente de Val

e234

EDUCACIÓN, CULTURA Y COMUNICACIÓN AMBIENTAL

El paisaje sostenible, una visión desde la geoecología

José Manuel Mateo Rodríguez †, Manuel Bollo Manent

e290

USO SUSTENTABLE DE LA BIODIVERSIDAD Y MANEJO DE ÁREAS PROTEGIDAS

La creación de un Geoparque en Haití, una oportunidad para el país

Jean Fernney Piou

e272

Inventario de Melolonthidae nocturnos (Insecta: Coleoptera), en bosque de pino-encino, Tapalpa, Jalisco, México

Edith García-Real, Abel Olvera-Pineda, Luis Eugenio Rivera-Cervantes

e298

Protección y gestión holística de bosques de *Nothofagus* en la Península de Brunswick, Chile*Leon Hauenschild, Gabriel Zegers, Lars Östlund*

e295

POLÍTICA Y DERECHO AMBIENTAL**Derechos Humanos en materia fiscal y ambiental en México***María Guadalupe Aguirre Guzmán, Laura Margarita Medina Celis, Arístides Pelegrín Mesa*

e312

GESTIÓN SUSTENTABLE DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS**Modelo sostenible para gestión de residuos sólidos inorgánicos en la región Valle de Zamora, Michoacán***Ismael Barrera Valdivia*

e318



Sustentabilidad y gestión empresarial en la acuicultura de Guerrero, México

Sustainability and business management in the aquaculture of Guerrero, Mexico

Sustentabilidade e gestão empresarial na aquicultura em Guerrero, México

Gerardo Santana Huicochea / Tecnológico Nacional de México, México / gerardo.santana@igualatecnm.mx

Javier Alfonso Rodríguez Teliz / Tecnológico Nacional de México, México / javier.rodriguez@igualatecnm.mx

Jorge Hernández-Santana / Tecnológico Nacional de México, México / jorge.hernandez@igualatecnm.mx

Marco Antonio Rodríguez Mejía / Tecnológico Nacional de México, México / marco.rodriguez@igualatecnm.mx

Ma. Victoria Memije Rosas / Tecnológico Nacional de México, México / L18320722@acapulco.tecnm.mx

Recibido: 19/1/2023

Aceptado: 3/9/2023

Publicado: 11/10/2023

RESUMEN

Con el objetivo de evaluar el nivel operacional de la sustentabilidad en las microempresas acuícolas de la región costera en el estado de Guerrero, se aplicó un cuestionario validado (96% de confiabilidad) a 18 microempresas. Se usó la escala Likert con 40 variables de interés distribuidas en cuatro dimensiones: 10 para gestión empresarial, 14 para ecológico-ambiental, ocho en la social y ocho en la económica. El análisis se hizo adecuando la metodología *marco para la evaluación de sistemas de manejo de recursos naturales* incorporando indicadores de sustentabilidad al contexto de la investigación. Los resultados mostraron que la dimensión ecológico-ambiental requiere de acciones operacionales para la sustentabilidad (73.33% en promedio). Se clasificó como indiferente el manejo de espacios entre estanques (60% de los microempresarios); en tanto, el tratamiento de agua extraída también obtuvo una calificación baja (76.6% estuvieron parcialmente de acuerdo). En la dimensión social se encontró indiferencia hacia los criterios de contratación (57.78% de los microempresarios), pero es fuerte en la igualdad de género, 95.56% estuvieron totalmente de acuerdo. En la dimensión ecológica 86.67% de los microempresarios estuvieron parcialmente de acuerdo en desarrollar un plan de negocios, sin embargo al 65% les fue indiferente dar valor agregado a su producto.

Palabras clave: dimensiones de sustentabilidad, escala Likert, microempresarios, operacionalización, variables de sustentabilidad

ABSTRACT

With the objective of evaluating at the operational level the sustainability of aquaculture microenterprises in the coastal region in the state of Guerrero, a validated questionnaire (96% reliability) was applied, after a preliminary inventory, to 18 microenterprises. The Likert scale was used with 40 variables of interest in total distributed in four dimensions: 10 for business management, 14 for ecological-environmental, eight in the social and eight in the economic. The analysis was made adapting the Framework for the Evaluation of Natural Resource Management Systems incorporating Sustainability Indicators methodology to the research context. The results showed that the ecological-environmental dimension requires operational actions for sustainability (73.33% on average). The management of spaces between ponds was classified as indifferent (60% of the microentrepreneurs); meanwhile, the treatment of extracted water also obtained a low rating (76.6% partially agreed). In the social dimension, indifference was found towards the hiring criteria (57.78% of the microentrepreneurs), but it is strong in gender equality, 95.56% fully agreed. In the ecological dimension, 86.67% of the microentrepreneurs partially agreed with the development of a business plan, but 65% were indifferent to adding value to their product.

Keywords: Likert scale, microentrepreneurs, operationalization, sustainability dimensions, sustainability variables

RESUMO

Com o objetivo de avaliar a nível operacional a sustentabilidade das microempresas aquícolas da região costeira do estado de Guerrero, aplicou-se, após um inventário preliminar, um questionário validado (96% de confiabilidade) a 18 microempresas. Foi utilizada a escala Likert com 40 variáveis de interesse no total distribuídas em quatro dimensões: 10 para gestão empresarial, 14 para ecológico-ambiental, oito para a social e oito para a econômica. A análise foi feita adaptando a metodologia Quadro para a Avaliação de Sistemas de Gestão de Recursos Naturais incorporando Indicadores de Sustentabilidade ao contexto da pesquisa. Os resultados mostraram que a dimensão ecológico-ambiental requer ações operacionais para a sustentabilidade (73.33% em média). A gestão dos espaços entre lagoas foi classificada como indiferente (60% dos microempreendedores); entretanto, o tratamento da água extraída também obteve nota baixa (76.6% concordaram parcialmente). Na dimensão social, constatou-se indiferença quanto aos critérios de contratação (57.78% dos microempreendedores), mas é forte na igualdade de gênero, 95.56% concordaram plenamente. Na dimensão ecológica, 86.67% dos microempreendedores concordaram parcialmente com o desenvolvimento de um plano de negócios, mas 65% foram indiferentes em agregar valor ao seu produto.

Palavras chave: dimensões da sustentabilidade, escala de Likert, microempreendedores, operacionalização, variáveis de sustentabilidade

INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, el deterioro de las pesquerías a nivel mundial, centrada en esfuerzos pesqueros para especies de interés económico, ha hecho que la acuicultura desempeñe un papel significativo y creciente en la provisión de alimentos y empleo (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2022). México, se proyecta como potencia latinoamericana en la actividad, ya que en los últimos años la tasa media de crecimiento ha sido de 15% anual. De acuerdo con la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Acuicultura (SAGARPA, 2013) el litoral de Guerrero, ubicado sobre la vertiente sur del Océano Pacífico de México, ocupa el tercer lugar a nivel nacional en producción de pesca, aunque con la misma dinámica mundial de sobreexplotación en los recursos. En contrapeso, la entidad cuenta con características geográficas y clima apropiado para desarrollar la acuicultura.

Algunos productores inician sus microempresas acuícolas desconociendo a fondo la biología y ecología de la especie de interés, con un manejo precario de los aspectos sanitarios, así como un mercado poco diversificado. Lo anterior ocasiona una carencia de preparación formal de proyectos, que incluyan planes de negocio, estudios de uso del suelo, impacto ambiental, capacitación empresarial y de su personal (Huerta, 2011). Los impactos derivados de estos aspectos crean una percepción negativa hacia la acuicultura, sobre todo en lo que concierne al manejo de recursos naturales. De forma recurrente se señala que se usa un alto volumen de agua para la producción, y que el consecuente recambio lleva elevada carga de contaminantes, sin tratamiento previo (Naspirán-Jojoa *et al.*, 2022). Otro ejemplo, es la variación del precio inmobiliario en áreas con reciente desarrollo acuícola. El precio es variable en función de la distancia del inmueble con respecto al cultivo ostrícola (Sudhakaran *et al.*, 2021). Este tipo de percepción se ha tratado de medir y manejar a través de la operatividad de variables de sustentabilidad para encontrar mejoras en los sistemas acuícolas, como lo han evaluado recientemente Osmundsen *et al.* (2020). Así, se aportan criterios o variables medibles y aplicadas en las granjas acuícolas, y a través de ellas, evaluar la sustentabilidad que satisfaga los objetivos del desarrollo sostenible (Berger, 2020).

Existe una discusión muy dinámica sobre la sustentabilidad como concepto y práctica, uno de los puntos centrales que se ponen en tablero es el peso de cada dimensión y el equilibrio propuesto. En este último punto se debaten, a casi 35 años de la formalización del desarrollo sustentable, los *trade off* entre las dimensiones y si necesariamente tienen que estar equilibrados o es un proceso mucho más dinámico y en constante cambio (Matus y Azamar, 2019). En este marco, se han propuesto varios modelos para valorar la sustentabilidad de diversos sistemas, asumiendo la consecución de un equilibrio que oriente a los interesados sobre las estrategias y acciones que deben implementar para alcanzar, por ejemplo, certificaciones reconocidas (Rangel *et al.*, 2017). Más aún, en el ámbito acuícola se han explorado

otras dimensiones como la política y la tecnológica (Rangel *et al.*, 2017; Cervantes, 2019), que, si bien añaden elementos de sustentabilidad, demuestran el papel de la actividad en el desarrollo regional.

Los métodos para valorar la operacionalidad de la sustentabilidad en proyectos acuícolas son variados. Para México, destacan el propuesto por Cervantes (2019) quien plantea la valoración de indicadores distribuidos en cuatro dimensiones, las valida e introduce en un sistema de *presión, estado, impacto y respuesta*, para posteriormente generar un modelo basado en áreas críticas de evaluación y factores de éxito en las empresas analizadas, llamado *Evaluación integral de sustentabilidad acuícola*. El análisis multicriterio define los ámbitos ambiental, espacial, tecnológico, geopolítico y económico del sistema a partir de la interpretación de criterios y subcriterios particulares, analizados y determinados por especialistas (López-Poblete *et al.*, 2020).

También se ha abordado la articulación productiva de granjas acuícolas, entendiendo por esto la creación u operación de redes, clústers o cadenas productivas que están relacionadas con la actividad al nivel regional y en aspectos de manejo empresarial como capacitación, organización, uso de créditos y formas de comercializar el producto, apoyos gubernamentales y académicos entre otros. Pero a partir de ello fue difícil valorar el grado de sustentabilidad (Huerta, 2011). Una propuesta para esta valoración es el *Marco para la evaluación de sistemas de manejo de recursos naturales* incorporando Indicadores de Sustentabilidad muy usado en México y América Latina para determinar la operacionalidad de la sustentabilidad. Evalúa siete atributos o propiedades: productividad, estabilidad, resiliencia, confiabilidad, equidad, autogestión y adaptabilidad con múltiples estudios al nivel continental (Astier *et al.*, 2008). En contraste, otros métodos como IDEA (indicateurs de durabilité des exploitations agricoles), propuesta francesa que en México ha sido usado en el ámbito pecuario, trabaja con hasta 42 indicadores distribuidos en las tres dimensiones del desarrollo sustentable (Vences *et al.*, 2015).

De acuerdo a la SAGARPA (2013), históricamente la acuicultura mexicana se ha desarrollado con casos de éxito y abandono sin que se llegue a consolidar como un puntal en la economía regional y estatal. No se cuenta con un estudio que analice las probables causas de esta problemática. Así, una primera acción específica en el presente estudio fue realizar un inventario de microempresas acuícolas en la región Costa Chica y Costa Grande del estado de Guerrero.

La presente investigación es de tipo cuantitativa y exploratoria sobre un fenómeno que no ha sido analizado en la región de estudio para una actividad emergente como la camaricultura. Así, el objetivo fue evaluar el nivel operacional de la sustentabilidad en las microempresas acuícolas de la región costera en el estado de Guerrero, México. Se prueba

entonces la hipótesis de que las microempresas acuícolas en la costa guerrerense operan bajo esquemas de sustentabilidad declarados para la actividad. Para ello, se consideró la gestión empresarial como eje articulador, se midió la sustentabilidad de estas microempresas acuícolas en las dimensiones económico, social y ambiental. El método aplicado *marco para la evaluación de sistemas de manejo de recursos naturales* busca entender de manera integral las limitantes y posibilidades para la sustentabilidad de los sistemas de manejo que surgen de la irrupción en los procesos ambientales con el ámbito social y económico (Astier *et al.*, 2008). Así, los resultados generados de esta investigación provienen de herramientas previamente elegidas como operacionales con enfoque de manejo empresarial pertinente a la acuicultura.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El estudio se realizó en el estado de Guerrero, regiones Costa Grande (Región IV) y Costa Chica (Región III), ambas en la línea costera del Pacífico Central Mexicano. Se ubican entre las coordenadas 17°56'46" N y 102°08'17" O hacia la parte noroeste y 16°18'58" N y 98°33'10" O hacia el sureste. La Región Costa Grande colinda con el estado de Michoacán y tiene ocho municipios, seis de los cuales tienen salida al mar. La región Costa Chica colinda con el estado de Oaxaca y cuenta con 16 municipios, cinco de los cuales tienen litoral. Ambas regiones son separadas en la parte central del litoral guerrerense por el municipio de Acapulco. El clima en ambas costas es cálido subhúmedo con lluvias en verano. La temperatura promedio mínima y máxima oscila entre los 22 y 29°C, respectivamente. El litoral de las costas y alrededores registran lluvias de 1000-1200 mm anuales (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2017).

La Costa Grande abastece al litoral del Pacífico con nueve ríos de relevancia, mientras que la Costa Chica lo hace con seis. Cuentan con 12 cuerpos de agua (lagunas costeras), ocho y cuatro para la Costa Grande y Costa Chica, respectivamente. La vegetación dominante es la selva baja caducifolia, la cual ha sido sustituida en grandes porciones por áreas agrícolas. También se ubican pequeñas áreas de manglar y tular. Los principales sistemas económicos son los cultivos de coco y mango, complementados con maíz y pastizales para ganado (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2017).

Muestreo de microempresas acuícolas

Se levantó un inventario a través de una investigación con *Google Maps* como fuente de consulta, se localizaron las microempresas acuícolas en el litoral del estado de Guerrero, México. Posteriormente, se comprobó en el campo dichas ubicaciones y se contactaron a los propietarios, quienes referenciaron otras microempresas que no se encontraban identificadas en *Google Maps*. Además, la información del inventario se completó por consulta

directa con instituciones educativas y dependencias del sector acuícola en la región y localizadas en ambas costas. De esta manera, se tuvo una base de datos preliminar con aquellas que se encontraban en operación y las que dejaron de operar, pero que aún cuentan con infraestructura acuícola. Para seleccionar a las que se le aplicaría el cuestionario se tuvieron en consideración algunos criterios como el estar operando al menos los tres últimos años, accesibilidad a la empresa, tiempo de traslado, seguridad en la región y recursos disponibles para el traslado.

Diseño y validación del cuestionario

Se diseñó un cuestionario que cubriera aspectos de gestión empresarial y las tres dimensiones de la sustentabilidad, cada una con variables de interés para cubrir el objetivo de la investigación. Al final se incluyeron 40 variables, 10 variables para Gestión Empresarial, 14 para la dimensión ambiental, ocho para la social y ocho para la económica, todas en escala de Likert (1 totalmente en desacuerdo, 2 parcialmente en desacuerdo, 3 indiferente, 4 parcialmente de acuerdo y 5 totalmente de acuerdo). Este instrumento fue validado para su fiabilidad considerando el índice alfa de Cronbach en el programa estadístico *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS versión 15.0), el cual fue de 96%. El cuestionario se aplicó a 18 microempresas acuícolas, que cumplieron con los criterios de selección, ubicadas en la Costa Grande y Costa Chica del estado de Guerrero. Por aspectos inherentes a la planeación logística del proyecto, la ventana de muestreo se estableció de junio a septiembre. Por lo que el cuestionario se aplicó a las microempresas que en ese periodo estaban operativas y sólo fue aplicado a los propietarios.

Las respuestas fueron capturadas en una hoja de datos Excel para realizar el análisis de sustentabilidad modificado a partir del método MESMIS (Astier *et al.*, 2008). Mide cada variable en una escala de 0 a 100%, donde el más alto valor representa la mejor condición del cumplimiento de sustentabilidad. Para las microempresas no se ha hecho un análisis de este tipo, por lo que no existe un parámetro de comparación. Por ello, se introdujo una modificación para las condiciones del proyecto, representado por un procedimiento de ponderación. Consistió en que después de clasificar las dimensiones con sus respectivas variables, se sumó el resultado por variable de los 18 cuestionarios. Se consideró como calificación máxima por variable un total de 60 puntos (ponderación de 100%), mientras que la mínima fue de 18 puntos. Aplicando una regla de tres, se obtuvo el porcentaje real por cada variable. De esta manera, se contó con un puntaje promedio en la escala Likert para cada variable y un porcentaje del total de microempresarios que respondieron a cada variable de la escala.

Se representaron los resultados de sustentabilidad en gráficos radiales disponibles en Excel, por dimensión. De esta manera, se representó cada variable por dimensión como el porcentaje de microempresarios que respondieron a cada una de las escalas Likert.

Análisis estadístico

Finalmente, se realizó una prueba de independencia, con la prueba chi cuadrada a un nivel de confianza de 5%, estableciendo como hipótesis de trabajo para esta parte que las variables de gestión empresarial seleccionadas para el estudio eran independientes de la operacionalidad de cada una de las dimensiones de sustentabilidad. La prueba trabaja con frecuencias observadas y esperadas, por lo que se realizó una tabla de contingencia de 2x3, asignando para la gestión empresarial dos niveles: alto y bajo. El criterio fue una agrupación de los valores en escala Likert del cuestionario aplicado a los microempresarios acuícolas entrevistados. Los niveles quedaron así: entre 1 y 3.99 (entre el desacuerdo y la indiferencia) se asignó *bajo* y de 4 a 5 (entre parcialmente de acuerdo y acuerdo total) como *alto*. Los niveles de las tres dimensiones de sustentabilidad procedieron de igual forma, *bajo* para valores de 1 a 1.99, Medio para valores entre 2 y 3.99 y *alto* para aquellos situados entre 4 y 5. Se obtienen las probabilidades para cada combinación de eventos y se decidió sobre la hipótesis nula con una prueba χ^2 .

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se inventariaron un total de 28 microempresas, siete ubicadas en la Costa Chica y 21 en la Costa Grande de Guerrero. El total incluye las operativas y no operativas, estas con infraestructura útil, este segundo grupo no fue considerado para incluirlo porque ya tenían algunos años sin actividad. Por razones de logística o accesibilidad, seguridad, tiempo y recursos se aplicó el cuestionario a 18 microempresarios, cinco pertenecientes a la Costa Chica y 13 a la Costa Grande de Guerrero.

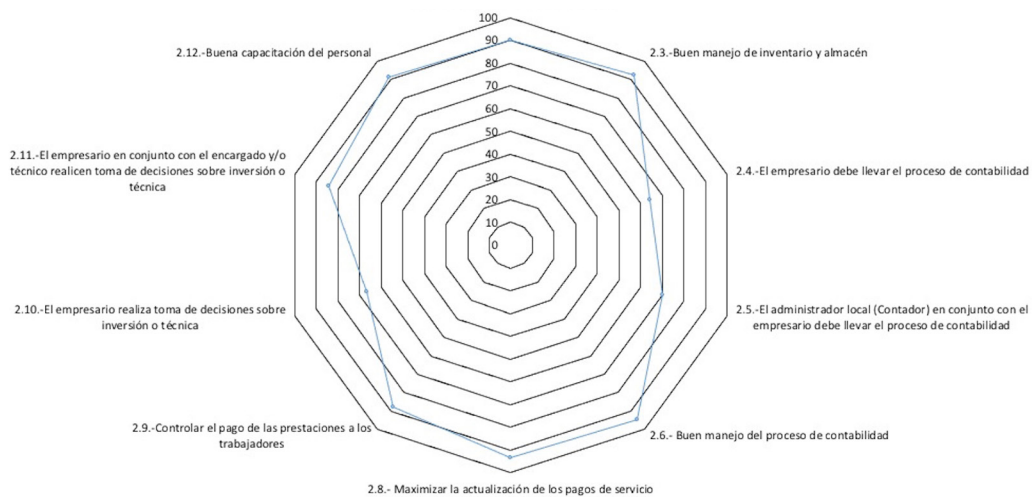
Al nivel de dimensiones, la económica y social mostraron mejores niveles de desarrollo en promedio (82.22 y 79.86%, respectivamente), en las variables operacionales medidas. La dimensión ecológico-ambiental (73.33%) fue la dimensión que mayor atención requiere. La valoración promedio de los microempresarios a esta última dimensión, en términos de la escala Likert fue de 3.67, es decir, entre la indiferencia y estar parcialmente de acuerdo. En este escenario, las microempresas acuícolas analizadas siguen un patrón de producción que no les permite abordar mercados especializados (Rangel *et al.*, 2017) ni desarrollar procesos innovadores o de diversificación de mercados sostenibles (Berger, 2020).

En la dimensión gestión empresarial se observó una intención de los microempresarios por contar con un buen proceso de contabilidad (*figura 1*). En promedio, 83.44% de los encuestados respondieron estar parcialmente de acuerdo en implementar de una forma eficiente herramientas de gestión empresarial. Las variables relativas a contar con un buen manejo del proceso de contabilidad, llevar inventarios, el pago de servicios y capacitación del personal obtuvieron buen porcentaje (*figura 1*) equivalente a la valoración estar parcialmente de acuerdo, superando el 90% de las respuestas. Por otro lado, los microempresarios con-

sideraron indiferente llevar un proceso de contabilidad ellos mismos, delegando la responsabilidad a un contador, así como tomar decisiones sobre inversión o aspectos técnicos de manera planificada en conjunto con especialistas contratados para ello.

En este sentido, las carencias detectadas remarcan la necesidad de contar con un modelo de negocios, que oriente la parte administrativa (Huerta, 2011), y como instrumento que proporcione ventajas competitivas en el mercado local o regional (de la Torre *et al.*, 2020). La planificación preoperativa no es formalizada, tampoco implementan procesos administrativos que involucren una contabilidad formal, ni un organigrama bien estructurado, aunque se reconoce la importancia de hacerlo.

Figura 1. Valores de las variables operacionales, en porcentaje, para la aplicación de herramientas de gestión empresarial en microempresas acuícolas de la región costera de Guerrero.



Fuente: Elaborado por los autores.

La variable con más bajas calificaciones fue la dimensión ecológica-ambiental. Así, el control de parámetros físico – químicos (90%) representó que los microempresarios están parcialmente de acuerdo en su importancia para el cultivo (figura 2). Argumentaron estabilidad en las condiciones de calidad de agua, por lo que prefieren otros apoyos como equipo de bombeo. También, 90% respondieron estar parcialmente de acuerdo en que debe existir un compromiso en materia de investigación para el logro de objetivos en la acuicultura innovadora, y mostraron interés en cumplir con las normas, programas y códigos que lleven una operabilidad de la sustentabilidad. Por otro lado, al 60% de los microempresarios le fue indiferente maximizar el uso de los espacios entre estanques con actividades alternativas, punto estratégico si se desea disminuir gastos de mantenimiento y mantener procesos ecológicos.

Asimismo, sólo 34.4% estuvo parcialmente en desacuerdo en que las sustancias químicas sea la única fuente para el control de enfermedades, por lo que un alto porcentaje es partidario de usarlas, resultado que no contribuye a eliminar una etiqueta negativa para la acuicultura, por la contaminación de agua que se genera. Casi 76.6% manifestó estar parcialmente de acuerdo en realizar un tratamiento de aguas desechadas, pero el método que usan (pozas de oxidación) no tiene un adecuado control y monitoreo, por lo que su eficiencia permanece desconocida. La relevancia de no aplicar químicos y dar un correcto tratamiento al agua desechada estriba en que puede usarse con fines agrícolas y mejora de suelos degradados (Leal-Mendoza *et al.*, 2023). Una variable, que fue necesario explicar a los encuestados, trató sobre la percepción de la acuicultura ecológica como alternativa de producción. Así, 65.5% indicaron ser indiferentes en la aplicación de esta tecnología a sus microempresas y también a otro tipo tecnología sustentable como el biofloc o celdas fotovoltaicas, introducidas cada vez con mayor recurrencia en el sector (Delfín *et al.*, 2020). Como lo describen Naspirán-Jojoa *et al.* (2022) el uso de la acuicultura Multitrófica Integrada, puede conducir a los microempresarios hacia una producción sustentable, a través del reordenamiento y diversificación de su sistema de producción actual con especies de diferente nivel trófico.

Figura 2. Variables operacionales para la dimensión ecológica-ambiental en microempresas acuícolas de la región costera de Guerrero.

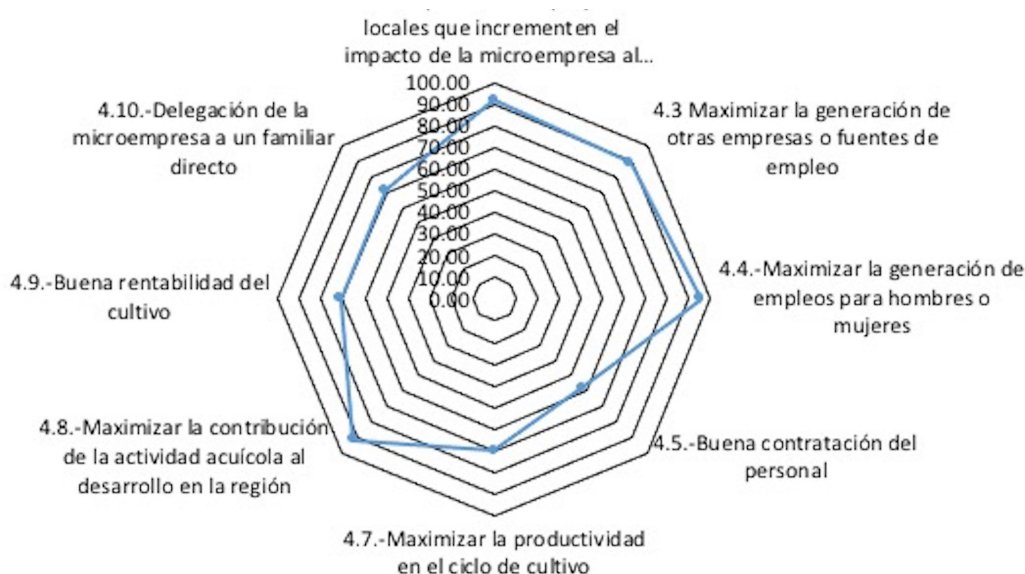


Fuente: Elaborado por los autores.

Con respecto a la dimensión social, 95.56% de los encuestados estuvieron totalmente de acuerdo para maximizar la generación igualitaria de empleos en hombres y mujeres en sus microempresas (figura 3). Similar escenario se obtuvo con el deseo de contribuir en mayor medida al desarrollo regional a través de beneficios sociales e impacto territorial, pero que en la actualidad no se han cristalizado. Por lo contrario, al 57.78% de los microempresarios les fue indiferente generar criterios de contratación específicos, como personal más capacitado o con alta preparación

académica que les brinde mejoras técnicas de producción y comercialización en sus microempresas. Este escenario ha sido identificado en estudios similares, con la propuesta de formalizar cursos especializados tanto a microempresarios como trabajadores (Tantálean, 2021). En referencia a la pregunta de delegar la microempresa acuícola a un familiar directo, 71.10% mostraron indiferencia por planear delegarla, lo que anula una visión a largo plazo, sólo consideraron una participación familiar ocasional en otras áreas de la microempresa.

Figura 3. Variables operacionales para la dimensión social en microempresas acuícolas de la región costera de Guerrero.



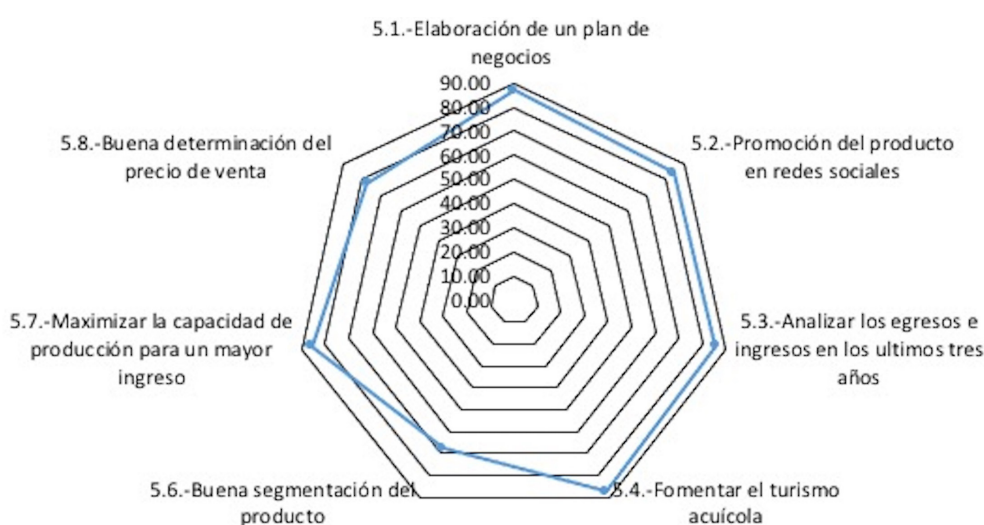
Fuente: Elaborado por los autores.

El análisis de la dimensión económica demostró que los microempresarios acuícolas dan mayor relevancia a esta dimensión, ya que los porcentajes alcanzados son los mayores por variable (figura 4). La excepción fue para la segmentación del mercado en la venta del producto, ya que a 65% de los microempresarios calificaron de indiferente ofertar el producto con un valor agregado para la búsqueda de mercados alternativos, porque les es cómodo vender a pie de granja. Así, 86.67% estuvieron parcialmente de acuerdo con la idea de contar con un plan de negocios, porque no lo tienen. En tanto, al 87.78% les interesaría incursionar y fomentar el turismo acuícola. El esfuerzo de la actividad se centra en obtener utilidades a costa de las dimensiones ecológica-ambiental y social, enfatizándose que no siempre una buena producción se refleja en un impacto social (Cervantes, 2019). Aunque el vínculo con las otras dimensiones no es ignorado, no hay estrategias que hagan operables las variables de forma integrada, por falta de una cultura ambiental, empresarial y apoyos externos asertivos.

Factores que permean a través de las dimensiones analizadas, fueron la falta de participación de centros de investigación en la problemática de las microempresas acuícolas. Los microempresarios guerrerenses poseen los conocimientos técnicos, pero a través de la I+D+i, podrían enrique-

cerlos al explorar tendencias de mercados, nuevas formas de comercialización o bien aplicación de indicadores que evalúen la sustentabilidad de manera constante (Barrios, 2016). Un esfuerzo para el clúster de microempresarios acuícolas, dirigido a atender las variables operacionales de las dimensiones, elevaría la producción, como se ha estimado en Baja California al evaluar la participación coordinada educación-ciencia-tecnología-innovación (Pérez *et al.*, 2019). Lo que diversificaría el mercado explorando aquellos emergentes en donde se señala ya una comercialización de organismos sustentables y no sustentables (Baumgartner y Bürgi, 2021).

Figura 4. Variables operacionales para la dimensión económica en microempresas acuícolas de la región costera de Guerrero.



Fuente: Elaborado por los autores.

Referente a la hipótesis de independencia entre las variables de gestión empresarial que es aplicada en las 18 microempresas acuícolas con respecto a cada una de las dimensiones de la sustentabilidad, se encontró que la dimensión ecológico-ambiental es independiente de las herramientas de gestión empresarial ($X^2= 5.46$, p valor= 0.065) y que las variables operacionales de la dimensión social ($X^2= 9.73$, p valor= 0.007) y económica ($X^2=12.7$, p valor= 0.001) no lo son. El análisis corrobora que la gestión ambiental condiciona la productividad económica y el beneficio social (Takibur *et al.*, 2019; Partida *et al.*, 2019) sobre todo desde la perspectiva sustentable. Pero el hecho de no contar con un buen manejo ecológico-ambiental, generaría en el mediano o largo plazo un efecto negativo en el posicionamiento de mercado local y regional de las microempresas.

CONCLUSIONES

Se ha encontrado que la operacionalidad de las tres dimensiones de la sustentabilidad en las microempresas acuícolas de la costa Guerrero, México está parcialmente vinculada a la gestión empresarial, lo que condiciona un riesgo a futuro para la actividad. Aunque su desarrollo es relativamente reciente en la región, unos 15 años, posee atributos no deseados en la acuicultura, sobre todo aquellos relacionados con el manejo de los recursos naturales,

como es el uso y contaminación de agua. En la escala Likert propuesta, la sustentabilidad no es alcanzada más que en un nivel medio-bajo y en este sentido las microempresas analizadas contribuyen al deterioro de recursos y el impacto social que conlleva.

Se debe contemplar un esfuerzo por equilibrar las dimensiones social, económica y ecológica-ambiental a través de la óptica de gestión empresarial. La vinculación de estos aspectos con la investigación resultaría estratégica para la transferencia de tecnología verde, dirección de empresas o mercados emergentes sostenibles.

Así mismo, con la información generada, es aconsejable inducir escenarios que incluyan planes de negocio y acciones sustentables para comparar el impacto que ambos instrumentos pueden tener en sus microempresas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Astier, M., Maser, O. R. y Galván-Miyoshi, Y. (Coords.). (2008). *Evaluación de sustentabilidad. Un enfoque dinámico y multidimensional*. SEAE/CIGA/ COSUR/CIEco/UNAM/GIRA/ Mundiprensa/Fundación Instituto de Agricultura Ecológica y Sustentable. <https://acortar.link/azX5LV>
- Baumgartner, U. y Bürgi, E. (2021). Drawing the line between sustainable and unsustainable fish: product differentiation that supports development through trade measures. *Environmental Science Europe*, 33, e113. <https://doi.org/10.1186/s12302-021-00551-6>
- Barrios, G. M. (2016). *Modelo de desarrollo Empresarial Fundamentado en I+D Aplicada en Acuicultura* [Tesis de Doctorado, Universidad de Málaga]. Repositorio Dialnet. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=79488>
- Berger, C. (2020). La acuicultura y sus oportunidades para lograr el desarrollo sostenible en el Perú. *South Sustainability*, 1(1), e003. <https://doi.org/10.21142/SS-0101-2020-003>
- Cervantes, I. (2019). *Evaluación de la sustentabilidad de la actividad acuícola en México* [Tesis de Doctorado, Universidad Autónoma del Estado de México]. Repositorio Institucional. <http://ri.uaemex.mx/handle/20.500.11799/105439>.
- De la Torre, V. H, Peralta, Y., Olivas, E. y Durazo, M. G. (2020). Factores que determinan la competitividad del Parque Acuícola Cruz de Piedra en Empalme, Sonora, México. *Revista de El Colegio de San Luis*, 10(21), 5-33. <https://doi.org/10.21696/rcsl102120201100>
- Delfín, E., Betanzo, E. A., y Sandoval, L. C. (2020). Uso potencial de ecotecnologías para una acuicultura sustentable. En J. Villegas, R. Sánchez y A. Rivera (Eds.), *Jóvenes en la Ciencia, Tecnología, Innovación y Alimentos* (pp. 170-179). Red Iberoamericana de Academias de Investigación. <https://acortar.link/JedHg7>

- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2022). *El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2022. Hacia la transformación azul*. Edición del autor. <https://www.fao.org/documents/card/en/c/cc0461es>
- Huerta, J. J. (2011). Articulación productiva para la innovación en las pequeñas empresas acuícolas de la región occidente de México. *El Ágora USB*, 11(2), 403-422. <https://acortar.link/x79lrz>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2017). *Anuario estadístico y geográfico de Guerrero 2017*. Edición del autor. <https://acortar.link/AjPjMjY>
- Leal-Mendoza, A. I., García-Gallegos, E., Vázquez-Cuecuecha, O. y Hernández-Acosta, E. (2023). Análisis multivariado de suelos irrigados con aguas residuales de la acuicultura. *Agronomía Mesoamericana*, 34(1), 50028. <https://doi.org/10.15517/am.v34i1.50028>
- López-Poblete, I., Godínez-Domínguez, E., Mendoza, M. E. y Tintos-Gómez, A. (2020). Criterios de manejo acuícola para la región Pacífico Central Mexicano mediante análisis multicriterio. *Investigación y Ciencia de la Universidad de Aguascalientes*, 28(79), 14-23. <https://acortar.link/8aILDx>
- Takibur, Md., Nielsen, R., Akhtaruzzaman, Md. K. y Ankamah-Yeboah, I. (2019). Impact of management practices and managerial ability on the financial performance of aquaculture farms in Bangladesh. *Aquaculture Economics & Management*, 24(1), 79-101. <https://doi.org/10.1080/13657305.2019.1647578>
- Naspirán-Jojoa, D. C., Fajardo-Rosero, A. G., Ueno-Fukura, M. y Collazos-Lasso, L. F. (2021). Perspectivas de una reproducción sostenible en acuicultura multitrófica integrada (IMTA): una revisión. *Revista de Medicina Veterinaria y Zootecnia*, 69(1), 75-97. <https://doi.org/10.15446/rfmvz.v69n1.101539>
- Matus, P. J. y Azamar, A. (2019). Sustentabilidad acuícola, ¿para qué y para quién? En A. Azamar y J. Matus (Coord.), *Tendiendo puentes para una Sustentabilidad Integral* (pp. 172-199). Universidad Autónoma Metropolitana. <https://acortar.link/tSfV5e>
- Osmundsen, T. C., Amundsen, V. S., Alexander, K. A., Asche, F., Bailey, J., Findstad, B., Olsen, M. S., Hernández, C. y Salgado, H. (2020). The operationalization of sustainability: Sustainable aquaculture production as defined by certification schemes. *Global Environmental Change*, 60, e102025. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2019.102025>
- Partida, S., Sósol, S., González, J. J., Flores, D. M. y Cabal, A. (2019). Integración de la sustentabilidad en la gestión empresarial dentro del municipio de Huatusco, Veracruz. *Revista Ingeniantes*, 1(1), 3-7. <https://acortar.link/uotQSm>

- Pérez, S. M., Mungaray-Moctezuma, A. B. y López, S. (2019). Explorando un marco de referencia para la caracterización de bioempresas del sector acuícola en Baja California. *Entreciencias*, 6(18), 37-53. <https://acortar.link/EhR73i>
- Rangel, J., Arredondo, M. C. y Espejel, I. (2017). ¿Estamos investigando la efectividad de las certificaciones ambientales para lograr la sustentabilidad acuícola? *Sociedad y Ambiente*, 15, 7-37. <https://doi.org/10.31840/sya.v0i15.1785>
- Secretaria de Agricultura, Ganadería, Pesca y Acuicultura. (2013). *Anuario estadístico de acuicultura y pesca 2013*. <https://acortar.link/qXocSr>
- Sudhakaran, P. O., Puggioni, G., Uchida, H. y Opaluch, J. (2021). Do oyster farms actually reduce the property values? Empirical evidence from Rhode Island. *Agriculture Economics and Management*, 25(2), 202-222. <https://doi.org/10.1080/13657305.2020.1869857>
- Tantálean, L. D. (2021). *Estrategias para el fortalecimiento de capacidades en gestión de empresas acuícolas en el Distrito de Bagua Grande, provincia de Utcubamba* [Tesis de grado, Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas]. Repositorio Institucional. <https://repositorio.untrm.edu.pe/handle/20.500.14077/2642>
- Vences, J., de Liza, A., Albarrán, B., Arriaga, C. M., Rebollar-Rebollar, S. y García, A. (2015) Utilización del método IDEA para evaluar la sustentabilidad de la ganadería del Estado de México. En D. Iglesias, F. Carreño y A. Carrillo (Eds.), *Sustentabilidad productiva sectorial. Algunas evidencias de aplicación* (pp. 15-41). Universidad Autónoma del Estado de México. <https://acortar.link/fCRTq1>

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Tecnológico Nacional de México por el financiamiento de este estudio en su programa de Investigación Científica, Desarrollo Tecnológico e Innovación 2022 (proyecto 13785.22-P).



Cambio climático, gestión territorial y gestión del riesgo de desastres

Climate change, territorial management and disaster risk management

Mudanças climáticas, gestão territorial e gestão de riscos de desastres

Luis Eduardo Menjívar Recinos / Fondo Verde, El Salvador / lemenjivar@gmail.com

Recibido: 1/4/2022

Aceptado: 12/6/2023

Publicado: 5/7/2023

RESUMEN

La investigación se desarrolló en el contexto de la gestión del riesgo de desastres y los efectos esperados del cambio climático global, con el objetivo de evidenciar que en las evaluaciones de riesgo de desastre deben incluirse las condiciones futuras del clima, ya sea como aporte a la gestión del territorio en las etapas de planificación o en los procesos de reducción del riesgo de desastre. Para ello, con base en la revisión bibliográfica realizada, se detallaron con cifras los daños ocasionados por los desastres en las últimas décadas y su relación con el crecimiento urbano y la planificación territorial. La ausencia de esta por muchos años, principalmente durante la expansión de las ciudades, aumentó la exposición a diferentes amenazas naturales. También, se abordaron los diferentes efectos del cambio climático a largo plazo y su relación con los componentes que se interceptan para la estimación del riesgo de desastre. Como resultado se identificaron los indicadores utilizados con mayor frecuencia en la evaluación del cambio climático, lo que puede contribuir a transitar de manera más acertada por las diferentes etapas de dicho proceso.

Palabras clave: adaptación climática, desarrollo territorial, planificación, reducción del riesgo, vulnerabilidad

ABSTRACT

The research was developed in the context of disaster risk management and the expected effects of global climate change, with the aim of demonstrating that future climate conditions should be included in disaster risk assessments, either as a contribution to the land management in the planning stages or in disaster risk reduction processes. For this, based on the bibliographic review carried out, the damages caused by disasters in recent decades and their relationship with urban growth and territorial planning were detailed with figures. The absence of this for many years, mainly during the expansion of cities, increased exposure to different natural hazards. Also, the different effects of long-term climate change and their relationship with the components that are intercepted for the estimation of disaster risk were addressed. As a result, the indicators used most frequently in the evaluation of climate change were identified, which can contribute to move more accurately through the different stages of said process.

Keywords: climate adaptation, planning, risk reduction, territorial development, vulnerability

RESUMO

A investigação foi desenvolvida no contexto da gestão do risco de calamidades e dos efeitos esperados das alterações climáticas globais, com o objetivo de demonstrar que as condições climáticas futuras devem ser incluídas nas avaliações de risco de calamidades, quer como contributo para a gestão do território nas fases de planeamento, quer nos processos de redução de riscos de desastres. Para isso, com base na revisão bibliográfica realizada, foram detalhados com números os danos causados pelos desastres nas últimas décadas e sua relação com o crescimento urbano e o ordenamento do território. A ausência deste por muitos anos, principalmente durante a expansão das cidades, aumentou a exposição a diversos perigos naturais. Além disso, foram abordados os diferentes efeitos da mudança climática de longo prazo e sua relação com os componentes que são interceptados para a estimativa do risco de desastres. Como resultado, foram identificados os indicadores utilizados com mais frequência na avaliação das mudanças climáticas, o que pode contribuir para avançar com mais precisão nas diferentes etapas do referido processo.

Palavras chave: adaptação ao clima, desenvolvimento territorial, planejamento, redução de riscos, vulnerabilidade

INTRODUCCIÓN

Según lo planteado por Arcaño (2021), los impactos socioeconómicos vinculados a los desastres provocados por eventos climatológicos extremos se han registrado en todo el planeta. En tal sentido Dupar (2020) plantea que el rango de evidencia publicada indica que los costos netos de los daños del cambio climático probablemente sean significativos y aumenten con el tiempo.

El crecimiento de la población y la concentración de las actividades económicas en las ciudades propicia el aumento de las condiciones de exposición a amenazas naturales (Espinosa, 2021), las cuales se espera aumenten en intensidad y frecuencia por efecto del calentamiento global (Pallmall, 2021). Con base en lo expuesto, es necesario que dentro de los instrumentos de planificación y ordenamiento territorial se incluya, como primer paso en la gestión del riesgo, la evaluación del riesgo climático y de desastres, que permita priorizar las intervenciones necesarias para corregir las condiciones actuales de riesgo y que conlleve a una planificación adaptada al cambio climático global y al desarrollo seguro del territorio.

El objetivo de la investigación consistió en evidenciar que en las evaluaciones de riesgo de desastre deben incluirse las condiciones futuras del clima. Para ello, se realizó un análisis del crecimiento urbano, la ausencia de planificación territorial, el aumento de la exposición a diferentes amenazas naturales, los efectos del cambio climático y su relación con los componentes del riesgo de desastres.

DESARROLLO

Durante la última década, las pérdidas económicas a nivel mundial relacionadas con fenómenos naturales (geofísicos, climáticos e hidrometeorológicos) promedia US\$170 mil millones al año. En los años 2011 y 2017 las pérdidas superaron los \$ 300 mil millones según United Nations Office for Disaster Risk Reduction (2022). En total, más de 495 000 personas en todo el mundo murieron por condiciones climáticas extremas en los últimos 20 años y los daños ascendieron a unos \$ 3450 billones (Eckstein *et al.*, 2021). Entre 1970 y 2019 se han atribuido 11 072 desastres a amenazas relacionadas con el tiempo meteorológico, el agua y el clima, que provocaron 2.06 millones de muertes y US\$3.6 billones en pérdidas económicas (Cullmann *et al.*, 2021).

El crecimiento de la población a nivel global ha ocasionado impactos negativos en sistemas socioeconómicos, naturales y urbanos; una de sus consecuencias es la exposición permanente a condiciones de amenazas y el incremento de la vulnerabilidad social ante fenómenos naturales que aumentan el riesgo de desastres (Sevillano-Rodríguez, 2020). Según lo planteado por Holguin y Guillemes (2022) los desastres se originan por una inadecuada o inexistente planificación en el ordenamiento del territorio. Asimismo, por efecto del calenta-

miento global, algunas amenazas de origen natural aumentaron en intensidad y frecuencia, lo que, sumado a la vulnerabilidad de muchos asentamientos, generó grandes pérdidas de vidas humanas, daños en la infraestructura y afectación en los medios de vida. La Organización de las Naciones Unidas incluye, dentro las situaciones causantes del desplazamiento atribuibles al medio ambiente, la condición de las personas de zonas de alto riesgo (Mansilla, 2018).

Dentro de los efectos del cambio climático se puede esperar que las temperaturas continúen en aumento, lo que afecta el ciclo del agua, propicia cambios en los patrones de precipitación y aumenta la frecuencia e intensidad de los fenómenos climatológicos extremos (Hoffmann, 2020; López *et al.*, 2018). Los desastres reportados por año han aumentado, entre 1970 y 2000 los informes de desastres promediaron alrededor de 90 a 100 por año, entre 2001 y 2020 el número de eventos aumentó de 350 a 500 por año (United Nations Office for Disaster Risk Reduction, 2022). Los peligros relacionados con el agua aumentaron durante los últimos 20 años, por ejemplo, los desastres relacionados con inundaciones registrados desde 2000 aumentaron un 134% en comparación con las dos décadas anteriores (Cullmann *et al.*, 2021); que junto a otros factores derivan en una tendencia creciente de pérdidas y daños por desastres (Giroty Perea, 2019).

Sevillano-Rodríguez (2020) expone que, para abordar esta situación, en el año 2005 se realizó la Conferencia Mundial sobre la Reducción de los Desastres Naturales en Kobe, Japón. Uno de los objetivos de la referida reunión fue formular una estrategia internacional para la reducción de los desastres, con especial atención en los países en desarrollo, propensos a sufrir daños debido a su mayor grado de vulnerabilidad y exposición. Señalan que la capacidad de los países más pobres para responder y recuperarse suele excederse en caso de desastres. En el año 2015 se llevó a cabo la Tercera Conferencia Mundial sobre la Reducción del Riesgo de Desastres en Sendai, Japón; en esta conferencia se discutió y aprobó un plan internacional bajo objetivos de seguridad ante amenazas naturales (United Nations Office for Disaster Risk Reduction, 2020).

Según United Nations Office for Disaster Risk Reduction (2016) el riesgo de desastre se refiere a la potencial pérdida de vidas, lesiones o bienes destruidos y/o dañados que pudieran ocurrirle a un sistema, sociedad o comunidad en un período de tiempo específico, determinado probabilísticamente en función de la amenaza, exposición, vulnerabilidad y capacidad de respuesta. La gestión del riesgo, por su parte, busca garantizar el desarrollo de la sociedad bajo condiciones ideales de seguridad, con atención a los posibles impactos de un desastre, para que la sociedad no se vea afectada en grandes proporciones y se generen los menores efectos negativos posibles frente a un desastre, es decir, busca reducir el riesgo frente a un desastre, beneficiando con esto a la sociedad (Amado-Castaño y González-Ospina, 2018).

El quinto informe del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) señala que existe un acuerdo entre los actores globales sobre la necesidad de integrar la adaptación al cambio climático y la reducción del riesgo de desastres (Gebreyes *et al.*, 2017). Dentro de las acciones planteadas para integrar la reducción del riesgo de desastre y la adaptación al cambio climático se encuentran: identificar a las partes interesadas en el clima y el riesgo de desastres del gobierno, la academia, la sociedad civil y las áreas en riesgo; y destinar tiempo para la capacitación en temas de clima y riesgo de desastres (United Nations Office for Disaster Risk Reduction, 2020).

El riesgo de desastres existe solo en la intersección de sus tres componentes (amenaza, exposición y vulnerabilidad), y no puede ser descrito por ninguno de estos factores por sí solo (Barandiarán *et al.*, 2019). Para la evaluación o estimación del riesgo climático de un elemento o sistema en particular, se consideran: las amenazas a las que se está expuesto, el nivel de exposición y la vulnerabilidad o susceptibilidad a verse afectado por ellas; además, se deben considerar las diferentes presiones y alteraciones que el cambio climático ejerce sobre las amenazas naturales, la vulnerabilidad (sensibilidad al cambio y capacidad de adaptarse) y la exposición (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2022). En tal sentido Mysiak *et al.* (2018) definen un *índice de riesgo climático*, que combina: (i) amenazas aumentadas por el cambio climático, a través de la evaluación de anomalías de índices climáticos extremos seleccionados; (ii) indicadores de alta resolución de la exposición de los principales activos económicos, sociales, naturales y de capital construido; y (iii) la vulnerabilidad, que comprende tanto la sensibilidad actual a los peligros inducidos por el clima como la capacidad de adaptación.

La vulnerabilidad al cambio climático es definida por el IPCC como la susceptibilidad de una especie, sistema o recurso a los efectos negativos del cambio climático y otros factores de estrés, e incluye tres componentes: exposición, sensibilidad y capacidad de adaptación (Lobera-Peña y Olivero-Verbel, 2021). Por su parte Connelly *et al.* (2018), señalan que en 2012 el IPCC pasó de una concepción de vulnerabilidad a una concepción de adaptación al cambio climático, basada en el riesgo, y que el concepto de riesgo es potencialmente favorable para ayudar a comprender los desafíos que plantea el cambio climático, identificar opciones de adaptación y desarrollar resiliencia ante el cambio climático.

Arcaño (2021) concluye que no han sido suficientes los resultados para la reducción de desastres con los marcos actuales; mientras que Barandiarán *et al.* (2019) indican que la falta de atención al riesgo de desastre y cambio climático puede obstaculizar el propósito de un proyecto y potencialmente acortar su vida útil. Por su parte, Vasquez y Delgado (2021) señalan la necesidad de generar una adecuada gestión del riesgo para mejorar el ordenamiento territorial.

Para Pinazo-Dallenbach y Tutistar-Rosero (2020) el principal objetivo de la planificación territorial es el desarrollo sostenible en distintas escalas; por su parte, la planificación territorial estratégica implica enfocarse, a corto y largo plazo, en el diseño de proyectos, acciones y resultados; así como en su implementación.

United Nations Office for Disaster Risk Reduction (2022) señala que existe un acuerdo entre los actores globales sobre lo necesario que es para el desarrollo sostenible la acelerada acción climática para mitigar los impactos del cambio climático y adaptarse a ellos. Así como incorporar los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) como base para evaluar la acción climática en el contexto del desarrollo sostenible. A partir de un análisis y evaluación de riesgo de desastre, que integre los efectos del cambio climático, es factible identificar y gestionar los posibles impactos futuros, para la gestión integral de riesgos climáticos y de desastre, los planes estratégicos de desarrollo y para el diseño de proyectos de construcción e infraestructura.

De ahí que, para prevenir los desastres, se hace necesario comprender las relaciones entre amenaza, exposición y vulnerabilidad. La evaluación de riesgos de desastre es una actividad fundamental dentro del proceso de reducción del riesgo; conocer la condición de riesgo climático es un primer paso en los planes de reducción de riesgo y de desarrollo a largo plazo. Es por ello por lo que el riesgo climático se debe afrontar para alcanzar los ODS. Los desastres producidos por fenómenos naturales y el cambio climático generan pérdidas económicas significativas y debe incorporarse desde la etapa de planificación; así, una evaluación de riesgos de desastre y riesgo climático, que incluya la vinculación entre ambos enfoques, permitiría aumentar la vida útil de los proyectos de inversión y disminuir el riesgo.

CONCLUSIONES

Existen evidencias que relacionan los impactos del cambio climático y desastres desencadenados por eventos naturales con la falta de planificación territorial y el crecimiento de la población global. Unido a ellos se han establecido las consideraciones y lineamientos para vincular la reducción de riesgos de desastre con la adaptación al cambio climático global, que establecen las bases para evaluar y gestionar el riesgo.

Los resultados obtenidos de una evaluación de riesgo de desastres, que incluya la variable cambio climático, serían un primer paso para realizar una gestión correctiva del riesgo climático, pues permitiría priorizar las intervenciones para reducir la condición de riesgo existente. Además, la gestión prospectiva del riesgo es un insumo para la actualización de regulaciones, la planificación y el ordenamiento del territorio con enfoque de reducción del riesgo climático y de desastre, que facilitan el desarrollo de territorios seguros y adaptados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amado-Castaño, O. y González-Ospina, D. C. (2018). *Guía para la formulación de los planes departamentales de gestión del riesgo de desastres*. Unidad Nacional para la Gestión de Riesgos de Desastres- Colombia. <https://acortar.link/GvuWd4>
- Arcaño, K. D. (2021). *Desastres e impactos a nivel global: Breve mirada al presente siglo. Perspectivas para Cuba*. Resultado de proyecto del Programa Nacional de Relaciones Internacionales para 2020/49.
- Barandiarán, M., Esquivel, M., Lacambra, S., Suarez, G., y Zuloaga, D. (2019). *Disaster and Climate Change Risk Assessment Methodology for IDB Projects: A Technical Reference Document for IDB Project Teams*. (Technical Note No.1771). Inter - American Development Bank. <https://acortar.link/GO4uCl>
- Connelly, A., Carter, J., Handley, J. y Hincks, S. (2018). Enhancing the Practical Utility of Risk Assessments in Climate Change Adaptation. *Sustainability*, 10(5), 1399. <https://doi.org/10.3390/su10051399>
- Cullmann, J., Dilley, M., Egerton, P., Grasso, V., Honoré, C., Lúcio, F., Luterbacher, J., Nullis, C., Power, M., Rea, A., Repnik, M., Stander, J. (2021). *2021 State of climate services*. Water. World Meteorological Organization. <https://acortar.link/fszghJ>
- Dupar, M. (2020). Informe especial del IPCC sobre cambio climático y la tierra. ¿Qué significa para América Latina? Alianza Clima y Desarrollo. <https://acortar.link/vPOHzf>
- Eckstein, D., Künzel, V. y Schäfer, L. (2021). *Global climate risk index 2021. Who Suffers Most from Extreme Weather Events, 2000-2019*. Germanwatch. <https://acortar.link/seFBB0>
- Espinosa, L. M. (2021). Reconociendo los desastres socio-naturales ocurridos en México. *Revista de Estudios Latinoamericanos sobre Reducción del Riesgo de Desastres*, 5(1), 96-109. <https://doi.org/10.55467/reder.v5i1.64>
- Gebreyes, M., Tesfaye, K. y Feleke, B. (2017). Climate change adaptation-disaster risk reduction nexus: Case study from Ethiopia. *International Journal of Climate Change Strategies and Management*, 9(6), 829-845. <https://doi.org/10.1108/IJCCSM-01-2016-0006>
- Girof, P. y Perea, A. K. (2019). Gestión de riesgo de desastres y adaptación al cambio climático en Centroamérica. En *Informe hacia una Centroamérica más resiliente. Pilares para la acción* (104-125). Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento del Banco Mundial. <https://acortar.link/C0bW3V>

- Hoffmann, B. (2020). Cambio climático y desastres naturales: Exposición desigual, impactos y capacidad para hacerles frente. En M. Busso y J. Messina (Eds), *La crisis de la desigualdad: América Latina y el Caribe en la encrucijada* (274-267). Banco Interamericano de Desarrollo. <https://acortar.link/VpVu6F>
- Holguin, L., y Guillemes, A. (2022). Los modelos de estimación de riesgo de desastres y la clasificación de sus niveles de riesgo. *South Sustainability*, 3(1), e051. <https://doi.org/10.21142/SS-0301-2022-e051>
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2022). *Annex II: Glossary. In: Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press. <https://acortar.link/Vu5lbV>
- Lobera-Peña, E. y Olivero-Verbel, J. (2021). Índice de vulnerabilidad en dos barrios de Cartagena de Indias. *Gestión y Ambiente*, 24(1), 91194. <https://doi.org/10.15446/ga.v24n1.91194>
- López, P. A. G., Cervantes, R. A., Márquez, L. C. G. y Álvarez, I. G. M. (2018). Cambio climático, vulnerabilidad y adaptación. En F. I. D. de León, J. D. C. Ramírez, L. C. G. Márquez y G. A. M. Romero (Eds.), *Sustentabilidad, teoría, perspectivas y realidades* (17-37). Ediciones del Lirio.
- Mansilla, H. L. (2018). El cambio climático y sus efectos. *Anuario Hispano-Luso-Americano de derecho internacional*, 23, 19-52. <http://biblioteca.corteidh.or.cr/tablas/r38930.pdf>
- Mysiak, J., Torresan, S., Bosello, F., Mistry, M., Amadio, M., Marzi, S., Furlan, E. y Sperotto, A. (2018). Climate risk index for Italy. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 376(2121), 20170305. <https://doi.org/10.1098/rsta.2017.0305>
- Pallmall, A. O. (2021). *El cambio climático, una amenaza global*. Ediciones Alfaro.
- Pinazo-Dallenbach, P. y Tutistar-Rosero, D. X. (2020). Evaluación de procesos de planificación y gestión territorial: Un aporte metodológico desde una revisión de enfoques. *Cuadernos de geografía*, 104, 59-86. <https://doi.org/10.7203/CGUV.104.17304>
- Sevillano-Rodríguez, M. E. (2020). *Amenaza, vulnerabilidad y gestión de riesgo por inundación desde el ordenamiento territorial. La realidad urbana de Santiago de Cali, Colombia* [Tesis de Doctorado, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez]. Repositorio. <http://erecursos.uacj.mx/handle/20.500.11961/5747>

United Nations Office for Disaster Risk Reduction. (2016). *Informe del grupo de trabajo intergubernamental de expertos de composición abierta sobre los indicadores y la terminología relacionados con la reducción del riesgo de desastres*. Asamblea General de las Naciones Unidas. <https://acortar.link/3L6HoQ>

United Nations Office for Disaster Risk Reduction. (2020). *Integrating Disaster Risk Reduction and Climate Change Adaptation in the UN Sustainable Development Cooperation Framework*. <https://acortar.link/OGaq73>

United Nations Office for Disaster Risk Reduction. (2022). *Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction 2022: Our World at Risk: Transforming Governance for a Resilient Future*. <https://acortar.link/D86S7s>

Vasquez, C. E. y Delgado, D. J. M. (2021). Gestión del riesgo de desastres para mejorar el ordenamiento territorial en municipalidades. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 5(1), 165-186. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v5i1.214



Consideraciones para la evaluación del riesgo climático y de desastre

Considerations for climate and disaster risk assessment

Considerações para avaliação de riscos climáticos e de desastre

Luis Eduardo Menjívar Recinos / Fondo Verde, El Salvador / lemenjivar@gmail.com

Ángel Guillemes Peira / Fondo Verde, España / angel.guillemes@fondoverde.org

Recibido: 8/8/2022

Aceptado: 16/8/2023

Publicado: 3/10/2023

RESUMEN

El artículo se desarrolló en el contexto de la gestión de riesgo de desastres y los efectos esperados del cambio climático global, con el objetivo de identificar los aspectos a tener en consideración en la evaluación del riesgo climático y de desastre de forma integral. Para ello, se comenta acerca de los impactos por amenazas naturales, con las proyecciones del clima futuro. Se revisó la literatura reciente relacionada con la gestión y evaluación del riesgo, principalmente los resultados del último informe de Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático, el *Marco Estratégico 2022-2025* de la Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción de Riesgo de Desastre y la norma *ISO 14091:2021* sobre adaptación al cambio climático y directrices sobre la vulnerabilidad, los impactos y la evaluación del riesgo. Se concluye que los riesgos son el resultado de las interacciones dinámicas entre las amenazas, su relación con el clima, la exposición, vulnerabilidad y sensibilidad; se reconoce que el cambio climático, junto a otros factores, es una causa importante del aumento del riesgo. Se indica como se debe abordar la gestión de riesgo climático y de desastre, incluyendo las variables y sus relaciones para su evaluación.

Palabras clave: amenazas naturales, cambio climático, exposición, sensibilidad, vulnerabilidad

ABSTRACT

The article was developed in the context of disaster risk management and the expected effects of global climate change, with the aim of identifying the aspects to be taken into consideration in the comprehensive assessment of climate and disaster risk. To do this, it comments on the impacts of natural hazards, with projections of the future climate. Recent literature related to risk management and assessment was reviewed, mainly the results of the latest report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, the Strategic Framework 2022-2025 of the United Nations Office for Disaster Risk Reduction and the ISO 14091:2021 standard on adaptation to climate change and guidelines on vulnerability, impacts and risk assessment. It is concluded that risks are the result of dynamic interactions between threats, their relationship with climate, exposure, vulnerability and sensitivity; climate change, along with other factors, is recognized as an important cause of increased risk. It indicates how climate and disaster risk management should be addressed, including the variables and their relationships for evaluation.

Keywords: climate change, exposure, natural hazards, sensitivity, vulnerability

RESUMO

O artigo foi desenvolvido no contexto da gestão do risco de desastres e dos efeitos esperados das mudanças climáticas globais, com o objetivo de identificar os aspectos a serem levados em consideração na avaliação abrangente do risco climático e de desastres. Para isso, comenta os impactos dos desastres naturais, com projeções do clima futuro. Foi revista literatura recente relacionada com a gestão e avaliação de riscos, principalmente os resultados do último relatório do Painel Intergovernamental sobre Alterações Climáticas, o Quadro Estratégico 2022-2025 do Gabinete das Nações Unidas para a Redução do Risco de Desastres e a norma ISO 14091:2021 sobre adaptação às alterações climáticas e orientações sobre vulnerabilidade, impactos e avaliação de riscos. Conclui-se que os riscos são o resultado de interações dinâmicas entre ameaças, sua relação com o clima, exposição, vulnerabilidade e sensibilidade; as alterações climáticas, juntamente com outros factores, são reconhecidas como uma causa importante do aumento do risco. Indica como a gestão do risco climático e de catástrofes deve ser abordada, incluindo as variáveis e as suas relações para avaliação.

Palavras chave: exposição, mudança climática, perigos naturais, sensibilidade, vulnerabilidade

INTRODUCCIÓN

El cambio climático genera un mayor riesgo en todos los países, y las amenazas impredecibles pueden tener efectos devastadores en todos los sectores, con consecuencias socioeconómicas y ambientales duraderas (United Nations Office for Disaster Risk Reduction [UNDRR], 2021b). Según lo indican Cutter *et al.* (2015) la cantidad de desastres registrados causados por amenazas naturales se ha duplicado desde 1980. Por su parte, la Organization for Economic Cooperation and Development [OECD] (2021) señala que las pérdidas y daños relacionadas con el cambio climático ya se están haciendo presente a nivel planetario.

El propósito más importante para abordar el cambio climático es reducir los riesgos para los sistemas naturales y sociales (Sharma y Ravindranath, 2019). Las interacciones entre las tendencias del cambio climático, la fragilidad de los ecosistemas, los brotes de enfermedades, la rápida urbanización no planificada, entre otros, demuestran que las consecuencias repercuten en todo el mundo (UNDRR, 2021b). Asimismo, el riesgo de futuras pérdidas y daños se incrementará con el cambio climático (OECD, 2021).

Dada la frecuencia, gravedad y creciente ocurrencia de los desastres y sus impactos, resultado tanto del cambio climático (Allen *et al.*, 2019) como de la exposición y la vulnerabilidad (de Ruiter *et al.*, 2020) se planteó el presente artículo cuyo objetivo es de identificar los aspectos a tener en consideración en la evaluación del riesgo climático y de desastre de forma integral, teniendo en cuenta sexto informe de evaluación sobre cambio climático (*Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability* por su título en inglés).

DESARROLLO

El cambio climático está afectando el comportamiento de las amenazas relacionadas con el clima, lo que deriva en eventos extremos más frecuentes e intensos (UNDRR, 2020; 2021); debido a que, a través de los cambios en la termodinámica, el aire más cálido aumenta la evaporación y el contenido de humedad en la atmósfera (Möller *et al.*, 2022; Peduzzi, 2019). Por otro lado, Ibarra *et al.* (2019) señalan el aumento del nivel del mar como efecto relevante generado por el cambio climático.

Los escenarios climáticos proyectados, así como las variaciones en los patrones de precipitación, de las temperaturas y del nivel medio del mar, contribuyen a las presiones sobre el funcionamiento de los sistemas de infraestructura (Dodman *et al.*, 2022). Asimismo, los riesgos aumentan debido a variaciones a gran escala, como la urbanización, el desarrollo económico, los cambios en el uso del suelo y otros factores emergentes (Adger *et al.*, 2018). De acuerdo con lo planteado por la OECD (2021), el riesgo futuro aumentará por los efectos del cambio climático. Igualmente, señala que actualmente ya se registran estas pérdidas y daños relacionadas con el cambio global.

Se espera que las comunidades expuestas a amenazas provocadas por el clima experimenten desastres con mayor frecuencia. Lincke *et al.* (2022) señalan que la exposición a inundaciones costeras aumentó desde el comienzo de la era industrial y que es probable que continúe creciendo en el presente siglo. Atribuyen esta proyección al desarrollo socioeconómico y al cambio del nivel medio del mar. Para la exposición proyectada a 2100, el incremento del nivel del mar inducido por el cambio climático se convertirá en el factor más importante para el aumento de la exposición de la población, mientras que el aumento de la exposición de la infraestructura estará determinado por el desarrollo socioeconómico.

Cuando se consideran múltiples tipos de amenazas, implica una mayor probabilidad de interacciones que ocurren en períodos cortos (Cutter *et al.*, 2015). Por lo tanto, pueden registrarse más desastres de forma consecutiva (de Ruiter *et al.*, 2020). La perspectiva de múltiples amenazas implica considerar diferentes peligros independientes o evaluar sus interacciones y efectos en cascada (Cerdeña *et al.*, 2022).

La UNDRR (2020) indica que para realizar una gestión de los riesgos climáticos y de desastres se deben abordar las interacciones entre las variaciones del clima, las amenazas naturales y los efectos en la sociedad. La Oficina de las Naciones Unidas para Reducción de Riesgo de Desastres prioriza en su *Marco Estratégico 2022 - 2025* cuatro aceleradores, dentro de los cuales se encuentra: *integrar la agenda de reducción de riesgo de desastres con la agenda climática* (UNDRR, 2021b). Esta agenda pretende generar un impulso global en torno a la emergencia climática, como una forma de acción acelerada para lograr el *Marco de Sendai* (UNDRR, 2015), cuyo objetivo es reducir los impactos de los desastres relacionados con el clima y contribuir a la gestión integral de riesgo.

El concepto de gestión de riesgo de desastre ha evolucionado desde los años sesenta del siglo XX, inicialmente priorizaba afrontar los daños posteriores a un desastre, hasta el momento actual en el que da prioridad a la prevención (Pastrana *et al.*, 2019). Así, la gestión de riesgos se define como planes, acciones, estrategias o políticas orientadas a reducir la probabilidad y la magnitud de posibles consecuencias adversas, en función de los riesgos evaluados (Pörtner *et al.*, 2022). Asimismo, busca garantizar el desarrollo de la sociedad bajo condiciones ideales de seguridad, considerando los posibles impactos de un desastre (Amado y Gonzáles, 2018).

El riesgo se determina probabilísticamente en función de la amenaza, exposición, vulnerabilidad y capacidad de respuesta (UNDRR, 2017). Por su parte las evaluaciones de los riesgos climáticos deben tener en consideración el posible cambio climático futuro (Pörtner *et al.*, 2022). Al desarrollar una evaluación de riesgo, como aporte a la toma de decisiones, deben existir mecanismos que permitan conocer que esta se ha realizado con las técnicas adecuadas y el conocimiento suficiente para la toma de decisiones (Zio, 2018).

Al analizar los impactos asociados con el cambio climático, los riesgos son el resultado de las interacciones dinámicas entre las amenazas vinculadas con el clima, la exposición y la vulnerabilidad de los sistemas afectados (Pörtner *et al.*, 2022). Esta definición reconoce la naturaleza dinámica del riesgo. Cada uno de los tres elementos (amenaza, vulnerabilidad y exposición) están sujetos a variaciones en el tiempo debido a cambios en el clima o a transformaciones socioeconómicas (Reisinger *et al.*, 2020).

Möller *et al.* (2022) definen la amenaza como la ocurrencia potencial de un evento físico, natural o inducido por el hombre, que puede causar la pérdida de vidas, así como daños y pérdidas en infraestructuras, servicios y recursos. El cambio climático influye en las amenazas relacionadas con el clima, lo que deriva en eventos extremos más frecuentes e intensos (UNDRR, 2021b). Comúnmente, las estimaciones de amenazas se basan en períodos de retorno históricos y no condiciones futuras (Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC], 2022).

Por su parte la vulnerabilidad es un elemento importante para la toma de decisiones según Pörtner *et al.* (2022) y se define como la exposición a un agente externo que provoca efectos negativos. Abarca una variedad de conceptos y elementos, incluido la sensibilidad o susceptibilidad al daño (Möller *et al.*, 2022). Durante las últimas décadas, los enfoques para analizar y evaluar la vulnerabilidad han evolucionado. Un énfasis temprano en la evaluación biofísica de la vulnerabilidad incluía, y a menudo comenzaba con, la exposición a amenazas climáticas en la evaluación de la vulnerabilidad (Sharma y Ravindranath, 2019). Ahora se entiende ampliamente que la vulnerabilidad difiere dentro de las comunidades y entre sociedades, y también que cambia a lo largo del tiempo (Pörtner *et al.*, 2022).

La exposición se refiere a la presencia de bienes, sistemas, servicios y recursos en sitios que pueden ser alcanzados por una amenaza (Möller *et al.*, 2022). La dinámica sociodemográfica y desarrollo territorial pueden derivar en un aumento en la exposición. Es por ello que debido a los efectos del cambio climático algunas regiones pueden experimentar amenazas no registradas previamente (OECD, 2021). Así, los impactos del cambio climático son derivados no únicamente por los cambios en las condiciones climáticas, sino por los cambios en la exposición y la vulnerabilidad (IPCC, 2022).

Para la International Organization for Standardization [ISO] (2021) el riesgo del cambio climático es aquel que describe el impacto potencial de este sobre sociedades, economías y ambientes. Al mismo tiempo, señala como componentes principales para una evaluación de riesgo: la amenaza, la exposición de un sistema a esa amenaza, la sensibilidad del sistema al clima, el impacto potencial del cambio climático y el riesgo futuro con adaptación. En el sexto informe de evaluación del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC, 2022), el marco de riesgo incluye las respuestas al cambio climático, las consecuencias dinámicas y en cascada, además de describir los riesgos con mayor detalle geográfico.

Además, evalúa dichos riesgos en un rango de escenarios probables. El enfoque abarca las interconexiones entre las respuestas climáticas, el desarrollo sostenible y la transformación. Por lo tanto, la evaluación incluye la toma de decisiones y la gestión de riesgos relacionadas con el clima, las vías de desarrollo resilientes al clima, la implementación y evaluación de la adaptación, y también los límites de la adaptación, las pérdidas y daños (Pörtner *et al.*, 2022). En la actualidad, los países están reconociendo la necesidad de fortalecer la coherencia de sus enfoques de cambio climático con el de la reducción del riesgo de desastres (OECD, 2020; UNDRR, 2021b).

Es importante destacar que la evaluación del riesgo conforme al sexto Informe sobre el Cambio Climático (IPCC, 2022), considera las amenazas solo como un componente de una evaluación integrada que involucra su compleja interacción con la exposición y la vulnerabilidad de los sistemas en riesgo (Masson-Delmotte *et al.*, 2021). Por tanto, los impactos potenciales futuros del cambio climático pueden ser modificados por la capacidad adaptativa de un sistema (ISO, 2021). Así, los riesgos climáticos y de desastres son el resultado de la interacción entre las amenazas, afectadas por el clima futuro, y los activos expuestos con sus vulnerabilidades, sensibilidades al clima y capacidades de afrontamiento (UNDRR, 2021b).

CONCLUSIONES

El cambio climático se reconoce como una causa importante del aumento en la frecuencia e intensidad de amenazas naturales no tectónicas, que, junto con otros factores, como los cambios en el uso y cobertura de la tierra y el desarrollo económico y territorial, aumentan los riesgos. De ahí que la gestión de los riesgos climáticos y de desastres debe abordar las interacciones entre las variaciones climáticas, las amenazas naturales y sus efectos, integrando la agenda climática con la de reducción de riesgo de desastres dando cumplimiento a lo que indica el *Marco estratégico 2022-2025 para reducción de riesgo de desastres*.

En el contexto de los impactos del cambio climático, los riesgos son el resultado de las interacciones dinámicas entre las amenazas relacionadas con el clima, la exposición y vulnerabilidad del sistema afectado. Elementos que se reconocen están sujetos a modificaciones a lo largo del tiempo, tanto por las transformaciones del clima, la social y económica.

Para evaluar el riesgo climático y de desastres de manera integral, es necesario definir la escala de trabajo y análisis. Unido a ello se debe establecer el sistema a evaluar; las amenazas a la que está expuesto, incluyendo su probabilidad de ocurrencia, la vulnerabilidad del sistema a esa amenaza y su sensibilidad al clima. También, los escenarios futuros, adecuados a la escala de trabajo, las relaciones del clima futuro con las amenazas identificadas, y los escenarios socioeconómicos de acuerdo con los modelos climáticos considerados. En los escenarios a futuro deben considerarse los aspectos sociales y económicos relacionados con

los territorios, sus zonas urbanas y semiurbanas, áreas impermeabilizadas, variaciones en los bosques y la cobertura vegetal.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adger, W. N., Brown, I. y Surminski, S. (2018). Advances in risk assessment for climate change adaptation policy. *Philosophical Transactions of the Royal Society A*, 376, e20180106 <https://doi.org/10.1098/rsta.2018.0106>
- Allen, M., Antwi-Agyei, P., Aragon-Durand, F., Babiker, M., Bertoldi, P., Bind, M., Brown, S., Buckridge, M., Camilloni, I. y Cartwright, A. (2019). Technical Summary. In V. Masson-Delmotte (Ed.), *Global warming of 1.5 C: an IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5 C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty* (pp. 27-46). <https://www.ipcc.ch/sr15/resources/technicalsummary/>
- Amado, O. y Gonzáles, D. C. (2018). *Guía para la formulación de los planes departamentales de gestión del riesgo de desastres*. Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres, Reducción del Riesgo. <http://201.130.16.43/handle/20.500.11762/27566>
- Cerda, I., Burgos, C., Rosales, R., Romero, R. y Bonilla, A. (2022). Estado de la incorporación de la Gestión del Riesgo de Desastres y Cambio Climático en los SNIP de Centroamérica y la República Dominicana. Instituto Centroamericano de Administración Pública. <https://acortar.link/UEVneW>
- Cutter, S. L., Ismail-Zadeh, A., Alcántara-Ayala, I., Altan, O., Baker, D. N., Briceño, S., Gupta, H., Holloway, A., Johnston, D., McBean, G. A. Yujiro Ogawa, Y., Paton, D., Porio, E., Silbereisen, R. K., Takeuchi, K., Valsecchi, G. B., Vogel, C. y Wu, G. (2015). Global risks: Pool knowledge to stem losses from disasters. *Nature*, 522, 277-279. <https://doi.org/10.1038/522277a>
- De Ruiter, M. C., Couasnon, A., van den Homberg, M. J., Daniell, J. E., Gill, J. C. y Ward, P. J. (2020). Why we can no longer ignore consecutive disasters. *Earth's future*, 8(3), e2019EF001425. <https://doi.org/10.1029/2019EF001425>
- Dodman, D. M., Hayward, B., Pelling, M., Castan Broto, V., Chow, W., Chu, E., Dawson, R., Khirfan, L., McPherson, T. y Prakash, A. (2022). Cities, Settlements and Key Infrastructure. In H. O. Pörtner, D. C. Roberts, M. Tignor, E. S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Lösschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (Eds.), *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability* (pp. 907-1040). Cambridge University Press. <https://acortar.link/J73v7P>

- Ibarra, D., Dawahidi T. y Gomariz-Castillo, F. (2019). Estimación de la subida del nivel del mar por efecto del Cambio Climático mediante datos de mareógrafos y la serie de satélite NASA Topex-Poseidon/Jason. El caso de Valencia. *Anales de Geografía de la Universidad Complutense*, 39(1), 39-58. <http://dx.doi.org/10.5209/AGUC.64676>
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2022). *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Cambridge University Press. <https://acortar.link/pUwxkE>
- International Organization for Standardization. (2021). *Adaptation to climate change—Guidelines on vulnerability, impacts and risk assessment* (ISO 14091:2021). <https://acortar.link/27DTlq>
- Lincke, D., Hinkel, J., Mengel, M. y Nicholls, R. J. (2022). Understanding the drivers of coastal flood exposure and risk from 1860 to 2100. *Earth's Future*, 10(12), e2021EF002584. <https://doi.org/10.1029/2021EF002584>
- Masson-Delmotte, V., Zhai, P., Pirani, A., Connors, S. L., Péan, C., Berger, S., Caud, N., Chen, Y., Goldfarb, L., & Gomis, M. I., Huang, M., Leitzell, K., Lonnoy, E., Matthews, J. B. R., Maycock, T. K., Waterfield, T., Yelekçi, O., Yu, R. y Zhou, B. (eds.) (2021). *Climate change 2021: The physical science basis*. Cambridge University Press. <https://acortar.link/2bmwom>
- Möller, V. R., van Diemen, J. B. R., Matthews, C., Méndez, S., Semenov, J. S., Fuglestedt, A., Reisinger (Eds.) (2022). Annex II: Glossary. In H. O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Lösche, V. Möller, A. Okem, B. Rama (Eds.), *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability* (pp. 2897-2930). Cambridge University Press. <https://acortar.link/Vu5lbV>
- Organization for Economic Cooperation and Development. (2020). *Common Ground Between the Paris Agreement and the Sendai Framework: Climate Change Adaptation and Disaster Risk Reduction*. Edición de autor. <https://doi.org/10.1787/3edc8d09-en>
- Organization for Economic Cooperation and Development. (2021). *Managing Climate Risks, Facing up to Losses and Damages*. Edición de autor. <https://doi.org/10.1787/55ea1cc9-en>
- Pastrana, J., Potenciano, A. y Gavari, E. (2019). Gestión del riesgo de desastres y protección civil en España: Aportes para el desarrollo de una cultura preventiva. *Revista de Estudios Latinoamericanos sobre Reducción del Riesgo de Desastres*, 3(2), 44-57. <https://doi.org/10.55467/reder.v3i2.31>
- Peduzzi, P. (2019). The disaster risk, global change, and sustainability nexus. *Sustainability*, 11(4), 957. <https://doi.org/10.3390/su11040957>
- Pörtner, H. O., Roberts, D. C., Adams, H., Adler, C., Aldunce, P., Ali, E., Begum, R. A., Betts, R., Kerr, R. B., Biesbroek, R. Birkmann, J., Bowen, K., Caretta, M.A., Carnicer, J., Castellanos, E.,

- Cheong, T. S., Chow, W., Cissé, G.... Okem, A. (Eds.). (2022). Technical Summary. In H. O. Pörtner, D. C. Roberts, M. Tignor, E. S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Lösschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (Eds.), *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability* (pp. 37–118). Cambridge University Press. <https://acortar.link/51g5KH>
- Reisinger, A., Howden, M., Vera, C., Garschagen, M., Hurlbert, M., Kreibiehl, S., Mach, K. J., Mintenbeck, K., O'Neill, B., & Pathak, M., Pedace, R., Pörtner, H.-O., Poloczanska, E., Rojas, M., Sillmann, J., van Aalst, M., Viner, D., Jones, R., Ruane, A. C. y Ranasinghe, R. (2020). *The concept of risk in the IPCC Sixth Assessment Report: A summary of cross-working group discussions*. Intergovernmental Panel on Climate Change. <https://acortar.link/RWsZsh>
- Sharma, J. y Ravindranath, N. H. (2019). Applying IPCC 2014 framework for hazard-specific vulnerability assessment under climate change. *Environmental Research Communications*, 1(5), e051004. <https://doi.org/10.1088/2515-7620/ab24ed>
- United Nations Office for Disaster Risk Reduction. (2015). *Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030*. Edición del autor. <https://acortar.link/mnL7Lm>
- United Nations Office for Disaster Risk Reduction. (2017). *Informe del grupo de trabajo intergubernamental de expertos de composición abierta sobre los indicadores y la terminología relacionados con la reducción del riesgo de desastres*. Asamblea Nacional de las Naciones Unidas. <https://acortar.link/3L6HoQ>
- United Nations Office for Disaster Risk Reduction. (2020). Integrating Disaster Risk Reduction and Climate Change Adaptation in the UN Sustainable Development Cooperation Framework. <https://acortar.link/OGaq73>
- United Nations Office for Disaster Risk Reduction. (2021a). *Promoting Synergy and Alignment Between Climate Change Adaptation and Disaster Risk Reduction in the Context of National Adaptation Plans: A Supplement to the UNFCCC NAP Technical Guidelines*. Edición del autor. <https://www.undrr.org/media/79532/download>
- United Nations Office for Disaster Risk Reduction. (2021b). *UNDRR Strategic Framework 2022-2025*. Edición del autor. <https://acortar.link/VyJ8L7>
- Zio, E. (2018). The future of risk assessment. *Reliability Engineering & System Safety*, 177, 176-190. <https://dx.doi.org/10.1016/j.ress.2018.04.020>



Fitorremediación con *Eichhornia crassipes* en aguas residuales del cantón Jipijapa, Ecuador

Phytoremediation with Eichhornia crassipes in wastewater from the Jipijapa canton, Ecuador

Fitorremediação com Eichhornia crassipes em águas residuárias do cantão Jipijapa, Equador

Bryan Esteven Duran Mera / Universidad Estatal del Sur de Manabí, Ecuador / duran-bryan5787@unesum.edu.ec

Margarita Jesús Lino García / Universidad Estatal del Sur de Manabí, Ecuador / margarita.lino@unesum.edu.ec

Recibido: 10/1/2022

Aceptado: 22/2/2023

Publicado: 31/3/2023

RESUMEN

Las aguas residuales son un problema ambiental que amenaza los ecosistemas acuáticos y terrestres, por lo que el objetivo de la investigación consistió en realizar un ensayo de fitorremediación con plantas acuáticas en aguas residuales de la planta de tratamiento del cantón Jipijapa. La metodología utilizada consistió en un experimento donde se pusieron a prueba tres plantas de *Eichhornia crassipes* de una zona con alta densidad poblacional; estas plantas pasaron por un proceso de aclimatación para luego ser sometidas al agua del efluente de la planta de tratamiento por nueve días. Antes y después de iniciado el bioensayo se analizaron los parámetros de pH, conductividad eléctrica, turbidez, color y olor. Las pruebas fisicoquímicas dieron como resultado un pH ácido de 5.5, conductividad de 156.0 S/cm, turbidez de 49.8%, coloración marrón oscuro y mal olor del agua antes de puesto en marcha el estudio. Pasados nueve días los parámetros fueron pH de 8.17, conductividad de 256.4 S/cm, turbidez de 4.71%, incoloro con sólidos e inodoro. Los resultados obtenidos corroboraron la problemática con el agua de la planta de tratamiento residual y la capacidad de fitorremediación de *E. crassipes*; la cual puede ser una solución amigable con el ambiente en el tratamiento de aguas residuales.

Palabras clave: bioensayo, biorremediación, plantas acuáticas, tratamiento de agua

ABSTRACT

Wastewater is an environmental problem that threatens aquatic and terrestrial ecosystems, so the objective of the research was to carry out a phytoremediation test with aquatic plants in wastewater from the Jipijapa canton treatment plant. The methodology used consisted of an experiment where three *Eichhornia crassipes* plants from an area with high population density were put to the test; these plants went through an acclimatization process and then were subjected to effluent water from the treatment plant for nine days. Before and after starting the bioassay, the parameters of pH, electrical conductivity, turbidity, color, and odor were analyzed. Physicochemical tests resulted in an acidic pH of 5.5, conductivity of 156.0 S/cm, turbidity of 49.8%, dark brown coloration, and bad odor of the water before starting the study. After nine days the parameters were pH of 8.17, conductivity of 256.4 S/cm, turbidity of 4.71%, colorless with solids and odorless. The results obtained corroborated the problem with the water from the residual treatment plant and the phytoremediation capacity of *E. crassipes*; which can be a friendly solution to the environment in the treatment of wastewater.

Keywords: aquatic plants, bioassay, bioremediation, water treatment

RESUMO

As águas residuais são um problema ambiental que ameaça os ecossistemas aquáticos e terrestres, por isso o objetivo da pesquisa foi realizar um teste de fitorremediação com plantas aquáticas em águas residuais da estação de tratamento do cantão de Jipijapa. A metodologia utilizada consistiu em um experimento onde foram testadas três plantas de *Eichhornia crassipes* de uma área com alta densidade populacional; essas usinas passaram por um processo de aclimatação e, em seguida, foram submetidas ao efluente da estação de tratamento por nove dias. Antes e após o início do bioensaio, foram analisados os parâmetros de pH, condutividade elétrica, turbidez, cor e odor. Os testes físico-químicos resultaram em pH ácido de 5.5, condutividade de 156.0 S/cm, turbidez de 49.8%, coloração marrom escura e mau cheiro da água antes de iniciar o estudo. Após nove dias os parâmetros eram pH de 8.17, condutividade de 256.4 S/cm, turbidez de 4.71%, incolor com sólidos e inodoro. Os resultados obtidos corroboram o problema com a água da estação de tratamento de resíduos e a capacidade de fitorremediação de *E. crassipes*; que pode ser uma solução amigável ao meio ambiente no tratamento de efluentes.

Palavras chave: bioensaio, biorremediação, plantas aquáticas, tratamento de água

INTRODUCCIÓN

El agua natural es una necesidad inevitable en la vida del ser humano. Sin embargo, con el rápido aumento de la población y el creciente desarrollo industrial, muchas fuentes de agua se encuentran contaminadas. Esto se atribuye a la descarga continua de aguas residuales a las fuentes naturales, provenientes de las actividades antropogénicas (Camargo, 2021), es por ello que existe la necesidad de promover el desarrollo de tecnologías beneficiosas y de bajo costo para mejorar la calidad de las aguas residuales. El cantón Jipijapa en su mayoría está afectado por el fenómeno de la desertificación; donde uno de los factores críticos es la falta de agua para uso agrícola, lo que limita la producción y productividad de alimentos para el consumo humano y animal, por lo que es fundamental un uso adecuado de los recursos hídricos.

El agua residual tratada que sale del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales se descarga directamente al río Jipijapa y atraviesa los terrenos agrícolas de la comunidad Joa, siendo utilizada para la producción agrícola del sector, especialmente para el cultivo de plantas de ciclo corto. Este tipo de plantas requieren agua de regadío en tiempo de verano, convirtiéndola en un recurso indispensable para la zona y para la óptima calidad de los cultivos (Atoche, 2016).

Para la realización de un estudio relacionado con el recurso hídrico de un lugar específico es necesario diseñar un proyecto piloto. En este caso el proyecto busca comprobar la capacidad de la especie *Eichhornia crassipes* (conocida comúnmente como lechuguín o jacinto de agua) para la fitorremediación de impurezas orgánicas e inorgánicas de las aguas residuales del cantón Jipijapa. La *Eichhornia crassipes* es una planta acuática monocotiledónea autóctona de la región de América, encontrándose en zonas como el sur de Brasil y Ecuador. Se asocia con el grupo de plantas llamadas lirios y se distingue de otras plantas acuáticas similares por sus hojas brillantes, el bulto parcial de sus pecíolos y sus distintivas flores de color púrpura (Elenwo y Akankali, 2017).

Se ha encontrado que *E. crassipes* es un candidato adecuado para la biorremediación, lo que implica que existen ciertas características que posee la planta que favorecen su uso en esta tecnología, como lo puede ser la capacidad de intercambio catiónico que permite inmovilizar los nutrientes para evitar su contaminación (Delgado, 2020). El jacinto de agua ha demostrado la capacidad de reducir la concentración de metales pesados, colorantes e incluso los parámetros fisicoquímicos del agua (Priya y Selvan, 2017).

Si bien las especies macrófitas, como *E. crassipes*, son consideradas plagas por algunos autores debido a su capacidad de proliferación, pues en ocasiones invaden lagunas y causan diversos problemas; si se manejan adecuadamente su capacidad de multiplicarse, asimilarse y bioacumularse, pueden llegar a ser una alternativa para el tratamiento de aguas contami-

nadas con material orgánico (Barceló y López, 2015). Es por ello por lo que la presente investigación tuvo como objetivo realizar un ensayo de fitorremediación con plantas acuáticas en aguas residuales de la planta de tratamiento del cantón Jipijapa.

MATERIALES Y MÉTODOS

La planta de tratamiento de aguas residuales del cantón Jipijapa, en la provincia Manabí (Ecuador), se encuentra ubicada a cinco kilómetros de la cabecera cantonal, en la vía a la costa, en la comuna Joa.

Los análisis de las muestras se realizaron en el laboratorio de bromatología de la Universidad Estatal del Sur de Manabí. Dichos análisis se basaron en la metodología usada por González y Ramírez (2021) y consistieron en pruebas fisicoquímicas donde se analizaron *pH* (peachímetro PCE-PH 22), *conductividad eléctrica* (conductímetro Monitor P460), *turbidez* (turbidímetro HI 88713-02), *color* (tabla de Munsell, valores de la escala 7.5 YR) y *olor* (presencia o ausencia mediante el olfato). También se realizaron pruebas biológicas para determinar la presencia de coliformes *E. coli* y *Staphylococcus*. La investigación se llevó a efecto durante los meses de noviembre y diciembre de 2019.

La abundancia poblacional del jacinto de agua hace de esta especie un buen sujeto experimental, ya que la extracción de especímenes para estudios no afecta directamente a sus poblaciones. Los individuos que se utilizaron para el ensayo fueron recogidos y seleccionados de la represa Poza Honda, en la parte alta del río Portoviejo.

Procedimiento experimental

El modelo del experimento fue a nivel piloto con el objetivo de comprobar la capacidad de la especie *E. crassipes* para la fitorremediación en la remoción de materiales orgánicos en fuentes hídricas. Para ello se escogieron tres plantas de la especie en estudio, este número fue limitado por la cantidad de recipientes y por el espacio disponible para desarrollar el experimento. Dichas plantas se sometieron a un proceso de aclimatación por un lapso de cuatro días antes de iniciar el desarrollo del ensayo. Posteriormente, se sometieron al agua en estudio para analizar las características fisicoquímicas del agua y la presencia de contaminantes biológicos a lo largo de nueve días.

Etapa de aclimatación

Se colocaron las plantas seleccionadas en un recipiente con capacidad de 8 L, el cual fue previamente preparado con agua potable declorada y nutrida con vitamina E, para fortalecer las plantas y que soporten la carga de contaminantes del agua en estudio. Se dejaron en reposo por cuatro días, para probar la supervivencia de los individuos, durante los cuales se cambió periódicamente (una vez al día) el agua que se encontraba en un estado de estancamiento permanente

sin circulación. Se tomaron datos de crecimiento de raíz, hojas y tallo con ayuda de un calibrador o pie de rey, durante la adaptación para corroborar que los individuos en estudio siguen con su crecimiento y desarrollo normal, confirmando que siguen vivos para continuar con el estudio. La medición de las variables se hizo retirando del agua las plantas de la siguiente manera: hojas, medición a lo largo y ancho de cada una para posteriormente promediarlas; tallo, medición del largo de cada uno y cálculo del promedio y raíz, medición del largo por grupos similares y cálculo del promedio.

Etapas de muestreo de agua

Las muestras de agua residual que se recolectaron de la planta de tratamiento fueron en la laguna del efluente. Se obtuvieron muestras de la superficie, la parte media y del fondo, con un recolector específico para este procedimiento, diseñado por los investigadores utilizando materiales de pecera: una manguera de 5 m (diámetro: externo de 5 mm, interno de 4 mm) unida a una bomba *Homvik*, alimentada con una extensión eléctrica. Con este se tomaron 30 L de la muestra, los cuales se colocaron en tanques de polietileno esterilizados para su transporte hasta el área experimental.

Etapas de bioensayo

Las muestras de agua residual se colocaron en tanques de vidrio con una capacidad de 40 L de agua, en un sistema cerrado sin circulación asistida, pero con un sistema de aireación, a través de una bomba de aire pequeña para la oxigenación del agua. Las plantas se sometieron a las mismas condiciones ambientales en un proceso continuo. En este bioensayo se realizaron tres repeticiones con un intervalo de tiempo de una semana entre cada uno de ellos y fueron expuestos a condiciones ambientales normales *in situ* para garantizar que no existiera una variabilidad de condiciones muy extensa entre el procedimiento experimental y la capacidad de las lagunas.

RESULTADOS

Dimensiones de las plantas durante la aclimatación

La etapa de aclimatación mostró como resultado que el comportamiento de *E. crassipes* siguió un desarrollo normal de crecimiento de sus variables en estudio: raíz, hojas y tallos. Se observó desde el día uno de la etapa de aclimatación que la especie vegetal presentó cambios en su estructura física, destacando el crecimiento de la raíz de la planta 1, aumentando 1.2 cm hasta el día cuatro, a diferencia de las otras plantas que solo aumentaron entre 0.3 y 0.5 cm. En cuanto al crecimiento de hojas y tallos, todas las plantas presentaron crecimientos similares, valores bajos entre 0.1 a 0.3 cm, como se muestra en la *tabla 1*.

Tabla 1. Crecimiento de las plantas durante el proceso de aclimatación.

Planta	Parte vegetal	Día 0	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4
Planta 1	Raíz	10.8	11.1	11.5	11.8	12.0
	Hojas	3.8	3.8	3.9	3.9	4.0
	Tallo	18.0	18.0	18.2	18.2	18.3
Planta 2	Raíz	15.0	15.0	15.3	15.3	15.5
	Hojas	8.3	8.3	8.4	8.4	8.6
	Tallo	25.0	25.0	25.2	25.3	25.3
Planta 3	Raíz	11.4	11.4	11.6	11.6	11.7
	Hojas	6.2	6.2	6.3	6.4	6.5
	Tallo	21.0	21.0	21.0	21.1	21.1

Nota: Los valores corresponden a medidas en cm.

Fuente: Elaborada por los autores.

Carga microbiana del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales

Las muestras de aguas residuales de la planta de tratamiento de Jipijapa exceden los valores aceptados de coliformes, *Escherichia coli* y *Staphylococcus* como se puede observar en los resultados del examen microbiológico (tabla 2). En caso de que el agua sea usada para consumo humano o para algún tipo de uso recreacional, estas cantidades de microorganismos presentes podrían afectar gravemente la salud de las personas.

Tabla 2. Carga microbiana del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales del cantón Jipijapa.

Parámetros	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Límites Máximos*
Coliformes totales NMP/ml	3502	3850	4000	1000 NMP/g
Coliformes fecales NMP/ml	510	600	500	99.9 NMP/g
<i>E. coli</i> UFC/ml	530	510	550	500 UFC/ml
<i>Staphylococcus</i> fecales UFC/ml	280x50	235x50	260x50	1 x 10 ⁴ UFC/g

Nota: * límites establecidos para el agua de riego en Ecuador.

Fuente: Elaborada por los autores.

Parámetros fisicoquímicos del agua residual

Se registraron diariamente los valores de los parámetros fisicoquímicos del agua residual antes y después de aplicar el tratamiento, los que variaron de acuerdo con los días de exposición del bioensayo. Como se aprecia en la tabla 3, el valor del pH fue de 5.5 (ácido) el día 0 y el día 9 pasó a 8.17 (alcalino). De igual modo existió un aumento de la conductividad eléctrica que pasó de 156 a 256.4 (S/cm) del día 0 al 9. Por su parte, la turbidez disminuyó de 49.8 a 4.71%, proceso benéfico para la limpieza del agua, estos cambios se pueden visualizar más claramente en la

figura 1. Por otro lado, los parámetros del color y olor presentaron variaciones a partir del día 8, consistentes con la desaparición del color marrón oscuro y del mal olor.

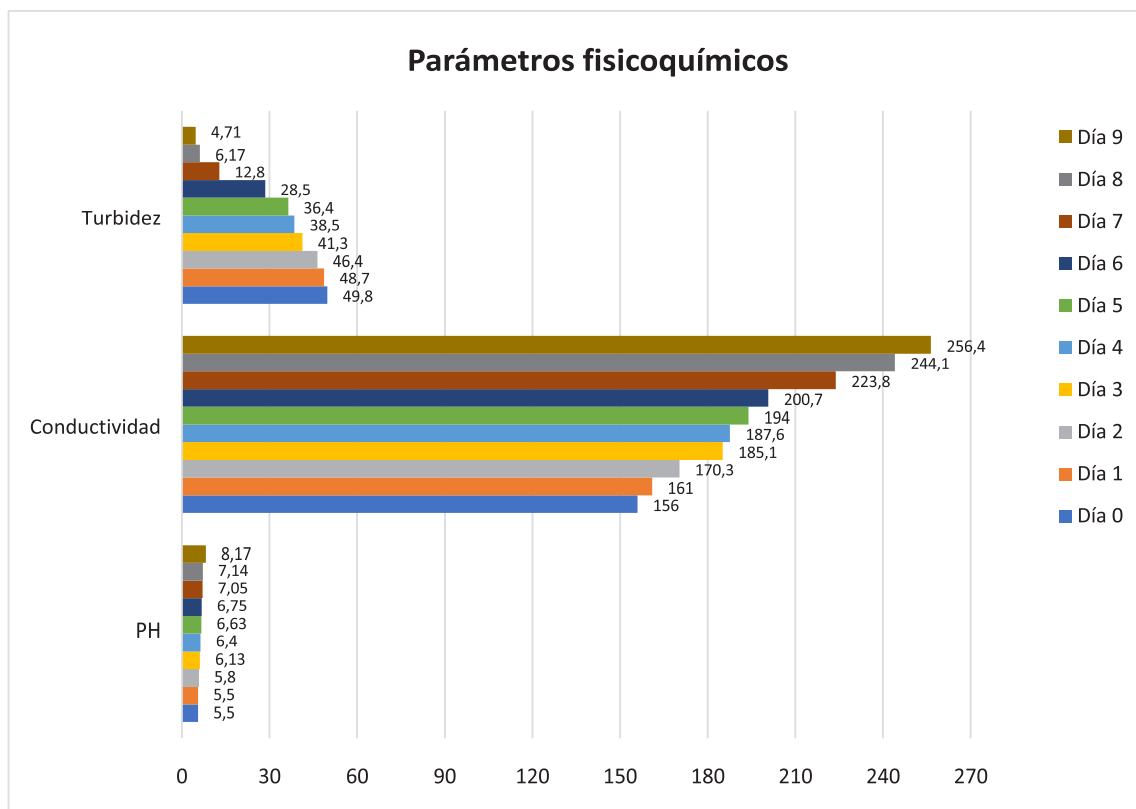
Tabla 3. Análisis fisicoquímico del agua residual.

Días	Parámetros				
	pH	Conductividad	Turbidez	Color	Olor
0	5.50	156.0	49.8	Marrón oscuro	Mal olor
1	5.50	161.0	48.7	Marrón oscuro	Mal olor
2	5.80	170.3	46.4	Marrón oscuro	Mal olor
3	6.13	185.1	41.3	Marrón oscuro	Mal olor
4	6.40	187.6	38.5	Marrón	Mal olor
5	6.63	194.0	36.4	Marrón claro	Mal olor
6	6.75	200.7	28.5	Marrón claro	Mal olor
7	7.05	223.8	12.8	Marrón claro	Mal olor
8	7.14	244.1	6.17	Incoloro con sólidos	Inoloro
9	8.17	256.4	4.71	Incoloro con sólidos	Inoloro

Nota: Valores correspondientes a los principales análisis realizados al agua residual, donde la conductividad se midió en siemens por centímetro y la turbidez en porcentaje.

Fuente: Elaborada por los autores.

Figura 1. Comparación de los valores de turbidez, conductividad eléctrica y pH durante los días de estudio.



Fuente: Elaborada por los autores.

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos de los parámetros fisicoquímicos de las muestras de agua de la planta de tratamiento (*tabla 3*), indican que algunos parámetros medidos antes de la aplicación del bioensayo exceden los límites para efluentes estipulados en la *Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua* (Ministerio del Ambiente de Ecuador, 2013). Dicho documento establece que el agua para uso agrícola o de riego debe tener un pH entre 6.5 y 8.4, mientras que el agua antes del bioensayo tenía un pH de 5.5; lo mismo ocurre con la conductividad eléctrica, donde la Norma establece como un problema severo valores por encima de 3 milihom/cm y los valores del agua tomada fueron de 156 000 milihom/cm (equivalencia de 156 S/cm). Esto quiere decir que las aguas residuales descargadas al río Jipijapa están contaminadas, lo cual es muy perjudicial para el ambiente y la salud de la población jipijapense. En tal sentido Mendoza (2018), afirma que otros parámetros como la salinidad no son óptimos para el desarrollo de cultivos, además de que al ser un agua muy dura genera problemas de obturación en los sistemas de riego de la comunidad Joa, cantón Jipijapa.

La selección de la especie macrófita *E. crassipes*, como sujeto de prueba y ensayo, se debió a su potencial para la eliminación de materia orgánica; comprobando mediante análisis fisicoquímicos la disminución de contaminantes en el agua, pudiendo mencionar específicamente que esta especie tiene un alto potencial para remediar el pH, la conductividad eléctrica y la turbidez, así como las características organolépticas de color y olor, mejorando así la calidad del agua. Lo anterior es corroborado por Lu *et al.* (2018), quienes manifiestan que la fitorremediación con *E. crassipes* permite remover eficientemente los contaminantes orgánicos e inorgánicos del agua de una manera amigable con el ambiente y económicamente factible. Por su parte Zhou *et al.* (2017) corroboraron que la eficacia que presenta el jacinto de agua es adecuada para el tratamiento de aguas residuales. Por su parte, García y Sánchez (2022) manifiestan que *E. crassipes* es capaz de disminuir todos los indicadores probados de la calidad del agua (contaminantes físicos, químicos y microbiológicos) que se puede realizar en las aguas residuales para establecer un nivel que permita su uso con fines de riego; concordando con los resultados obtenidos en la investigación.

Por otro lado, Wani *et al.* (2017) revelaron que los metales pesados forman una de las categorías más grandes de contaminantes que las plantas acuáticas eliminan de manera eficiente, permitiendo la apertura de estudios relacionados a la biorremediación con *E. crassipes* en casos graves de contaminación con metales pesados en Ecuador; como pueden ser las zonas de minería, tanto legal como ilegal, que existen en el país. El uso de esta especie constituye una solución a la problemática del área directa de la investigación, funcionando como sistema de tratamiento de aguas residuales, que permite que estas no sean descargadas directamente a cauces naturales, lo que provoca la contaminación del suelo, las fuentes de agua y ocasiona problemas a la flora y fauna y riesgos a la salud humana (Guevara y Ramírez, 2015).

CONCLUSIONES

La potencialidad de *Eichhornia crassipes* como fitorremediador de aguas residuales en el cantón Jipijapa quedó demostrada con el descenso de los parámetros de las pruebas fisicoquímicas, convirtiendo a esta especie de macrófita en una solución para la eliminación de contaminantes en el agua de manera amigable con el ambiente.

El agua residual efluente de la planta de tratamiento del cantón Jipijapa no cumple con los requerimientos para ser usada como agua de riego en los cultivos de la comunidad Joa, por lo que se considera un riesgo para la salud de la flora, fauna y de las personas de la localidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Atoche, J. (2016). *Planta de tratamiento de aguas residuales para reuso de riego de parques y jardines en el distrito de Víctor Larco Herrera. Provincia de Trujillo. La Libertad* [Tesis de grado, Universidad Privada Antenor Orrego]. UPAO. Repositorio institucional. <https://bit.ly/41E78WM>
- Barceló, L. D. y López, M. J. (2008). *Contaminación y calidad química del agua: el problema de los contaminantes emergentes* [Presentación]. Panel científico-técnico de seguimiento de la política de aguas de la Fundación Nueva Cultura del Agua, Sevilla, España. <https://bit.ly/2Pw7cqn>
- Camargo, L. X. (2021). *Evaluación de la carga contaminante de la quebrada Garzón por la descarga directa de aguas residuales de la red de alcantarillado del casco urbano del municipio de Garzón* [Tesis de grado, Universidad Católica de Colombia]. UCC Repositorio institucional. <https://bit.ly/3mINUzy>
- Delgado, G. F. (2020). Evaluación del bio-tratamiento de fluidos residuales de la empresa laboratorio portugal S.R.L mediante la “*Eichornia crassipes*” (buchón de agua) para la remoción de elementos ecotóxicos (cromo, arsénico y cadmio) y materia orgánica [Tesis de grado, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa]. UNSAA Repositorio institucional. <https://bit.ly/3J5L0vY>
- Elenwo, E. y Akankali, J. (2017). The Estimation of Potential Yield of Water Hyacinth: A Tool for Environmental Management and an Economic Resource for the Niger Delta Region. *Journal of Sustainable Development Studies*, 9(2), 115-137. <https://infinitypress.info/index.php/jsds/article/view/1329>
- García, E. F. y Sánchez, D. S. (2022). *Eficiencia de Fitorremediación por *Chrysopogon zizanioides* y *Eichhornia crassipes* para el tratamiento de aguas grises domésticas en Cantoral, Ica 2022* [Tesis de grado, Universidad César Vallejo]. UCV Repositorio institucional. <https://bit.ly/3Ld7nSQ>

- González, J. y Ramírez, E. (2021). Implementación de la *Eichhornia crassipes*, como alternativa biorremediadora en el tratamiento de aguas residuales en el cantón El Pangui – Ecuador. En R. Abreu-Naranjo, R. Alemán-Pérez y C. Bravo-Medina (Eds.) *Primer congreso gestión ambiental y conservación de la biodiversidad* (pp. 333-346). Universidad Estatal Amazónica. <https://bit.ly/3YER2JI>
- Guevara, M. y Ramírez, L. (2015). *Eichhornia crassipes*, su invasividad y potencial fitorremediador. *La Granja*, 22(2), 5-11. <https://bit.ly/3ZWspcB>
- Lu, B., Xu, Z., Li, J. y Chai, X. (2018). Removal of water nutrients by different aquatic plant species: An alternative way to remediate polluted rural rivers. *Ecological engineering*, 110, 18-26. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2017.09.016>
- Mendoza, G. (2018). *La Calidad del agua de la subcuenca río Jipijapa y su utilización para riego en el valle de Joa* [Tesis de grado, Universidad Estatal del Sur de Manabí]. UNESUM Repositorio institucional. <https://bit.ly/3FdvmxM>
- Ministerio del Ambiente de Ecuador. (2013). *Revisión y actualización de la Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua*. <https://bit.ly/3yvPdV8>
- Priya, E. y Selvan, P. (2017). Water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) - an efficient and economic adsorbent for textile effluent treatment - A review. *Arabian Journal of Chemistry*, 10(2), S3548–S3558. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2014.03.002>
- Wani, R., Ganai, B., Shah, M. y Uqab, B. (2017). Heavy metal uptake potential of aquatic plants through phytoremediation technique - A review. *Journal of Bioremediat & Biodegrad*, 8(4), 404. <https://doi.org/10.4172/2155-6199.1000404>
- Zhou, X., Wang, G. y Yang, F. (2017). Characteristics of growth, nutrient uptake, purification effect of *Ipomoea aquatica*, *Lolium multiflorum*, and *Sorghum sudanense* grown under different nitrogen levels. *Desalination*, 273(2-3), 366-374. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2011.01.057>



La satisfacción de los clientes del Departamento Comercial de la Empresa Eléctrica de Ecuador, como elemento clave para la gestión ambiental en asentamientos humanos

Customer satisfaction of the Commercial Department of the Electric Company of Ecuador, as a key element for environmental management in human settlements

Satisfação dos clientes do Departamento Comercial da Companhia Elétrica do Equador, como elemento chave para a gestão ambiental em assentamentos humanos

Victor Emilio Molina Sigcho / Fondo Verde, Ecuador / victor.molina.sigcho@gmail.com

Recibido: 4/10/2022

Aceptado: 25/8/2023

Publicado: 22/11/2023

RESUMEN

El estudio tuvo como objetivo realizar un diagnóstico para conocer la satisfacción del servicio que ofrece la Empresa Eléctrica de Ecuador. Mediante la revisión bibliográfica se identificaron los principales esquemas conceptuales relacionados con la mejora continua de procesos, responsabilidad social empresarial y su incidencia en la administración pública con relación al sector eléctrico. Se realizó una evaluación de la situación actual del proceso de comercialización para conocer la opinión de los abonados, las autoridades y funcionarios con relación al servicio que brinda el Departamento Comercial de dicha empresa. Se pudo conocer que las acciones para el control de calidad de la facturación actualmente están presentando situaciones que afectan la imagen institucional y la percepción de los abonados que pagan por el servicio. Mediante una encuesta dirigida a los abonados se pudo establecer que la mayoría tiene inconvenientes con el servicio de facturación y cobro. Finalmente, se concluye que los esfuerzos para la estructuración de un modelo de gestión son cruciales para el éxito de la gestión a nivel institucional.

Palabras clave: administración pública, consumo eléctrico, gestión eficiente, procesos sostenibles, sostenibilidad empresarial

ABSTRACT

The objective of the study was to carry out a diagnosis to determine the satisfaction of the service offered by the Electric Company of Ecuador. Through the bibliographic review, the main conceptual schemes related to continuous process improvement, corporate social responsibility and its impact on public administration in relation to the electricity sector were identified. An evaluation of the current situation of the commercialization process was carried out to know the opinions of subscribers, authorities and officials in relation to the service provided by the Marketing Department of said company. It was learned that the actions for billing quality control are currently presenting situations that affect the institutional image and the perception of subscribers who pay for the service. Through a survey directed at subscribers, it was established that the majority have problems with the billing and collection service. Finally, it is concluded that efforts to structure a management model are crucial for the success of management at the institutional level.

Keywords: business sustainability, efficient management, electricity consumption, public administration, sustainable processes

RESUMO

O objetivo do estudo foi realizar um diagnóstico para determinar a satisfação do serviço oferecido pela Companhia Elétrica do Equador. Através da revisão bibliográfica foram identificados os principais esquemas conceituais relacionados à melhoria contínua de processos, à responsabilidade social corporativa e seu impacto na administração pública em relação ao setor elétrico. Foi realizada uma avaliação da situação atual do processo de comercialização; conhecer a opinião de assinantes, autoridades e funcionários em relação ao serviço prestado pelo Departamento de Marketing da referida empresa. Aprendeu-se que as ações de controle de qualidade do faturamento apresentam atualmente situações que afetam a imagem institucional e a percepção dos assinantes que pagam pelo serviço. Através de um inquérito dirigido aos assinantes, constatou-se que a maioria tem problemas com o serviço de faturação e cobrança. Por fim, conclui-se que os esforços para estruturar um modelo de gestão são cruciais para o sucesso da gestão no nível institucional.

Palavras chave: administração pública, consumo de energia elétrica, gestão eficiente, processos sustentáveis, sustentabilidade empresarial

INTRODUCCIÓN

La sostenibilidad empresarial es un modelo estructurado con actividades tanto comerciales como económicas que desarrollan las empresas con la finalidad de establecer parámetros que permita gestionar de manera eficiente los recursos financieros, humanos y operacionales, así como el uso de los recursos tangibles; insumos y materiales (Villota, s.f.). Una empresa sostenible, de acuerdo con Rodríguez (2018), es aquella que «crea valor económico,

medioambiental y social a corto y largo plazo, contribuyendo de esa forma al aumento del bienestar y al auténtico progreso de las generaciones presentes y futuras, en su entorno general» (pp. 3). A través de este concepto se pretende poner en contexto el lugar que debe ocupar el desarrollo sostenido y sostenible en las empresas públicas con el fin de brindar un óptimo servicio a la población y cuidar el ambiente.

Considerando estos factores se puede indicar que, las empresas deben apuntar al desarrollo económico mediante la generación de riquezas sustentables sin perjuicios a la naturaleza y sociedad ejecutando actividades como mantener salarios equitativos para hombres y mujeres sin discriminación, dar oportunidades a proveedores de servicios locales, generar políticas de contratación de mano de obra nacional. Según Duque *et al.* (2013) en el ámbito de desarrollo social las entidades perteneciente al Gobierno de un país deben trabajar en la construcción de políticas públicas, para la prevención, promoción y garantía de derechos de los grupos de atención prioritaria; donde se gestione de manera especializada las necesidades y propuestas de la ciudadanía. Todo lo anterior, con el fin de que se logre mejorar de manera integral las condiciones de vida otorgando las mismas oportunidades y privilegios laborales, educativos, sociales y económicos que el resto de la sociedad.

Por otra parte, los recursos que posee la naturaleza son limitados por lo que es necesario su cuidado y protección, entre las actividades a implementar por las empresas públicas se encuentran: la reducción de energía eléctrica, desarrollo de programas de energías renovables, reducción del uso de combustibles en el transporte y actividades de reciclaje de residuos mediante campañas masivas. Cabe indicar que, la Empresa Eléctrica del Ecuador, como ente regulador, determina los derechos y obligaciones de las empresas administradoras asignando áreas de concesión para colocar, manejar y explotar sistemas de generación, redes para transmisión y distribución de energía eléctrica. Además, determina las tarifas de cobro por consumo, creando incentivos por el buen uso y otras acciones que permiten mejorar la calidad de la gestión del servicio.

El gobierno actual, con miras a mejorar el desarrollo del país, tiene como propósito cambiar las estructuras de los negocios, cuyo objetivo apunta a lograr eficiencia, incrementar ventas, mejorar productividad y, por ende, brindar un servicio eficaz. Por tanto, el Departamento Comercial de la Empresa Eléctrica tiene el reto de mejorar la eficiencia de los procesos y optimizar su inversión en el desarrollo de nuevas infraestructuras. El papel fundamental del ente regulador es velar por el cumplimiento adecuado de los lineamientos que establecen tarifas justas y adecuadas a través de mecanismos tarifarios que nivelen la eficiencia económica, generen confianza, estabilicen las ganancias de las empresas concesionarias y los precios.

Esta reflexión se convirtió en el punto de partida para esta investigación, la cual tiene como objetivo medir el nivel de satisfacción tanto de los usuarios como del personal que cumple funciones en el Departamento Comercial de la Empresa Eléctrica de Ecuador, con el fin de utilizar dicha información para el diseño de un modelo administrativo sostenible, inclusivo y responsable. Además se pretende construir una base de datos que permita evaluar la calidad del servicio percibido con la finalidad de lograr un mejoramiento significativo que oriente esfuerzos en otorgar una adecuada facturación a los abonados, crear oportunidades que permitan otorgar incentivos y en algunos casos créditos para la sociedad, otorgando eficiencia energética que genere la optimización en el consumo, disminución en los costos por consumo y de la contaminación son algunos de los beneficios que alcanzaría el Departamento Comercial de la Empresa Eléctrica.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para el desarrollo de la investigación se emplearon fichas bibliográficas; además se realizaron encuestas a usuarios y entrevistas a funcionarios públicos. Con la finalidad de obtener información pertinente al estudio, fue necesario recabar todo tipo de bibliografía relacionada con el tema de estudio. Como parte de la investigación se consultaron estudio de casos similares en la región y de países desarrollados, así como los antecedentes y referencias históricas sobre el manejo administrativo del servicio público de la energía eléctrica en el país.

La encuesta se elaboró bajo el modelo SERVQUAL con la finalidad de obtener la percepción de los usuarios en la atención al cliente. Cabe indicar que, se optó por el uso de este tipo de cuestionario pues permite medir tanto la calidad como la satisfacción del usuario que adquiere el servicio respetando las cinco dimensiones del modelo como se muestra en la *tabla 1*.

Tabla 1. Dimensiones modelo SERVQUAL.

DIMENSIÓN	SIGNIFICADO
Fiabilidad	Garantiza el servicio ofrecido de forma confiable y precisa.
Sensibilidad	Capacidad de solventar los requerimientos del usuario de forma oportuna.
Seguridad	Capacidad resolutive por parte del personal de atención al cliente su principal habilidad causar confianza.
Empatía	Se considera la afinidad de ponerse en el lugar del cliente, comprender e identificar los requerimientos individuales de cada usuario mismos y la atención individual.
Elementos tangibles	Aspectos visibles como instalaciones, físicas, equipos, apariencia del personal.

Fuente: Matsumoto (2014).

En el cuestionario se utilizaron las categorías de *Muy insatisfecho* (1), *Insatisfecho* (2), *Neutral* (3), *Satisfecho* (4), *Muy satisfecho* (5) para evaluar las diferentes dimensiones. De acuerdo con las expectativas se estima un Alpha de Cronbach de 0.937 siendo este un índice entre *fiable* y *aceptable*.

Posteriormente se formularon las preguntas orientadas a la obtención de los datos de interés y se definió el segmento demográfico a estudiar. La encuesta se aplicó en diferentes puntos de la ciudad y los participantes fueron escogidos de forma aleatoria. El tamaño de la población fue de 708 451 y la muestra poblacional de 384, la cual fue determinada utilizando la ecuación que aparece a continuación:

$$n = \frac{Z^2 \sigma^2 N}{[e^2(N - 1)] + Z^2 \sigma^2}$$

Donde:

n: muestra poblacional

N: tamaño de la población, que en este caso es el número de abonados en la ciudad.

σ : es la desviación estándar de la población, para efectos de este estudio se considerará como un valor constante igual a 0.5.

Z: es el valor obtenido mediante el nivel de confianza, para nuestro estudio se considerará una confianza del 95% por lo que el valor Z es igual a 1.96.

e: es el valor límite permitido de error muestral, se considerará 0.05 (5%) como valor para esta variable.

La información recogida en el campo fue recopilada, tabulada y procesada mediante el uso del software *Statistical Package for Social Sciences* (SPSS). La investigación se desarrolló entre los meses de junio y julio del 2022.

Para las entrevistas, se escogió al personal que ejercen funciones en los mandos altos y medios en el Departamento Comercial de la Empresa Eléctrica: *gerente general*, *gerente comercial*, *administrador de unidad de negocios*, *director comercial*, *líder de servicio al cliente*, *líder de facturación*. Para ello, se elaboró un banco de preguntas que tuvieron como objetivo conocer la percepción de los funcionario público, principal ejecutor de los procesos. La información obtenida mediante las encuestas y entrevista realizadas permitió conocer las falencias y necesidades para mejorar los procesos de distribución de energía y con ello elaborar propuestas dirigidas dar soluciones a las problemáticas detectadas.

RESULTADOS

A continuación, se detallan los resultados obtenidos en la investigación *in situ* realizada, que permitió abordar el problema central a nivel institucional, donde se recabó información pertinente que sirvió de sustento para desarrollar un análisis a profundidad donde se evidenció la situación actual de la Empresa Eléctrica. Bajo este contexto, se presentan los resultados obtenidos de las entrevistas realizadas al personal que ejerce funciones en la institución y las encuestas realizadas a los abonados, siguiendo ese orden de ideas tenemos:

Entrevista realizada a funcionarios de la institución

La Empresa Eléctrica es la distribuidora más grande de electricidad en Ecuador siendo una de las referentes del sector eléctrico del país. En los últimos 10 años ha procurado establecer mejoras a nivel institucional que permitan mantener altos estándares de calidad en el servicio que brindan a la ciudadanía, a través de inversiones en las áreas operativas, técnicas y administrativas mediante proyectos, planes y programas que satisfagan la demanda actual y futura de la corporación. Actualmente, la Empresa Eléctrica cuenta con la administración de 11 unidades de negocios, que son sucursales de distribución de energía regionales. Cabe señalar que estas son responsables de la comercialización y distribución de la energía ya sea a clientes residenciales como industriales; además de vigilar las operaciones y mantenimientos. Así mismo, la empresa cuenta con 11 gerentes de unidad de negocio-empresas regionales y con un total de 6700 trabajadores a nivel nacional.

Los entrevistados indicaron que a nivel nacional la corporación cuenta con aproximadamente 2 421 708 de abonados los cuales están distribuidos por el tipo de consumo (público y no público); grupo de consumo (residencial, comercial, industrial, otros) y nivel de voltaje (extra alto, alto, medio y bajo). Así mismo, se conoció, de forma más amplia, la realidad a nivel corporativo de la institución; así como que se rige al plan nacional de desarrollo empresarial cuya perspectiva está encaminada a proponer autosuficiencia económica manteniendo el aprendizaje, la productividad y sostenibilidad financiera. Dichos criterios, se ajustan a los objetivos estratégicos que priorizan el control eficiente de los recursos y el incremento de los niveles de eficiencia energética y operativa acorde a los estándares internacionales de la industria. De igual modo, los funcionarios indicaron, no como conflictos sino como dificultades a nivel administrativo, ciertos factores que impiden la fluidez y eficiencia en los procesos dentro del departamento como son:

- Insatisfacción laboral percibida en funcionarios públicos.
- Falta del registro de un flujo de procesos debidamente elaborado y revisado.
- Poca socialización de la planificación periódica.
- Falta de comunicación efectiva entre los miembros del departamento.
- Falta de recursos tecnológicos y financieros para una correcta gestión administrativa.

- Cambio continuo de las autoridades que manejan el área.
- Exceso de personal administrativo.
- Retrasos en la recaudación de la empresa.
- Exceso de gastos operativos.
- Poca inversión en tecnología.

Con base a la realidad institucional, los funcionarios señalan que se debe mejorar el tiempo de respuesta a los clientes/usuarios, incrementar los niveles de eficiencia de los servicios tecnológicos, incrementar el nivel de desarrollo del talento humano y mejorar el nivel de eficiencia de la gestión administrativa. Además, se mencionó el cumplimiento con el compromiso ambiental que tiene la organización, ya que como se indicó anteriormente, la reducción del uso de vehículos de combustión fósil puede aportar a la disminución de emisiones de gases contaminantes.

Encuesta realizada a los abonados de la Empresa Eléctrica

El objetivo principal de la realización de la encuesta fue conocer la percepción que poseen los abonados de la Empresa Eléctrica con respecto al servicio que se ofrece, haciendo énfasis en el proceso de facturación y cobro. Para ello, se utilizó una muestra poblacional aleatoria de 384 personas en la ciudad de Guayaquil. Los resultados obtenidos fueron tabulados y cargados en el software estadístico SPSS el cual permitió analizar los datos manteniendo un coeficiente de confianza de 95% y un nivel de significancia de 5%. Los resultados obtenidos se observan en la *tabla 2*.

Tabla 2. *Tiempo de usuario del servicio de energía eléctrica*

Rango	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
0 a 15 años	99	25.8%	25.8%	25.8%
16 a 30 años	99	25.8%	25.8%	51.6%
31 a 45 años	97	25.3%	25.3%	76.8%
46 años en adelante	89	23.2%	23.2%	100%
Total	384	100%	100%	

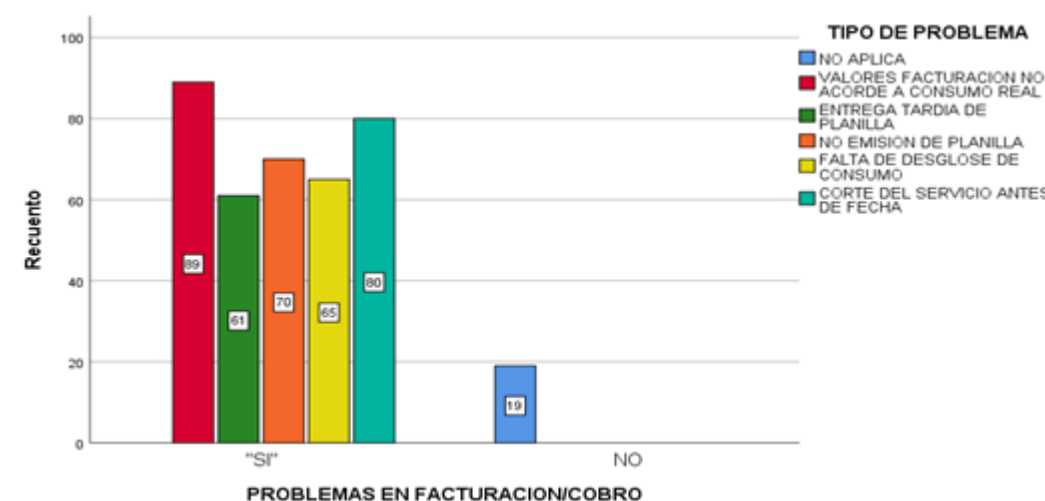
Fuente: Datos obtenidos de encuesta realizada a los abonados del servicio.

En la *tabla 2* se observa que los 384 encuestados tienen más de 15 años como abonados del servicio, lo que permite establecer que los clientes se mantienen por años como usuarios. Por tanto, se establece que la opinión que proporcionaron con respecto a la calidad fue útil dado que expresaron la realidad que vienen experimentando durante años. Así mismo, se evidenció que el 95.1% (365 abonados) han mantenido problemas con el proceso de factu-

ración y cobro del servicio. Cabe indicar que, el hecho de haber tenido problemas no quiere decir que sea una situación recurrente durante sus años como abonados del servicio; sin embargo, se puede establecer que en algún momento tuvieron inconvenientes al momento de recibir la factura y cobro de este. Por otro lado, se observa que solo el 4.9% (19 abonados) no ha tenido inconvenientes, siendo esta una cifra muy baja y que evidencia las falencias del proceso actual.

Se pudo constatar que los inconvenientes sufridos han sido diversos y asociados principalmente con el proceso de facturación y cobro generando un alto grado de inconformidad por la afectación que ocasiona la poca eficacia del proceso. Dentro de los principales problemas e inconvenientes aparecen en recogidos en la *figura 1*.

Figura 1. Tipo de inconvenientes en el proceso de facturación



Fuente: Datos obtenidos de encuesta realizada a los abonados del servicio.

Con el software SPSS se pudo realizar el cruce de variables con la finalidad de conocer si a los inconveniente se le dio o no solución. Dentro de los hallazgos se evidenció que los 89 casos por *valores de facturación no acorde al consumo real* solo 12 fueron solventados y 77 no tuvieron respuesta favorable; de los 61 casos por *entrega tardía de planilla*, 29 fueron resueltos satisfactoriamente y 32 no tuvieron ningún tipo de solución; de los 70 casos de *no emisión de la planilla mensual* solo 32 abonados pudieron recibir su planilla, mientras que 28 no tuvieron solución; de los 65 casos de *falta de desglose del consumo* 34 abonados conocieron el desglose del consumo y 31 no tuvieron acceso al desglose mensual; de los 80 casos de *corte del servicio antes de la fecha de pago* 42 tuvieron reconexión del servicio y 38 usuarios no tuvieron respuesta a tiempo.

Continuando con el análisis de los datos obtenidos mediante la encuesta realizada a los abonados que reciben el servicio de energía eléctrica a continuación se presenta el resumen de los resultados de las cinco dimensiones que establece el modelo SERVQUAL.

La *tabla 3* muestra los resultados de la dimensión *fiabilidad* y donde se evidencia la insatisfacción de los usuarios dado que la mayoría mostraron su inconformidad, principalmente, con los errores que reflejan las facturas. De igual modo se constató que el servicio en los últimos meses mostró inconsistencias y dificultad para mantener un relacionamiento adecuado con el personal de la institución creando malestar. Lo anterior evidencia que las expectativas de los usuarios no son cumplidas 100% y que existen falencias significativas dentro de los procesos internos, a nivel administrativo y comercial, que afectan a la imagen institucional de la empresa.

Tabla 3. Resultados Dimensión Fiabilidad

Pregunta	Nivel de Satisfacción	Expectativa	Percepción
¿La Empresa Eléctrica cumplió el servicio prometido en el tiempo establecido?	Muy satisfecho	209	23
	Satisfecho	137	23
	Neutral	38	59
	Insatisfecho	0	102
	Muy insatisfecho	0	177
	Total	384	384
¿Cuándo usted tiene una dificultad relacionada con el servicio eléctrico, la Empresa Eléctrica tiene interés en resolverlo?	Muy satisfecho	163	26
	Satisfecho	169	25
	Neutral	52	66
	Insatisfecho	0	133
	Muy insatisfecho	0	134
	Total	384	384
¿Le brindaron una buena atención e información del servicio eléctrico a la primera vez?	Muy satisfecho	209	23
	Satisfecho	137	23
	Neutral	38	59
	Insatisfecho	0	102
	Muy insatisfecho	0	177
	Total	384	384
¿La empresa emite facturas libres de error?	Muy satisfecho	209	23
	Satisfecho	137	23
	Neutral	38	59
	Insatisfecho	0	102
	Muy insatisfecho	0	177
	Total	384	384

Fuente: Datos obtenidos de encuesta realizada a los abonados del servicio.

En la *tabla 4* se muestran los resultados poco favorables para la dimensión *sensibilidad* debido a que la relación entre las expectativas y la percepción real son muy bajas considerando que no se mantiene a los abonados informados del servicio eléctrico a través de medios tecnológicos. De igual modo se evidenció que la atención del servicio al cliente es muy lenta y la mayoría de los colaboradores no tienen una actitud agradable durante la atención; además son pocos los funcionarios que están dispuestos a brindar un servicio de calidad a los abonados.

Tabla 4. Resultados dimensión sensibilidad

Pregunta	Nivel de Satisfacción	Expectativa	Percepción
¿La Empresa Eléctrica le mantiene informado en cuanto al servicio eléctrico por la web, mensajes u otro?	Muy satisfecho	193	28
	Satisfecho	134	36
	Neutral	57	78
	Insatisfecho	0	94
	Muy insatisfecho	0	148
	Total	384	384
¿Considera que la Empresa Eléctrica presta un servicio rápido?	Muy satisfecho	164	14
	Satisfecho	156	37
	Neutral	64	64
	Insatisfecho	0	142
	Muy insatisfecho	0	127
	Total	384	384
¿Los colaboradores de la Empresa Eléctrica han estado dispuestos a ayudarle?	Muy satisfecho	191	26
	Satisfecho	158	22
	Neutral	35	61
	Insatisfecho	0	117
	Muy insatisfecho	0	158
	Total	384	384

Fuente: Datos obtenidos de encuesta realizada a los abonados del servicio.

De acuerdo con los datos obtenidos y que se muestran en la *tabla 5* para la dimensión *seguridad* se pudo constatar que los abonados no tienen confianza con la facturación de la planilla mensual dado que se reflejan errores en las lecturas de los medidores versus el consumo. Así mismo, indicaron que los funcionarios son poco empáticos y su trato es poco cortés al momento de solicitar un requerimiento. Unido a ello los resultados evidenciaron que la percepción de los abonados con respecto al nivel de capacitación de los funcionarios es poco satisfactoria lo que genera un alto nivel de desconfianza dado que el direccionamiento personalizado que se otorga in situ no cubre las expectativas de los abonados. Los usuarios también consideran que la institución tiene serias falencias tanto en la lentitud de la atención como en el comportamiento del personal del Departamento Comercial.

Tabla 5. Resultados dimensión seguridad

Pregunta	Nivel de Satisfacción	Expectativa	Percepción
¿Confía que la facturación mensual de planilla eléctrica va conforme al consumo de su vivienda?	Muy satisfecho	173	26
	Satisfecho	181	20
	Neutral	30	50
	Insatisfecho	0	144
	Muy insatisfecho	0	144
	Total	384	384
¿El personal de la Empresa Eléctrica, es cortés con la solicitud de requerimientos?	Muy satisfecho	165	46
	Satisfecho	169	21
	Neutral	50	78
	Insatisfecho	0	109
	Muy insatisfecho	0	130
	Total	384	384
¿Los funcionarios pertenecientes a la Empresa Eléctrica están capacitados para solventar sus inquietudes?	Muy satisfecho	181	14
	Satisfecho	162	20
	Neutral	41	72
	Insatisfecho	0	135
	Muy insatisfecho	0	143
	Total	384	384
¿El personal de atención al cliente de la Empresa Eléctrica le inspira confianza?	Muy satisfecho	192	17
	Satisfecho	154	24
	Neutral	38	60
	Insatisfecho	0	123
	Muy insatisfecho	0	160
	Total	384	384

Fuente: Datos obtenidos de encuesta realizada a los abonados del servicio.

La dimensión de *empatía* que se muestra en la *tabla 6* tiene un nivel super bajo en cuanto a la atención de requerimientos que no es la más adecuada. Así mismo existen quejas con respecto a los horarios de atención dado que les gustaría contar con atención los fines de semana. Por otro lado, manifestaron que pocos son los funcionarios que realmente están preocupados por los requerimientos que se solicitan a diario.

Tabla 6. Resultados dimensión empatía

Pregunta	Nivel de Satisfacción	Expectativa	Percepción
¿La Empresa Eléctrica atendió su requerimiento unipersonal?	Muy satisfecho	159	29
	Satisfecho	184	13
	Neutral	41	76
	Insatisfecho	0	135
	Muy insatisfecho	0	131
	Total	384	384

¿La Empresa Eléctrica le ofreció atención de forma personalizada?	Muy satisfecho	185	22
	Satisfecho	178	21
	Neutral	21	63
	Insatisfecho	0	131
	Muy insatisfecho	0	147
	Total	384	384
¿Pudo apreciar que los colaboradores de la Empresa Eléctrica se preocuparon por sus intereses?	Muy satisfecho	170	30
	Satisfecho	161	23
	Neutral	53	86
	Insatisfecho	0	109
	Muy insatisfecho	0	136
	Total	384	384
¿El personal de la Empresa Eléctrica atendió sus requerimientos particulares?	Muy satisfecho	163	33
	Satisfecho	184	16
	Neutral	37	59
	Insatisfecho	0	135
	Muy insatisfecho	0	141
	Total	384	384
¿La Empresa Eléctrica cuenta con horarios flexibles para su atención?	Muy satisfecho	186	32
	Satisfecho	153	15
	Neutral	45	60
	Insatisfecho	0	138
	Muy insatisfecho	0	139
	Total	384	384

Fuente: Datos obtenidos de encuesta realizada a los abonados del servicio.

En la *tabla 7* se puede evidenciar que una de las grandes falencias que presenta la institución es la falta de implementación de herramientas tecnológicas que permitan potencializar la eficiencia tanto en la atención como en el servicio que se ofrece. Estas mejoras tecnológicas permitirían además la medición inteligente del consumo eléctrico tanto en usuario residenciales como industriales.

Tabla 7. Resultados dimensión elementos tangibles

Pregunta	Nivel de Satisfacción	Expectativa	Percepción
¿Los servicios electrónicos que ofrece la Empresa Eléctrica facilitan sus trámites?	Muy satisfecho	159	29
	Satisfecho	184	13
	Neutral	41	76
	Insatisfecho	0	135
	Muy insatisfecho	0	131
	Total	384	384

¿Las instalaciones físicas de la Empresa Eléctrica son adecuadas?	Muy satisfecho	175	9
	Satisfecho	174	16
	Neutral	35	38
	Insatisfecho	0	144
	Muy insatisfecho	0	177
Total	384	384	
¿Los empleados de atención al cliente de la Empresa Eléctrica se ven pulcros?	Muy satisfecho	193	19
	Satisfecho	153	19
	Neutral	38	48
	Insatisfecho	0	138
	Muy insatisfecho	0	160
Total	384	384	
¿El personal de la Empresa Eléctrica atendió sus requerimientos particulares?	Muy satisfecho	163	33
	Satisfecho	184	16
	Neutral	37	59
	Insatisfecho	0	135
	Muy insatisfecho	0	141
Total	384	384	
¿La publicidad en medios de comunicación sobre la Empresa Eléctrica es atractiva?	Muy satisfecho	186	32
	Satisfecho	153	15
	Neutral	45	60
	Insatisfecho	0	138
	Muy insatisfecho	0	139
Total	384	384	

Fuente: Datos obtenidos de encuesta realizada a los abonados del servicio.

Como se estableció en la metodología se utilizó el Modelo SERVQUAL que permite medir la calidad del servicio, en este caso el brindado por la Empresa Eléctrica. En la *tabla 8* se resumen las diferentes dimensiones y los valores de calidad, satisfacción y brecha para cada pregunta.

Tabla 8. Resumen de resultados de las dimensiones

Dimensión	Pregunta	Calidad	Satisfacción	Brecha
Fiabilidad	¿La Empresa Eléctrica cumplió el servicio prometido en el tiempo establecido	4.45	1.99	-2.45
	¿Cuándo Ud. tiene una dificultad relacionada con el servicio eléctrico problema, la Empresa Eléctrica tiene interés en resolverlo?	4.29	2.16	-2.13
	¿Le brindaron una buena atención e información del servicio eléctrico a la primera vez?	4.45	1.99	-2.45
	¿La empresa emite facturas libres de error?	4.45	1.99	-2.45
	¿La Empresa Eléctrica le mantiene informado en			

Sensibilidad	¿La Empresa Eléctrica le mantiene informado en cuanto al servicio eléctrico por la web, mensajes u otro?	4.35	2.22	-2.13
	¿Considera que la Empresa Eléctrica presta un servicio rápido?	4.26	2.14	-2.12
	¿Los colaboradores de la Empresa Eléctrica han estado dispuestos a ayudarle?	4.41	2.07	-2.34
Seguridad	¿Confía que la facturación mensual de planilla eléctrica va conforme al consumo de su vivienda?	4.37	2.06	-2.31
	¿El personal de la Empresa Eléctrica, es cortés con la solicitud de requerimientos?	4.30	2.33	-1.97
	¿Los funcionarios pertenecientes a la Empresa Eléctrica están capacitados para solventar sus inquietudes?	4.36	2.03	-2.34
	¿El personal de atención al cliente de la Empresa Eléctrica le inspira confianza?	4.40	2.00	-2.40
Empatía	¿La Empresa Eléctrica atendió su requerimiento unipersonal?	4.31	2.15	-2.16
	¿La Empresa Eléctrica le ofreció atención de forma personalizada?	4.43	2.06	-2.36
	¿Pudo apreciar que los colaboradores de la Empresa Eléctrica se preocuparon por sus intereses?	4.30	2.22	-2.08
	¿El personal de la Empresa Eléctrica atendió sus requerimientos particulares?	4.33	2.13	-2.20
	¿La Empresa Eléctrica cuenta con horarios flexibles para su atención?	4.37	2.12	-2.24
Elementos Tangibles	¿Los servicios electrónicos que ofrece la Empresa Eléctrica facilitan sus trámites?	4.31	2.15	-2.16
	¿Las instalaciones físicas de la Empresa Eléctrica son adecuadas?	4.36	1.79	-2.57
	¿Los empleados de atención al cliente de la Empresa Eléctrica se ven pulcros?	4.40	1.96	-2.45
	¿El personal de la Empresa Eléctrica atendió sus requerimientos particulares?	4.33	2.13	-2.20
	¿La publicidad en medios de comunicación sobre la Empresa Eléctrica es atractiva?	4.37	2.12	-2.24

Fuente: Datos obtenidos de encuesta realizada a los abonados del servicio.

Los resultados obtenidos evidencian que la Empresa Eléctrica necesita tomar acciones urgentes a lo interno del Departamento Comercial con la finalidad de aumentar la satisfacción de los abonados del servicio.

En la *tabla 9* se puede observar que el nivel de satisfacción por parte de los usuarios es muy bajo lo cual confirma el arduo trabajo que debe ejercer la entidad en las cinco dimensiones, enfocando los esfuerzos en la *sensibilidad y empatía* dado que son los resultados más bajos que arrojó el estudio.

Tabla 9. Resumen de resultados de brechas por dimensión

Dimensión	Calidad	Satisfacción	Brecha
Fiabilidad	4.41	2.03	-2.37
Sensibilidad	4.34	2.14	-2.20
Seguridad	4.36	2.11	-2.25
Empatía	4.35	2.14	-2.21
Elementos	4.35	2.03	-2.32

Fuente: Datos obtenidos de encuesta realizada a los abonados del servicio.

DISCUSIÓN

La Organización de las Naciones Unidas (2019) señala que el éxito del cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) se sustenta en el seguimiento y control efectivo de los procesos internos de cada organización. En la actualidad, tal y como lo señala Almeida y Arechavaleta (2018) la sociedad a la cual sirve se ha vuelto más dinámica y compleja, generando procesos de cambios rápidos y que deben ser eficientes.

Según Pérez *et al.* (2016) la realidad que se vive en el marco administrativo dista de lo que se espera obtener en los indicadores de productividad y eficiencia dado que las acciones para el control de calidad de la facturación presentan conflictos que afectan la imagen a nivel institucional, así como también la percepción de los abonados que pagan por el servicio. Lamentablemente, existen una serie de situaciones que impiden la consecución del logro de los objetivos ya que los cambios de autoridades gubernamentales hacen que se trastoque la continuidad de los procesos internos, tal como lo señalan los funcionarios no se pueden gestionar cambios sostenibles dado que se requiere modernizar varios de los procesos, en especial el de comercialización de energía, ya que los costos operativos son muy altos.

Por su parte Arias (2012) considera que es necesario conocer los puntos álgidos de afectación en el sector para poder presentar cambios que generen un impacto positivo y una nueva concepción en la forma de gestionar las instituciones. Dichos cambios van desde mejorar la calidad de los servicios que se prestan; ejecutar sus procesos de manera más eficaz y eficiente, para que la gestión pública cueste menos (ahorro económico); hasta mantener el principio de la legalidad, sin llegar a la rigidez y orientar y aproximar las decisiones políticas

en conjunto con los ciudadanos, con el fin de mantener las prestaciones sociales vigentes. Esto está intrínsecamente asociado con la calidad del servicio que se otorgue el cual será valorado y reconocido por los productos que ofrezca una empresa independiente del tipo y sector al cual esté dirigido.

Tal como lo establece, Matsumoto (2014) parte del éxito de una organización es lograr cubrir las expectativas de los usuarios el cual se relaciona con la calidad y satisfacción que se genera posterior al producto y servicio otorgado. Así mismo, Melle (2007) asegura que lograr un nivel de satisfacción favorable de los clientes es el fiel reflejo de procesos internos simplificados, rápidos, eficientes; y, que en este caso específico guarda relación con el porcentaje de errores en la facturación, tiempo de espera, tiempo en la atención de reclamos, atención de los funcionarios y tiempo en la reconexión del servicio.

Más allá de las dificultades que presentan en el día a día, los funcionarios pueden notar las falencias que existen en los procesos que se llevan a cabo, por lo que se les consultó sobre aquellos puntos en los que se debe prestar mayor atención y focalizar esfuerzos para desarrollar estrategias que otorguen mejoras significativas al Departamento Comercial, a lo que se respondió lo siguiente:

- Capacitación periódica del personal en temas de servicio al cliente.
- Elaboración y socialización de un organigrama con las funciones respectivas de cada cargo.
- Elaboración y socialización de un diagrama de procesos para aquellas actividades esenciales dentro del departamento.
- Renovación periódica de las herramientas tecnológicas para la optimización de los procesos esto es: implementar la medición inteligente para usuarios residenciales e industriales, facturación electrónica los días de corte, actualización constante del catastro de cada unidad de negocios.
- Establecer mecanismos de control, mediante indicadores, a los cuales se les deberá monitorear periódicamente.

En base a los puntos de mejora antes mencionados, cabe destacar que estos se sustentan en los objetivos estratégicos de la institución, principalmente considerando que se persigue mejorar el tiempo de respuesta a los usuarios, incrementar los niveles de eficiencia de los servicios tecnológicos, el desarrollo del talento humano y mejorar el nivel de eficiencia de la gestión administrativa. Además, se hace referencia al cumplimiento del compromiso ambiental que tiene la organización ya que, la reducción del uso de vehículos de combustión fósil puede aportar a la disminución de emisiones de gases contaminantes.

Adicionalmente, y considerando que la Empresa Eléctrica pertenece al ámbito público es necesario que se trabaje de manera integrada bajo una estructura que mejore los canales de comunicación y que otorguen facilidades a los usuarios al momento de realizar algún trámite permitiendo así mejorar la satisfacción de los mismos. Es necesario, que se analicen las particularidades de cada administración acorde al giro del negocio y establecer sus necesidades las cuales serán el punto de partida para crear nuevas estrategias, modelos, mecanismos y planes de trabajo que sean un verdadero soporte, administrativo y técnico necesario con el fin de mejorar la gestión.

Wilfred *et al.* (2019) sostiene que, a pesar del cumplimiento de los requisitos más importantes internos de la organización, es necesario que se cumplan otros factores externos para la ejecución de la propuesta como mejorar la gestión interna para la aprobación de cambios, incentivar la participación de los funcionarios, minimizar la resistencia al cambio por parte de los empleados causado por la incertidumbre, que es consecuencia de la falta de información o desconocimiento del tema. Dado el elevado porcentaje de encuestados que indican la mala o regular atención al cliente cuando se trata de resolver algún problema relacionado a la facturación o cobro de las planillas de consumo, es importante la implementación de una mejora a los procesos administrativos, en cuyo caso, se complementan con las sugerencias de estos encuestados y de los dueños de procesos dentro de la organización. De acuerdo con los resultados obtenidos en las entrevistas a los empleados de la CNEL-EP realizadas por Obregón y Ponce (2018), el plan de capacitación anual que realiza la empresa requiere de una mejora en los temas con relación al trato con el cliente y en las técnicas a utilizar para resolver los reclamos o quejas presentados en el día a día.

Bajo este enfoque, la *creación de valor compartido* el proceso debe comenzar con el reconocimiento de las necesidades y fortalezas de la comunidad con la que se va a interactuar, así como de las aportaciones que la empresa puede brindar a la sociedad y que beneficien directa o indirectamente a su actividad económica. Sin lugar a duda se debe impulsar la mejora continua sostenible, basada en la innovación incremental y el aprendizaje adaptativo a partir de las consecuencias de sus actividades pasadas y, por otro lado, emprender acciones de mejora e innovación radical, basadas en el aprendizaje generativo, consecuencia de cambios en el entorno o de discrepancias de tipo estructural con la gestión organizativa llevada a cabo por la organización (Andreu, 2019).

CONCLUSIONES

La Empresa Eléctrica de Ecuador cuenta con la administración de 11 Unidades de Negocios, que son distribuidoras de energía con un total de 6700 trabajadores.

Los abonados mostraron un alto grado de insatisfacción, principalmente en las dimensiones de *sensibilidad* y *empatía*, aspectos que podrían ser revisados por parte de las autoridades de la empresa; de tal modo que, se ofrezca un servicio de calidad y eficiencia para beneficio de los clientes.

El modelo SERVQUAL permitió desarrollar una investigación de tipo cuantitativa, donde se pudo conocer la percepción de los abonados respecto a las dimensiones de confiabilidad, seguridad, sensibilidad, empatía y elementos tangibles, corroborando que la satisfacción de los usuarios está relacionada directamente con la calidad de la atención que se otorga en la institución. Dicho esto, y de conformidad con los resultados obtenidos, la institución debe tomar medidas correctivas para mejorar la calidad del servicio a través de la implementación de un modelo de mejoras sostenible que generen un impacto significativo en la calidad del servicio de facturación y cobro por consumo de energía eléctrica, además de recobrar la confianza de sus abonados y convertirse en un referente para la correcta gestión administrativa en las demás empresas públicas.

Los esfuerzos para la estructuración de un modelo de gestión para el Departamento Comercial son cruciales para el éxito de la gestión a nivel institucional; se recomienda la creación de herramientas y guías que relacionan la eficiencia y la sostenibilidad del producto a partir del valor ambiental que otorguen un cambio de mentalidad en el ámbito empresarial, orientando a concientizar en mantener procesos sostenibles que beneficien a la sociedad en general.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida, M. y Arrechavaleta, N. (2019). Responsabilidad social empresarial y sus limitaciones en el contexto universitario. *Revista Cubana Educación Superior*, 37(2) 87-103. <https://acortar.link/IFZcCq>
- Andreu, I. (2019). *Modernización y nueva gestión pública en los ayuntamientos del campo de Tarragona* [Tesis de doctorado, Universitat Rovira i Virgili]. Repositorio institucional <http://hdl.handle.net/10803/8819>
- Arias, F. G. (2012). *El proyecto de investigación. Introducción a la metodología científica*. Caracas, Venezuela (6ta ed.). Editorial Episteme, C.A. <https://acortar.link/rOrIWA>
- Duque, Y. V., Cardona, M. y Rendón, J. A. (2013). Responsabilidad social empresarial: Teorías, índices, estándares y certificaciones. *Cuadernos de administración*, 29(50), 196-206. <https://acortar.link/3qrlL6>
- Matsumoto, R. (2014). Desarrollo del modelo SERVQUAL para la medición de la calidad del servicio en la empresa de publicidad ayuda experto. *Revista Perspectivas*, (34), 181-209. <https://acortar.link/75ZRDN>
- Melle, M. (2007). La responsabilidad social en el sector público. *Ekonomiaz*, 65(2), 84-107. <https://ideas.repec.org/a/ekz/ekonoz/2007204.html>
- Obregón, X. y Ponce, G. (2018). *Propuesta de mejora de procesos administrativos aplicado a CNEL-EP matriz Guayaquil*. [Tesis de grado, Universidad de Guayaquil]. Repositorio Institucional. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/27190>

Organización de las Naciones Unidas. (2019). Informe sobre los progresos en el cumplimiento de los ODS. <https://acortar.link/sr6w1P>

Pérez, M. J., Espinoza, C. y Peralta, B. (2016). La responsabilidad social empresarial y su enfoque ambiental: una visión sostenible a futuro. *Revista Universidad y Sociedad*, 8(3), 169-178. <https://acortar.link/rRjff>

Rodríguez, E. (2018). Las variables y su operacionalización en la investigación educativa. *Conrado*, 14 (Suplemento 1), 39-49. <https://acortar.link/g8782A>

Villota, A. (s.f.). *Sostenibilidad*. Portal Empresarial. <https://portalempresarial.org/sostenibilidad/>

Wilfred, V., de Plata, D. P. y Silva, M. R. (2010). Innovación administrativa en el fortalecimiento de la planeación estratégica para la gerencia universitaria. *REDHECS*, 8(5), 82-89. <http://ojs.urbe.edu/index.php/redhecs/article/view/98>



Contraste del urbanismo táctico como aporte social en ciudades de Colombia

Contrast of tactical urbanism as a social contribution in Colombian cities

Contraste do urbanismo táctico como contribuição social nas cidades colombianas

Rubén Darío Calixto Morales / Fondo Verde, Colombia / arqrubencalixto@gmail.com

Gonzalo de la Fuente de Val / Fondo Verde, España / gdelafte@gmail.com

Recibido: 15/1/2023

Aceptado: 2/6/2023

Publicado: 27/9/2023

RESUMEN

La transformación urbana es una de las claves para contribuir al desarrollo de escenarios que no han sido intervenidos y que generan algún tipo de condición especial para una comunidad o sector de la ciudad, y que requieren ser atendidos. Dentro de las transformaciones urbanas, se destacan algunos mecanismos e instrumentos para mejorar las condiciones de vida de los ciudadanos, como son el urbanismo táctico, las intervenciones urbanas y los proyectos de acupuntura urbana. De ahí que el objetivo fue comparar la profundidad en el impacto de las intervenciones urbanas con la implementación de la participación social como base para el diagnóstico y la búsqueda conjunta entre el actor social y estratégico, como mecanismo de desarrollo urbano sostenible. Esta reflexión partió de analizar las intervenciones de urbanismo táctico en dos ciudades; una intervención positiva desarrollada en la ciudad de Medellín y una negativa en la ciudad de Tunja, ambas en Colombia, logrando evidenciar el impacto social y la importancia de realizar un correcto diagnóstico para la solución de necesidades particulares de la comunidad y sector específico.

Palabras clave: acupuntura urbana, arquitectura del paisaje, intervención urbana, participación comunitaria

ABSTRACT

The urban transformation is one of the keys to contributing to the development of scenarios that have not been intervened and that generate some kind of special condition for a community or sector of the city, and that require to be attended to. Within urban transformations, some mechanisms and instruments stand out to improve the living conditions of citizens, such as tactical urbanism, urban interventions and urban acupuncture projects. Hence, the objective was to compare the depth and impact of urban interventions with the implementation of social participation as a basis for the diagnosis and the joint search between the social and strategic actor, as a sustainable urban development mechanism. This reflection started from analyzing the interventions of tactical urbanism in two cities; a positive intervention carried out in the city of Medellín and a negative one in the city of Tunja, both in Colombia, achieving to highlight the social impact and the importance of carrying out a correct diagnosis for the solution of particular needs of the community and specific sector.

Keywords: community participation, landscape architecture, urban acupuncture, urban intervention

RESUMO

A transformação urbana é uma das chaves para contribuir com o desenvolvimento de cenários que não têm sido intervencionados e que geram algum tipo de condição especial para uma comunidade ou setor da cidade, e que requer atendimento. Dentro das transformações urbanas, destacam-se algumas cirurgias e instrumentos para melhorar as condições de vida dos cidadãos, como são o urbanismo tático, as intervenções urbanas e os projetos de acupuntura urbana. Daí que o objetivo seja comparar a profundidade no impacto das intervenções urbanas com a implementação da participação social como base para o diagnóstico e a busca conjunta entre o ator social e estratégico, como mecanismo de desenvolvimento urbano sustentável. Esta reflexão parte de analisar as intervenções de urbanismo tático em duas cidades; uma intervenção positiva desenvolvida na cidade de Medellín e uma negativa na cidade de Tunja, ambas na Colômbia, logrando evidenciar o impacto social e a importância de realizar um diagnóstico correto para a solução de necessidades particulares da comunidade e setor específico.

Palavras chave: acupuntura urbana, intervenção urbana, paisagismo, participação comunitária

INTRODUCCIÓN

Las intervenciones urbanas se realizan para contribuir al desarrollo de la ciudad y la mejora de la calidad de vida de los ciudadanos, incluso, muchas veces las necesidades particulares de una comunidad son resueltas y generan un impacto social positivo en la percepción de la calidad del paisaje urbano. Estas intervenciones pueden estar asociadas al urbanismo táctico o a la acupuntura urbana, ya que obedecen a estudios previos para identificar problemáticas ambientales (ecológicas, sociales y económicas) complejas que requieren involucrar diferentes intereses y dimensiones para llevarlas a cabo.

Para comprender de mejor manera lo que se planea por parte de una intervención urbana y el cómo se hace, hay que remitirse a los conceptos de urbanismo táctico, acupuntura urbana e intervención urbana. El *urbanismo táctico* es una estrategia participativa y económica que busca comprender las necesidades de la comunidad desde adentro, identificando problemas y proponiendo soluciones eficaces y ajustables con el tiempo (Contreras, 2021). Además, busca abordar la falta de identidad y espacios de encuentro en la comunidad, fomentando la expresión y manifestación de ideas. Según Jacobs (1961), este enfoque debe combatir la falta de identidad y la carencia de espacios de encuentro para que la comunidad se conozca, se exprese y se manifieste. La *acupuntura urbana*, por su parte, tiene como finalidad intervenir a fondo las zonas deterioradas para su rehabilitación, enlazando e incentivando la creación de diversas funciones, para generar una mejor calidad de vida. Mientras que la *intervención urbana* identifica ciertas partes de la ciudad que no se están aprovechando o que están en condición de deterioro para transformarlas tanto para la comunidad como para el sector.

En la arquitectura y el urbanismo, la operatividad ayuda a la planeación y ordenamiento del territorio, permitiéndole avanzar en la búsqueda de mecanismos como herramientas para materializar los preceptos normativos establecidos, bajo la idea de desarrollar la ciudad desde principios y parámetros de la sostenibilidad ambiental (ecológica, social y económica). Sin embargo, la función de la operatividad con el fin de la transformación urbana no implica que deben utilizarse aspectos arquitectónicos que regularizar el escenario, sino con elementos funcionales que aporten significativamente al uso y se adapten a las necesidades específicas del entorno. Wadel (2009) manifiesta que transformar el territorio para el usuario, se genera a partir de la proyección y diseño desde las necesidades particulares, generando escenarios con sus respectivas variaciones, que incluso al estar separados se conforman, comprenden y funcionan como un conjunto que posibilita la generación de dinámicas sociales.

A nivel político, para realizar las intervenciones se debe hacer mediante un acompañamiento a partir del diálogo para la concertación y asignación presupuestal y de corresponsabi-

lidad a los diferentes sectores de la ciudad y sus habitantes, asimismo, del reconocimiento cultural que no solamente se encarga de identificarlos, sino que valora sus manifestaciones culturales y de los espacios que requieren a diferentes escalas ya sea local, comunal y urbana o metropolitana. Para lograr una intervención integral en la ciudad, se deben incorporar estrategias fundamentales, como la accesibilidad universal para abordar diversas barreras arquitectónicas y urbanas. Esto implica resolver problemas de comunicación visual, auditiva y lingüística, así como considerar la movilidad física, la concientización política para el cumplimiento de leyes y normas, las condiciones sociales de las personas, el conocimiento pragmático de sus necesidades y deseos, el funcionamiento y disponibilidad del transporte, y adecuaciones específicas para diferentes tipos de acceso a los espacios. Es esencial ofrecer soluciones múltiples y respuestas precisas que se adapten al entorno y contexto inmediato.

El objetivo de este artículo es comparar el impacto de las intervenciones urbanas que implementan la participación social como base para el diagnóstico y la búsqueda conjunta entre los actores sociales y estratégicos, como mecanismo de desarrollo urbano sostenible. Se describe el método utilizado en una intervención de urbanismo táctico en las ciudades de Tunja y Medellín, junto con los resultados obtenidos y una discusión sobre las intervenciones realizadas por las alcaldías para mejorar el bienestar social y la calidad de vida de la comunidad. Además, se pretende corroborar si ciudades como Tunja están en un proceso equívoco respecto a lo que se busca y pretende con las intervenciones urbanas mediante el urbanismo táctico.

DESARROLLO

De acuerdo con ONU-Habitat (2021), el espacio público se debe considerar como un activo clave para el funcionamiento de la ciudad con intervenciones urbanas por medio del urbanismo táctico. Dicha intervención se desarrolla mediante acciones emergentes de bajo costo y ágil implementación, que dan respuesta objetiva a las necesidades ecológicas, económicas, de integración, identidad cívica, seguridad y salud como estrategia integral para el mejoramiento de la calidad de vida de los usuarios de la ciudad.

El territorio se encuentra en constante transformación, influenciado por las características del lugar y la sociedad que lo habita. En el desarrollo urbano, es esencial planificar espacios con base en la participación social, obteniendo ideas y perspectivas de la comunidad. El estudio del territorio en la planificación urbana permite realizar un diagnóstico claro de las actividades y necesidades de la población, lo que facilita el análisis de causas y efectos, y la propuesta de soluciones para mejorar la calidad de vida.

En diversas intervenciones urbanas en Colombia, se ha observado una distinción entre dos grupos de actores en la concepción de los territorios: aquellos que ejercen control sobre

ellos y aquellos que los habitan. Los habitantes tienen la capacidad de participar activamente a través de manifestaciones sociales y expresar sus intereses desde distintas perspectivas, aunque a veces no sean completamente escuchados o considerados. Sin embargo, también existen habitantes pasivos que se conforman con la forma en que se controla, planifica y diseña el territorio, posiblemente debido a un conformismo que no considera la posibilidad de unirse a los habitantes activos para exigir sus necesidades y demostrar su contribución en la conformación social del paisaje urbano. Es fundamental fomentar una mayor participación y empoderamiento de todos los habitantes en la configuración de sus entornos urbanos, reconociendo la importancia de sus aportes en la construcción de ciudades más inclusivas y sostenibles.

La metodología general se define en cuatro etapas siguiendo lo expuesto por Luna y Ocampo (2019):

- Identificar el problema o problemática, causas y efectos.
- Identificar los actores externos sociales, comerciales e institucionales, para su financiación.
- Invitar a la comunidad a participar en talleres de diagnóstico y creación.
- Convocar a talleres para socializar y retroalimentar el proyecto y concretar los acuerdos.

El proceso se realizó con las siguientes técnicas:

- Diagnóstico, síntesis territorial y análisis DOFA (Debilidades, Oportunidades, Fortalezas y Amenazas): Identificación y definición de variables internas y externas, positivas y negativas del lugar y del contexto.
- Lluvia de ideas: Registro de aportes, socialización del propósito y definición del alcance del proyecto.
- Agrupación de conjuntos: Agrupación de ideas de acuerdo con los intereses y propósitos similares.
- Planificación: Apropiación de los resultados del taller, análisis del territorio (oferta, demanda y restricciones) y definición de la localización.
- Ejecución: Participación de la comunidad y de los actores sociales y estratégicos.
- Seguimiento: Una vez realizada la intervención se evalúa para tomar decisiones correctivas, si las hay, para convertirlo en un proyecto permanente.

El método utilizado para las intervenciones en los últimos cinco años en Medellín por medio de urbanismo táctico se fundamentó en el planteamiento teórico anterior y en lo manifestado por Brenner (2016), considerando que:

- No se debe considerar como una herramienta decorativa, sino como una prioridad para la solución del problema.
- Generar un cambio en la consideración política para la reapropiación de los espacios intervenidos desde la eficiencia, inclusividad y colaboración de la comunidad.
- La transformación urbana desde la visión integral de conjunto, al considerar todas las variables, incluyendo causas y efectos.
- Diagnóstico a partir de la participación ciudadana como método definido por algunas teorías urbanas.

En cuanto a las intervenciones realizadas en Tunja en el 2022, la fundamentación se dio a partir de la identificación de zonas en deterioro como mecanismo de transformación y su «embellecimiento» para la apropiación social.

Las intervenciones realizadas por la Alcaldía de Medellín se desarrollaron por medio de la Secretaría de Movilidad de la propia institución, dentro de los proyectos de urbanismo táctico que generó gran aceptación, resalta la intervención de los exteriores del Centro Comercial Unicentro y los proyectos de bicarriles. Como se evidencia en la *figura 1*, se analizaron los puntos álgidos de conflicto peatonal y vehicular, principalmente en los accesos peatonales del centro comercial, en el que, basado en la identificación de las problemáticas en el análisis de flujos y de áreas perdidas, se definieron zonas de mobiliario urbano, de circulación peatonal y franja de elementos ambientales, que dinamizaron y resolvieron significativamente las particularidades de subutilización del espacio. El proyecto así mismo se fundamentó en controlar las zonas utilizadas para parqueo de vehículos que generaban condiciones de tráfico e inseguridad para el peatón, en incorporar un sistema claro de señalización horizontal y la generación de cruces peatonales seguros con la recuperación de espacios públicos contiguos a la zona comercial, como resultado del trabajo articulado con la Junta de Acción Comunal de los barrios aledaños.

Para lo relacionado con los parqueaderos y bicarriles, se analizaron los espacios perdidos y la afluencia del sistema de movilidad tipo bicicletas, en el que se consideraron la alta demanda de zonas de circulación y de parqueadero fuera y dentro del mismo centro comercial. Estos espacios se definieron de manera que fueran beneficiadas las personas que toman como alternativa de movilidad, sistemas no contaminantes de transporte y que estuviesen ubicados cerca de las zonas de acceso peatonal a rampas, escaleras y ascensores. Ambos proyectos, fundamentados en la implementación de la participación de la comunidad respecto de las necesidades frente a las actividades cotidianas y la dinámica de uso del sector. Así mismo se tuvieron en cuenta escenarios como puntos de hidratación, sistemas de seguridad, espacios para el mantenimiento técnico de las bicicletas y puntos de recarga para bicicletas y patinetas eléctricas.

Figura 1. Recuperación del espacio público y bicicarriles en el Centro Comercial Unicentro.



Fuente: Secretaría de Movilidad de Medellín (2017).

En Tunja, las intervenciones se han desarrollado en varios sectores de la ciudad con el fin de renovar escenarios públicos: tipo canchas de multifunción (fútbol, voleibol y baloncesto), principalmente desde el aporte estético y con la finalidad de motivar a la comunidad al uso y apropiación del espacio, sin embargo, no contempló acciones para: el alumbrado público, implementación de rampas y accesos, recuperación de áreas para actividades complementarias, zonas de protección (sol y lluvia). Básicamente se realizaron actividades de embellecimiento (pintura). Este plan de recuperación del espacio público promovido por la Alcaldía tiene como premisa la intervención de espacios públicos para su embellecimiento, maximizando su valor compartido (Alcaldía Mayor de Tunja, 2022). Lo anterior, es una idea de que, si bien tiene una intención de intervenir para mejorar, no se llega, ni parte desde la objetividad de lo que busca el urbanismo táctico. Este tipo de actuaciones han generado impacto en la comunidad por la intervención de escenarios con aportes estéticos para su restauración -considerados como superficial- como se evidencia en la *figura 2*. Dichas acciones no responden a la problemática real como la falta de respuesta a su entorno inmediato, falta de solución para la accesibilidad universal general, no regularización de los espacios perdidos y falta de un diagnóstico para el análisis de situaciones problemáticas de conflicto vehicular/peatonal, etc. Este tipo de intervenciones, por lo tanto, no resuelven las diferentes proble-

Figura 2. Bicicarriles y parqueaderos en Tunja.



Fuente: Alcaldía de Tunja (2022).

máticas que hacen que estos escenarios se deterioren y pierdan su función al ser subutilizados. Aparicio (2022) indica que el interés de generar la recuperación de espacios, por lo tanto, debe ser entendido no como la intervención en términos estéticos ni individualizados, sino como la búsqueda particular de las causas por la falta de uso de los escenarios. Como lo indicaron Hernández (2022) y Garzón (2022), la principal herramienta para la producción de espacios colectivos es la identificación de las problemáticas y necesidades particulares, en las que, con el acompañamiento de los entes de gobierno, se prioricen y establezcan las diferentes rutas de actuación. En Tunja, por ejemplo, existen muchas problemáticas que, desde hace décadas, son consideradas como circunstancias y la respuesta de la comunidad ha sido adaptarse a estas, ya que no son una prioridad para su resolución. Claramente, muchas de estas por varios años fueron objeto de reclamo ante la administración municipal, sin ningún tipo de respuesta ni solución a la fecha.

El desarrollo de intervenciones urbanas, por lo tanto, se refiere a la búsqueda de soluciones de fondo en pro de mejorar la calidad de vida a partir del proceso de diagnóstico con la participación de la comunidad para conocer las necesidades particulares. Este tipo de acciones al ser diagnosticadas, planeadas y ejecutadas, generan un gran impacto social, por lo que su utilidad surge como método replicable para otros lugares en función de soluciones de conjunto, como lo manifestó Wadel (2009). Sin embargo, según Chaves (2021), este tipo de acciones urbanas pueden estar estrechamente relacionadas y no diferenciarse claramente entre sí, lo que puede dar lugar a coincidencias y confusiones en los resultados al replicarlas en diferentes contextos y escenarios. Por su parte Hernández (2022) argumenta que la calidad de vida se mide desde el punto de vista del bienestar a partir de la satisfacción a las necesidades, pero que se ligan directamente a la objetividad a partir de la distribución equitativa de los recursos basados en lo material e inmaterial por las decisiones tomadas a partir de la participación de la comunidad, por lo que el bienestar se podría considerar como subjetivo.

Rodríguez (2017) sostiene que la participación multidisciplinaria de otros profesionales es crucial para abordar la intervención del escenario considerando los conflictos sociales y ecológicos, así como las dimensiones económicas, culturales y urbanas en relación al uso del espacio público. Su enfoque implica reconocer la complejidad de los problemas y la necesidad de trabajar de manera holística para lograr intervenciones urbanas más efectivas y sostenibles. Así mismo, define que el problema social de mayor afectación para el desarrollo de este tipo de intervenciones es en primera instancia la corrupción y el desinterés por la cultura y la falta de identidad, interrumpiendo el desarrollo urbano sostenible. En tal sentido, Razu (2019) resalta que este tipo de intervenciones deben ser analizadas desde el impacto social, cultural y económico y que la comunidad debe ser el centro en la toma de decisiones. Con esto, se contempla que justamente el escenario debe planearse desde tales enfoques bajo

una lógica experimental de socialización constante, y no para que sean decisiones tomadas sin fundamentación desde la perspectiva de subjetividad de los actores estratégicos (Garzón, 2022).

En el caso de Tunja, se evidencia la falta de incorporación y planificación de los principios anteriormente identificados. Esto conlleva a que cada escenario se renueve y "embellezca" de manera individual, pero no resuelve las verdaderas problemáticas urbanas ni sociales. Es necesario realizar talleres de participación con la comunidad para lograr una apropiación social del espacio público y abordar las necesidades de manera integral, considerando una visión de conjunto. De esta forma, se podrá trabajar de modo efectivo en la solución de los desafíos urbanos y sociales que enfrenta la ciudad. Al respecto Hernández (2022) indica que los objetivos de los proyectos de urbanismo táctico, deben ser el deseo de revolucionar las formas de hacer ciudad y de involucrar al ciudadano en su proceso, sin embargo, este criterio tampoco se tuvo en cuenta, ni se tendrá en cuenta en el corto y mediano plazo debido a ya se tiene proyectado el nuevo *Plan de Ordenamiento Territorial Tunja 2023-2035*, donde la participación ciudadana fue prácticamente nula a nivel del planteamiento urbano general, y así mismo, para la concepción de nuevos proyectos a diferentes escalas como los proyectos realizados de urbanismo táctico.

CONCLUSIONES

En Colombia, el marco legal establece parámetros para proyectos urbanos que buscan el desarrollo sostenible, siguiendo los Objetivos de Desarrollo Sostenible. El propósito de estos es resolver necesidades específicas de la comunidad con la participación de los usuarios, generando un impacto social positivo. Sin embargo, la normatividad se cumple parcialmente, dependiendo de la administración municipal y su período de mandato, lo que dificulta el desarrollo urbano conjunto. Además, la participación colectiva no se tiene en cuenta, a pesar de que permitiría satisfacer necesidades urbanas, políticas y sociales, así como fortalecer la identidad local, resolviendo conflictos y valorando la naturaleza, la cultura y el patrimonio de manera integral para beneficiar a la comunidad.

Cada día surgen nuevos proyectos urbanos en los que la participación ciudadana, como en el urbanismo táctico, se convierte en el camino para validar propuestas de desarrollo que buscan mejorar el bienestar comunitario de manera válida y eficiente. Al involucrar sinérgicamente a la comunidad, se aumenta la probabilidad de éxito de estos proyectos, siempre y cuando las decisiones y la voluntad política generen cambios significativos en diversos aspectos del desarrollo, desde lo institucional hasta lo económico.

En ciudades pequeñas como Tunja, no se trata solo de embellecer algunos espacios públicos, sino de buscar soluciones efectivas a las problemáticas que la mantienen rezagada en comparación con otras ciudades en términos de acciones específicas para mejorar la calidad

de vida de los usuarios. Estas acciones incluyen la restauración del espacio público, que ha sido invadido por vehículos, la creación de senderos peatonales seguros, la conexión de diversos lugares para facilitar los desplazamientos, la recuperación de espacios subutilizados, la conectividad entre espacios de uso público para asegurar su uso constante, la identificación de áreas problemáticas para garantizar la accesibilidad universal y la planificación estratégica de áreas específicas para un acceso adecuado a servicios de transporte público, entre otros aspectos prioritarios. Teniendo en cuenta lo anterior, es importante que las entidades gubernamentales tomen en cuenta esta crítica constructiva y generen un plan de acción fundamentado teórica y metodológicamente para intervenir en los espacios urbanos, teniendo en cuenta las necesidades particulares de las comunidades y sectores específicos, en busca del desarrollo urbano sostenible.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alcaldía Mayor de Tunja. (2022). *Desarrollo de Urbanismo Táctico*. <https://acortar.link/6PlmCE>
- Aparicio, R. (2022). Urbanismo táctico: alternativa para mitigar impactos en la movilidad de la Galería Central de Palmira. Pontificia Universidad Javeriana. Colombia. <https://acortar.link/3Yubp5>
- Brenner, N. (2016). Seria o “urbanismo táctico” uma alternativa ao urbanismo neoliberal? (Editorial). *E-Metrópolis*, 7(27), 7-18. <https://acortar.link/yB0fz4>
- Chaves, L. (2021). *Urbanismo táctico: Reflexión y crítica* [Tesis de Maestría, Universitat de Barcelona]. <https://acortar.link/yB0fz4>
- Contreras, J. (2021). Una reflexión sobre urbanismo táctico, periferia marginal y participación ciudadana. *Revista Nodo*, 15(30), 74-88. <https://doi.org/10.54104/nodo.v15n30.826>
- Garzón, D. (2022). La acupuntura urbana: Características y estrategias de la arquitectura del paisaje urbano para la intervención urbana en el borde natural. Lago Terreros, Altos de Cazuca-Soacha. Fundación Universidad de América. Colombia. <https://acortar.link/lPzIXl>
- Hernández, J. (2022). Urbanismo táctico: reivindicando la participación y el uso de los espacios públicos. *Astrágalo. Cultura de la Arquitectura y la Ciudad*, 1(30), 207–230. <https://doi.org/10.12795/astragalo.2022.i30.12>
- Jacobs, J. (1961). *The Death and Life of Great American Cities*. <https://acortar.link/uHWXgj>
- Luna, P. y Ocampo, A. (2019). *El urbanismo táctico como instrumento para la manifestación social y urbana de la sociedad*. [Tesis de Maestría, Universidad EAFIT]. <https://acortar.link/rBHFqj>

ONU-Habitat. (2021). *Urbanismo táctico: elemento clave en la recuperación post- pandemia*.

ONU-Hábitat México. <https://acortar.link/aTpgHX>

Razu, D. (2019). *Urbanismo táctico: 3 ventajas en la ejecución de proyectos en las ciudades*. Ciudades Sostenible.

<https://acortar.link/gUMN8h>

Rodríguez, D. (2017). *Urbanismo táctico para la sostenibilidad. Pautas para la intervención de la ronda del río Jordán en la zona norte de la ciudad de Tunja* [Tesis de Maestría, Universidad de Manizales].

<https://acortar.link/xQVo6C>

Secretaría de Movilidad de Medellín. (2017). *Secretaría de Movilidad ganó premio internacional por proyecto de Movilidad Sostenible*. <https://acortar.link/tR5rpg>

Wadel, G. (2009). *La sostenibilidad en la arquitectura industrializada: la construcción modular ligera aplicada a la vivienda* [Tesis de Doctorado, Universitat Politècnica de Catalunya].

<https://acortar.link/6ONwTs>



Metabolismo urbano y entropía como catalizadores de la sostenibilidad en sistemas urbanos complejos

Urban metabolism and entropy as catalysts for sustainability in complex urban systems

Metabolismo urbano y entropía como catalizadores de la sostenibilidad en sistemas urbanos complejos

Gustavo Godoy Uribe / Universidad de Concepción, Chile / gustavogodoy@udec.cl

Recibido: 15/2/2023

Aceptado: 16/8/2023

Publicado: 4/10/2023

RESUMEN

La sostenibilidad urbana enfrenta desafíos interconectados que afectan la calidad de vida y el ambiente, requiriendo un enfoque holístico y una metodología adecuada para abordar los sistemas urbanos complejos. El objetivo de este ensayo fue analizar los avances en la teoría del metabolismo y la entropía en conjunto en los sistemas urbanos, identificar concepciones y tendencias y explorar su uso como marco para promover la sostenibilidad urbana. La metodología empleada incluyó una revisión de la literatura en bases de datos relevantes, permitiendo abordar cómo puede el metabolismo urbano y la entropía contribuir al desarrollo de sistemas urbanos sostenibles, al abordar los desafíos interconectados de la sostenibilidad de manera optimista y fundamentada. Se concluyó que el metabolismo urbano es un marco de integración plausible que contribuye a la sostenibilidad urbana al identificar elementos e interacciones de los subsistemas urbanos. La importancia de la entropía como indicador de complejidad y eficiencia del sistema urbano y su relación con el metabolismo se destaca. Para abordar las limitaciones, se propone un marco científico integrado considerando aspectos sociotécnicos, económicos y ecológicos en el análisis de la sostenibilidad urbana que refleje la dualidad simbólico-material coevolutiva.

Palabras clave: ciudad, complejidad urbana, ecosistema urbano, entropía urbana, gestión urbana, planificación urbana, sostenibilidad urbana

ABSTRACT

Urban sustainability faces interconnected challenges that affect the quality of life and the environment, requiring a holistic approach and an adequate methodology to address complex urban systems. The objective of this essay was to analyze advances in the theory of metabolism and entropy as a whole in urban systems, identify conceptions and trends, and explore its use as a framework to promote urban sustainability. The methodology used included a review of the literature in relevant databases, allowing to address how urban metabolism and entropy can contribute to the development of sustainable urban systems, by addressing the interconnected challenges of sustainability in an optimistic and informed manner. It was concluded that the urban metabolism is a plausible integration framework that contributes to urban sustainability by identifying elements and interactions of urban subsystems. The importance of entropy as an indicator of complexity and efficiency of the urban system and its relationship with metabolism is highlighted. To address the limitations, an integrated scientific framework is proposed considering sociotechnical, economic, and ecological aspects in the analysis of urban sustainability that reflects the coevolutionary material-symbolic duality.

Keywords: city, urban complexity, urban ecosystem, urban entropy, urban management, urban planning, urban sustainability

RESUMO

A sustentabilidade urbana enfrenta desafios interligados que afetam a qualidade de vida e o meio ambiente, exigindo uma abordagem holística e uma metodologia adequada para lidar com sistemas urbanos complexos. O objetivo deste ensaio foi analisar os avanços da teoria do metabolismo e da entropia como um todo em sistemas urbanos, identificar concepções e tendências e explorar seu uso como uma estrutura para promover a sustentabilidade urbana. A metodologia utilizada incluiu uma revisão da literatura em bases de dados relevantes, permitindo abordar como o metabolismo urbano e a entropia podem contribuir para o desenvolvimento de sistemas urbanos sustentáveis, abordando os desafios interligados da sustentabilidade de forma otimista e informada. Concluiu-se que o metabolismo urbano é um quadro de integração plausível que contribui para a sustentabilidade urbana ao identificar elementos e interações dos subsistemas urbanos. Destaca-se a importância da entropia como indicador de complexidade e eficiência do sistema urbano e sua relação com o metabolismo. Para enfrentar as limitações, um quadro científico integrado é proposto considerando aspectos sociotécnicos, econômicos e ecológicos na análise da sustentabilidade urbana que reflete a dualidade material-simbólica coevolutiva.

Palavras chave: cidade, complexidade urbana, ecossistema urbano, entropia urbana, gestão urbana, planejamento urbano, sustentabilidade urbana

INTRODUCCIÓN

La sostenibilidad urbana enfrenta numerosos desafíos interconectados. En el ámbito de contexto, se encuentran problemas como el cambio climático, las pandemias, conflictos bélicos, degradación ecológica, inequidad y crisis socioeconómicas. La capacidad de adaptabilidad al contexto se ve desafiada por problemas como la falta de planificación y gestión urbana efectivas y los resultados nocivos imprevistos, así como la escasa protección y conservación de la biodiversidad. Además, la homeostasis urbana se ve amenazada por problemas como la estratificación social, el consumo y la producción insostenible, la ineficiencia energética, la falta de opciones de transporte sostenible, el desarrollo económico no sostenible y la escasa participación ciudadana. Estos problemas afectan directamente la calidad de vida de las personas y la salud del planeta.

No obstante, estudiar la sostenibilidad urbana en sistemas complejos como las ciudades presenta desafíos como la falta de datos, la complejidad del tema, la necesidad de un enfoque interdisciplinario, la presión por resultados rápidos, la falta de financiamiento, la dificultad para medir la sostenibilidad, las dificultades en la implementación de soluciones, la falta de compromiso político, la resistencia a cambios en el comportamiento humano y las desigualdades en la distribución de beneficios. Por lo tanto, para abordar la sostenibilidad urbana se requiere una visión holística e integrada que contemple las diferentes dimensiones de la sostenibilidad y una metodología adecuada para el estudio de sistemas urbanos complejos.

El metabolismo urbano y la entropía son conceptos complementarios que contribuyen al estudio integral de sistemas urbanos sostenibles. El metabolismo urbano, una metodología sistemática, analiza y optimiza los flujos de materiales y energía en las ciudades, lo que permite identificar oportunidades de mejora en el uso de recursos y en la gestión de residuos. Por otro lado, la entropía urbana ayuda a comprender los procesos de crecimiento y evolución de sistemas urbanos complejos, revelando patrones y tendencias en el consumo de recursos y la generación de residuos.

Los estudios en metabolismo urbano abordan temas cruciales como sostenibilidad, planificación urbana y bienestar; proporcionando una comprensión integral de las interacciones entre estos elementos. Estas investigaciones, a través de enfoques multidisciplinarios e innovadores, ofrecen bases sólidas para el desarrollo de estrategias y soluciones en la gestión de ciudades, facilitando la transición hacia modelos de desarrollo urbano más sostenibles y resilientes. Los avances en el campo del metabolismo urbano son fundamentales para la formulación de políticas y prácticas urbanas informadas, mejorando la calidad de vida y el bienestar de los habitantes de las ciudades.

El objetivo de este ensayo ha sido examinar los avances en la teoría del metabolismo y la entropía de los sistemas urbanos en conjunto, con el propósito de identificar las concepciones y tendencias recientes en la literatura científica entre 2019 y 2023. Se buscó explorar las posibilidades y limitaciones del uso del metabolismo y la entropía como marco para promover la sostenibilidad urbana. El ensayo no pretendió concluir la discusión sobre las concepciones mencionadas, sino recorrer las últimas tendencias del escenario fenomenológico urbano en torno al metabolismo y la entropía, orientando futuras investigaciones en el campo, cuyo impacto social puede derivarse de la aplicación de nuevas investigaciones y la refinación de la teoría y el método.

La metodología adoptada para abordar la relación entre el metabolismo urbano, la entropía y la sostenibilidad en sistemas urbanos complejos implica una revisión de la literatura en las bases de datos *Web of Science* y *Scopus*. Se emplearon palabras clave como *metabolism*, *entropy*, *sustainability* y *urban* para identificar estudios relevantes. Los resultados en las revistas en su conjunto dieron como resultado tres publicaciones. La estructura del ensayo se basa en evaluar los antecedentes fundamentales encontrados relacionados con los asentamientos urbanos (origen, atractivo y desarrollo), metabolismo y entropía (concepción, caracterización, relación y uso) y sostenibilidad que complementan los hallazgos. La información recolectada de *Web of Science* y *Scopus* permitió abordar la pregunta de investigación ¿Cómo puede el metabolismo urbano y la entropía en conjunto contribuir al desarrollo de sistemas urbanos sostenibles al abordar los desafíos interconectados?, desde una perspectiva optimista respecto al método.

La estrategia metodológica y la estructura del ensayo se centraron en analizar críticamente los estudios seleccionados, identificando patrones, tendencias y enfoques metodológicos en el ámbito del metabolismo urbano, la entropía y la sostenibilidad. Posteriormente, se integraron los resultados para proponer un enfoque holístico que permita abordar la sostenibilidad en sistemas urbanos complejos mediante el estudio del metabolismo urbano y entropía. Este enfoque considera múltiples dimensiones, actores y escalas para el avance hacia la sostenibilidad urbana.

El ensayo científico presentó importantes implicaciones tanto científicas como sociales. Desde el punto de vista científico, el estudio proporciona una reflexión sobre las últimas tendencias y evidencias sobre el tema particular, lo que puede ayudar a avanzar en la comprensión y resolución de problemas en diferentes áreas de investigación relacionadas a la sostenibilidad urbana. Además, este ensayo puede contribuir al desarrollo de nuevas teorías o enfoques metodológicos, incidiendo de forma significativa en el campo de estudio. Desde el punto de vista social, el ensayo científico puede tener implicaciones importantes en la toma de decisiones, ya que proporciona información relevante y fundamentada para la sociedad

en general. Además, el ensayo científico puede tener un impacto en la forma en que la gente piensa y actúa en relación con el tema de estudio, lo que puede tener consecuencias a largo plazo en diferentes ámbitos de la vida humana.

DESARROLLO

Los sistemas urbanos complejos y su contexto han sido objeto de estudio, se han abordado aspectos como su origen, estructura, dinámica, presiones, amenazas, evolución, desequilibrio y sostenibilidad (Delivandani *et al.*, 2021; Evans *et al.*, 2021; Jayme, 2022), formando verdaderos archipiélagos disciplinares del sistema urbano. Estos sistemas complejos presentan características homeostasis y adaptabilidad ante cambios endógenos y exógenos que desafían los enfoques de planificación, gestión y evaluación, lo que da preponderancia a los enfoques holísticos y a los aspectos no abordados como la resiliencia (Delivandani *et al.*, 2021; Tolstykh *et al.*, 2020; Arosio *et al.*, 2020; Díaz, 2014). Por esta razón, se han estudiado los desafíos y oportunidades en la planificación, la gestión y evaluación, destacando la necesidad de enfoques metodológicos innovadores y holísticos para abordar el desarrollo de políticas que hagan frente a las amenazas que estos enfrentan para mantener su sostenibilidad y mejorar o al menos mantener, la calidad de vida (Tolstykh *et al.*, 2020).

El desafío de crear un marco para la sostenibilidad en los asentamientos humanos radica en su dualidad simbólico-material coevolutiva (psicosfera y tecnosfera), que se complejiza desde su origen de naturaleza multidimensional (Delivandani *et al.*, 2021; Jayme, 2022; Fróes y Køster, 2020). Estos sistemas urbanos, caracterizados por su crecimiento rápido, competitivo e imprevisto, presentan desafíos en la satisfacción de sus necesidades y la minimización de las emisiones y desechos generados (Tolstykh *et al.*, 2020; Evans *et al.*, 2021). La complejidad urbana está asociada a altos niveles de entropía (Tolstykh *et al.*, 2020; Díaz, 2014), lo que se refleja en externalidades negativas, como desigualdad, problemas de salud, mortalidad, y cambio climático (Yang *et al.*, 2020; Danish *et al.*, 2020). La tendencia de la migración hacia las ciudades perpetúa sistemas urbanos convencionales y acelera la entropía del sistema (Cheng *et al.*, 2020; Oliinyk *et al.*, 2021; Shekhar *et al.*, 2019). La entropía urbana es impulsada por factores económicos, sociales, de transporte y políticos; y su manejo adecuado puede generar desarrollo sostenible (Tolstykh *et al.*, 2020; Cabral *et al.*, 2013).

El metabolismo urbano, originado como teoría político-económica de Karl Marx, evolucionó hacia un enfoque holístico para evaluar ecosistemas sociales complejos y su impacto en la naturaleza (Arosio *et al.*, 2020; Díaz, 2014; Bahers *et al.*, 2022). Desde la propuesta de Wolfman en 1965, los métodos en el estudio del metabolismo urbano han aumentado y diversificado en términos de enfoque y aplicación (Tang *et al.*, 2021; Elliot *et al.*, 2019). Sin embargo, este enfoque se ha desarrollado en corrientes teóricas aisladas, lo que limita su potencial para abordar la sostenibilidad urbana de manera integral (Bahers *et al.*, 2022). Las limitaciones del metabolismo urbano se deben a su enfoque en la materialidad del sistema urbano

y la falta de un marco de indicadores sistematizados para la integración multidimensional y socialmente extendida (Bahers *et al.*, 2022; Song *et al.*, 2019; Céspedes y Morales-Pinzón, 2018).

El metabolismo urbano proporciona un marco para comprender y recomendar qué, cuánto y cómo se puede adquirir, distribuir, utilizar y reutilizar recursos como el suelo, energía, agua, alimentos y materiales para satisfacer los requerimientos urbanos y mejorar su sostenibilidad; a la vez que revela la procedencia de residuos y emisiones; es decir, manifiesta estados, flujos, procesos e infraestructura y su distribución en los sistemas urbanos complejos, lo que permiten observar si existe un equilibrio en el sistema urbano y la interacción de este con el sistema natural o antropogenizado. Desde su concepción y evolución teórica (Díaz, 2014; Toledo, 2013), el metabolismo urbano ha sido caracterizado y medido a través de diversas metodologías y enfoques, para evaluar sistemas humanos globales hasta domésticos (Delivandani *et al.*, 2021; Céspedes y Morales-Pinzón, 2018; Tang *et al.*, 2021).

La entropía se refiere a la medida de desorden o desorganización de un sistema, lo que permite en el caso urbano evaluar la complejidad y resiliencia del sistema frente a perturbaciones. De ahí que la entropía indica que existe una constante transformación de recursos interconectados e interdependientes que circulan constantemente. Por lo que la entropía cubre la desorganización compleja ante fluctuaciones de contexto y homeostasis (Tolstykh *et al.*, 2020). Las aplicaciones prácticas y enfoques metodológicos en los últimos estudios han evolucionado a lo largo del tiempo con base en contextos cambiantes, considerando modelos ecosistémicos para el logro de la sostenibilidad a través del mecanismo de evaluación de la entropía de subsistemas (Tolstykh *et al.*, 2020; Delivandani *et al.*, 2021; Song *et al.*, 2019), destacando su importancia y aplicabilidad en la gestión sostenible de las ciudades.

El metabolismo urbano y la entropía son metodologías que permiten analizar y comprender la complejidad de los sistemas urbanos desde múltiples perspectivas, incluyendo aspectos sociotécnicos, económicos y ecológicos. En el caso del metabolismo urbano, se analizan los flujos de materiales y energía en las ciudades, lo que permite identificar patrones de consumo y generación de residuos y, por lo tanto, oportunidades de mejora en la gestión de recursos. Esto implica considerar tanto los aspectos técnicos de los sistemas urbanos (infraestructuras, tecnologías, etc.) como los aspectos sociales y económicos (patrones de consumo, producción y distribución, etc.) que influyen en los flujos de materiales y energía.

Por su parte, la entropía se emplea para comprender la evolución y crecimiento de los sistemas urbanos, y cómo estos procesos afectan el consumo de recursos y la generación de residuos. La entropía permite analizar el grado de orden y desorden en los sistemas urbanos y la energía requerida para mantener su organización y funciones, lo que permitiría tener una relación de resiliencia urbana. Para considerar el contexto y las especificidades de cada ciudad o región en el análisis de la sostenibilidad urbana, es necesario realizar un diagnóstico previo de la situación actual y las problemáticas específicas de cada lugar. Esto implica la

recopilación de información y datos relevantes para el análisis, así como la participación de diferentes actores sociales, políticos y económicos en el proceso de diagnóstico y formulación de soluciones.

La sostenibilidad en sistemas urbanos complejos es un tema de creciente interés en la literatura científica. Los principios y objetivos de la sostenibilidad urbana han sido estudiados por diversos autores, los cuales buscan formas de identificar el perfil urbano de modo de proponer formas de regular el metabolismo y reducir la entropía de sistemas urbanos. Delivandani *et al.* (2021); Tolstykh *et al.* (2020) y Bahers *et al.* (2022) proponen indicadores y herramientas de evaluación para medir y monitorear el progreso hacia la sostenibilidad, aunque estos también presentan problemas de interpretabilidad y presentan dificultades de integración (Tolstykh *et al.*, 2020; Elliot *et al.*, 2019; Danish *et al.*, 2020). La integración conceptual y metodológica de ambos enfoques ha sido explorada por algunos autores (Fróes y Køster, 2020; Cabral *et al.*, 2013), quienes destacan ejemplos de sinergias y *trade-offs* en la práctica (Cheng *et al.*, 2020). Además, el papel de la entropía en la planificación urbana sostenible ha sido estudiado en trabajos recientes (Tolstykh *et al.*, 2020; Arosio *et al.*, 2020), resaltando su importancia en el análisis y diseño de políticas urbanas. Algunos casos de estudio y lecciones aprendidas en la aplicación de estos enfoques han sido presentados en la literatura, como que la sostenibilidad depende del equilibrio de los elementos que componen la capacidad del sistema de manera que este mantenga su desarrollo, lo que en conjunto significaría un equilibrio dinámico ante presiones endógenas o exógenas (Morel *et al.*, 2019; Tolstykh *et al.*, 2020; Delivandani *et al.*, 2021; Oliinyk *et al.*, 2021), lo que muestra la utilidad del metabolismo y entropía en la planificación y gestión del desarrollo de sistemas urbanos complejos (Tolstykh *et al.*, 2020).

Para abordar los desafíos y las limitaciones, es necesario desarrollar un marco científico integrado que incorpore tanto el metabolismo como la entropía en el análisis sistémico de la sostenibilidad en sistemas urbanos complejos. Este marco integrado debería considerar los aspectos sociotécnicos, económicos y ecológicos del metabolismo urbano, así como la entropía como una medida del desorden y la energía requerida para mejorar la organización y mantener las funciones políticas, sociales, económicas y ecológicas de los sistemas urbanos. Al combinar estos enfoques, sería posible abordar las dimensiones no exploradas en la literatura y proporcionar una base sólida para el análisis crítico sistémico de la sostenibilidad urbana.

Uno de los primeros pasos para desarrollar este marco integrado con enfoque sistémico es establecer un conjunto de elementos claves del sistema urbano, sus interconexiones e indicadores claves que aborden las múltiples dimensiones de la sostenibilidad urbana. Estos indicadores podrían incluir medidas de eficiencia energética, emisiones de gases de efecto invernadero, acceso a servicios básicos, equidad social y calidad de vida. Además, se debe-

rían incorporar indicadores específicos para medir la entropía urbana y su relación con el metabolismo urbano. Para garantizar la efectividad de este marco, es crucial promover la colaboración interdisciplinaria y transdisciplinaria, fomentando la participación de expertos en campos como la ecología urbana, la planificación urbana, la economía y la sociología. La colaboración entre estos campos permitirá abordar de manera más completa y holística los desafíos y oportunidades en la planificación y gestión de la sostenibilidad urbana. Además, el marco integrado debe considerar el contexto y las especificidades de cada ciudad o región, ya que las soluciones para la sostenibilidad urbana deben adaptarse a las condiciones locales y culturales. Esto implica un enfoque flexible y adaptable, capaz de incorporar nuevas perspectivas y conocimientos a medida que surjan.

Finalmente, este marco integrado debe ser probado y validado a través de casos de estudio y análisis empíricos. Al estudiar y aprender de las experiencias de diversas ciudades y regiones, se podrán identificar las mejores prácticas y lecciones aprendidas en la promoción de la sostenibilidad urbana mediante el enfoque combinado del metabolismo y la entropía.

Como resultado de este estudio se desprende que la sostenibilidad urbana compleja está compuesta de varios componentes, entre ellos el componente de contexto que presenta condiciones de dependencia de los sistemas urbanos, el componente sistémico como el conjunto de elementos y relaciones funcionales, el componente de adaptabilidad que corresponde a la capacidad instalada del sistema frente a los desafíos del contexto o las presiones internas, y el componente de homeostasis como equilibrio dinámico entre componentes y procesos como la flexibilidad de autorregulación para un funcionamiento óptimo.

El enfoque holístico del metabolismo y la entropía urbana proporcionan herramientas para cada uno de los componentes complejos de la sostenibilidad urbana. En el contexto permiten identificar dependencias, origen-destino, flujos, procesos de crecimiento y evolución del sistema urbano, revelando información sobre los patrones y tendencias en la interacción de la ciudad con su entorno. En el sistema mismo se pueden estudiar los intercambios sistémicos, la interdependencia, modularidad, entre otros indicadores propios de la robustez del sistema. En el componente de adaptabilidad el metabolismo permite observar la capacidad instalada y las oportunidades de mejora, la entropía, por su parte, permite caracterizar la resiliencia y capacidad de respuesta ante perturbaciones. En la homeostasis del sistema urbano permite evaluar la distribución de recursos, permitiendo identificar desequilibrios, y también el grado de orden dentro del proceso de equilibrio dinámico.

Con referencia a los estudios encontrados en las bases de datos no contienen un análisis de interconexión interna, sino más bien enfoques específicos de equilibrio de entrada-salida, de circularidad de ciertos elementos del sistema, ineficiencia del uso de capital, dependencia de la sostenibilidad del sistema al capital natural. Consideran factores físicos e indicadores integrales, socioeconómicos y naturales disponibles, lo que dirige las sugerencias

propuestas de intervención de sostenibilidad de los sistemas urbanos en mencionados estudios. Solo un artículo reorienta la necesidad prioritaria sobre el desarrollo de directrices para el desarrollo sostenible. Lo que reafirma la idea de archipiélago disciplinar persistente. Lo que responde al objeto planteado que revela la falta de desarrollo y propuestas en torno a los componentes de la sostenibilidad urbana compleja como dualidad simbólica, material coevolutiva en cuanto a origen, atractivo y desarrollo de los asentamientos urbanos.

Lo anterior indica y refuerza la necesidad de elaborar marcos sistémicos como el propuesto que permitan enriquecer los análisis, por ejemplo, a través de la teoría de grafos, dinámica de sistemas o redes neuronales. También se requiere integrar metodológicamente el metabolismo y entropía urbana para hacer frente a las componentes de la sostenibilidad urbana compleja que no pueden ser dilucidadas con estudios de indicadores o métodos tradicionales.

CONCLUSIONES

La sostenibilidad urbana es un desafío complejo, que enfrenta numerosos problemas interconectados en áreas como el cambio climático, las pandemias, la degradación ambiental y la inequidad socioeconómica. El estudio de la sostenibilidad urbana requiere un enfoque holístico, sistémico e integrado que contemple las diferentes dimensiones del problema y una metodología adecuada para abordar los sistemas urbanos complejos.

El metabolismo urbano y la entropía son conceptos complementarios que contribuyen al estudio integral de sistemas urbanos sostenibles. El metabolismo urbano analiza y optimiza los flujos de materiales y energía en las ciudades, permitiendo identificar oportunidades de mejora en el uso de recursos y en la gestión de residuos. Por otro lado, la entropía urbana ayuda a comprender los procesos de crecimiento y evolución de los sistemas urbanos, revelando patrones y tendencias en el consumo de recursos y la generación de residuos. Los avances en el campo del metabolismo urbano y la entropía son fundamentales para la formulación de políticas y prácticas urbanas informadas, mejorando la calidad de vida y el bienestar de los habitantes de las ciudades. Estos enfoques permiten analizar la complejidad de los sistemas urbanos desde múltiples perspectivas y considerar tanto los aspectos técnicos como los aspectos sociales y económicos que influyen en los flujos de materiales y energía. Sin embargo, existen desafíos y limitaciones en el estudio de la sostenibilidad urbana, como la falta de datos, la complejidad del tema, la necesidad de un enfoque interdisciplinario y la dificultad para medir la sostenibilidad. Para abordar estos desafíos, es necesario desarrollar un marco científico integrado que combine el metabolismo urbano y la entropía en un enfoque sistémico de la sostenibilidad urbana.

Este marco integrado debe considerar los aspectos sociotécnicos, económicos y ecológicos del metabolismo urbano, así como la entropía como medida del desorden y la energía requerida para mantener la organización de los sistemas urbanos. Además, se deben estable-

cer indicadores claves y promover la colaboración interdisciplinaria y transdisciplinaria. Para garantizar la efectividad de este marco, es importante adaptarlo al contexto y las especificidades de cada ciudad o región, y validar su aplicabilidad a través de casos de estudio y análisis empíricos. A través del estudio y aprendizaje de diversas experiencias se podrán identificar las mejores prácticas en la promoción de la sostenibilidad urbana. En última instancia, el desarrollo de un marco integrado que combine el metabolismo urbano y la entropía como enfoques complementarios permitirá abordar de manera más completa y holística los desafíos y oportunidades en la planificación y gestión de la sostenibilidad urbana, contribuyendo así a la creación de ciudades más sostenibles y resilientes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arosio, M., Martina, M. L. V. y Figueiredo, R. (2020). The whole is greater than the sum of its parts: A holistic graph-based assessment approach for natural hazard risk of complex systems. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 20(2), 521-547. <https://doi.org/10.5194/nhess-20-521-2020>
- Bahers, J-B., Athanassiadis, A., Perrotti, D. y Kampelmann, S. (2022). The place of space in urban metabolism research: Towards a spatial turn? A review and future agenda. *Landscape and Urban Planning*, 221, e104376. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2022.104376>
- Cabral, P., Augusto, G., Tewolde, M. y Araya, Y. (2013). Entropy in Urban Systems. *Entropy*, 15(12), 5223-5236. <https://doi.org/10.3390/e15125223>
- Céspedes, J. D. y Morales-Pinzón, T. (2018). Urban metabolism and sustainability: Precedents, genesis and research perspectives. *Resources Conservation and Recycling*, 131, 216-224. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.12.023>
- Cheng, Z., Prakash, K., Smyth, R. y Wang, H. (2020). Housing wealth and happiness in Urban China. *Cities*, 96, e102470. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2019.102470>
- Danish, Ulucak, R. y Khan, S. U-D. (2020). Determinants of the ecological footprint: Role of renewable energy, natural resources, and urbanization. *Sustainable Cities and Society*, 54, e101996. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101996>
- Delivandani, F., Rajabi, A. y Kermani, A. N. (2021). Process-Based Improvement of Urban Metabolism in Optimizing the Development Cycle of the Small City Using MIA Method. *Mathematical Problems in Engineering*, 2021, e5545307. <https://doi.org/10.1155/2021/5545307>

- Díaz, A. (2014). Metabolismo urbano: Herramienta para la sustentabilidad de las ciudades. *Interdisciplina*, 2(2). <http://dx.doi.org/10.22201/ceiach.24485705e.2014.2.46524>
- Elliot, T., Almenar, J. B., Niza, S., Proença, V. y Rugani, B. (2019). Pathways to Modelling Ecosystem Services within an Urban Metabolism Framework. *Sustainability*, 11(10), 2766. <https://doi.org/10.3390/su11102766>
- Evans, D. L., Vis, B. N., Dunning, N. P., Graham, E. y Isendahl, Ch. (2021). Buried solutions: How Maya urban life substantiates soil connectivity. *Geoderma*, 387, 114925. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2020.114925>
- Fróes, I. y Køster, M. (2020). Co-creating sustainable urban metabolism towards healthier cities. *Urban Transformations*, 2, 5. <https://doi.org/10.1186/s42854-020-00009-7>
- Jayme, O. (2022). A magnitude da tecnosfera: Uma importante reflexão para a arqueologia. *Revista Arqueologia Pública*, 17, e022010. <https://doi.org/10.20396/rap.v17i00.8668743>
- Morel, R., Bazzo, E. y Garcia, L. E. (23-28 de junio de 2019). *Assessment of municipal solid waste management system using a mixing index as indicative for urban sustainability analysis*. [Conferencia]. 32nd International Conference on Efficiency, Cost, Optimization, Simulation and Environmental Impact of Energy Systems, Wroclaw, Poland. <https://acortar.link/GO5zk9>
- Oliinyk, O., Bilan, Y., Mishchuk, H., Akimov, O. y Vasa, L. (2021). *The impact of migration of highly skilled workers on the country's competitiveness and economic growth*. *Montenegrin Journal of Economics*, 17(3), 7-19. <https://doi.org/10.14254/1800-5845/2021.17-3.1>
- Shekhar, H., Schmidt, A. J. y Wehling, H-W. (2019). Exploring wellbeing in human settlements—A spatial planning perspective. *Habitat International*, 87, 66-74. <https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2019.04.007>
- Song, Y., van Timmeren, A. y Wandl, A. (2019). A literature review and categorisation of sustainability-aimed urban metabolism indicators: A context, indicator, mechanism, outcome analysis. *Regional Statistics*, 9(1), 54-71. <https://acortar.link/S5mBO8>
- Tang, M., Hong, J., Guo, S., Liu, G. y Shen, G. Q. (2021). A bibliometric review of urban energy metabolism: Evolutionary trends and the application of network analytical methods. *Journal of Cleaner Production*, 279, e123403. <https://doi.org/gmg8vt>
- Toledo, V. M. (2013). El metabolismo social: Una nueva teoría socioecológica. *Relaciones. Estudios de Historia y Sociedad*, 34(136), 41-71. <https://acortar.link/xrSm8j>

Tolstykh, T., Gamidullaeva, L., Shmeleva, N. y Lapygin, Y. (2020). Regional Development in Russia: An Ecosystem Approach to Territorial Sustainability Assessment. *Sustainability*, 12(16), 6424. <https://doi.org/10.3390/su12166424>

Yang, J., Wang, Y., Xiu, C., Xiao, X., Xia, J. y Jin, C. (2020). Optimizing local climate zones to mitigate urban heat island effect in human settlements. *Journal of Cleaner Production*, 275, e123767. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123767>



La Plaza de los Héroes de la Independencia de Puerto Príncipe, Haití, hacia su banalización

The Independence Heroes' Square in Port-au-Prince, Haiti, towards its banalization

A Praça dos Heróis da Independência em Porto Príncipe, Haiti, rumo à sua banalização

Jean Fernney Piou / Fondo Verde, Haití / fernpiou@yahoo.com

Gonzalo de la Fuente de Val / Fondo Verde, España / gdelafte@gmail.com

Recibido: 27/12/2021

Aceptado: 28/2/2023

Publicado: 12/4/2023

RESUMEN

La Plaza de los Héroes de la Independencia, también llamada Plaza del Campo de Marte, heredera de la Sabana del Rey desde 1749, fue objeto de varios proyectos de renovación. A lo largo de los años, las autoridades han integrado otros temas alejados del motivo central de esta plaza pública; de modo que el fervor patriótico que antaño encarnaba se ha diluido. El objetivo de la investigación consistió en hacer un análisis de la evolución de la Plaza a lo largo de su historia y qué futuro le espera, a partir de las diferentes intervenciones realizadas por las sucesivas autoridades políticas, contrasta con el planteamiento aplicado en ciudades de todo el mundo, que crean espacios verdes para mejorar la calidad de vida de sus habitantes. Las fuentes de información fueron artículos científicos, documentos, el Boletín del Instituto para la Salvaguardia del Patrimonio Nacional, planos de la plaza, entrevistas y, por último, visitas sobre el terreno. El análisis de la evolución de la plaza puso de manifiesto la escasa importancia concedida a los espacios públicos en términos de servicios ecosistémicos prestados. La fragmentación del parque en una serie de unidades provoca la pérdida de su simbolismo, identidad propia y, en última instancia, a su banalización.

Palabras clave: colonia, fragmentación, negro cimarrón, patrimonio, servicio ecosistémico, urbanismo

ABSTRACT

The Plaza de los Héroes de la Independencia, also called Plaza del Campo de Marte, heir to the Sabana del Rey since 1749, was the subject of several renovation projects. Over the years, the authorities have integrated other issues away from the central motif of this public square; so that the patriotic fervor that he once embodied has been diluted. The objective of the research consisted of making an analysis of the evolution of the Plaza throughout its history and what future awaits it, based on the different interventions carried out by the successive political authorities, contrasting with the approach applied in cities all over the world. the world, which create green spaces to improve the quality of life of its inhabitants. The sources of information were scientific articles, documents, the Bulletin of the Institute for the Safeguarding of National Heritage, maps of the square, interviews and, finally, field visits. The analysis of the evolution of the square revealed the scant importance given to public spaces in terms of ecosystem services provided. The fragmentation of the park into a series of units causes the loss of its symbolism, its own identity and, ultimately, its banalization.

Keywords: colony, colônia, fragmentação, negro cimarron, patrimônio, planejamento urbano serviço do ecossistema

RESUMO

A Plaza de los Héroes de la Independencia, também chamada de Plaza del Campo de Marte, herdeira da Sabana del Rey desde 1749, foi objeto de vários projetos de reforma. Ao longo dos anos, as autoridades integraram outras questões fora do motivo central desta praça pública; de modo que o fervor patriótico que ele uma vez incorporou foi diluído. O objetivo da pesquisa consistiu em fazer uma análise da evolução da Praça ao longo da sua história e que futuro a espera, com base nas diferentes intervenções realizadas pelas sucessivas autoridades políticas, contrastando com a abordagem aplicada em cidades de todo o mundo. do mundo, que criam espaços verdes para melhorar a qualidade de vida de seus habitantes. As fontes de informação foram artigos científicos, documentos, Boletim do Instituto de Salvaguarda do Patrimônio Nacional, mapas da praça, entrevistas e, por fim, visitas de campo. A análise da evolução da praça revelou a escassa importância atribuída aos espaços públicos em termos de serviços ecossistêmicos prestados. A fragmentação do parque em uma série de unidades causa a perda de seu simbolismo, sua própria identidade e, em última instância, sua banalização.

Palavras chave: colônia, fragmentação, negro cimarron, patrimônio, planejamento urbano serviço do ecossistema

INTRODUCCIÓN

Los espacios verdes desempeñan un importante papel en la organización de la vida social y cultural de las ciudades. En el caso de Haití, antiguo Saint-Domingue, se reservó una zona de tierra llamada, durante la colonización francesa, la Sabana del Rey para albergar residencias reales que nunca se construyeron. Esta sabana es la antecesora de la Plaza del Campo de Marte. A principios del siglo XX, la ciudad de Puerto Príncipe, que Devauges (1954) califica de sitio remarcable, tenía una extensión de 7 km² (Corvington, 2007). Si bien el Campo de Marte se mantuvo en gran medida intacto a lo largo del siglo XIX, el siglo XX marca el inicio de un importante acondicionamiento de la Plaza del Campo de Marte y esta primera remodelación le da su primera organización espacial (Fondation Connaissance et Liberté, 2020). La construcción de un nuevo Palacio Nacional es el mayor punto de interés y el principal marcador del Campo de Marte. Con el nuevo diseño, que incluye parques infantiles, espacios para eventos culturales, paseos y reuniones sociales, esta plaza representó durante mucho tiempo el principal centro de atracción de la capital. Mucho antes de que se remodelara el Campo de Marte, se llevaron a cabo importantes proyectos de paisajismo en ciudades como Nueva York y París. En el caso de Nueva York, el *Central Park* se creó en 1857 sobre la base del Plan Greensward de Frederick L. Olmsted, arquitecto paisajista. En Francia, la ciudad de París es rediseñada por el arquitecto Haussmann. Más de un siglo después, a partir de la Cumbre de Río de Janeiro (Brasil) en 1992, en las ciudades se ha prestado atención a los espacios verdes; desarrollando desde entonces el concepto *biodiversitario* (Clergeau, 2020). A partir de la década de 1950, tras la Exposición Universal de 1949, la ciudad de Puerto Príncipe se convirtió en un destino turístico y las plazas públicas servían también de espacios verdes con la presencia de grandes árboles a lo largo de algunas avenidas. La ciudad capital, situada al pie de una montaña verde, no sufre demasiado por la falta de espacios verdes propiamente dichos. En 1954 el gobierno cambió el nombre de la Plaza del Campo de Marte a Plaza de los Héroes de la Independencia, dedicando a cada uno de ellos su propio espacio. Con el crecimiento poblacional asociado al éxodo rural, aumenta la densidad de la población en la ciudad y pone de relieve la falta de espacios verdes. Para paliar este déficit, a partir de 1980 se puso en marcha un programa gubernamental de creación de bosques comunales en los municipios del país. Casi cuarenta años más tarde, pocos de estos espacios existen, debido a que fueron absorbidos por la ciudad en su expansión. Si bien en la legislación relativa al urbanismo se prevén disposiciones para la integración de espacios verdes hacia el desarrollo urbano, estas disposiciones no se aplican a causa de la precariedad y escasez de viviendas a precios asequibles en la ciudad. Por lo que, en la periferia de las ciudades, los espacios naturales se transforman en terrenos para la urbanización.

Con la creación del Ministerio de Medio Ambiente en 1994, el concepto de zona protegida ha pasado de una comprensión estrecha a otra más amplia que también se refiere a la educación, protección y conservación de los recursos presentes en estas zonas. Lamentablemente, esta nueva dinámica que suscita la Cumbre de Río no repercute en el entorno urbano y en las plazas públicas. Los trabajos de rehabilitación realizados desde entonces se han enfocado en el espacio público como lugar de encuentro y entretenimiento, transformando este último en una matriz constituida de bloques de adoquines, ignorando casi por completo los servicios ecosistémicos que se prestan y el nivel de atracción turística (Fathi-Gaoua y Abbas, 2020). Durante los trabajos de rehabilitación realizados con motivo del 250 aniversario de la fundación de Puerto Príncipe, en 1999, se siguió minimizando el papel de los espacios verdes.

El objetivo de la investigación consistió en hacer un análisis de la evolución de la Plaza a lo largo de su historia y su proyección desde la perspectiva de la gestión espacial, a partir de intervenciones realizadas por las sucesivas autoridades políticas, que no se han sumado a la dinámica iniciada por las grandes ciudades del mundo de crear espacios verdes para mejorar la calidad de vida de sus habitantes. A partir de las remodelaciones o transformaciones llevadas a cabo en la Plaza, surge la pregunta: ¿qué futuro tiene la Plaza del Campo de Marte cuando se minimiza el papel de los espacios verdes, prefiriendo transformarla por acciones de las autoridades preocupadas a dejar su huella en la Plaza, en una agrupación de pequeñas plazas sin relación entre sí?

DESARROLLO

Para realizar el estudio relacionado a la evolución de la Plaza de los Héroes de la Independencia de Haití, en el marco de la promoción de espacios verdes urbanos, fueron consultadas fuentes documentales como libros, revistas, mapas de la Plaza y fotografías, que contenían informaciones relevantes relacionadas a la historia de la ciudad y de la Plaza. El *Bulletin de L'ISPAN*, número 38 de 2018, editado por el Instituto de Salvaguardia del Patrimonio Nacional Haitiano (ISPAN por sus siglas en francés), constituyó una fuente importante de información en la aclaración de algunos aspectos de la historia de la Plaza. Finalmente, se hicieron visitas a la Plaza para verificar los tipos de servicios ecosistémicos ofrecidos a los ciudadanos. Todo lo anterior sirvió de insumos para conducir la reflexión sobre la Plaza del Campo de Marte.

Como parte de la investigación se analizó la evolución de la Plaza del Campo de Marte a lo largo de los años a partir de lo expuesto en varias fuentes consultadas. Los trabajos efectuados en diversas ciudades del mundo, especialmente Nueva York y París, han servido como base para hacer la comparación con la ciudad de Puerto Príncipe con respecto a la modelación de la Plaza del Campo de Marte. Las teorías elaboradas acerca de la gestión de los

espacios verdes urbanos; la creación de corredores verdes que unen los espacios verdes de la ciudad con la naturaleza y la promoción de conceptos que favorecen la mejora de las condiciones ambientales de las urbes fueron abordadas en el caso de la Plaza del Campo de Marte. Una limitación importante fue la ausencia de un plan de gestión de la Plaza, combinado con el incumplimiento de la legislación urbanística, ya muy débil, que permitió confirmar la tendencia de su fragmentación en pequeñas plazas, permitiendo que cada líder político dejara su marca en ella, lo que finalmente condujo a su banalización¹.

Desde el primer ordenamiento de la Plaza, principios del siglo pasado, hasta el último realizado hace una década, se inició un proceso de fragmentación, generando como resultado que este espacio se encuentre dividido en no menos de 15 plazas con temáticas diversas. En Haití se presta poca atención a las plazas públicas, que se rompen para dar cabida a los edificios públicos, como fue el caso de la Plaza Santa Ana en Puerto Príncipe, que se redujo a la mitad para facilitar la construcción de un liceo (Dorsainville, 2020).

La Plaza del Campo de Marte o Plaza del Gobierno es conocida como la zona del poder político. En 1907 se desarrolló su primer proyecto de acondicionamiento (Fondation Connaissance et Liberté, 2020) que priorizó actuaciones antrópicas para facilitar encuentros sociales, eventos deportivos y culturales. Para 1911, el vasto espacio fue subdividido en áreas de menor tamaño con la introducción de calles con aceras. La construcción de un nuevo Palacio Nacional que se inició en 1914 y se inauguró en 1921 impulsó en la Plaza una nueva dinámica como punto de convergencia de las clases sociales de Puerto Príncipe.

Este espacio emblemático de la capital de la república, a excepción de la estatua del Padre de la Nación, Jean-Jacques Dessalines, cuenta con pocos elementos simbólicos. Para intentar paliar esta carencia, desde los años 50 los sucesivos gobiernos han erigido estatuas en memoria de los héroes nacionales, construido un museo, añadido diversos equipamientos públicos y, en ocasiones conmemorativas de la historia nacional se organizan desfiles militares. Luego, en 1967, durante la dictadura del presidente François Duvalier, una plaza fue dedicada al Negro Cimarrón. El personaje cimarrón representa a todos los seres humanos deportados de África y sometidos a la esclavitud. Tras la muerte del presidente, su hijo Jean-Claude hizo construir el Museo del Panteón Nacional Haitiano (MUPANAH) dentro de la Plaza, como depósito de la memoria nacional. Un año después, en noviembre de 1983, en memoria de los indios que resistieron a España, se inauguró la Plaza del Indio no Conocido, no lejos de la Plaza del Negro Cimarrón. En 1986, con la llegada al poder de una junta militar civil, la Plaza de los Héroes se enriqueció con un rostro emblemático de la guerra de independencia, el general del ejército indígena, François Cappedoix o Cappedoix La Mort.

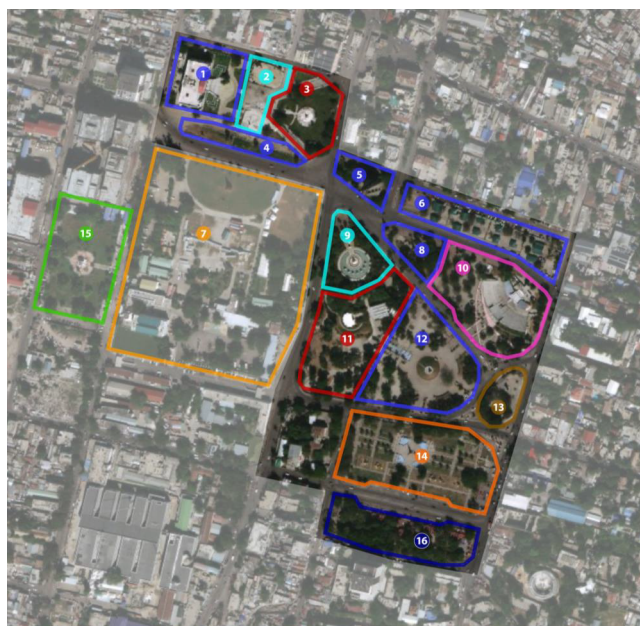
¹ El concepto de banalización se emplea para mostrar la fragmentación del territorio de esta plaza, en el corazón de Puerto Príncipe (capital de Haití), en plazas más pequeñas provocando la pérdida del simbolismo del lugar.

A partir de 1986, la integración de temas distintos al tema central de la Plaza de los Héroes de la Independencia se fortaleció y abrió el camino a iniciativas aún más audaces. Por ejemplo, tras la llegada al poder del presidente Jean-Bertrand Aristide, la Plaza del Indio no Conocido pasó a llamarse Plaza de la Paz. En 1999, el gobierno emprendió la renovación de las plazas públicas de la capital, especialmente la Plaza de los Héroes de la Independencia. Sin salirse de la lógica de marcar su paso por el poder interviniendo en la Plaza de los Héroes de la Independencia, en 2002 se inauguró la Plaza de la Constitución de 1801 y poco después, entre 2003 y 2004, se inició la construcción de la Torre de 2004 para conmemorar el bicentenario de la independencia del país. El terremoto de 2010 aceleró aún más el proceso de fragmentación del Campo de Marte, cuando en 2015 el MUPANAH decidió construir un restaurante junto a la plaza Jean-Jacques Dessalines. Este nuevo edificio está aislado de la Plaza por un muro de hormigón. En la misma década, se construyó el nuevo Palacio de Justicia en el espacio de la Plaza de los Héroes de la Independencia y a pocos metros de la mítica Plaza del Negro Cimarrón, de la que sólo la separa un cercado. En cuanto a la Quiosco Occide Jeanty, fue profundamente rediseñada construyendo un anfiteatro cuyos altos muros obstruían la visión de los demás elementos de la plaza. Además, el uso a ultranza de adoquines de hormigón como material de revestimiento de las superficies transformó este lugar en una isla de calor, especialmente porque los árboles son escasos. Por su parte, la antigua Plaza de los Artistas se transformó en una zona de restaurantes.

Desde la época del presidente Duvalier, y más aún después del terremoto de 2010, la afluencia de la población rural a la capital contribuyó a la expansión de la ciudad de Puerto Príncipe hacia la periferia y la ocupación de zonas frágiles (Milian y Tamru, 2018). El peso del número de habitantes del área metropolitana de Puerto Príncipe, con el 55% de la población urbana del país (Théodat, 2013) y de la poca cultura de la planificación urbana, no favorece el mantenimiento del Campo de Marte como principal espacio verde de la capital pero, siguiendo el ejemplo de los espacios verdes urbanos de metrópolis africanas como Bujumbura (República Democrática del Congo), el Campo de Marte se utiliza como parque de recreo y ofrece espacios de ocio a una población joven y numerosa (Kabanyegeye *et al.*, 2020). Así pues, la principal plaza pública de la ciudad fue objeto de numerosas obras de remodelación para que pudiera satisfacer algunas de las necesidades de esta población.

En la *tabla 1*, asociada a la *figura 1*, se muestra el proceso de fragmentación del Parque a lo largo de los años en una serie de pequeñas plazas, donde la construcción de edificios públicos, el hormigón y el asfalto ocuparon el lugar de los árboles. Esta fragmentación favorece el proceso de banalización, llamado así por su analogía con el desmembramiento político de un territorio o espacio, en este caso la Plaza de los Héroes de la Independencia.

Figura 1. Fragmentación de la Plaza del Campo de Marte con el paso del tiempo.



Fuente: Elaborada por el autor con imágenes de Apple Maps® 2022.

Tabla 1. Proceso de fragmentación de la Plaza Campo de Marte a lo largo de los años.

Año	Nombre original	Año de intervención	Nombre de la Plaza o infraestructura	No. en la figura 1
		1907	Plaza del Gobierno o Campo de Marte	1 a 13
		1911	Plaza Jean-Jacques Dessalines	12
		1920	La tribuna del Campo de Marte	16
		1924	Altar de la Patria	15
		1945	Plaza de los Héroes de la Independencia	5, 6, 8, 9 a 15
1749	Sabana del Rey	1950	Plaza de Dessalines, Christophe, Pétion, Toussaint	12, 8, 14, 4
		1967	Plaza del Cimarrón no conocido	2
		1979	MUPANAH	9
		1983-	Plaza del Indio no conocido/Plaza de la Paz	3
		1987	Plaza Cappoix La Mort	6
		2002	Plaza de la Constitución	13
		2004	Torre 2004	5
		2015	Jardín del MUPANAH	11
		1926 y 2015	Quiosco Occide Jeanty	10
		2015	Palacio de la Corte Suprema de Justicia	1

Fuente: Elaborada por el autor.

La Plaza del Campo de Marte ofrece a la población la posibilidad de hacer un recorrido por su historia a través de los héroes de la independencia, pero con la creación dentro de su perímetro de numerosas plazas y edificios sin relación con la carga simbólica del lugar, acentúa un proceso de banalización que puede transformarla en el futuro, en un lugar banal de encuentro y paseo. En el proceso de ordenamiento de la plaza no existe un mecanismo que vincule el pensamiento de la sociedad con el de las autoridades, lo que demuestra una carencia de participación (Arango y López, 2021). La falta de rigor y de comprensión de la emoción condujo a la desorganización del espacio y la segregación entre elementos de la identidad nacional. La plaza está entendida como un espacio de educación a la ciudadanía, al ambiente, a la historia, así como de proveedor de servicios ecosistémicos; por lo que un proyecto de acondicionamiento del espacio no puede perjudicar la libertad de acceso y movimiento, cualidad esencial del espacio público urbano (Escolano, 2017) y también espacio de educación, en el caso del Campo de Marte (Mezié, 2019).

Las grandes avenidas recién hormigonadas que atraviesan y rodean la Plaza la fragmentan en un paisaje con pocos árboles, sin corredores para conectarlos, lo que facilita el vaivén entre las plazas. La Plaza del Campo de Marte no responde a los criterios que podrían hacer de ella un espacio verde capaz de satisfacer las expectativas de los ciudadanos y ofrecer los servicios ecosistémicos tan necesarios en una ciudad muy poblada como Puerto Príncipe. Aunque los espacios verdes nunca han sido una prioridad en la planificación urbana, repensar la ciudad para hacerla hospitalaria y cercana a la naturaleza debe ser un objetivo para las ciudades haitianas, y en particular la capital.

CONCLUSIONES

Con el primer ordenamiento que se realizó en la Plaza del Campo de Marte, a principios del siglo XX, se construyó un parque público e instalaciones deportivas; luego se hicieron calles con aceras, lo que estableció de manera formal el comienzo de una práctica de fragmentación de la Plaza del Campo de Marte en pequeñas plazas. Este proceso se amplificó a raíz de la celebración del 150o Aniversario de la Independencia, con la instalación de las estatuas de los Héroes. Luego fueron introducidos elementos que no son directamente asociados a la evolución de la historia de la Plaza. Sin embargo, el alejamiento del hilo conductor de la Plaza se hizo más evidente a partir del terremoto de 2010.

Las transformaciones se concentraron sobre las infraestructuras de hormigón, aumentando así la fragmentación del espacio sin prestar importancia a la presencia de zonas arboladas, las cuales son proveedoras de servicios ecosistémicos, valorizados en la mayoría de los espacios públicos presente en los primeros trabajos del arquitecto Frederick L. Olmsted en el *Central Park* de Nueva York. Las actuaciones realizadas desde el siglo pasado y hasta la actualidad, no se efectuaron a partir de un plan maestro que considere el papel primordial de los recursos naturales en el ordenamiento del espacio público.

Las modificaciones realizadas en la Plaza del Campo de Marte la alejaron de su punto de interés central que, por un lado, es el valor de la libertad encarnado por los Héroes de la Independencia y por el Negro Cimarrón y, por otro lado, la capacidad de la Plaza de ofrecer los servicios ecosistémicos de base, como la purificación del aire, la captación de gases de efecto invernadero, de filtro auditivo, entre otros, los cuales se encuentran hoy limitados. Para revertir el proceso de banalización en marcha, se indica que las autoridades locales deben movilizar un equipo multidisciplinar, compuesto por especialistas en campos como la sociología, la historia, la antropología, el urbanismo y el medio ambiente, entre otros, al que se asociarán organizaciones ciudadanas; para trabajar en un plan de desarrollo integral de este importante espacio urbano de la ciudad de Puerto Príncipe. Esta nueva visión del lugar debería centrarse en la mejora del entorno vital de los habitantes de la ciudad, ofreciéndoles una Plaza que potencie también los recursos de la biodiversidad, por los servicios ecosistémicos que presta, al tiempo que contribuye a acercar la ciudad a la naturaleza.

La importancia de los parques en el diseño de las urbes, tanto de América como de Europa, no fueron objeto de debate en la sociedad haitiana.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arango, S. y López, A. P. (2021). Diseño Urbano Participativo del Espacio Público. Una herramienta de apropiación social. *Bitácora Urbano Territorial*, 31(3), 13-26. <https://doi.org/gn4hs7>
- Clergeau, P. (2020). *Urbanisme et biodiversité. Vers un paysage vivant structurant le projet urbain*. Éditions Apogée.
- Corvington, G. (2007). *Port-au-Prince au cours des ans* (Tome III). Les Éditions CIDIHCA.
- Devauges, R. (1954). Une capitale antillaise : Port-au-Prince (Haïti). *Les cahiers d'Outre-Mer*, 7(26), 105-136. <https://doi.org/10.3406/caoum.1954.1901>
- Dorsainville, H. (28 de mayo de 2020). Carrefour : un demi-million d'habitants et « zéro » place publique. *AyiboPost*. <https://bit.ly/3kCoByj>
- Escolano, S. (2017). *Los espacios urbanos: procesos y organización territorial*. Universidad de Zaragoza. <https://zaguan.unizar.es/record/72767>
- Fathi-Gaoua, L. y Abbas, L. (2020). Le paysage urbain au profit de l'attractivité touristique des villes. *Revue Internationale de Management, Entrepreneuriat et Communication*, 3. <https://bit.ly/3meK7K0>
- Fondasyon Konesans Ak Libète. (27 de octubre de 2020). *BMC Propose : Petite histoire du Champ de Mars*. <https://bit.ly/3IBE2yH>

- Instituto de Salvaguardia del Patrimonio Nacional Haitiano. (2018). J. J. Dessalines, H. Christophe et F. Cappaix : trois Généraux, trois Héros et Pères de la nation haïtienne décédés violemment au cours d'un mois d'octobre. *Bulletin de L'ISPAN*, (38). <https://bit.ly/3Z6VxOx>
- Kabanyegeye, H., Mascharabou, T., Useni, Y. y Bogaert, J. (2020). Perception sur les espaces verts et leurs services écosystémiques par les acteurs locaux de la ville de Bujumbura (République du Burundi). *Tropicultura*, 38(3-4), 2295-8010. <https://doi.org/jx76>
- Mezié, N. (2019). Être Haïtien en Haïti : protestation et appartenance dans les débats sur le Champ de Mars à Port-au-Prince. *L'Espace Politique*, 38(2). <https://doi.org/10.4000/espacepolitique.6952>
- Milian, J. y Tamru, B. (2018). *Port-au-Prince, ville du risque? Un mythe au prisme d'une urbanisation vulnérable. Études Caraïbéenne*, (39-40). <https://doi.org/jx75>
- Théodat, J. M. (2013). Port-au-Prince en sept lieues. *Outre-Terre*, 35-36, 123-150. <https://doi.org/10.3917/oute.035.0123>



El paisaje sostenible, una visión desde la geoecología

The sustainable landscape, a vision from geoecology

A paisagem sustentável, uma visão da geoecologia

José Manuel Mateo Rodríguez[†] / Universidad de la Habana, Cuba

Manuel Bollo Manent / Universidad Nacional Autónoma de México, México / mbollo@ciga.unam.mx

Recibido: 25/10/2022

Aceptado: 5/2/2023

Publicado: 19/3/2023

RESUMEN

La concepción sobre el *Desarrollo Sostenible*, formulada por la Organización de las Naciones Unidas, va encaminada a trazar un derrotero que permita articular el crecimiento económico, la equidad social y la optimización y mejoramiento del estado del ambiente. La comunidad científica internacional está en la obligación de formular los fundamentos teórico-metodológicos que conlleven a establecer derroteros prácticos que permitan de manera fehaciente incorporar la sostenibilidad a los procesos de desarrollo. La noción de paisaje sostenible, como una formulación dirigida a construir una visión integral de la sostenibilidad de los sistemas espaciales y ambientales, se comenzó a tratar en la Geografía ruso-soviética desde la década de 1980 del pasado siglo. El objetivo de este artículo es presentar los elementos básicos de la teoría sobre el paisaje sostenible desde la Geoecología, con un enfoque científico, cualitativo, basado en las experiencias de los autores en su formulación y aplicación en algunos países de América Latina. Para ello, se realizó un análisis de la concepción del desarrollo sostenible, el rol de la Geografía en la sostenibilidad y la interpretación de la categoría del paisaje que utiliza la Geoecología. Además de ello se definió al paisaje sostenible desde el enfoque geoecológico y los instrumentos para su diseño.

Palabras clave: desarrollo sostenible, geografía, sistemas ambientales, sostenibilidad

ABSTRACT

The conception of Sustainable Development, an idea formulated by the United Nations, aims to draw a path that allows the articulation of economic growth, social equity and the optimization and improvement of the state of the environment. The international scientific community is obliged to formulate the theoretical - methodological foundations that lead to establish practical courses that allow to incorporate in a reliable way sustainability to the development processes. The notion of sustainable landscape, as a formulation aimed at building a comprehensive vision of the sustainability of spatial and environmental systems, began to be addressed in Russian-Soviet Geography since the 1980s. The objective of the article is to present the basic elements of the Theory on the Sustainable Landscape from Geoecology, with a scientific, qualitative approach, based on the experiences of the authors in its formulation and application in some Latin American countries. For this, an analysis of the conception of sustainable development was carried out, the role of Geography in sustainability, the interpretation of the landscape category used by Geoecology, the sustainable landscape was defined from the geoecological approach and the instruments for its design. .

Keywords: environmental systems, geography, sustainability, sustainable development

RESUMO

A concepção de Desenvolvimento Sustentável, ideia formulada pela Organização das Nações Unidas, visa traçar um rumo que permita articular crescimento econômico, equidade social e otimização e melhoria do estado do meio ambiente. A comunidade científica internacional é obrigada a formular os fundamentos teórico-metodológicos que conduzam ao estabelecimento de caminhos práticos que permitam incorporar de forma irrefutável a sustentabilidade nos processos de desenvolvimento. A noção de paisagem sustentável, como formulação destinada a construir uma visão abrangente da sustentabilidade dos sistemas espaciais e ambientais, começou a ser discutida na Geografia russo-soviética desde a década de 1980 do século passado. O objetivo do artigo é apresentar os elementos básicos da Teoria da Paisagem Sustentável desde a Geoecologia, com um enfoque científico, qualitativo, baseado nas experiências dos autores em sua formulação e aplicação em alguns países latino-americanos. Para isso, foi realizada uma análise da concepção de desenvolvimento sustentável, o papel da Geografia na sustentabilidade, a interpretação da categoria de paisagem que utiliza a Geoecologia, e então, definiu-se a paisagem sustentável a partir da abordagem geoecológica e os instrumentos para seu projeto.

Palavras chave: desenvolvimento sustentável, geografia, sistemas ambientais, sustentabilidade

INTRODUCCIÓN

La concepción sobre el Desarrollo Sostenible es una idea formulada por la Organización de las Naciones Unidas, erigida con fuerza y asumida, prácticamente, por todos los países que la integran. Está encaminada a trazar un derrotero que permita articular el crecimiento económico, la equidad social y la optimización y mejoramiento del estado del ambiente. Debido a ello, la comunidad científica está en la obligación de formular los fundamentos teórico-metodológicos que conlleven a establecer derroteros prácticos que permitan de manera fehaciente incorporar la sostenibilidad a los procesos de desarrollo.

El objetivo de este artículo es presentar los elementos básicos de la teoría sobre el *paisaje sostenible* desde la Geoecología, con un enfoque científico y cualitativo, basado en las experiencias de los autores en su formulación y aplicación en algunos países de América Latina. Para ello, se realizó un análisis de la concepción del desarrollo sostenible, el rol de la Geografía en la sostenibilidad y la interpretación de la categoría del paisaje que utiliza la Geoecología y a continuación se definió al paisaje sostenible y los instrumentos para su diseño.

En la Geografía ruso-soviética el tema de la sostenibilidad se comenzó a tratar desde el siglo XX. La noción de paisaje sostenible, como una formulación dirigida a construir una visión integral de la sostenibilidad de los sistemas espaciales y ambientales, fue expuesta principalmente en los trabajos de los geógrafos rusos A.G. Isachenko desde la década de los 80 del pasado siglo (1980, 2003, 2004, 2014) y V.A. Nikolaiev a inicios del presente (2005, 2006); quienes consideraron la forma en que, de manera consciente, deberían erigirse paisajes racional y sosteniblemente pensados.

La concepción de paisaje sostenible desarrollada desde la Geoecología se presenta como paradigma para el cumplimiento de los objetivos de desarrollo sostenible planteados por la Asamblea General de las Naciones Unidas. La teoría del paisaje sostenible constituye una herramienta eficiente que fundamenta investigaciones aplicadas desde el enfoque geoecológico para la gestión racional y optimizada de los territorios, de ahí su importancia para la sociedad.

La *geoecología del paisaje*, o simplemente *geoecología*, es una ciencia geográfica que estudia los paisajes o espacios naturales (geosistemas), natural-antrópico (geotecsistemas) y antropogénicos (geoecosistemas); a nivel global, regional y local, en calidad de medio de vida del hombre por una parte y medio de la actividad socioeconómica por otra; para establecer los principios teóricos, las normas de gestión ambiental, el desarrollo sostenible de la sociedad y la optimización de su utilización (Romanova *et al.*, 2017; Nikolaiev *et al.*, 2011; Andreiev, 2012). Esta ciencia trabaja con las categorías geográficas de espacio, territorio y paisaje. En ella, el paisaje se concibe como una categoría científica general de carácter trans-

disciplinario, definido como un sistema espacio-temporal complejo, que se origina y evoluciona en la interfase naturaleza-sociedad, donde su estructura, funcionamiento, dinámica y evolución reflejan la interacción entre los componentes naturales (abióticos y bióticos), técnico-económicos y socioculturales (Bollo, 2017).

El concepto de desarrollo. La concepción de desarrollo sostenible

Inmediatamente después de la Segunda Guerra Mundial se desarrolló poco a poco la *teoría e ideología del desarrollo*, la cual prácticamente se erigió en el propósito fundamental de todos los sistemas políticos para mejorar las condiciones de vida de las sociedades. La premisa fundamental de esta teoría era que había que priorizar el crecimiento económico de países y regiones, mediante la industrialización, la construcción de infraestructuras, y en el ámbito espacial a través de la transformación y utilización intensiva de los espacios y territorios.

Con el transcurso del tiempo, principalmente a partir de los años 70 del siglo XX, comenzaron los reclamos generalizados a esta Teoría del Desarrollo (Hwyne *et al.*, 1970; Ray, 2007; Vargas, 2008; González, 2012) y sus implicaciones prácticas. La crítica vino en primer lugar desde una perspectiva social, al corroborar que el crecimiento económico conllevaba a significativos procesos de diferenciación social, creciendo las desigualdades, la pobreza y la explotación de la mayoría de la población. También existieron reclamos desde una perspectiva ambiental, al atestiguar que el crecimiento económico infinito, consideraba al medio natural como una «externalidad», o sea como algo a ser sacrificado, a no ser incorporado en el proceso económico. Todo ello origina procesos de degradación ambiental y pérdida de recursos naturales.

Es por ello que, la Teoría Clásica del Desarrollo, como crecimiento económico, fue sustituyéndose por otras visiones, entre las que se destacaron la concepción del *desarrollo económico y social* (Newman y Thomson, 1989; Reyes, 2009), en la cual, al crecimiento económico, se agregaba la satisfacción de las necesidades básicas de los grupos sociales; *la teoría del desarrollo humano* (Rendón, 2007; Lerner *et al.*, 2015; Welzel *et al.*, 2003), centrada en garantizar las necesidades materiales, espirituales y subjetivas por parte de los seres humanos como individuos y la visión del *ecodesarrollo* (Mellos, 1988; Estenssoro, 2015), en la que se priorizaba la apropiación del medio natural por parte de los grupos sociales, para eliminar y frenar los procesos de degradación.

En torno a la construcción de una nueva teoría del desarrollo se generó un intenso debate, tanto académico, como político, encaminado a criticar las diversas concepciones. Fueron dos los frentes de disputa; quienes consideraban al desarrollo desde visiones parciales, sectoriales y fragmentarias, dejando a un lado las interrelaciones y las conexiones entre las diferentes dimensiones. También existieron reclamos de aquellos que, con la intención de

monopolizar el discurso del desarrollo, en particular por las facciones políticas de izquierda, exigían la necesidad de cambios estructurales (revolucionarios), que condujesen a procesos de reformas agrarias y nacionalizaciones en favor de las mayorías explotadas. Como salida a esas disputas, se pretendió formular una nueva concepción del desarrollo que fuera más integral científicamente, y que respondiera a las exigencias de diversos actores políticos. Todo eso condujo a la formulación por parte de la comunidad internacional, de la *teoría del desarrollo sostenible* como una nueva concepción del desarrollo.

A partir de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y el Desarrollo, celebrada en 1992 en Río de Janeiro, Brasil, se formuló la concepción del *desarrollo sostenible* (Organización de Naciones Unidas [ONU], 1992). La misma se considerada como la idea que debe enrumbar a la civilización en las etapas posteriores de evolución, en una nueva visión de progreso de la humanidad. Sus elementos sustentadores son: articular crecimiento económico, equidad social y sostenibilidad ambiental, considerando no una dimensión prevalectante, sino la conjugación de diferentes perspectivas y tener como piedra angular una visión transgeneracional, en la que se prevé que los sistemas del planeta Tierra, y sus recursos deben ser conservados (y de ser posible mejorarse) para su utilización por las generaciones futuras.

Con esa ambigua formulación se pretendía, satisfacer todas las exigencias científicas, no precisándose de una modalidad político-ideológica específica para su implementación y aplicación. Esa inusitada amplitud dio lugar a una amplísima diversidad en cuanto a la formulación de la concepción del *desarrollo sostenible* (Mateo, 2012), sobre todo en la perspectiva teórico-metodológica, la cual utiliza concepciones provenientes de las ciencias biológicas y otras ciencias naturales y exactas (Física, Química y Matemáticas), de las ciencias sociales (Historia, Politología, Economía y Sociología), y desde las ingenierías (Ambiental y Arquitectura), donde cada una de estas formulaciones, vino cargada no solo de sus categorías y conceptos, sino también de diversidad de parámetros e indicadores para la medición de la sostenibilidad y de una perspectiva político-ideológica, que dada la flexibilidad de la aplicación de la nueva concepción del desarrollo sostenible, abrió la posibilidad de que fuera interpretada e implementada por lo que se ha conocido como estilos de desarrollo diferenciados (Sunkel y Giglo, 1980).

Se han formulado al menos cuatro estilos de desarrollo desde distintas visiones político-ideológicas: la visión neoliberal (en la que el mercado se erige como el principal regulador en los procesos de gestión del desarrollo), la capitalista verde (en la que el Estado junto con el mercado dirigen los procesos de incorporación de la sostenibilidad a los procesos del desarrollo), la comunitaria, incluyendo la visión del «Buen Vivir» (en la que se prioriza la apropiación del medio y sus recursos por los grupos sociales), y la ecosocialista (en la que se prioriza

la apropiación social del medio y los recursos, teniendo al Estado como el agente principal en los procesos de desarrollo). Esa misma ambigüedad se refleja en la selección del factor rector de la sostenibilidad; ello se ha manifestado en la «filosofía» que ha sido considerada como la rectora de la aplicación y la propia esencia de la noción de sostenibilidad por las Naciones Unidas y sus diferentes agencias. Al menos se han podido establecer tres visiones del factor rector de la sostenibilidad.

La visión original, promulgada en la Conferencia de Río (ONU, 1992), consideraba a la sostenibilidad ambiental (la maximización de la explotación y uso de los potenciales de recursos, con la minimización de los procesos de degradación) como el factor primordial para alcanzar la sostenibilidad (continuidad, mejoramiento) de los procesos de desarrollo. A ello debería adecuarse la sostenibilidad económica y la social. Se pretendía pasar de un modelo de dominio de la naturaleza, prevaleciente en toda la vida de las civilizaciones humanas, a un ámbito de adaptación, de adecuación de las acciones de utilización y de formulación de las actividades económicas y sociales al potencial de la naturaleza y a las limitantes de los sistemas naturales.

La visión economicista, en la que se pretende priorizar la sostenibilidad económica, vinculada con maximizar la eficacia, la eficiencia y la efectividad en la utilización de los recursos naturales, considerando al valor de intercambio de los bienes y servicios ambientales como el *leitmotiv* de la sostenibilidad. Es esta la visión que prevaleció desde el 2002 en la Conferencia de Río + 10 (ONU, 2002), la cual pretendió erigirse como camino obligatorio a partir del siglo XXI con la implantación de la llamada «Economía Verde» (que significa colocar precio a cualquier transacción ambiental).

La visión social, contenida en la promulgación de los Objetivos del Desarrollo Sostenible en 2015, como parte de la Agenda 2030 sobre Desarrollo Sostenible (ONU, 2015), prioriza la sostenibilidad social, promulgando el fin de la pobreza, el hambre cero, y la satisfacción de las necesidades básicas de salud, educación e igualdad de género. El medio ambiente deja de percibirse de manera integral, considerándose como elementos y componentes ambientales separados (agua, saneamiento, energía, clima, vida submarina, ecosistemas terrestres), como parte del sistema socioambiental.

Toda esa diversidad de visiones, de paradigmas y de perspectivas, han conducido a que, a la hora de operacionalizar, medir y, sobre todo, de implementar acciones prácticas, las mismas se encuentran sumidas en visualizaciones fragmentarias, que a veces conducen a interpretaciones confusas y superficiales. Se ha perdido en gran parte la objetividad a la hora de definir qué sostener, cómo sostener y para qué sostener. Prevalecen las soluciones discursivas, el discurso político, las visiones excesivamente tácticas. Es por ello por lo que la producción del conocimiento, la implementación de la ciencia y la innovación pierdan su carácter integrador y aglutinador.

Más que pensar en el planeta Tierra, con sus complejas interacciones y procesos como el objeto de lo que se debe sostener, se priorizan, antes que todo, las acciones humanas y las actividades económicas y no el bienestar del planeta, sin analizar las consecuencias que sobre el mismo planeta tiene el inusitado y siempre creciente poder de los seres humanos. Por lo tanto, se requiere, desde el ámbito del quehacer científico y la gestión del conocimiento, crear fundamentos teóricos coherentes, que sustenten la aplicación práctica y la operacionalización de acciones que conduzcan a incorporar la sostenibilidad a los procesos de desarrollo.

DESARROLLO

Geografía y sostenibilidad

En Geografía, diversos enfoques y escuelas geográficas consideran que esta ciencia puede y debe jugar un rol importante en el diseño de la sostenibilidad de los territorios (Wilbanks, 1994; Toro, 2007; Casellas, 2010; Place, 2010; Panadero, 2010; Osorno-Covarrubias *et al.*, 2015; Teis y Coenen, 2015; Mighty, 2016; Qiu, 2017).

La Geografía es aquel campo disciplinario que puede desempeñar el papel de aglutinador y articulador, a la hora de construir bases teórico-metodológicas en la incorporación de la sostenibilidad a los procesos de desarrollo. Dicho campo tiene como objeto el conocimiento de la superficie del globo terráqueo, y sus partes (regiones y territorios); centra su atención en su estructura, funcionamiento y procesos que en ella ocurren; estudia y trata de comprender el papel de los seres humanos y de las actividades que ejercen en el contexto del orden natural, transformándolo y articulándolo. De igual modo posee los instrumentos, métodos, técnicas y procedimientos que permiten recolectar, procesar y elaborar la información con que se llevan a cabo los procesos de desarrollo en su complejidad.

El potencial cognitivo de la Geografía se ha desarrollado por más de dos siglos de vida como disciplina académica, lo que le permite entender los procesos de la espacialidad (producción del espacio a partir del orden natural, mediante los procesos de ocupación, asimilación y formación de infraestructuras por parte de las sociedades humanas) y territorialidad (apropiación de los espacios por la amplia gama de actores sociales y agentes económicos) (Preobrazhenskii, 1982). Como resultado de esos procesos se conforman los espacios y paisajes geográficos concretos, que constituyen la matriz, el fundamento, y el soporte en el que se llevan a cabo los procesos de desarrollo, que, en definitiva, parten de movilizar y poner en uso los recursos y servicios ambientales. Son varios los enfoques que la Geografía ha desarrollado en su comunicación con las restantes disciplinas académicas, los cuales permiten ejercer su poder integrador y aglutinador a la hora de entender la sostenibilidad.

El enfoque geoecológico explica como el espacio natural constituye el punto de partida para la formación de los espacios geográficos, de los paisajes antroponaturales y culturales. El enfoque geoeconómico-social permite entender como los seres humanos, a través de sus

actividades económicas y su vida social, transforman el espacio y construyen los procesos de desarrollo en contextos espaciales concretos. Por su parte, el enfoque geopolítico, muestra la dinámica de la apropiación de la sostenibilidad en los diferentes contextos espacio-paisajísticos de acuerdo con la diversa gama político-ideológica que forman los territorios, dando lugar a la diversidad de estilos de desarrollo. Mientras que el enfoque geoinformacional, permite la informatización de todos los datos, hechos e informaciones en la superficie del globo terráqueo, su representación en imágenes y producción cartográfica.

Como resultado de la amplia experiencia en la identificación, clasificación, caracterización y cartografía de los espacios concretos en la superficie del globo terráqueo, la Geografía, desde la Geoecología elabora la noción de paisaje sostenible como un concepto integrador, que permite articular los enfoques anteriormente mencionados.

La noción de la categoría de Paisajes

Desde mediados del siglo XIX, A. Humboldt y V. V. Dokucháiev comenzaron a formular la «Teoría sobre los Paisajes». Para ello, pretendían enarbolar el concepto del paisaje como la forma de la Tierra que expresaba las características del orden natural, constituido por la interacción dialéctica entre componentes y elementos naturales. A comienzos del siglo XX, el concepto original de paisaje natural fue ampliado, desarrollándose la noción de paisaje cultural por C. Sauer (1925), como la manera en que la naturaleza era asimilada y transformada por los seres humanos de acuerdo con su cultura.

El científico alemán C. Troll, a mediados del siglo XX propuso la creación de una disciplina de contacto entre la Biología y la Geografía, que denominó primero como Ecología del Paisaje, y posteriormente como Geoecología (Troll, 1971). La intención era, utilizando como concepto aglutinador al concepto de paisaje, buscar las interrelaciones entre los factores naturales en su visión espacial (el paisaje) con la existencia de los organismos vivos. El científico soviético V. B. Sochava, a inicios de los años 60 formuló el concepto de geosistema, interpretando el concepto original de paisaje desde una perspectiva sistémica, centrada no en un biocentro, sino en su organicidad y manifestación espacial (Sochava, 1978).

A partir de los años 90 del siglo XX ocurre una reinterpretación de la Geoecología. Según Golubev (2008), la Geoecología debía considerar la manera en que el espacio o paisaje natural se va construyendo como paisaje antroponatural en el sentido en que es ocupado, asimilado y apropiado, y se van erigiendo los paisajes, no solo en cuanto al orden natural, sino de acuerdo con los artefactos de la infraestructura y la logística incorporados por las actividades humanas. Para Romanova (2012), se hacía necesario definir la categoría de sistema geocológico de los paisajes, en la que el paisaje humanizado se interpreta como geosistema paisajístico antroponatural o cultural, que incluye la morfología del paisaje, el

paisaje visual y la percepción de los paisajes desde una perspectiva sistémica (en la que trata de entenderse la estructura, el funcionamiento, los procesos y la resiliencia).

En diversos textos publicados en español y portugués: Mateo *et al.*, 2004; Mateo, 2011; Mateo, 2013; Mateo y da Silva, 2016, se presentan los elementos fundamentales de la categoría de paisaje en la Geoecología. Estas formulaciones teóricas de la categoría paisaje, desde una interpretación sistémica, permiten considerarlo como portador de la sostenibilidad. Es este un atributo que permite identificar la capacidad del portador (en este caso el paisaje) de mantener y regenerar las condiciones ecológicas del medio; de mantener las propiedades del espacio natural reproduciendo recursos y servicios ambientales y sosteniendo el equilibrio ecológico a nivel territorial. La sostenibilidad implica analizar como a través de aportes e ingreso de flujos de energía, materia e información en el paisaje, se puede garantizar el funcionamiento del sistema. El paisaje que cumple con dichas exigencias puede considerarse como paisaje sostenible (Diakonov *et al.*, 2007).

El diseño del paisaje sostenible

En líneas generales, la noción de paisaje sostenible o diseñado de manera cultural y racional ha estado dirigido a lograr dos objetivos claves: una alta productividad económica y un óptimo medio ecológico para la vida de la población. Se supone que, para ello, debe lograrse que tanto el espacio, como el paisaje, continúen cumpliendo con sus funciones ecológicas con el mínimo posible de degradación y deterioro del propio medio.

Según Isachenko (2004), todo paisaje sostenible debe asegurar la máxima productividad de los recursos naturales renovables, en particular los recursos biológicos. Ello implica el aprovechamiento máximo posible, sin causar degradación ambiental de los potenciales naturales; garantizar la utilización efectiva de los recursos no renovables. Ello incluye los recursos productivos y los servicios ambientales, con diferente grado de renovación; mantener el funcionamiento óptimo de los geosistemas y todos sus elementos y componentes, conservando de la manera más amplia posible la estructura natural; eliminar la propagación de procesos naturales y tecnológicos dañinos, no incorporar al medio los residuos del uso de la energía, ni provocar algún tipo de contaminación; mejorar las condiciones higiénico sanitarias del medio natural, incluyendo la situación biogeoquímica y las causas del surgimiento de focos de enfermedades; asegurar las mejores condiciones naturales para la educación y el desarrollo cultural de los seres humanos y para la ejecución de investigaciones científicas. Todo ello implica crear las condiciones para establecer relaciones afectivas constructivas de la población con su entorno, sosteniendo y mejorando el patrimonio natural y cultural, conservando los paisajes simbólicos inherentes a cada lugar, logrando las mayores cualidades estético-visuales, para que el paisaje sea lo más hermoso posible.

Nikolaiev *et al.* (2012) señalan que la formación del paisaje sostenible se hace posible cuando las interrelaciones que en él existen logran la armonía total entre los componentes que lo integran, el paisaje natural, el antropo-natural y el cultural. Además, para que el paisaje sostenible pueda, de manera óptima, cumplir las funciones socio-económicas a él asignadas (reproducción de recursos, formación del medio y protección de la naturaleza y otras), es necesario el sostenimiento permanente de su potencial ecológico-productivo, el diseño de la utilización del paisaje sostenible deberá ser óptima, es decir, lograr la sostenibilidad mientras se pueda conservar el equilibrio entre la presión social sobre el medio y el restablecimiento de este. Pero el sostenimiento del funcionamiento estable del paisaje sostenible sea agrícola, urbano, industrial, recreacional u otro, no es posible sin la organización de un control permanente sobre su estado, por tanto, una parte consustancial del diseño del paisaje sostenible debe ser el monitoreo, cuyo papel principal es el aseguramiento de información permanente a los sistemas de gestión del paisaje sostenible.

Así, el paisaje sostenible es un geosistema cuyo diseño debe ser dirigido, o sea, gestionado y regulado. En los paisajes naturales la regulación de todos los procesos se lleva a cabo por mecanismos naturales, que se elaboran en el transcurso de la evolución del paisaje; mientras que en los paisajes antropo-naturales, la autorregulación se lleva a cabo mediante la gestión (dirección) antropogénica, sin ella, el paisaje sostenible no puede existir. En el caso en que se elimine o se debilite la gestión, el cuidado y la protección por parte del hombre, el paisaje se degrada, perdiendo la capacidad de cumplir las funciones socioeconómicas que le han sido encomendadas. Afirmándose que la aplicación e implementación de las cargas antropogénicas, es una condición principal de la conservación del potencial ecólogo-paisajístico, la superación de sus magnitudes umbrales siempre conduce a la degradación del paisaje.

Entre las medidas que se dirigen de manera especial a la regulación antropogénica de los paisajes se distinguen, lo que denominan la gestión suave o blanda y la gestión dura o rígida para el diseño del paisaje sostenible (Nikolaiev *et al.*, 2012). La gestión suave, se dirige a movilizar las fuerzas naturales del propio paisaje para sostener su estabilidad; se lleva a cabo por medio de la regulación a los impactos sobre la biota y las aguas naturales. Estos componentes del paisaje, de manera más fácil que otros, se someten a las transformaciones artificiales y sirven de eslabones efectivos en su gestión. La vegetación natural y cultural y los reservorios de agua son los elementos principales de la armazón ecológica de los paisajes culturales.

La regulación paisajística dura o rígida, se lleva a cabo como regla por medio de la construcción de obras técnico-ingenieriles: nodos hídricos, embalses, canales, esclusas, o de diversos tipos de objetos de defensa bajo la forma de diques, dados de defensa, reservorios y acumulaciones de agua, paredes de impermeabilización, etc. Estas últimas son capaces

de defender de procesos naturales destructivos a las ciudades, los pueblos, las carreteras, vías ferroviarias, objetos industriales y energéticos y complejos recreacionales. Sin embargo, la gestión dura o rígida precisa de un análisis concienzudo sobre su factibilidad. Las obras ingeniero-técnicas introducidas en el paisaje, como regla constituyen formaciones ajenas, ellas se destruyen y desaparecen rápidamente bajo el efecto de procesos naturales y exigen de un cuidado y protección permanente, ya que la efectividad ecológica y económica cae con el tiempo. Las transformaciones tecnogénicas del medio son capaces de provocar en los paisajes reacciones en cadena desfavorables, las cuales, por desgracia no siempre se tienen en cuenta. La gestión dura o rígida del paisaje, aunque es a veces la única posible, se asocia a grandes gastos económicos y no pocas veces trae como consecuencia efectos desfavorables. Antes de arriesgarse a utilizar esta forma de gestión es necesario movilizar todas las reservas de la regulación natural del paisaje por medio de la reestructuración suave de su estructura y funcionamiento.

Una de las propiedades características del paisaje sostenible es un medio saludable, ecológicamente favorable; no se ha diseñado un paisaje sostenible si no es adecuado para la vida normal en el mismo, sin riesgos para el ser humano. Por mucho bienestar que exista en un paisaje urbano, si su atmósfera está llena de gases del transporte y de residuos de las empresas industriales y energéticas, no es posible considerarlo como paisaje sostenible. Por muy efectiva que sea la producción de plantas de cultivos, si se acompaña de la acumulación de nitratos, herbicidas y pesticidas en los eslabones inferiores de las cadenas del agropaisaje, ese paisaje estará lejos de ser sostenible.

Para el diseño del paisaje sostenible a escala regional, se precisa de una combinación balanceada en la estructura de los paisajes de las regiones, tanto de los geosistemas, que se utilizan de manera activa en la economía, como de los paisajes que son predominantemente naturales o que están débilmente aprovechados. Una exigencia particular en el diseño es el aspecto externo del paisaje cultural, su paisajismo; el paisaje sostenible debe ser bello, un paisaje bello es aquel que es capaz de hacer crecer la riqueza moral y espiritual del hombre.

Para el tránsito al desarrollo sostenible, se hace necesario resolver dos tareas geoecológico-paisajísticas interrelacionadas: la optimización de todos los paisajes antroponaturales existentes, con el propósito de convertirlos en verdaderos paisajes sostenibles; y el cuidado riguroso y restablecimiento de los complejos naturales en estado natural o cercano al natural, lo que constituye uno de los indicadores del paisaje sostenible.

Para el diseño, proyección y construcción de un paisaje sostenible es necesario un determinado acercamiento de la estructura y funcionamiento del geosistema, con las peculiaridades del paisaje natural local; la intervención óptima es la inclusión de los objetos económicos en la estructura morfológica del paisaje natural. Es necesario, además, la adaptación de

tecnologías de utilización de la naturaleza que permitan crear producciones en el paisaje sostenible que tengan pocos residuos o que sean limpias, como las energías renovables. Lo anterior permitiría que no se sobrepasen las capacidades de carga del geosistema y que por ende se mantenga un estado de equilibrio que no conlleve a su degradación.

La existencia y el funcionamiento de cualquier sistema es posible solo cuando en su composición participan e interactúan elementos heterogéneos que se complementan. Es muy necesaria la diversificación estructural y funcional del paisaje sostenible. La simplificación de la estructura del paisaje, que frecuentemente ocurre en el proceso de su asimilación, conduce a su desestabilización. La estructura morfológica del paisaje es un fuerte factor de estabilización de los geosistemas y debe ser utilizada en la conformación del paisaje sostenible.

La estructura del paisaje sostenible incluye no solo los geosistemas productivos, sino también los de protección y conservación. El paisaje transformado se acerca más al sostenible, mientras su organización territorial y temporal es más cercana a la morfología y la dinámica del paisaje natural. La presencia de la armazón geoecológica (infraestructura ambiental) es obligatoria para el paisaje sostenible. La armazón geoecológica, es el conjunto de geosistemas naturales y artificiales que cumplen las funciones de la defensa del ambiente y se caracterizan por una gestión suave del paisaje; está prevista para sostener el funcionamiento óptimo y la estabilidad dinámica del paisaje y la creación en el mismo de un medio de hábitat favorable. El elemento frecuente de la armazón geoecológica en los paisajes agrícolas, los urbanos y otros, es la existencia de diferentes tipos de plantaciones verdes y reservorios de agua. Esta armazón del paisaje sostenible debe ser integral, representando una red total de eslabones enlazados, que son los nichos y los corredores ecológicos. En ellos se crean las condiciones favorables para el poblamiento, la multiplicación y la migración de las especies que garantizan la existencia de la biocenosis. La armazón geoecológica debe estar inscrita, de forma adecuada, en la morfología del paisaje local, para definirla, no es deseable la búsqueda de patrones, solo pueden formularse reglas generales.

El paisaje sostenible, es siempre un paisaje zonificado funcionalmente. Se considera como zonificación funcional de un espacio paisajístico, económicamente asimilado, al resultado de la asignación de determinadas funciones socioeconómicas a los geosistemas. Al paisaje sostenible se aplica la ley de la polarización funcional (Rodoman, 2002). Esta ley plantea el máximo aislamiento espacial posible de las zonas industriales, energéticas y de transporte, ecológicamente peligrosas, por una parte, y de las zonas que forman el medio, las viviendas, las recreacionales, las de salud, etc., por otra. El objetivo de la polarización es prever o debilitar el impacto contaminador de los objetos productivos en los territorios de viviendas y complejos recreacionales y de salud contiguos. El efecto de defensa de la polarización funcional crece con la separación de las zonas contradictorias representadas por medio de

la creación de las zonas buffers de la armazón geoecológica. Paralelamente, es necesario tener en cuenta que la distribución de los campos de contaminación del medio, en grado significativo, dependen de la dirección del traslado de las masas de aire, del escurrimiento superficial y subterráneo, de los procesos geomorfológicos y del traslado antropogénico de los residuos industriales y domésticos.

La estructuración del paisaje de acuerdo con las leyes de la estética es uno de los elementos básicos del diseño paisajístico. El diseño es necesario para todos los tipos de paisajes antroponaturales, incluyendo los agrícolas y los industriales. La planificación paisajística (*landscape planning*) es un instrumento fundamental en la proyección del paisaje cultural. Su esencia es garantizar científicamente la organización económico-natural óptima del espacio paisajístico sobre la base de los principios de la adaptación geoecológica. El papel director en la planificación paisajística según Diakonov (2011) lo tiene el imperativo ecológico, de acuerdo con el cual, es prioritario una alta cultura en la utilización de la tierra, en el cuidado y la observancia del paisaje, la protección del medio natural y el sostenimiento de su bienestar ecológico.

De tal manera, los requisitos básicos, las leyes y regularidades geoecológicas, constituyen los principios norteadores bajo los cuales debe llevarse a cabo el diseño del paisaje sostenible.

Instrumentos para el diseño del paisaje sostenible

El paisaje sostenible se logra diseñar utilizando mecanismos cognitivos básicos. La optimización de los geosistemas del territorio necesita de la organización de este, con un enfoque geoecológico, y de la regulación de los procesos naturales. La optimización del paisaje se logra a través de la regulación de las funciones y procesos del paisaje y el uso racional y mejoramiento del potencial del paisaje. Su objetivo fundamental es la utilización y optimización de las potencialidades y tendencias potenciales que se encuentran en la propia naturaleza.

No existe un paisaje sostenible ideal, por lo tanto, la elaboración de los tipos de medidas en el diseño de este debe basarse en las particularidades de los territorios. Es importante señalar que el paisaje sostenible continúa siendo un complejo o paisaje natural y se desarrolla de acuerdo con leyes naturales. La vía natural de la optimización de los paisajes debe ser su diferenciación en correspondencia con las situaciones reales y concretas. La base de la optimización del paisaje es la organización del territorio de acuerdo con el enfoque geoecológico. Las direcciones principales de la optimización de los geosistemas implican la conservación del régimen natural espontáneo; la utilización extensiva en combinación con medidas dirigidas a sostener el equilibrio natural de manera reglamentada y con una mínima alteración del régimen natural y la transformación con métodos activos de intervención. Todo ello implica el uso intensivo en combinación con medidas de mejoramiento para garantizar el equilibrio del paisaje.

La regulación de los procesos naturales es un eslabón esencial del proceso de optimización. Este implica, por una parte, establecer medidas que permitan la máxima y racional utilización de las potencialidades naturales y, por otra parte, la prevención y limitación de los procesos destructores y degradantes, tanto naturales (movimientos de masa, abrasión, acumulación etc.) como tecnogénicas (diferentes tipos de contaminación, por ejemplo). La regulación de los procesos naturales puede hacerse por dos vías según Solntsev (1997), la primera mediante la intervención en la composición y calidad de los componentes que forman el paisaje y la segunda mediante la intervención en la estructura y morfología del paisaje. De acuerdo con el carácter de la intervención se pueden distinguir dos modalidades: utilizar los potenciales y recursos internos, o sea el carácter del flujo de energía, materia e información, incrementando o debilitando algunos elementos de la estructura morfológica del paisaje y promover el ingreso a partir de flujos externos; o crear elementos espaciales artificiales que cambian o regulan la acción de los procesos naturales. Por ejemplo, en la agricultura se puede realizar la regulación interna de la composición de los paisajes utilizando recursos internos (agricultura de quema y tala, agricultura biodinámica, etc.), la regulación interna de la morfología del paisaje (creación de límites internos artificiales, por ejemplo en el laboreo por contornos aterrazados); o la regulación externa de la composición de los paisajes con el uso de agrotecnologías contemporáneas y la regulación externa de la morfología del paisaje como la creación de obras favorables o la reestructuración del entorno, antes de todo, de los paisajes vecinos (por medio de la creación de fajas forestales, huertas vivas, cercas de piedra, la canalización de los escurrimientos residuales, etc.).

La organización paisajística del territorio implica la elaboración del plan del paisaje, que debe estar dirigido a establecer la organización espacial. Ello se logra a través de la elaboración de la zonificación funcional y la zonificación ambiental, dirigida a establecer los regímenes de utilización del paisaje. La elaboración del proyecto de organización paisajística del territorio deberá basarse en la evaluación cualitativa y cuantitativa de los geosistemas y la elaboración del pronóstico de la dinámica y evolución de los paisajes.

La organización paisajística del territorio es la distribución científicamente fundamentada de áreas con diferentes designaciones funcionales y regímenes de utilización. El objetivo de la organización del territorio consiste en encontrar el mejor uso de cada una de las unidades del paisaje, establecer para cada tipo de uso, la unidad del paisaje que más responde de acuerdo con sus características y potenciales naturales. Para ello, además del potencial, hay que tener en cuenta la conjugación y la articulación de las unidades de acuerdo con el sistema de relaciones horizontales que forma una inmensa gama de unidades paragenéticas, paradinámicas, y de geocatenas paisajísticas. Las tareas de la organización paisajística del territorio son: la localización óptima de los tipos de uso de diferente designación, la

distribución de la forma, las relaciones y las dimensiones racionales de los tipos de uso, el establecimiento del régimen de utilización, y las medidas de mejoramiento y de protección para cada unidad de paisaje.

Las vías y formas de la organización paisajística del territorio dependen de la estructura natural del paisaje, que es el punto de partida de todo el proceso del diseño del paisaje sostenible, la demanda social, los proyectos gubernamentales y los agentes económicos (inversionistas, iniciativa privada) y sociales (comunitarios), para reordenar el espacio, incorporar valor agregado, aprovechar los potenciales y servicios ambientales existentes y de la «herencia» de la actividad llevada a cabo por varias generaciones de la población.

Identificación y medición del grado de sostenibilidad de los paisajes

Otra dirección en el análisis del paisaje y la sostenibilidad es la evaluación de la sostenibilidad de estos a nivel regional y local. Ello permitiría tener una idea del grado de sostenibilidad de las regiones y territorios en cuanto a su diferenciación espacial, o sea el grado de sostenibilidad de cada unidad espacial (paisaje) de la superficie del globo terráqueo (Mateo y Bollo, 2016). Desde luego, no es importante solo determinar cuán sostenible es cada paisaje, sino conocer cómo funcionan los mecanismos de la sostenibilidad, cuáles son los aspectos deficitarios, cuáles son los problemas, las amenazas y también desde luego las fortalezas y oportunidades. Esa información debe ser útil para establecer estrategias para construir paisajes sostenibles, organizar paisajísticamente los territorios, determinar cómo regular los procesos que degradan los paisajes y optimizar los paisajes.

En el libro *La dimensión espacial del desarrollo sostenible: una visión desde América Latina*, Mateo (2012) propone formas concretas de identificar y medir el grado de sostenibilidad de los paisajes; basándose en una conceptualización teórica de la noción de sostenibilidad, en el análisis de los diferentes procedimientos de su identificación y medición, así como en principios geográficos dialécticos. Dicho procedimiento se basa en los siguientes principios:

- La sostenibilidad de los paisajes naturales (espacios y geosistemas naturales), es la unidad de partida para el análisis de la sostenibilidad ambiental.
- Los paisajes naturales son considerados como unidades orgánicas de carácter sistémico, que de acuerdo con sus propiedades, atributos e interrelaciones dan lugar a la sustentabilidad como emergencia sistémica, que garantiza la perdurabilidad de la estructura y el funcionamiento del sistema. Se considera que los paisajes contienen un sistema de recursos y servicios que son utilizados por los seres humanos, y dan lugar a la formación de determinados espacios geográficos y paisajes culturales, los cuales contienen en sí las modificaciones y transformaciones antropogénicas de los paisajes naturales.

- El contexto territorial, permite valorar la respuesta de la sociedad, o sea, la forma en que se implementan las diferentes políticas (ambientales, económicas y sociales) mediante su manifestación en la construcción de los paisajes antropo-naturales y culturales y por consiguiente en el uso de los paisajes naturales.
- La situación sociocultural debe considerar al paisaje como una unidad que es humanizada, en la cual los seres humanos imprimen, a través de marcas, huellas y artefactos, determinados aspectos de la cultura y de las estructuras sociales.

La sostenibilidad de los paisajes se mide de acuerdo a indicadores agregados (atributos sistémicos de los paisajes), cuyos parámetros son sus soportes (estructural, funcional, procesal, evolutivo y de regulación); que de manera interrelacionada forman la sustentabilidad como emergencia sistémica y el estado ambiental de los paisajes. Dichos parámetros son la incidencia de factores degradantes que deterioran o dañan el paisaje natural, y se seleccionan de acuerdo con características regionales o locales específicas.

Los grados de sostenibilidad en el paisaje se definen de acuerdo con los siguientes criterios:

- *Sostenible*: se conserva en lo fundamental la estructura espacial y funcional original de la región. No existen problemas significativos que deterioren la región.
- *Potencialmente sostenible*: pocos cambios en la estructura funcional y espacial. Inciden algunos problemas geoecológicos con intensidad leve a moderada que no han hecho perder el potencial natural y la integridad regional.
- *Potencialmente insostenible*: cambios fuertes en la estructura espacial y funcional, aunque la región aún conserva su integridad. Existe un número relativo de problemas geoecológicos de intensidad de grado fuerte, que están conduciendo a una degradación y a una pérdida de la capacidad productiva de los geosistemas. Si la tendencia creciente de los problemas continúa, se puede llegar en mediano plazo a un nivel de criticidad geoecológica.
- *Insostenible*: pérdida parcial de la estructura espacial y funcional, e imposibilidad creciente de cumplimiento de funciones ambientales e integridad. Existe un significativo número de problemas geoecológicos de fuerte a grave intensidad. Si la tendencia creciente de los problemas continúa, se puede llegar en el mediano plazo a un nivel de irreversibilidad y pérdida generalizada de la capacidad productiva.
- *Críticamente insostenible*: pérdida y alteración generalizada de la estructura espacial y funcional e imposibilidad de cumplimiento de funciones ambientales y de la integridad por parte de la región. Existe un significativo número de problemas geoecológicos de intensidad grave. Si la tendencia creciente de los problemas continúa, se puede llegar en el mediano plazo a un nivel de irreversibilidad total y de catástrofe o colapso ambiental.

Para establecer los problemas geoecológicos de las unidades de paisaje, se debe construir un sistema de indicadores, que pueden ser primarios o secundarios, cualitativos o cuantitativos y se pueden interpretar con diferentes herramientas y metodologías (Glazovzky *et al.*, 1998; Mateo *et al.*, 2008; Šímová y Gdulová, 2012; Bollo *et al.*, 2014; Bollo y Velazco, 2018). La calidad de los indicadores de sostenibilidad construidos se establece porque los mismos se deben diseñar de acuerdo con parámetros que responden a la esencia del fenómeno mismo de la sostenibilidad, teniendo por lo tanto la capacidad de medir, analizar y expresar con fidelidad dicho atributo. Si no responden a mediciones directas, lo cual es muy difícil, ya que requiere de muchos recursos y tiempo, se debe obtener con la mayor fidelidad y confiabilidad.

De tal modo, en estrecha relación con el fundamento epistemológico y teórico, se debe realizar un esfuerzo particular en la adaptación y elaboración de los métodos y los procedimientos para la obtención de los datos, y la conversión de estos en informaciones fidedignas. Ellos deben constituir una base científica objetiva, sobre la cual sustentar el trabajo empírico, llevado a cabo en un conjunto de estudios de casos. El análisis de los resultados obtenidos, tanto a diferentes escalas o diversos contextos, tanto geográficos como geoecológicos y geopolíticos, permiten establecer las regularidades de la formación de la sostenibilidad ambiental en los paisajes de un territorio; estos resultados se deben apoyar en la teoría sobre el paisaje sostenible (Mateo, 2007).

Desde la realidad geográfica concreta es posible entender los mecanismos en que se conforma la sustentabilidad mediante las acciones humanas de diverso tipo. Tan solo con una teoría sobre el conocimiento sistematizado en elaboraciones conceptuales, sustentada en espacios concretos, es que se puede tener la base para la implementación de intervenciones y para el diseño de modelos en los territorios. Solo así se salvará la espontaneidad, el voluntarismo y la superficialidad en el tan debatido tema del desarrollo sostenible, con todas sus implicaciones políticas, ideológicas y culturales.

CONCLUSIONES

La *geoecología* considera al paisaje interpretado como geosistema, como la unidad básica para identificar, caracterizar y medir la sostenibilidad ambiental. En el caso del análisis de la sostenibilidad ambiental en los territorios intervenidos por las actividades humanas, se considera al paisaje antropogénico-cultural, visto como la morfología y la unidad que refleja la percepción y la marca cultural de los seres humanos, como elementos decisivos de la apropiación y transformación en espacio del paisaje natural y como el portador de la sostenibilidad, en condiciones de antropogenización. En este sentido se asume una concepción dialéctica, evolucionista y organicista del binomio paisaje natural-paisaje cultural.

Se asume la concepción de la sostenibilidad ambiental, como el nivel estratégico a partir del cual deben adaptarse otras categorías de sostenibilidad (económica y social) a ella articulada, desde una posición sistémica. Permite, por una parte, acrecentar el rigor científico disminuyendo la indefinición y la dispersión del concepto de sostenibilidad, y por otra, sustentar los basamentos epistemológicos y teóricos para establecer fundamentos que permitan llevar a cabo la operacionalización y parametrización del concepto.

La teoría del paisaje sostenible, desde la Geoecología, es una base conceptual fidedigna utilizada en aplicaciones prácticas concretas, tales como el diseño paisajístico, la ordenación y el ordenamiento ambiental y territorial, las evaluaciones ambientales estratégicas y la elaboración de planes de desarrollo sostenible, entre otras. Para estas aplicaciones prácticas, la concepción de paisaje sostenible puede ser el fundamento que permita aglutinar y articular las diversas visiones para llevar a cabo trabajos de incorporación de la sostenibilidad a los procesos de desarrollo. Estos resultados concretos y científicamente fundamentados pueden servir de base objetiva para el debate político y la elaboración de escenarios que se basen en diferentes interpretaciones político-ideológicas. Por lo tanto, estas dispondrían de bases objetivas y rigurosas, sobre las cuales tomar decisiones de carácter político.

Es necesario resaltar, que la teoría de paisaje sostenible planteada y su interpretación geosistémica en más de 100 años de existencia, ha logrado desarrollar todo un cuerpo de conceptos, métodos, técnicas y procedimientos necesarios para llevar a cabo las aplicaciones prácticas concretas que forman parte de la visión del paisaje sostenible. En definitiva, de lo que se trata es de incorporar de manera gradual, focal y específica, desde diferentes enfoques, la sostenibilidad ambiental a los procesos de desarrollo. De ahí que se estaría contribuyendo a construir nuevas visiones de sostenibilidad para el planeta y para toda la civilización. Es este un proyecto de cambio y remodelación civilizatoria, de una cultura adaptativa, de una nueva relación entre la sociedad y la naturaleza.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andreiev, M. D. (2012). *Геоэкология - интегративное научное направление в географии*. [Geoecología: una dirección integradora de la ciencia geográfica]. Editorial Sputnik.
- Bollo, M., Hernández, J. R. y Méndez, A. P. (2014). The state of the environment in Mexico. *Central European Journal of Geosciences*, 6(2), 219-228. <https://doi.org/10.2478/s13533-012-0172-1>
- Bollo, M. (2017). La Geografía del Paisaje y la Geoecología: Teoría y enfoques. En M. Checa-Artasu y P. Sunyer (Eds.). *El Paisaje: Reflexiones y métodos de análisis* (pp. 125-152). Ediciones del Lirio. <https://bit.ly/3IOlqcG>
- Bollo, M. y Velasco, W. E. (2018). El Estado del Medio Ambiente en Michoacán de Ocampo. México. *Cuadernos Geográficos*, 57(3), 118-139. <http://dx.doi.org/10.30827/cuadgeo.v57i3.6504>
- Casellas, A. (2010). La geografía crítica y el discurso de la sostenibilidad. Perspectivas y acciones. *Documents d'Anàlisi Geogràfica*, 56(3), 575-583. <https://doi.org/10.5565/rev/dag.832>
- Diakonov, K. N., Kasimov, N. S., Khorosev, A. V. y Kushilin, A. V. (2007). *Landscape analysis for Sustainable Development. Theory and applications for Landscape Science in Russia*. Mex Publishers.
- Diakonov, K. N. (2011). *Problemas actuales de la Planificación Paisajística*. Editorial Universidad de Moscú
- Estenssoro, F. (2015). El Ecodesarrollo como concepto precursor del desarrollo sustentable y su influencia en América Latina. *Revista UNIVERSUM*, 30(1), 81-99. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-23762015000100006>
- Glazovzky, N. F., Shestakov, A. S., Van der Walt, I. J. y Schoenfelder, G. (1998). Map on The State of the Environment – a Global Overview. *Bulletin of International Geographical Union*, 48(1), 29-34.
- Golubev, G. N. (2008). Глобальный экологический кризис и спасение человечества. В мире геоэкологии [La crisis ecológica global y la salvación de la humanidad. En El mundo de la Geoecología]. GEOS
- González, M. (2012). *Teorías del Desarrollo*. Editorial Académica Española.
- Hwyne, W., Reese, W. y Overton, F. (1970). Models of development and Theories of development. In L.R. Goulet; P. B. Baltes (Eds.). *Life-span developmental psychology: Research and Theory* (pp. 115-145). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-293850-4.50011-X>
- Isachenko, A. G. (1980). *Optimización del medio natural* (en ruso). Editorial Muiscl.
- Isachenko, A. G. (2003). *Введение в экологическую географию* [Introducción a la geografía ecológica]. Editorial Universidad San Petersburgo. <https://www.geokniga.org/bookfiles/geokniga-isachenko-eklgeogr.pdf>

- Isachenko, A. G. (2004). *Теория и методология географических наук*. [Teoría y metodología de la ciencia geográfica]. Editorial Academia. <https://bit.ly/3SFWkU3>
- Isachenko, A. G. (2014). Теория о ландшафте, ее интерпретации и методологический потенциал [La Teoría sobre el landshaft, sus interpretaciones y el potencial metodológico]. En V.K Kotliakov; M.T. Diakonov & M, I. Jaritonova (Eds.). *Горизонты ландшафтных наук. Проблемы географии* [Horizontes de la Ciencias del Paisaje. Problemas de la Geografía] (Vol 138, pp. 26-34). Casa Editorial Kodeks
- Lerner, R. M., Hershberg, R. M., Hilliard L. J. y Johnson S. K. (2015). Concepts and Theories in Human Development [Conceptos y Teorías del Desarrollo Humano]. En M. H. Bornstein y M. E. Lamb (Eds.), *Developmental science: An advanced textbook* (Ed.7, pp.3-42). Psychology Press.
- Mateo, J. M., da Silva E. V. y Cavalcanti A. P. (2004). *Geoecologia das Paisagens. Uma visão geosistémica da análise ambiental* [Geoecología de los paisajes. Una visión geosistémica del análisis ambiental]. Editorial UFC. <https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/66152>
- Mateo, J. M. (2007). *Aportes para la formulación de una teoría geográfica de la sostenibilidad ambiental*. [Tesis de Doctorado no publicada]. Universidad de La Habana
- Mateo, J. M., Bollo. M. y Valdivia, I. (2008). *Fundamentación teórica y metodológica de la investigación en sostenibilidad espacial y ambiental de la provincia de Ciudad de la Habana* (2^{da} ed.). Editorial Universitaria.
- Mateo, J. M. (2011). *Paisajes Naturales. Geografía de los Paisajes. Primera Parte*. Editorial Félix Varela.
- Mateo, J. M. (2012). *La dimensión espacial del desarrollo sostenible: una visión desde América Latina*. Editorial Universidad de La Habana – Editorial Científico Técnica.
- Mateo, J. M. (2013). *Paisajes Culturales, Geografía de los Paisajes. Segunda Parte* Editorial Universitaria Félix Varela.
- Mateo J. M. y Bollo, M. (2016). *La Región como categoría geográfica*. Editorial Morevalladolid. <https://bit.ly/3XUbtTF>
- Mateo, J. M. y da Silva, E. V. (2016). *Planejamento e Gestão Ambiental. Subsídios da Geoecologia das Paisagens e da Teoria Geosistémica* [Planificación y Gestión Ambiental. Subvenciones desde la Geoecología de los Paisajes y Teoría Geosistémica]. Ed. UFC.
- Mellos, K. (1988). Theory of Eco-development. In *Perspectives on Ecology*. (pp. 59-74). London Palgrave Macmillan. https://doi.org/10.1007/978-1-349-19598-5_4
- Mighty, M. (2016). What is sustainability? A geographer's perspective. *Journal of Sustainability Studies*, 1(1). <https://jr.una.edu/work/ns/9d1fc8c9-4f9c-4bc8-a44b-c5310e861f74>

- Newman, B. A. y Thomson, R. J. (1989). Economic growth and social development: A longitudinal analysis of causal priority. *World Development*, 17(4), 461-471. [https://doi.org/10.1016/0305-750X\(89\)90255-6](https://doi.org/10.1016/0305-750X(89)90255-6)
- Nikolaiev, V. A. (2005). *Ландшафтоведение. Эстетика и дизайн*. [Geografía del Paisaje, estética y diseño]. Editorial Aspecto. <https://bit.ly/3Z6QWM2>
- Nikolaiev, V. A. (2006). *Ландшафтная наука. Семинары и практические задания* [Ciencia del Paisaje. Seminarios y Tareas prácticas]. Ed. Universidad Estatal de Moscú.
- Nikolaiev, V. A., Avessalomova, I. A. y Chizhova V. P. (2011). *Антропогенно-природные ландшафты: городские, рекреационные парки и сады*. [Paisajes antropógeno – naturales: urbanos, recreacionales de parques y jardines]. Ed. Universidad Estatal de Moscú. <https://bit.ly/41yNWcX>
- Nikolaiev, V. A., Kazajov, L. K. y Ukraintseva, N. G. (2012). *Антропогенно-природные Ландшафты: промышленные и транспортные геотехнические системы, геоэкологические основы строительства Ландшафтов*. [Landshafts antropógeno – naturales: sistemas geotécnicos industriales y de transportes, fundamentos geoecológicos de la construcción del Landshaft]. Universidad Estatal de Moscú. <https://bit.ly/3xTUDcf>
- Organización de Naciones Unidas. (1992). *Declaración de Rio sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo*. <http://www.un.org/spanish/esa/sustdev/agenda21/riodeclaration.htm>
- Organización de Naciones Unidas. (2002). *Cumbre de Johannesburgo. Documentos*. <http://www.un.org/spanish/conferences/wssd/doconf.htm>
- Organización de Naciones Unidas. (2015). *Agenda 2030 para el desarrollo sostenible*. <https://bit.ly/2Hen33F>
- Osorno-Covarrubias, J., Couturier, S. y Ricárdez, M. (2015). Global environmental sustainability: the role of geography and its recent hybridations. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, (69), 509-513. <https://bage.age-geografia.es/ojs/index.php/bage/article/view/1914>
- Panadero, M. M. (2010). Geografía Humana y sostenibilidad. Hitos y perspectivas. En F. Cebrián; F. Pillet; C. Cañizares; A. R. Ruiz (Coord.). *Territorio, paisaje y sostenibilidad. Un mundo cambiante* (pp. 47-84). Editorial del Serbal.
- Place, S. E. (2010). La Geografía: Aportes al Desarrollo sostenible. *Revista Geográfica de América Central*, 1(44), 39-51. <https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/geografica/article/view/207>
- Preobrazhenskii, S. (1982). *Охрана ландшафта. Аннотированный словарь* [Protección de los paisajes. Diccionario comentado]. Ed. Progreso.
- Qiu, J. (2017). The role of geography in sustainable development. *National Science Review*, 4(1), 140-143. <https://doi.org/10.1093/nsr/nww082>

- Ray, D. (2007). Introduction to development theory. *Journal of Economic Theory*, 137(1), 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.jet.2007.06.001>
- Rendón, J. A. (2007). El Desarrollo Humano Sostenible: ¿un concepto para las transformaciones? *Equidad y Desarrollo*, (7), 111-129. <https://www.redalyc.org/pdf/957/95700707.pdf>
- Reyes, G. E. (2009). Teorías de desarrollo económico y social: articulación con el planteamiento de desarrollo humano. *Revista TENDENCIA*, 10(1), 117-142. <https://bit.ly/3kW4VVU>
- Rodoman, B. B. (2002). *Los límites estatales en la Comunidad de Estados Independientes y la política fronteriza*. Editorial Oikumen.
- Romanova, E. P. (2017). *Мир геоэкологии*. Геоэкологические проблемы и пути их решения. [El mundo de la Geoecología. Problemas geoecológicos y vías de su solución]. En H. H. Alekseeva y E. P. Romanova (Eds.). Editorial Universidad Estatal de Moscú.
- Romanova, E. P. (2012). *Геоэкологическое состояние природно-антропогенных систем европы*. [Estado geoecológico de los sistemas antropo- naturales de Europa]. *Serie Geografía 5 Revista de la Universidad Estatal de Moscú*, (2), 19-25.
- Sauer, C. (1925). *The morphology of landscape*. Ed. Publications. <https://bit.ly/3IAG6a9>
- Šímová, P. y Gdulová, K. (2012). Landscape indices behavior: A review of scale effects. *Applied Geography*, (34), 385-394. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2012.01.003>
- Sochava, V. B. (1978). *Введение в теорию геосистем* [Introducción a la teoría de los geosistemas]. Ed. Nauka. <https://bit.ly/3mcaUGQ> -
- Solntsev, V. N. (1997). Полиструктурная концепция агроландшафта [Concepción poli estructural del agro paisaje]. En A. N. Guenadiev y E. V. Milanova (Eds.). *Изменения в природной среде. Глобальные и региональные аспекты* [Cambios del medio natural. Aspectos globales y regionales] (pp. 178-186). Editorial de la Universidad Estatal de Moscú. <https://istina.msu.ru/workers/485327/>
- Sunkel, O. y Giglo, N. (Ed.) (1980). *Estilos de desarrollo y medio ambiente en la América Latina*. Ed. Fondo de Cultura Económica. Serie Lecturas No. 36. <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/40625>
- Teis, H. y Coenen, L. (2015). The Geography of Sustainability Transitions: Review, Synthesis and Reflections on an Emergent Research Field. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 17, (92-109). <https://doi.org/10.1016/j.eist.2015.07.004> -
- Toro, F. J. (2007). El Desarrollo sostenible: un concepto de interés para la Geografía. *Cuadernos Geográficos*, 1(40), 149-181. <https://revistaseug.ugr.es/index.php/cuadgeo/article/view/1168>

- Troll, C. (1971). Landscape ecology (Geoecology) and Biogeocenology- a terminological study. *Geoforum*, 2(4) (43-46). [https://doi.org/10.1016/0016-7185\(71\)90029-7](https://doi.org/10.1016/0016-7185(71)90029-7)
- Vargas, J. G. (2008). Análisis crítico de las teorías del desarrollo económico. *Economía, Gestión y Desarrollo*, (6), 109 – 131. <https://core.ac.uk/download/pdf/6662342.pdf>
- Welzel, C., Inglehart, R. y Klingemann, H. D. (2003). The theory of human development: A cross-cultural analysis. *European Journal of Political Research*, 42(3), 341–379. <https://doi.org/10.1111/1475-6765.00086>
- Wilbanks, T. J. (1994). Sustainable Development in Geographic Perspective. *Annals of the Association of American Geographers*, 84(4), 541–556. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8306.1994.tb01876.x>



La creación de un Geoparque en Haití, una oportunidad para el país

The creation of a Geopark in Haiti, an opportunity for the country

A criação de um Geoparque no Haiti, uma oportunidade para o país

Jean Fernney Piou / Fondo Verde, Perú / fernpiou@yahoo.com

Recibido: 27/12/2021

Aceptado: 28/2/2023

Publicado: 20/7/2023

RESUMEN

Hace más de tres décadas desde que la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura estableció el Programa Hombre y Biosfera (MaB por su sigla en inglés) cuyo objetivo es la protección de los recursos de la flora y la fauna, haciendo hincapié sobre el vínculo entre el hombre y la naturaleza. Desde 2001, esta organización ha establecido el sistema de Geoparques Mundiales, que busca proteger sitios de gran valor geológico e importancia internacional en el marco de un enfoque de desarrollo sostenible. En la República de Haití, su patrimonio geológico, aunque no se remonta más allá del Cretáceo, es rico y merece ser estudiado, en particular la región suroriental. Este artículo aboga por sentar las bases del primer geoparque en la reserva de La Selle; territorio haitiano con un patrimonio geológico poco conocido y en donde, desde el punto de vista de la espeleología, se han catalogado más de cuarenta cuevas. La creación de un geoparque podría contribuir al desarrollo del turismo transfronterizo entre Haití y la República Dominicana, beneficiando a sus respectivas comunidades.

Palabras clave: Caribe, cueva, espeleología, geodiversidad, patrimonio geológico, transfronterizo

ABSTRACT

It has been more than three decades since the United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization established the Man and Biosphere Program (MaB), which aims to protect flora and fauna resources, emphasizing the link between man and nature. Since 2001, this organization has established the Global Geoparks system, which aims to protect sites of great geological value and international importance within the framework of a sustainable development approach. In the Republic of Haiti, its geological heritage, although it does not date back beyond the Cretaceous, is rich and deserves to be studied and, in particular the southeastern region. This article advocates laying the foundations of the first geopark in the La Selle reserve; Haitian territory with a little-known geological heritage and where, from the point of view of speleology, more than forty caves have been catalogued. The creation of a geopark could contribute to the development of cross-border tourism between Haiti and the Dominican Republic, benefiting their respective communities.

Keywords: Caribbean, cave, cross-border, geodiversity, geological heritage, speleology

RESUMO

Já se passaram mais de três décadas desde que a Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura estabeleceram o Programa Homem e Biosfera (MaB), cujo objetivo é proteger os recursos da flora e da fauna, enfatizando o vínculo entre o homem e a natureza. Desde 2001, essa organização estabeleceu o sistema de Geoparques Globais, que visa proteger locais de grande valor geológico e importância internacional dentro da estrutura de uma abordagem de desenvolvimento sustentável. Na República do Haiti, seu patrimônio geológico, embora não ultrapasse o Cretáceo, é rico e merece ser estudado, principalmente na região sudeste. Este artigo defende o estabelecimento das bases para o primeiro geoparque na reserva de La Selle. Território haitiano com um patrimônio geológico pouco conhecido e onde, do ponto de vista da espeleologia, foram catalogadas mais de quarenta cavernas. A criação de um geoparque poderia contribuir para o desenvolvimento do turismo transfronteiriço entre o Haiti e a República Dominicana, beneficiando suas respectivas comunidades.

Palavras chave: Caribe, caverna, espeleologia, geodiversidade, patrimônio geológico, transfronteiriça

INTRODUCCIÓN

En 1971 la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura creó un programa llamado MaB (sigla en inglés de Man and Biosphere), para que los investigadores puedan compartir información sobre diferentes áreas de la ciencia y ayudar a gestionar los recursos naturales y culturales. La red mundial de reservas de la biosfera totaliza 738 sitios en 133 países; de ellas, 22 son transfronterizas. La Reserva de la Biosfera La Selle en Haití ocupa áreas de 12 municipios en dos departamentos del país, al oeste y sureste (CNHCU, 2012). Dicho sitio se encuentra conectado con la Reserva de la Biosfera Jaragua-Bahoruco-Enriquillo de la República Dominicana. Para contribuir a la protección del ambiente y el fortalecimiento de los intercambios y la transferencia de conocimientos entre las islas del Caribe, en 2014 se tomó la iniciativa de crear el Corredor Biológico del Caribe, que reúne a Cuba, Jamaica, Haití, República Dominicana y Puerto Rico (Corredor Biológico del Caribe, 2021). Una de las principales funciones de este corredor es facilitar la conectividad de los ecosistemas y la reconstrucción del paisaje (Santana, 2021).

La República de Haití posee una rica biodiversidad y es considerada como uno de los *hot spot* en la región del Caribe (Ministère de l'Environnement, 2020). Durante la última década del siglo pasado fue creado el Ministerio del Ambiente, y a partir de ese momento, con la asistencia de organizaciones internacionales especializadas, nuevas áreas protegidas, tanto terrestres como marinas fueron establecidas. Desde entonces, la información del público sobre la importancia de los recursos naturales, especialmente la flora y la fauna, ha mejorado. La red de escuelas asociadas a la UNESCO, a través de la Comisión Nacional Haitiana, ha participado activamente en la educación de los jóvenes en cuestiones ambientales. La misión de los parques y áreas protegidas está orientada a la protección de la biodiversidad, pero no se incluye el estudio de los elementos abióticos como las formaciones geológicas. El patrimonio geológico mundial ha sido objeto de interés por parte de países como China y algunos países europeos, quienes han establecido los primeros parques geológicos o geoparques con el objetivo de preservar el patrimonio geológico de valor internacional y promover un desarrollo sostenible que beneficie a las comunidades locales.

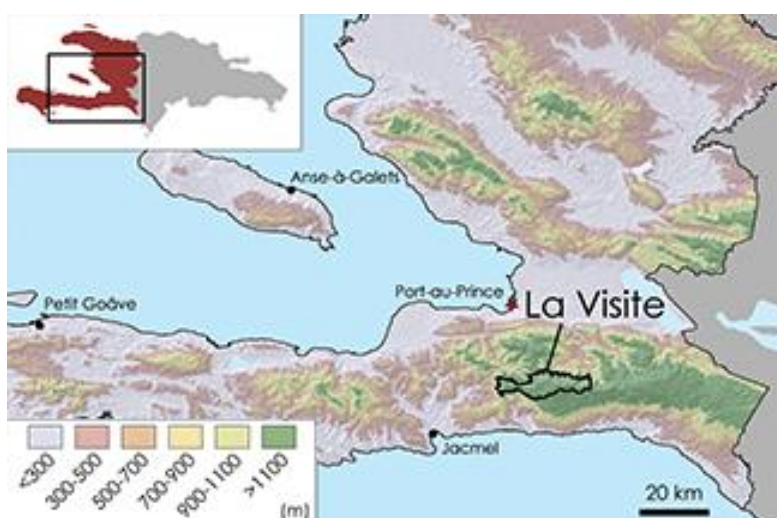
El presente ensayo propone considerar, por un lado, la creación de un geoparque en la región del Parque Nacional La Visite y, por otro, analizar cómo los conceptos asociados al programa Geoparque podrían contribuir al enriquecimiento de conocimientos sobre los recursos tanto bióticos como abióticos y mejorar las condiciones de vida de las comunidades que viven en los municipios involucrados.

DESARROLLO

A partir del convenio de la UNESCO de 1972, sobre protección del patrimonio mundial, natural y cultural; se establecieron en Haití los primeros elementos de un futuro sistema de parques y áreas protegidas. Actualmente, el Sistema Nacional de Áreas Protegidas cuenta con 29 sitios que cubren una superficie total de 1649 km², equivalente a 5.9% de la superficie del territorio nacional. Sin embargo, dicha agencia no cuenta con los recursos financieros necesarios para llevar a cabo su labor de forma adecuada. Así, la situación de degradación acelerada del medio ambiente en Haití continúa y la superficie de los bosques nativos ha pasado del 4.4% en 1988 a 0.32% en el año 2016 (Hedges *et al.*, 2018).

Durante las últimas décadas, organizaciones de la sociedad civil han emprendido iniciativas como la creación del Jardín Botánico des Cayes y la Reserva Ecológica Wynne Farm. Esta última sirve de refugio para aves y está situada dentro el territorio de la Reserva de la Biosfera La Selle, que incluye el Parque Nacional La Visite (figura 1).

Figura 1. Localización del Parque Nacional La Visite.



Fuente: *Haiti National Trust (2022).*

Paralelamente a los esfuerzos nacionales por mejorar la situación de los espacios naturales, se ha desarrollado un espíritu de colaboración entre los países a nivel regional para concienciar a las comunidades sobre la importancia de los ecosistemas y la necesidad de salvaguardarlos. La creación de la Reserva de Biosfera Transfronteriza La Selle (Haití)- Jaragua-Bahoruco-Enriquillo (República Dominicana) se inscribe en esta dinámica. Con el corredor biológico del Caribe el papel de la reserva transfronteriza se refuerza porque una de las principales funciones de dicho corredor es garantizar la continuidad de los ecosistemas terrestres y marinos, promoviendo al mismo tiempo la protección de los recursos naturales.

En el plano geológico, los trabajos realizados por los científicos permitieron establecer la importancia internacional de este patrimonio, cumpliendo así uno de los requisitos del Criterio 3 de las Directrices Operativas de la UNESCO para los Geoparques Mundiales (UNESCO, 2015).

Los geoparques

Fue en Europa, en la década de los 90, cuando surgió el concepto de geoparque y posteriormente, en junio de 2000, se creó la Red Europea de Geoparques. Algunos años más tarde, a finales de 2015, se creó la etiqueta de Geoparque Mundial de la UNESCO, como parte de su sistema de patrimonialización (Du y Girault, 2019).

Un geoparque es, ante todo, un espacio natural al que se le puede conceder el estatus de protegido sin que esto sea una obligación. Sin embargo, el estatus de geoparque concedido a un territorio le confiere una cierta protección desde el punto de vista de la conservación (Urquí y Cortés, 2010). Por su parte Du y Girault (2018) consideran el concepto de geoparque como una construcción dinámica continua. En América Latina y Caribe existen seis geoparques que son: Imbabura en Ecuador, Comarca Minera y Mixteca Alta en México, Río Coco en Nicaragua, Colca y Volcanes de Andagua en Perú y finalmente Grutas del Palacio en Uruguay. Hoy en día, el sistema de geoparques al nivel mundial incluye 195 elementos repartidos en 48 países (UNESCO, 2023).

La apropiación del concepto de geoparque por parte de la población local garantiza la protección de los recursos naturales de estos sitios. El caso del Geoparque del Río Coco, en Nicaragua, es notable en este sentido. En este caso, además de sus formaciones geomorfológicas extraordinarias, está localizado en un entorno donde vive una población indígena; lo que da al área una importancia que va más allá del patrimonio abiótico presente en el sitio (Sánchez-Cortez y Simbaña-Tasiguano, 2018). Es así que, al carácter educativo del sitio en el campo de la geología, se añade la cultura indígena local (Pásková y Hradecký, 2018). Con estos recursos es posible experimentar la relación de sinergia que existe entre la naturaleza y los pueblos indígenas presentes en el territorio del geoparque (Rivera *et al.*, 2019).

En Haití, la experiencia de participación de las comunidades locales en proyectos de protección del ambiente es bien conocida, tanto en la creación del corredor biológico, como en la del Parque de La Visite, que comparten áreas con el geoparque propuesto. La Fondation Education Développement ha trabajado recientemente con las comunidades del sureste y con Unité de Recherches en Géoscience de la Universidad del Estado de Haití, para fomentar la investigación sobre el patrimonio cultural y natural de la zona propuesta para el geoparque, con vista a protegerlo y promocionarlo a través del turismo, y mejorar así las condiciones socioeconómicas de la población que vive en su área de influencia.

El geoparque propuesto

Butterlin (1960) informa de que la historia geológica de Haití solo puede seguirse con suficiente precisión a partir del *Cretácico*. En el sur de la península el desarrollo de series calcáreas de grano fino se vio favorecido durante el *Maestrichtiense*. Desde el punto de vista geológico, el macizo de La Selle está formado por rocas detríticas, calizas cristalinas y basaltos. En cuanto a su red hidrográfica, no está muy desarrollada y sus principales ríos nacen en las zonas basálticas, existiendo cascadas y saltos de agua. Debido a la formación geológica de esta región, las misiones espeleológicas descubrieron la cueva Marie-Louise Boumba con sus 262 m de profundidad, la más profunda conocida en Haití, así como la fosa de Séjourné, cuyo pozo de entrada tiene 127 metros de profundidad (Testa *et al.* 2013). En la región de La Vallée de Jacmel, Cayes Acmel, Marigot, Belle-Anse se han explorado un total de 47 cuevas, lo que demuestra la importancia de esta región en términos de espeleología.

La creación del Geoparque de La Selle ayudaría a considerar los elementos abióticos de la reserva y contribuir a la educación de la comunidad. A través de la valorización de este patrimonio se puede desarrollar un turismo de bajo impacto ambiental (Camargo *et al.*, 2021). Para alcanzar tal objetivo, el programa de formación en geociencias que ofrece Universidad del Estado de Haití (2016) a través de su *École supérieure de géographie et de géologie*, resulta ser de primer orden en tal planteamiento, dado que la historia geológica del territorio haitiano no se ha divulgado lo suficiente (figura 2).

Figura 2. Rocas del altiplano de Seguin, Haití.



Fuente: *Haiti climat* (2021).

Para crear el Geoparque de La Selle, la Universidad del Estado de Haití, organizaciones de la sociedad civil como la Fondation Education Développement, entidad que trabaja con organizaciones establecidas en la región y la Fondation Seguin, entre otras; llevan más de 15 años trabajando en el Parque Nacional de La Visite para sensibilizar a la comunidad local sobre la importancia de la protección de los recursos naturales y orientando a los agricultores en técnicas de producción de bajo impacto ambiental. Estas organizaciones podrán iniciar las gestiones necesarias y movilizar a las autoridades estatales con el fin de obtener el apoyo necesario para la creación del Geoparque de La Selle.

CONCLUSIONES

A cincuenta años del lanzamiento del programa MaB, las condiciones ambientales a nivel mundial no han mejorado; la situación en Haití no ha mejorado. Sin embargo, la instauración de redes de parques y áreas protegidas, especialmente la Reserva de la Biosfera La Selle en Haití, favorece la toma de conciencia de la población sobre la necesidad de proteger la naturaleza. Siguiendo esta dinámica, la creación del Jardín Botánico Nacional Haitiano (2022), en su papel de protección de los ecosistemas y otras estructuras de la sociedad civil como la Reserva Ecológica Wynne Farm o el Jardín Botánico des Cayes, representan un avance importante para la educación de los ciudadanos sobre la naturaleza. Un conocimiento más profundo, basado en estudios e investigaciones científicas sobre el patrimonio geológico presente en el departamento del sureste, donde se encuentra el pico La Selle, el más alto de la República de Haití y el segundo del Caribe, después del Pico Duarte en la República Dominicana, contribuirá a la valorización de toda la región y permitirá así al país unirse a la red de geoparques mundiales. Con la creación del geoparque, las poblaciones de la zona fronteriza de ambos países serán los primeros beneficiarios directos de su existencia a través el desarrollo del turismo sustentable transfronterizo, respetando al mismo tiempo los valores culturales locales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Butterlin, J. (1960). Caractères géographiques et géologiques généraux de la république d'Haïti. En J. Butterlin, *Géologie générale et régionale de la république d'Haïti*. Éditions de l'IHEAL. <https://acortar.link/JTODxR>
- Camargo, I. A., Pinargote, L. M., Brucil Almeida, J. G., y Vázquez-Taset, Y. M. (2021). *Estudio comparativo entre los Geoparques de Latinoamérica y los Sitios de Interés Geológico: una mirada desde el geoturismo*. *Revista Internacional de Turismo, Empresa y Territorio*, 5(1), 31-56. <https://doi.org/10.21071/riturem.v5i1.13251>

- Comisión Nacional Haitiana de Cooperación. (2012). *La réserve de biosphère La Selle Atouts et Défis*. Commission Nationale de Coopération avec l'UNESCO. <https://acortar.link/Q5iyiu>
- Corredor Biológico del Caribe. (2021) *Nouvelle démarcation du Corridor Biologique dans la Caraïbe (Document de synthèse)*. <https://acortar.link/KTQH2Z>
- Du, Y. y Girault, Y. (2018). A genealogy of UNESCO Global Geopark: Emergence and Evolution. *International Journal of Geoheritage and Parks*, 6(2), 1-17. <https://acortar.link/qHt8hO>
- Du, Y. y Girault, Y. (2019). Pratiques géotouristiques et interprétation de la nature dans les géoparc chinois : entre tensions et hybridation des cultures. *Éducation relative à l'environnement*, 15(1), 3393. <https://doi.org/10.4000/ere.3393>
- Haiti Climat. (2021). *Parc National La Visite*. <https://acortar.link/dXJ5Z4>
- Haiti National Trust. (2022). *La Visite. Topographic Maps*. <https://www.haititrust.org/la-visite>
- Hedges, B. Warren, B., Timyand, J. and Zhiqiang, Y. (2018). Haiti's biodiversity threatened by nearly complete loss of primary forest. *PNAS*, 115(46), 11850-11855. <https://doi.org/10.1073/pnas.1809753115>
- Jardin Botanique National Haïtien. (2022). *Plan d'aménagement sommaire*. <https://acortar.link/MGU7rW>
- Ministère de l'Environnement. (2020). *Haïti biodiversité 2030 Stratégie nationale et plan d'actions pour la biodiversité biologique (Révisé-2030)*. <https://acortar.link/xtdp3i>
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. (2023). UNESCO Global Geoparks. *International Geoscience and Geoparks Programme*. <https://acortar.link/ALCisx>
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. (2015). *Estatutos del Programa Internacional de Ciencias de la Tierra y Geoparques*. <https://acortar.link/ZnDiUV>
- Pásková, M., Hradecký, P. (2018). Río Coco (Nicaragua), Propuesta de Geoparque. *Revista de Temas Nicaragüenses*. (119), 309-321. <https://acortar.link/xtdp3i>
- Rivera, A. L., Salazar, Y. P., Pérez, J. J. (2019). *Participación de las comunidades indígenas en la región del Geoparque Rio Coco Somoto, municipio de Totogalpa, Madriz* [Tesis de grado, Universidad Autónoma de Nicaragua]. Repositorio. <https://acortar.link/dA4TPD>

- Sánchez-Cortez, J. y Simbaña-Tasiguano, M. (2018). Los geoparques y su implantación en América Latina. *Estudios Geográficos*, 79(285), 445-467. <https://doi.org/10.3989/estgeogr.201817>
- Santana, A. (24 de noviembre de 2021). Corredor Biológico en el Caribe. *EcuRed*. <https://acortar.link/Hsp16i>
- Testa, O., Devillers, C., Fabriol, J. F. y Jagou, S. (2013). Grottes et gouffres du Sud-Est d'Haïti. *Aventures spéléologiques*. <https://acortar.link/IENLI4>
- Université d'État d'Haïti. (2016). Brochure Unité de Recherches en Géoscience, Faculté des Sciences. http://www.urgeo.net/PDF/brochure_URGeo.pdf
- Urquí, L. C. y Cortés, A. G. (2010). *Geoparques, significado y funcionamiento*. Instituto Geológico y Minero de España. <https://www.igme.es/patrimonio/Geoparques-IGME2014-1.pdf>



Inventario de Melolonthidae nocturnos (Insecta: Coleoptera), en bosque de pino-encino, Tapalpa, Jalisco, México

Inventory of nocturnal Melolonthidae (Insecta: Coleoptera), in pine-oak forest, Tapalpa, Jalisco, Mexico

Inventário de Melolonthidae noturnos (Insecta: Coleoptera), na floresta de carvalhos, Tapalpa, Jalisco, México

Edith García-Real / Universidad de Guadalajara, México / edith.greal@academicos.udg.mx

Abel Olvera-Pineda / Universidad de Guadalajara, México / aolverap@hotmail.com

Luis Eugenio Rivera-Cervantes / Universidad de Guadalajara, México / eugenio.rivera@academicos.udg.mx

Recibido: 16/11/2022

Aceptado: 16/12/2022

Publicado: 2/7/2023

RESUMEN

El inventario sobre Melolonthidae nocturnos se realizó en un bosque de pino-encino de la Sierra de Tapalpa, Jalisco, México, durante un año (mayo de 1998 hasta abril de 1999), utilizando una trampa de luz fluorescente para poder determinar su composición, fluctuación estacional e identificar posibles especies de importancia agrícola y forestal. Los resultados muestran que los Melolonthidae están representados por tres subfamilias: Melolonthinae, Rutelinae y Dynastinae, que incluyen 14 géneros y 37 especies. La abundancia total fue de 452 individuos, presentando su mayor pico en el mes de junio con 264 individuos. El mes de julio presentó la mayor riqueza con 31 especies. El género *Phyllophaga* presentó la mayor riqueza con un total de 14 especies, seguido por *Diplotaxis* con seis especies. *Phyllophaga vetula* fue la más abundante con un total 70 individuos capturados, quedando en segundo lugar *Phyllophaga isabellae*, con un total de 54 individuos y donde nueve de las 34 especies presentes son endémicas, ocho tienen importancia agrícola y siete son de importancia forestal. Los Melolonthidae mostraron una marcada estacionalidad, ya que solo se encontraron durante los meses de mayo a agosto. Se identificó una nueva especie para la ciencia del género *Phyllophaga*.

Palabras clave: abundancia de especies, Dynastinae, fluctuación, importancia forestal, Melolonthinae, Rutelinae, riqueza de especies, Sierra de Tapalpa

ABSTRACT

The inventory of nocturnal Melolonthidae was carried out in a pine-oak forest in the Sierra de Tapalpa, Jalisco, Mexico, for one year (May 1998 to April 1999), using a fluorescent light trap to determine its composition, fluctuation seasonality and identify possible species of agricultural and forestry importance. The results show that the Melolonthidae are represented by three subfamilies: Melolonthinae, Rutelinae and Dynastinae, which include 14 genera and 37 species. The total abundance was 452 individuals, presenting its highest peak in the month of June with 264 individuals. The month of July presented the greatest richness with 31 species. The genus *Phyllophaga* presented the highest richness with a total of 14 species, followed by *Diplotaxis* with six species. *Phyllophaga vetula* was the most abundant with a total of 70 individuals captured, *Phyllophaga isabellae* being in second place, with a total of 54 individuals and where nine of the 34 species presents are endemic, eight are of agricultural importance and seven are of forestry importance. The Melolonthidae showed a marked seasonality since they were only found during the months of May to August. A new species to science of the genus *Phyllophaga* was identified.

Keywords: Dynastinae, fluctuation, forest importance, Melolonthinae, Rutelinae, Sierra de Tapalpa, species richness, species abundance

RESUMO

O inventário de Melolonthidae noturno foi realizado em uma floresta de pinheiros na Sierra de Tapalpa, Jalisco, México, durante um ano (maio de 1998 a abril de 1999), usando uma armadilha de luz fluorescente para determinar sua composição, sazonalidade de flutuação e identificar possíveis espécies de importância agrícola e florestal. Os resultados mostram que os Melolonthidae são representados por três subfamílias: Melolonthinae, Rutelinae e Dynastinae, que incluem 14 gêneros e 37 espécies. A abundância total foi de 452 indivíduos, apresentando seu maior pico no mês de junho com 264 indivíduos. O mês de julho apresentou a maior riqueza com 31 espécies. O gênero *Phyllophaga* apresentou a maior riqueza com um total de 14 espécies, seguido por *Diplotaxis* com seis espécies. *Phyllophaga vetula* foi a mais abundante com um total de 70 indivíduos capturados, ficando *Phyllophaga isabellae* em segundo lugar, com um total de 54 indivíduos e onde nove das 34 espécies presentes são endêmicas, oito são de importância agrícola e sete são de importância florestal. Os Melolonthidae apresentaram uma sazonalidade marcante, pois só foram encontrados durante os meses de maio a agosto. Uma nova espécie para a ciência do gênero *Phyllophaga* foi identificada.

Palavras chave: abundância de espécies, Dynastinae, flutuação, importância florestal, Melolonthinae, Rutelinae, riqueza de espécies, Sierra de Tapalpa

INTRODUCCIÓN

Un inventario es considerado, en la mayoría de los casos, como la única forma de aproximarse a la cuantificación y reconocimiento de la biodiversidad. Permite identificar sitios de elevada riqueza para el análisis de patrones biogeográficos, generar modelos de nicho ecológico y profundizar en el conocimiento del rango de distribución de especies; lo cual constituye la base para evaluar el estado de amenaza de la biota (Cruz *et al.*, 2017). Además, es un elemento fundamental para el desarrollo de planes de conservación y uso sustentable de los recursos naturales; de tal forma que conocer, cuantificar y analizar la biodiversidad resulta fundamental para entender el mundo natural y los cambios inducidos por la actividad humana, ocasionando esto un impacto social.

Los melolóntidos pertenecen a la familia Melolonthidae, superfamilia Scarabaeoidea, suborden Polyphaga, orden Coleoptera de la clase Insecta. Se encuentran dentro del grupo llamado coleópteros Lamellicornia ya que en su forma adulta tienen el escapo antenal mucho más corto que el flagelo, formado por entre tres y siete artejos alargados y aplanados, la cabeza es proporcionalmente pequeña, mientras que el cuerpo tiene forma ovalada y robusta y los tres pares de patas tienen cinco artejos tarsales (Morón, 2017 y Cuete *et al.*, 2018)

Los Melolonthidae pertenecen a los insectos que en estado adulto se conocen como mayates, ronrones, escarabajo rinoceronte, frailecillo, temoles y en estado larvario se conocen como «gallina ciega». En México se les encuentra prácticamente en todos los tipos de vegetación natural y modificada. Son reconocidos como una de las principales plagas por el impacto económico que ocasionan en cultivos agrícolas como el maíz, sorgo, frijol, caña de azúcar, entre otros. Dentro del grupo de los insectos Melolonthidae, es importante señalar que también existen algunas especies que viven en los bosques y se alimentan las raíces de las plantas forestales, insectos que abundan tanto en bosques naturales como en cultivo agrícolas; sin embargo, muchas de estas especies son más abundantes y perjudiciales en estos últimos o bosques con manejo silvícola que en los bosques naturales, ocasionando de esta forma un impacto social (Morón, 2017).

La Sierra de Tapalpa está formada por varios tipos de vegetación natural donde el bosque de pino-encino destaca por su importancia ecológica y económica a nivel local, ya que, de acuerdo con la percepción de los pobladores, estos bosques han estado bajo aprovechamientos maderables hace más de 90 años, además de la extracción de resina. Sin embargo, prácticamente no se cuenta con información sobre poblaciones de insectos que describan las especies que habitan en los bosques de la región.

Tomando en cuenta que se desconoce en gran medida la biodiversidad del área y que los listados de especies de fauna silvestre que existen se limitan a vertebrados con importancia económica, alimenticia o medicinal se plantearon las siguientes preguntas: ¿Cuál es la composición, abundancia, riqueza y fluctuación estacional de las especies de Melolonthidae presente en un bosque de pino-encino presente en esta región? ¿Qué especies presentan endemismo? y debido a la importancia forestal y agrícola que esta familia de coleópteros representa ¿Cuáles son las posibles especies de importancia forestal o agrícola? Por lo tanto, los objetivos del presente inventario fueron determinar la composición de coleópteros Melolonthidae nocturnos, presentes en un bosque de pino-encino, de la Sierra de Tapalpa, así como, conocer la fluctuación estacional e identificar posibles especies de importancia forestal y agrícola. De esta forma se contribuirá al conocimiento biológico de especies de insectos Melolonthidae, información que puede ser incorporada en el aprovechamiento forestal y en planes de manejo y agrícola de la región.

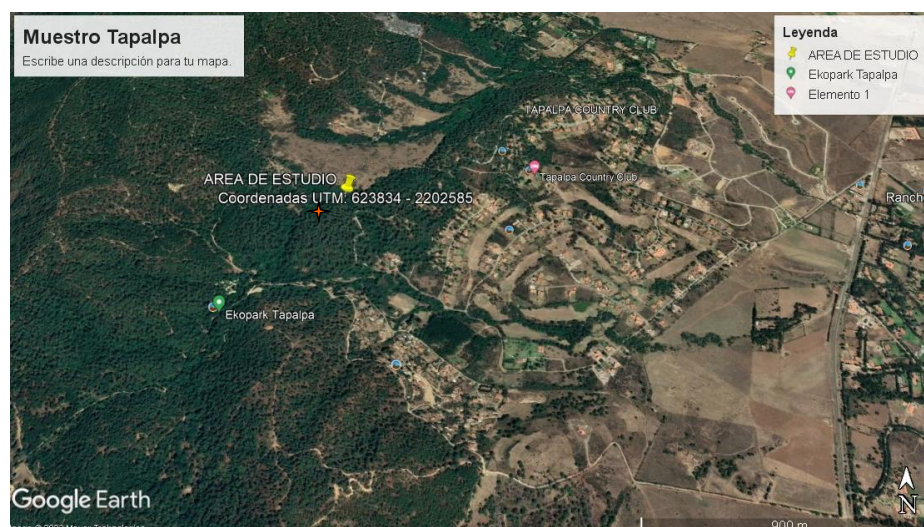
METODOLOGÍA

Descripción del área de estudio

Localización geográfica

El estudio se llevó a cabo en la Sierra de Tapalpa, Jalisco (*figura 1*). El muestreo se realizó en un solo sitio durante los meses de mayo de 1998 hasta abril de 1999, sobre las coordenadas UTM 623834 y 2202585, zona 13-Q, DATUM WGS-48, a 6.3 km de distancia en línea recta de la cabecera municipal de Tapalpa, rumbo suroeste y con vía de acceso por la carretera Tapalpa-San Gabriel.

Figura 1. Localización geográfica del área de estudio donde se llevó a cabo el inventario de Melolonthidae nocturnos en el bosque de pino-encino



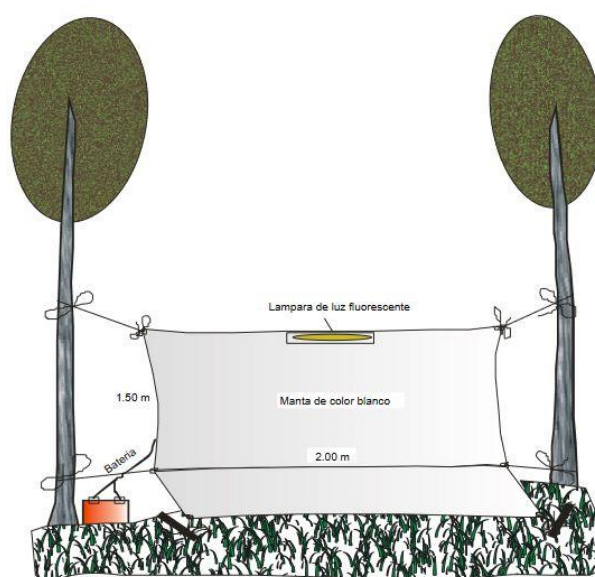
Fuente: Imagen de Google Map modificada por los autores.

De acuerdo con el Instituto de Información Estadística y Geográfica de Jalisco (2021) la mayor parte del municipio tiene un clima templado subhúmedo, con una temperatura media anual de 15.9°C; su temperatura promedio mínima es de 4.8°C y máxima de 26.6°C. La precipitación media anual es de 872 mm, mientras que la precipitación promedio acumulada es de 551.68 mm. El municipio está constituido por roca tipo basalto en su mayor parte y de tipo extrusiva ácida. Los suelos dominantes pertenecen al tipo regosol y andosol. La diversidad de ecosistemas, conforme a los usos de suelo y vegetación, indica que la cobertura de mayor dominancia es bosque de pino-encino, la cual representa el 26.9% del municipio y es catalogada con el rango alto a nivel estatal.

Materiales y técnica de muestreo

El estudio se realizó a partir del mes de mayo de 1998 hasta abril de 1999, colectando de manera sistemática insectos adultos de hábitos nocturnos, de la familia Melolonthidae, durante tres noches continuas de cada mes, considerando para esto el periodo de mayor oscuridad que coincide con la etapa de luna nueva de cada mes. Este criterio fue tomado con la finalidad de obtener mayor atracción de los insectos hacia la trampa de luz durante el periodo de muestreo, utilizando una trampa de luz fluorescente tipo pantalla (Gaviño *et al.*, 1984), la cual consta de un tubo de luz con capacidad de 12 watts, una manta de color blanco de 1.5 por 2 m, una batería de automóvil y cables conductores de energía. El tubo de luz fue colocado de manera horizontal en la parte central-superior de la manta extendida para formar la fuente de atracción y bloquear el vuelo de los insectos que se dirigen hacia la luz de la trampa (figura 2).

Figura 2. Trampa de luz fluorescente tipo pantalla utilizada durante el inventario de *Melolonthidae* nocturnos en bosque de pino-encino en la Sierra de Tapalpa, Jalisco, México.



Fuente: Elaborada por los autores.

Durante cada noche de muestreo la trampa de luz fue encendida tres horas, activando dicha trampa al oscurecer, esto se realizó independientemente de la hora, siempre y cuando ya estuviera oscuro, conectando a la batería el tubo de luz fluorescente, procedimiento que se repitió de manera íntegra, durante cada noche de muestreo y durante los 12 meses de estudio. Los insectos que fueron capturados se depositaron en frascos de vidrio debidamente etiquetados con la fecha de colecta, lugar, nombre del colector, altitud, tipo de vegetación y la hora en que fueron atrapados. Los insectos una vez capturados fueron colocados en un frasco de vidrio y sacrificados introduciendo un pedazo de papel impregnado con acetato de etilo.

En el transcurso del estudio también se llevaron a cabo colectas directas, capturando ejemplares de Melolonthidae cuyos géneros y especies solo son mencionados para completar el listado de especies de la región. Posteriormente los especímenes capturados fueron depositados en la colección entomológica del Instituto Manantlán de Ecología y Conservación de la Biodiversidad, debidamente montados y etiquetados. Actualmente se está trabajando en la renovación del registro e indexación de dicha colección.

Debido a que es un estudio descriptivo no se maneja hipótesis como tal, pero si se pretende responder a las siguientes preguntas: ¿Cuál es la composición, abundancia, riqueza y fluctuación estacional de las especies de Melolonthidae presente en un bosque de pino-encino de esta región? ¿Qué especies presentan endemismo? ¿Cuáles son las posibles especies de importancia forestal y agrícola?

RESULTADOS

Generalidades

El inventario realizado en el bosque de pino-encino de la Sierra de Tapalpa mostró que los melolóntidos están representados por tres subfamilias que incluyen 14 géneros y 37 especies. Cabe señalar que tres géneros y tres especies fueron capturados a través de colecta directa, estos son: un individuo de *Polyphylla hammondi* (LeConte, 1856), subfamilia *Melolonthinae*; uno de *Dynastes hyllus* (Chevrolat, 1843), subfamilia *Dynastinae*; y otro de *Paraheterosternus luedeckei* (Becker, 1907), subfamilia *Rutelinae*; géneros y especies que no se contemplan en el análisis descriptivo del presente estudio, pero que se agregan al listado general de especies de Melolonthidae que se registran para la región (*tabla 1*).

Tabla 1. Listado de especies presentes en el inventario de melolóntidos realizado en bosque de pino encino en la Sierra de Tapalpa, Jalisco, México.

Subfamilia Melolonthinae Leach, 1819
1. <i>Phyllophaga (Phyllophaga) dentex</i> (Bates, 1888).
2. <i>Phyllophaga</i> sp. 7.
3. <i>Phyllophaga (Phyllophaga) aff. macrophylla</i> (Bates, 1888).
4. <i>Phyllophaga cazieriana</i> Saylor 1938.
5. <i>Phyllophaga (Phytalus) obsoleta</i> Blanchard, 1850
6. <i>Phyllophaga (Phyllophaga) aff. hintonella</i> (Saylor, 1941).
7. <i>Phyllophaga (Phyllophaga) heteronycha</i> (Bates, 1888).
8. <i>Phyllophaga (Phyllophaga) isabellae</i> Morón y Rivera, 2001.
9. <i>Phyllophaga (Phyllophaga) vetula</i> Horn, 1887.
10. <i>Phyllophaga (Phytalus) aliciae</i> Morón y Rivera, 2005.
11. <i>Phyllophaga (Phyllophaga) ravida</i> (Blanchard, 1850).
12. <i>Phyllophaga</i> sp.22
13. <i>Phyllophaga chlaenobiana</i> (Saylor, 1936).
14. <i>Phyllophaga blanchardi</i> Arrow, 1933.
15. <i>Diplotaxis tarsalis</i> Schaffer, 1907.
16. <i>Diplotaxis aff. angularis</i> LeConte, 1856.
17. <i>Diplotaxis pilipennis</i> Moser, 1918.
18. <i>Diplotaxis</i> sp. 4.
19. <i>Diplotaxis consentanea</i> Bates, 1887.
20. <i>Diplotaxis</i> sp.
21. <i>Polyphylla hammondi</i> LeConte, 1856 ¹ .
Subfamilia Rutelinae Mac Leay, 1819
1. <i>Isonychus arizonensis</i> Howden, 1959
2. <i>Paranomala aff denticollis</i> Bates, 1888.
3. <i>Paranomala inconstans</i> Burmeister, 1847.
4. <i>Paranomala</i> sp. 1.
5. <i>Paranomala castaniceps</i> Bates, 1888.
6. <i>Paranomala aff sticticoptera</i> Blanchard, 1850.
7. <i>Plusiotis crassimargo</i> Rothschild y Jordan, 1894.
8. <i>Paraheterosternus luedecke</i> Becker, 1907 ¹ .
Subfamilia Dynastinae Mac Leay, 1819
1. <i>Ancognatha manca</i> LeConte, 1856.
2. <i>Golofa imperialis</i> Thomson, 1858.
3. <i>Ligyus sallaei</i> Bates, 1888.
4. <i>Orizabus clunalis</i> (LeConte, 1856).
5. <i>Strategus aloeus</i> Linnaeus, 17586.
6. <i>Xyloryctes corniger</i> Bates, 1888.
7. <i>Xyloryctes thestalus</i> Bates, 1888.
8. <i>Dynastes hyllus</i> Chevrolat, 1843 ¹ .

Nota: ¹ Colecta directa.

Fuente: Elaborada por los autores.

Riqueza y abundancia general

Se capturaron 452 individuos, pertenecientes a tres subfamilias (Melolonthinae, Dynastinae y Rutelinae), 11 géneros y 34 especies. La subfamilia Melolonthinae fue la más abundante con 349 individuos y la más rica en especies con 21, mientras que las subfamilias Dynastinae y Rutelinae presentaron siete y seis especies respectivamente. El género *Phyllophaga* presentó la mayor riqueza con un total de 14 especies, seguido por *Diplotaxis* con seis especies, mientras que *Paranomala* y *Xyloryctes* representaron cinco y dos especies respectivamente. El resto de los géneros presentaron una especie cada uno como se muestra en la *tabla 2*.

Tabla 2. Riqueza de especies por géneros de Melolonthidae nocturnos presentes en un bosque de pino-encino en la Sierra de Tapalpa, Jalisco, México.

Familia	Subfamilia	Género	No. de especies	Abundancia total
Melolonthidae	Melolonthinae	<i>Phyllophaga</i>	14	271
		<i>Diplotaxis</i>	6	67
		<i>Isonychus</i>	1	11
		<i>Xyloryctes</i>	2	6
		<i>Golofa</i>	1	31
	Dynastinae	<i>Strategus</i>	1	7
		<i>Orizabus</i>	1	5
		<i>Ancognatha</i>	1	2
		<i>Ligyris</i>	1	1
		<i>Paranomala</i>	5	48
	Rutelinae	<i>Plusiotis</i>	1	3
Total	3	11	34	452

Fuente: Elaborada por los autores.

A nivel de especie se pudo observar que *Phyllophaga vetula* fue la más abundante, con un total 70 individuos capturados, constituyendo el 15.49% de la colecta total, quedando en segundo lugar *Phyllophaga isabellae* con un total de 54 individuos, constituyendo el 11.95% de la recolecta total; mientras que ocho especies presentaron la captura de un solo individuo, representando el 0.22% cada una de ellas (*tabla 3*).

Tabla 3. Abundancia de las especies de Melolonthidae presentes en el bosque de pino-encino en la Sierra de Tapalpa, Jalisco, México.

Especies	No. de insectos	Porcentaje
1. <i>Phyllophaga vetula</i>	70	15.49%
2. <i>Phyllophaga isabellae</i>	54	11.95%
3. <i>Phyllophaga aff. macrophylla</i>	41	9.07%
4. <i>Phyllophaga dentex</i>	35	7.74%
5. <i>Golfa imperialis</i>	31	6.86%

6. <i>Diplotaxis tarsalis</i>	27	5.97%
7. <i>Paranomala aff. inconstans</i>	27	5.97%
8. <i>Diplotaxis aff. angularis</i>	24	5.31%
9. <i>Phyllophaga (Phytalus) obsoleta</i>	18	3.98%
10. <i>Paranomala aff. denticollis</i>	18	3.98%
11. <i>Phyllophaga cazieriana</i>	17	3.76%
12. <i>Phyllophaga ravida</i>	11	2.43%
13. <i>Isonychus arizonensis</i>	11	2.43%
14. <i>Diplotaxis sp. 1</i>	7	1.55%
15. <i>Strategus aloeus</i>	7	1.56%
16. <i>Phyllophaga (Phytalus) aliciae</i>	6	1.33%
17. <i>Diplotaxis consentanea</i>	6	1.33%
18. <i>Phyllophaga hintonella</i>	5	1.11%
19. <i>Orizabus clunalis</i>	5	1.11%
20. <i>Xyloryctes thestalus</i>	5	1.11%
21. <i>Phyllophaga sp. 7</i>	4	0.88%
22. <i>Phyllophaga heteronycha</i>	4	0.88%
23. <i>Phyllophaga sp.</i>	4	0.88%
24. <i>Plusiotis crassimargo</i>	3	0.66%
25. <i>Diplotaxis sp. 2</i>	2	0.44%
26. <i>Ancognatha manca</i>	2	0.44%
27. <i>Phyllophaga chlaenobiana</i>	1	0.22%
28. <i>Phyllophaga blanchardi</i>	1	0.22%
29. <i>Diplotaxis pilipennis</i>	1	0.22%
30. <i>Paranomala sp.</i>	1	0.22%
31. <i>Paranomala castaniceps</i>	1	0.22%
32. <i>Paranomala aff. sticticoptera</i>	1	0.22%
33. <i>Ligyris sallaei</i>	1	0.22%
34. <i>Xyloryctes corniger</i>	1	0.22%
Total	452	100.00

Fuente: Elaborada por los autores.

Abundancia estacional y mensual

La mayor abundancia se presentó en el mes de junio, con 264 individuos (16 de las 34 especies presentaron su mayor abundancia en este mes), seguida por el mes de julio con 136 individuos. Sin embargo, la abundancia varió a nivel de especie a través de los meses de colecta, por ejemplo *P. vetula* presentó su mayor abundancia en el mes de mayo con 33 individuos y en el caso de *G. imperialis* presentó su mayor abundancia en el mes de julio con 27 individuos. Por su parte *Paranomala aff. sticticoptera* solo fue colectada en noviembre (tabla 4).

Tabla 4. Abundancia estacional presentada por las especies de Melolonthidae en un bosque de pino-encino, en la Sierra de Tapalpa, Jalisco, México.

Género	Año 1998								Año 1999				Abundancia total	
	Meses de colecta													
	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A		
<i>Phyllophaga vetula</i>	33	31	6											70
<i>Phyllophaga isabellae</i> ²		40	14											54
<i>Phyllophaga aff. macrophylla</i> ²		26	15											41
<i>Phyllophaga dentex</i> ²		32	3											35
<i>Golofa imperialis</i>			27	4										31
<i>Diploptaxis tarsalis</i> ²		15	12											27
<i>Paranomala aff. inconstans</i> ²		25	2											27
<i>Diploptaxis aff. angularis</i> ²	9	11	4											24
<i>Phyllophaga obsoleta</i> ²		16	2											18
<i>Paranomala aff. denticollis</i> ²		17	1											18
<i>Phyllophaga cazieriana</i> ²		11	6											17
<i>Phyllophaga ravidia</i> ²		10	1											11
<i>Isonychus arizonensis</i> ²		6	5											11
<i>Strategus aloeus</i>		2	5											7
<i>Diploptaxis sp.1</i>			6	1										7
<i>Phyllophaga (Phytalus) aliciae</i>		2	4											6
<i>Diploptaxis consentanea</i> ²		5	1											6
<i>Xyloryctes thestalus</i>		2	3											5
<i>Phyllophaga hintonella</i> ²		3	2											5
<i>Orizabus clunalis</i>		1	2	2										5
<i>Phyllophaga sp. 7</i> ²		3	1											4
<i>Phyllophaga sp.</i>			3	1										4
<i>Phyllophaga heteronycha</i>		2	2											4
<i>Plusiotis crassimargo</i> ²		2	1											3
<i>Diploptaxis sp. 2</i>			2											2
<i>Ancognatha manca</i>		1	1											2
<i>Xyloryctes corniger</i>			1											1
<i>Phyllophaga blanchardi</i>			1											1
<i>Phyllophaga chlaenobiana</i>			1											1
<i>Ligyris sallaei</i>			1											1
<i>Diploptaxis pilipennis</i>			1											1
<i>Paranomala sp. 1</i> ²		1												1
<i>Paranomala castaniceps</i>				1										1
<i>Paranomala aff. sticticoptera</i>							1							1
Total	42	264	136	9			1							452

Nota: ² Especies con mayor abundancia en junio.

Fuente: Elaborada por los autores.

Fluctuación estacional

Las especies capturadas mostraron un marcado patrón estacional, encontrándose un mayor número de ellas en el mes de julio con 31 especies, seguido por el mes de junio con 22 y en el último lugar el mes de noviembre con una sola especie. Las especies *Phyllophaga vetula*, *Diplotaxis aff. angularis*, *Orizabus clunalis* presentaron una mayor actividad, ya que fueron capturados durante tres de los 12 meses de colecta. En el caso de *Phyllophaga vetula* y *Diplotaxis aff. angularis* se capturaron durante los meses de mayo a julio, mientras que *Orizabus clunalis* se capturó entre junio y agosto. De las 34 especies 22 mostraron actividad en dos meses de colecta, la mayoría de ellas en los meses de junio y julio. Únicamente *G. imperialis*, *Diplotaxis sp* y *Phyllophaga sp.* se capturaron durante los meses de julio y agosto. El resto de las especies (10) presentaron actividad en un solo mes (tabla 5).

Tabla 5. Fluctuación estacional de las especies de Melolonthidae presentes en un bosque de pino-encino en la Sierra de Tapalpa, Jalisco, México.

Especie	Año 1998								Año 1999				Total	
	Meses de colecta													
	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A		
<i>Phyllophaga vetula</i>	X	X	X											3
<i>Phyllophaga isabellae</i>		X	X											2
<i>Phyllophaga aff. macrophylla</i>		X	X											2
<i>Phyllophaga dentex</i>			X	X										2
<i>Golofa imperialis</i>		X	X											2
<i>Diplotaxis tarsalis</i>		X	X											2
<i>Paranomala aff. inconstans</i>		X	X											2
<i>Diplotaxis aff. angularis</i>	X	X	X											3
<i>Phyllophaga obsoleta</i>		X	X											2
<i>Paranomala aff. denticollis</i>		X	X											2
<i>Phyllophaga cazieriana</i>		X	X											2
<i>Phyllophaga ravidia</i>		X	X											2
<i>Isonychus arizonensis</i>		X	X											2
<i>Strategus aloeus</i>		X	X											2
<i>Diplotaxis sp. 1</i>			X	X										2
<i>Phyllophaga (Phytalus) aliciae</i>		X	X											2
<i>Diplotaxis consentanea</i>		X	X											2
<i>Xyloryctes thestalus</i>		X	X											2
<i>Phyllophaga hintonella</i>		X	X											2
<i>Orizabus clunalis</i>		X	X	X										3
<i>Phyllophaga sp. 7</i>		X	X											2
<i>Phyllophaga sp.</i>			X	X										2
<i>Phyllophaga heteronycha</i>		X	X											2
<i>Plusiotis crassimargo</i>		X	X											2

<i>Diplotaxis sp. 2</i>				X						1
<i>Ancognatha manca</i>				X						1
<i>Xyloryctes corniger</i>				X						1
<i>Phyllophaga blanchardi</i>				X						1
<i>Phyllophaga chlaenobiana</i>				X						1
<i>Ligyris sallaei</i>				X						1
<i>Diplotaxis pilipennis</i>				X						1
<i>Paranomala sp. 1</i>				X						1
<i>Paranomala castaniceps</i>								X		1
<i>Paranomala aff. sticticoptera</i>									X	1
Total	2	22	31	5					1	

Fuente: Elaborada por los autores.

Especies endémicas, de importancia agrícola y forestal

Se encontró que las especies *Paranomala castaniceps*, *Diplotaxis consentanea*, *Diplotaxis pilipennis*, *Diplotaxis tarsalis*, *Phyllophaga aff. macrophylla*, *Phyllophaga chlaenobiana*, *Phyllophaga hintonella*, *Plusiotis crassimargo* y *Xyloryctes thestalus* (nueve de las 34 capturadas) son consideradas como especies endémicas (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, 2022). Mientras que *Paranomala aff. denticollis*, *Paranomala aff. inconstans*, *Paranomala castaniceps*, *Phyllophaga (Phytalus) obsoleta*, *Phyllophaga aff. macrophylla*, *Phyllophaga cazieriana*, *Phyllophaga ravida* y *Phyllophaga vetula* se reportan con importancia agrícola (ocho de las 34 capturadas). En el caso de *Paranomala castaniceps*, *Phyllophaga (Phytalus) obsoleta*, *Phyllophaga aff. macrophylla*, *Phyllophaga cazieriana*, *Phyllophaga dentex*, *Phyllophaga ravida* y *Phyllophaga vetula* (siete de las 34 capturadas) se reportan con importancia forestal al ser defoliadores en etapa adulta de plantas presentes en el bosque incluyendo pinos. En el caso de *Paranomala castaniceps* y *Phyllophaga aff. macrophylla* además de considerarse endémicas tienen importancia agrícola y forestal (tabla 6) (Morón et al., 2014; Cibrián, 2016 y Morón, 2017).

Tabla 6. Especies de melolóntidos nocturnos reportados con algún tipo de importancia biológica presentes en un bosque de pino-encino en la Sierra de Tapalpa, Jalisco, México.

Especies	Endémicas	Agrícola	Forestal
1. <i>Ancognatha manca</i>			
2. <i>Paranomala aff. denticollis</i>		X	
3. <i>Paranomala aff. inconstans</i>		X	
4. <i>Paranomala aff. sticticoptera</i>			
5. <i>Paranomala castaniceps</i>	X	X	X
6. <i>Paranomala sp.</i>			
7. <i>Diplotaxis sp.</i>			
8. <i>Diplotaxis sp.</i>			

9.	<i>Diplotaxis aff. angularis</i>			
10.	<i>Diplotaxis consentanea</i>	X		
11.	<i>Diplotaxis pilipennis</i>	X		
12.	<i>Diplotaxis tarsalis</i>	X		
13.	<i>Golfa imperialis</i>			
14.	<i>Isonychus arizonensis</i>			
15.	<i>Ligyris sallaei</i>			
16.	<i>Orizabus clunalis</i>			
17.	<i>Phyllophaga (Phytalus) aliciae</i>			
18.	<i>Phyllophaga (Phytalus) obsoleta</i>		X	X
19.	<i>Phyllophaga aff. macrophylla</i>	X	X	X
20.	<i>Phyllophaga blanchardi</i>			
21.	<i>Phyllophaga cazieriana</i>		X	X
22.	<i>Phyllophaga chlaenobiana</i>	X		
23.	<i>Phyllophaga dentex</i>			X
24.	<i>Phyllophaga heteronycha</i>			
25.	<i>Phyllophaga hintonella</i>	X		
26.	<i>Phyllophaga isabellae</i>			
27.	<i>Phyllophaga ravida</i>		X	X
28.	<i>Phyllophaga sp.</i>			
29.	<i>Phyllophaga sp. 7</i>			
30.	<i>Phyllophaga vetula</i>		X	X
31.	<i>Plusiotis crassimargo</i>	X		
32.	<i>Strategus aloeus</i>			
33.	<i>Xyloryctes corniger</i>			
34.	<i>Xyloryctes thestalus</i>	X		
Total		9	8	7

Fuente: Elaborada por los autores.

DISCUSIÓN

En un estudio realizado por Villalobos-Moreno *et al.* (2020) sobre la estacionalidad de los escarabajos fitófagos de la familia Melolonthidae en un robleal del nororiente de los andes colombianos se encontró que los 1152 individuos colectados se agruparon en cuatro subfamilias: Melolonthinae, Rutelinae, Dynastinae y Cetoniinae, siendo Dynastinae el de mayor abundancia y riqueza con 787 individuos agrupados en 14 especies. Por el contrario, de las especies presentes en un bosque de pino-encino en Tapalpa la subfamilia Melolonthinae fue la que presentó la mayor abundancia y riqueza con 349 individuos de los 452 capturados y 21 especies de las 34 capturadas.

A nivel de género los resultados obtenidos coinciden con lo expuesto por Rivera-Cervantes y García-Real (2018) que plantean que la mayor abundancia corresponde al género *Phyllophaga* atraídos a una trampa de luz ultravioleta en el mes de junio en un estudio realizado en la Estación Científica Las Joyas, en la Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán en Jalisco.

En cuanto a la riqueza de especies en el bosque de pino-encino en la Sierra de Tapalpa se encontró que el mes de julio mostró una mayor riqueza con 31 especies, seguido por el mes de junio con 22, ocupando el último lugar mes de noviembre con una sola especie. Por su parte en un estudio realizado en Veracruz por Rivera-Gasperín y Escobar-Hernández (2020) se encontró que tanto los meses de mayo como junio presentaron la mayor riqueza con 26 especies, para posteriormente observar una disminución gradual hacia el invierno hasta alcanzar cero colectas, lo que coincide con estudio realizado en Tapalpa.

Los Melolonthidae asociados al bosque de pino en Sierra de Tapalpa presentaron un marcado patrón estacional ya que fueron capturados entre los meses de mayo a agosto que coincide con el periodo de lluvias en la región. Estos resultados son similares a los resultados obtenidos en otras localidades en Jalisco y a nivel de país donde la captura de los melolónidos ha estado restringida principalmente a la época de lluvia, independientemente del tipo de bosque, tal como, lo señalan Rivera-Cervantes y García-Real (2018), Colima-Lara *et al.* (2018) y Rivera-Gasperín y Escobar-Hernández (2020). Sin embargo, el estudio realizado por Villalobos-Moreno *et al.* (2020) en un robledal asociado al Parque Natural Regional de Santurbán para determinar la influencia de la estacionalidad y los factores biofísicos, se concluyó que la temperatura mínima, la precipitación total y la precipitación media, se correlacionan significativamente con la abundancia (86.96%), mientras que la riqueza se encuentra correlacionada con la fecha (52.97%) y temperatura mínima (43.84%).

Las especies endémicas viven exclusivamente dentro de un determinado territorio ya sea un continente, país, isla o una zona particular, por lo que encontrar nueve especies en este estatus, confieren a esta región especial relevancia para la conservación de su biodiversidad.

Considerando que este trabajo es un estudio descriptivo, no se tiene información específica o precisa sobre daños agrícolas o forestales que ocasionen las especies que aquí se encontraron. Sin embargo, y con base a lo señalado por Morón (2017) determinadas especies del complejo «gallina ciega», siendo las más comunes las especies de los géneros *Phyllophaga* y *Paranomala* (presentes en la zona de estudio), pueden considerarse como plaga agrícola o forestal, pues atacan principalmente a la planta durante su estado larval, alimentándose de las raíces de matorrales y árboles, siendo altamente destructivas en plantaciones de árboles jóvenes y bosques de coníferas.

Por su parte, en un estudio realizado sobre coleópteros lamelicornios realizado en el Estado de Sinaloa por Cuate *et al.* (2018), se señala que el género *Phyllophaga* presentó mayor número de especies (31). Estas fueron reportadas en diferentes zonas agrícolas y bosques tropicales, lo que coincide con el estudio realizado, ya que *Phyllophaga* presentó el mayor número de especies con 14 de las 34 especies colectadas y de ellas cinco son reportadas de importancia agrícola. Lo mismo señalan Bravo-Cuautle *et al.* (2019) en la investigación realizada en Atlixco, Puebla, donde el género *Phyllophaga* fue el más representativo con 10 especies.

CONCLUSIONES

De acuerdo con el inventario realizado en el bosque de pino-encino de la Sierra de Tapalpa, comprendido entre mayo de 1998 hasta abril de 1999, se concluye que la comunidad de escarabajos melolóntidos nocturnos, está representada por tres subfamilias: Melolonthinae, Rutelinae y Dynastinae, donde se incluyen 14 géneros y 37 especies. La subfamilia Melolonthidae presentó la mayor riqueza con 21 especies. El género *Phyllophaga* presentó una mayor riqueza (14 especies) y también resultó ser el más abundante constituyendo el 59.96% del total del muestreo.

El mayor pico de abundancia se presentó en el mes de junio (264 individuos), seguido por el mes de julio (136 individuos), donde *Phyllophaga* predominó en los dos meses con 176 y 61 individuos respectivamente, resultando prácticamente nula de septiembre a abril. Por su parte *Phyllophaga vetula* fue la especie más abundante constituyendo el 15.49% de la recolecta total, y a diferencia del comportamiento general, su mayor pico de abundancia lo presentó en el mes de mayo.

Los melolóntidos nocturnos de Sierra de Tapalpa presentaron una marcada estacionalidad, ya que estuvieron activos durante cuatro meses (de mayo a agosto), siendo prácticamente nula su actividad el resto del tiempo (de septiembre a abril).

De las 34 especies capturadas nueve son consideradas como endémicas, ocho con importancia agrícola y siete con importancia forestal.

Hasta este momento el presente estudio es el único de su tipo realizado en la región, por lo que la información recabada es de gran importancia para el conocimiento biológico local y nacional, contribuyendo así al inventario sobre diversidad de los insectos Melolonthidae. De igual manera el listado de especies obtenido contribuirá de forma sustancial al inventario local, regional y nacional, ya que se encontró en el bosque de encino-pino 14 géneros y 37 especies, representados por tres subfamilias: Melolonthinae, Rutelinae y Dynastinae, donde nueve son consideradas como endémicas, ocho con importancia agrícola y siete con importancia forestal.

Se cuenta con una colección científica con material entomológico presente en la región, producto del inventario, la cual sirve y servirá de base para estudios entomológicos nacionales e internacionales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bravo-Cuautle, S., Pérez-Torres, B. C., Cuate-Mozo, V. A. y Aragón-García, A. (2019). Composición y fenología de Coleoptera Scarabaeoidae presente en la comunidad de Atlixco, Puebla, México. *Boletín Sociedad Mexicana de Entomología*, 5(1), 5-9. <https://acortar.link/pQ2fv5>
- Cibrián, T. D. (2016) *Manual para la identificación y manejo de plagas en plantaciones forestales comerciales* (3ª ed.). Universidad Autónoma Chapingo. <https://acortar.link/dN2dFW>
- Colima-Lara, J. E., Castro-Ramírez, A. E., Rivera-Cervantes, L.E. y García-Real, E. (2018). Ecología de Melolonthidos nocturnos (Insecta: Coleoptera) del bosque tropical caducifolio en Ameca, Jalisco, México. En M. B. Nájera y A. A. García (Ed.), *Diversidad, Ecología y Manejo de insectos rizófagos* (35-54). Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias/ Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. (2022). Especies. <https://www.biodiversidad.gob.mx/especies/>
- Cruz, D. D., Martínez, D., Fontenla, J. L. y Mancina, C. A. (2017). Inventarios y estimaciones de la biodiversidad. En C. A. Mancina y D. D. Cruz (Ed.), *Diversidad biológica de Cuba: métodos de inventario, monitoreo y colecciones biológicas* (26-43). Editorial AMA. <https://acortar.link/FzK2Ft>
- Cuete, V. A., Lugo-García, G. A., Aragón G. A., Casillas-Álvarez, P. y Sánchez-Portillo, F. (2018). Los coleópteros Lamelicornios del Estado de Sinaloa. En M. B. Nájera y A. A. García (Ed.), *Diversidad, Ecología y Manejo de insectos rizófagos* (1-10). Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias/ Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.
- Gaviño, G., Juárez, J. C. y Figueroa H. H. (1984). *Técnicas Biológicas selectas de Laboratorio y de campo*. Editorial Limusa.
- Instituto de Información Estadística y Geográfica de Jalisco. (2021). *Tapalpa Diagnóstico del municipio*. <https://acortar.link/jALqAd>
- Morón, M. A., Nogueira, G., Rojas, C. y Arce, R. (2014). Biodiversidad de Melolonthidae (Coleoptera) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85(1), 298-302. <https://doi.org/10.7550/rmb.31834>
- Morón, M. A. (2017). Superfamilia Scarabaeoidea. En D. Cibrián (Ed.), *Fundamentos de Entomología Forestal*, (213-215). Universidad Autónoma de Chapingo.

Rivera-Cervantes, L. E. y García-Real, E. (2018). Los escarabajos Melolonthidae (Coleoptera: Scarabaeoidea) de la Estación Científica Las Joyas, Reserva de la Biósfera Sierra de Manantlán, Jalisco, México. En M. B. Nájera y A. A. García (Ed.), *Diversidad, Ecología y Manejo de insectos rizófagos* (55-71). Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias/ Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

Rivera-Gasperín, S. L. y Escobar-Hernández, F. (2020) Especies de Scarabaeoidea (Coleoptera) del CICOLMA, Veracruz, México. *Acta Zoológica Mexicana*, 36(1), 1–19 <https://doi.org/10.21829/azm.2020.3612268>

Villalobos-Moreno, A., Pardo-Locarno, L. C. y Ospina, R. (2020). Escarabajos (Coleoptera: Melolonthidae) de un robledal asociado al Parque Natural Regional de Santurbán. En L. C. Pardo-Locarno, M. C. Gallego-Ropero y J. Montoya-Lerma (Ed.), *VII Curso Escarabajos de Colombia (Coleoptera: Scarabaeoidea) taxonomía, biología y ecología*.



Protección y gestión holística de bosques de *Nothofagus* en la Península de Brunswick, Chile

Holistic conservation and management of Nothofagus forests on the Brunswick Peninsula, Chile

Proteção e gestão holística de florestas de Nothofagus na Península de Brunswick, Chile

Leon Hauenschild / Swedish University of Agricultural Sciences, Sweden / Leon.Hauenschild@slu.se

Gabriel Zegers / Asociación de Investigadores del Museo de Historia Natural Río Seco, Chile / gabrielzegersm@gmail.com

Lars Östlund / Swedish University of Agricultural Sciences, Sweden / Lars.Ostlund@slu.se

Recibido: 12/12/2022

Aceptado: 20/7/2023

Publicado: 10/10/2023

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue evaluar el impacto del uso histórico del bosque costero de *Nothofagus*, sobre su valor natural y cultural a lo largo de la costa oriental de la Península de Brunswick, Chile. Para ello se revisaron archivos históricos del territorio y se evaluaron los cambios de estructura forestal a lo largo de transectos desde la costa hacia el interior, en tres sitios distintos. En cada parcela se midieron los diámetros y el área basal y se tomaron muestras dendrocronológicas de los árboles. Además, se midieron los árboles muertos y se registraron los signos de intervención histórica. Los resultados indican que estos bosques fueron explotados mediante tala y que existen diferencias significativas entre las parcelas taladas y las no taladas, que entre los sitios. Las variables que difirieron fueron los diámetros, la edad y las áreas basales de los árboles muertos y *D. winteri*. En algunos casos fue posible vincular las diferencias entre las parcelas de un sitio con los usos históricos. El tiempo transcurrido y la limitada extensión espacial de la explotación forestal presentan una oportunidad real para la conservación y restauración de esos bosques con altos valores naturales y culturales.

Palabras clave: conservación holística, ecología histórica, historia forestal, restauración ecológica, territorios ancestrales

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the impact of the historical use of the coastal *Nothofagus* forests on their natural and cultural value along the eastern coast of the Brunswick Peninsula, Chile. For this purpose, we reviewed historical records on the territory and evaluated changes in forest structure along transects from the coast to the interior at three different sites. On each plot of the transects, we measured diameters and basal area and took dendrochronological samples from the trees. We also measured dead wood and recorded signs of historical intervention. The results indicate that these forests were logged, and that there were more significant differences between logged and unlogged plots than between sites. Variables that differed were diameters, age, and basal areas of dead trees and of *D. winteri*. In some cases, it was possible to link the differences between plots of one site to its historical uses. The time elapsed and the limited spatial extent of logging present a real opportunity for the conservation and restoration of these forests with high natural and cultural values.

Keywords: ancestral lands, ecological restoration, forest history, holistic conservation, historical ecology

RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar o impacto do uso histórico da floresta de *Nothofagus* sobre seus valores naturais e culturais na costa leste da Península de Brunswick, Chile. Para isso, os registros históricos do território foram analisados e as mudanças na estrutura da floresta foram avaliadas ao longo de transectos da costa para o interior em três sítios diferentes. Em cada parcela do transecto, foram medidos os diâmetros, a área basal e as amostras dendrocronológicas das árvores. A madeira morta também foi medida e os sinais de intervenção histórica foram registrados. Os resultados indicaram que essas florestas foram exploradas e que houve diferenças mais significativas entre as parcelas cortadas e não cortadas do que entre os sítios. As variáveis que variaram foram o diâmetro, a idade e as áreas basais das árvores mortas e *D. winteri*. Em alguns casos, foi possível vincular as diferenças entre as parcelas aos usos históricos de cada sítio. O tempo decorrido e a extensão espacial limitada da exploração madeireira representam uma oportunidade real para a conservação e a restauração dessas florestas com altos valores naturais e culturais.

Palavras chave: conservação holística, ecologia histórica, história da floresta, restauração ecológica, territórios ancestrais

INTRODUCCIÓN

En La región de Magallanes tiene una extensa historia de actividad antropogénica, desde mucho antes de que los primeros exploradores europeos comenzaran a viajar a la zona, a principios del siglo XVI. En esa época, era la tierra ancestral de cinco pueblos indígenas: *aónikenk*, *selk'nam* y *haush* (terrestres), y los *kawésqar* y *yagán* (litorales). Ellos fueron obligados por los colonizadores a asimilarse, desplazarse o perecieron masivamente debido a la persecución y el genocidio (Harambour y Barrena, 2019).

Lo que distingue a la región de Magallanes de otras partes de América, es que lo profundos cambios sociales y ecológicos de la colonización tuvieron lugar en el siglo XIX. No obstante, y a pesar de mostrar un grado aparentemente bajo de alteración humana en comparación con otros tipos de paisajes, la mayoría de los ecosistemas forestales del mundo tienen una larga historia de uso humano y son producto de ello (Denevan, 1992). Por esto, se clasifican como paisajes domesticados (Clement y Cassino, 2020; Östlund y Norstedt, 2021) más que prístinos. El sur de la Península de Brunswick no es una excepción, y las actividades humanas de diversa índole han influido y moldeado el paisaje en diferentes grados durante siglos (Östlund *et al.*, 2020).

Los asentamientos humanos de sociedades cazadoras-recolectoras litorales ya estaban presentes 7440 cal. AP (edad radiocarbónica calibrada en años antes del presente, Prieto *et al.*, 2013). Los indígenas locales eran principalmente los *kawésqar*, un pueblo litoral que navegaba en canoas el Estrecho de Magallanes y los canales adyacentes (Fitz-Roy, 1839; Martinic, 2006). Los *kawésqar* solían establecer campamentos en las costas de la península, donde aprovechaban los bosques para leña y otros productos forestales (Östlund *et al.*, 2020). A finales de la década de 1860, colonos chileno-europeos comenzaron a colonizar la zona. Con la creciente inmigración europea, la población indígena fue cada vez más desplazada, como el caso de los *kawésqar*, o masivamente asesinada, como ocurrió con los *selk'nam*. Estas persecuciones provocaron la casi desaparición de las poblaciones indígenas remanentes de sus territorios ancestrales (Harambour y Barrena, 2019).

Con la recesión posterior a la Primera Guerra Mundial y la apertura del Canal de Panamá, la economía de la región entró en crisis y se redujó drásticamente la importancia del Estrecho de Magallanes como paso interoceánico. Esto, entre otros factores, provocó el abandono y la despoblación de algunas partes de la región. Los derechos de propiedad en la zona sufrieron un cambio significativo durante la reforma agraria nacional de los años sesenta y setenta (Zegers *et al.*, 2019), época en la que también cobraron impulso los esfuerzos para proteger

las áreas naturales (Martinic, 2006). Sin embargo, el Bien Nacional Protegido Cabo Froward no obtuvo su estatus de protección hasta 2006 con el Decreto 467 (Ministerio de Bienes Nacionales, 2006), año a partir del cual se encuentra bajo concesión a corto plazo.

Desde el punto de vista de los valores naturales, la zona se encuentra en transición entre los ecosistemas costeros y los continentales, entre los bosques perennes y los caducifolios de *Nothofagus spp.*, caracterizándose por un mosaico de diferentes bosques y de turberas hasta la tundra alpina y las zonas nivales (Luebert y Pliscoff, 2018). Esta rica historia cultural y diversidad natural, así como la creciente presión originada por el turismo poco gestionado en los últimos años (Rosenfeld *et al.*, 2020), requieren la elaboración de un concepto de conservación y gestión que proteja el patrimonio cultural y promueva y restaure los valores naturales.

En zonas con una larga historia de uso de bosque por parte de los indígenas, su influencia en el paisaje debe ser visibilizada e incorporada en la gestión, para no perpetuar la idea errónea de conservar «lo prístino» (Östlund y Norstedt, 2021). Denevan (1992) denomina *mito de lo prístino* (*pristine myth*) a este esfuerzo por preservar las supuestas «condiciones originales». La deconstrucción de este mito y la inclusión de los conocimientos y la participación indígena, no solo pueden mejorar los resultados de la conservación, sino también guiar el camino hacia prácticas más éticas e inclusivas en la protección de los territorios ancestrales.

Aunque estaba lejos de ser prístina cuando los colonos chilenos y europeos colonizaron la zona en el siglo XIX, no fue hasta la explotación industrial de la primera mitad del siglo XX, cuando el impacto se hizo mucho más marcado y el cambio de paisaje mucho más drástico. Lo más notable fueron las actividades de tala de árboles y caza de ballenas (Quiroz, 2018). Aunque se desconoce el alcance espacial exacto, existen registros de archivo que dan un testimonio inequívoco sobre la explotación de la franja costera, tanto marina como terrestre, y la posterior transformación que sufrieron el litoral y bosques.

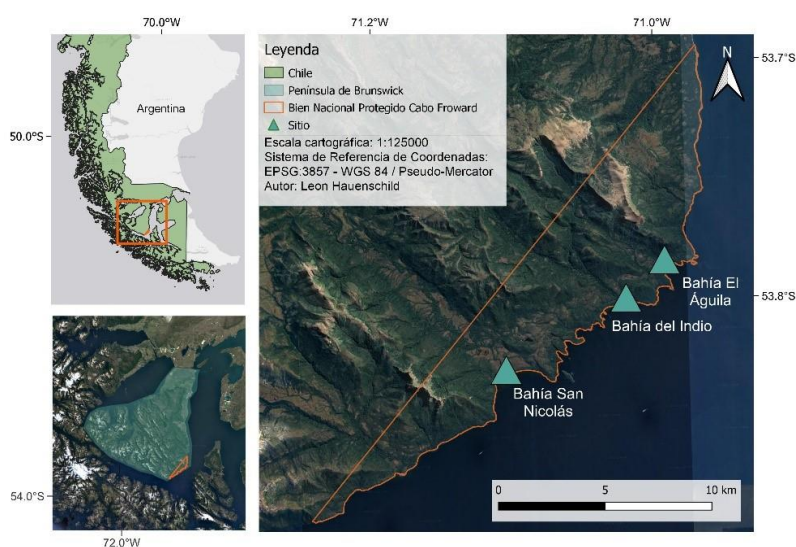
A la luz de esta larga y diversa historia de uso del bosque, es imperativo dejar atrás la dicotomía de naturaleza y cultura que fundamenta el conservacionismo occidental (Loos, 2021), y abarcar tanto el patrimonio cultural precolonial y moderno como el natural de la zona. La idea del *palimpsesto* (del griego «raspado nuevamente», en referencia a un pergamino reutilizado) ofrece tanto una metáfora para describir las huellas superpuestas que diversos procesos naturales y antrópicos han dejado en el paisaje, como un marco teórico. A partir de este último, se pueden establecer medidas concretas de gestión que integran el patrimonio natural y cultural (Rivera-Núñez y Fargher, 2021).

El objetivo de este estudio fue precisamente evaluar el impacto del uso histórico del bosque costero de *Nothofagus*, sobre su valor natural y cultural a lo largo de la costa oriental de la Península de Brunswick, Chile. Además, de plantear cómo estos valores pueden ser protegidos, conservados y, en algunos casos, restaurados de manera holística. Las preguntas de investigación fueron: ¿Cuál es la historia del uso del bosque en la zona y qué signos de este uso pueden encontrarse en los sitios estudiados? ¿Cómo difieren los indicadores de estructura forestal y naturalidad en general entre los sitios de estudio con diferentes usos del bosque y también con el aumento de la distancia a la costa? ¿Cuáles podrían ser las recomendaciones para la protección y restauración de los valores naturales y la conservación y visualización del patrimonio cultural? Por último, el estudio pretendió contribuir al discurso de la conservación y la restauración mediante un debate crítico de algunos conceptos.

MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio se encuentra en el extremo sur del continente americano, en la Península de Brunswick. Administrativamente pertenece a la municipalidad de Punta Arenas, región de Magallanes y comprende partes del Bien Nacional Protegido Cabo Froward (figura 1).

Figura 1. Ubicación general del Bien Nacional Protegido Cabo Froward.



Fuente: Esri Maps, Google Satellite y UT Geodata.

Esta área protegida de concesión se extiende desde la desembocadura del río San Pedro, en el norte, hasta cuatro kilómetros al este de Cabo Froward en el sur. Comprende una superficie de 9888.54 ha (Ministerio de Bienes Nacionales, s.f.). Según la clasificación de Fuenzalida (1967), el clima es mayoritariamente transandino con degeneración esteparia, con una precipitación anual en torno a los 600 mm que se distribuye de forma desigual a lo

largo del año. La temperatura media anual es de 6.4°C en la estación Carlos Ibáñez, Punta Arenas (Dirección Meteorológica de Chile, 2023), aunque Olave-Solar *et al.* (2008) destacan la gran variabilidad climática a lo largo de la península, donde la temperatura media baja en gradiente de norte a sur.

El paisaje de la zona de estudio es de formación glaciaria, con cerros redondeados que no superan los 800 m.s.n.m.; hacia la orilla del estrecho, el relieve se nivela. Aunque la mayor parte de la zona está cubierta por bosques de *Nothofagus* de diferentes tipos, las turberas constituyen la forma más destacada de paisaje abierto, especialmente en las zonas planas con mal drenaje en los fondos de los valles. El ecosistema forestal del área de estudio se denomina bosque mixto templado-antiboreal andino de *Nothofagus betuloides* – *N. pumilio* (Luebert y Plischoff, 2018). Dentro de los bosques del área de estudio se distinguen dos tipos: bosque de Coihue de Magallanes – Canelo, donde *N. betuloides* (mirb.) Oerst 1871 forma el estrato dominante y el estrato inferior está constituido por *Drimys winteri* (J.R. Forst & G Forst), y bosque mixto de Lengua – Coihue de Magallanes, donde *N. pumilio* (Poepp. & Endl.) Krasser 1896 y *N. betuloides* son codominantes (Ruíz y Doberti Ltda., 2008).

Sitios

Se eligieron tres sitios para el estudio: Bahía El Águila, Bahía del Indio y Bahía San Nicolás con dos subsitios interiores. Todos ubicados a pocos kilómetros al suroeste de Cabo San Isidro, en la costa oriental inferior de la Península de Brunswick (*figura 1*). Estos sitios muestran distintas historias de uso del suelo o albergan parches de bosque relativamente prístinos (subsitios Bahía San Nicolás). Se eligió Bahía El Águila, principalmente, por su gran importancia en el desarrollo industrial temprano del área en el siglo XX, con una estación ballenera, un astillero y posteriormente, un aserradero. Se seleccionó Bahía del Indio, por la presencia de restos arqueológicos de un campamento indígena en forma de varios conchales; además, hay una cabaña moderna del siglo XX que fue habitada por un colono y un campamento turístico adyacente. Hasta finales de la primera mitad del siglo XX, también hubo un aserradero en Bahía San Nicolás. Hoy en día esta bahía es un destino popular para las visitas turísticas, donde los excursionistas acampan en su camino a Cabo Froward. Finalmente, dentro del macrositio Bahía San Nicolás, se eligieron dos subsitios de una parcela cada uno ubicados al interior. Estos subsitios parecían prometedores debido a la madurez del bosque, que indicaba la falta de influencia humana reciente y, por lo tanto, una buena base de comparación.

Archivo e investigación bibliográfica

Se revisaron diferentes archivos y literatura publicada sobre la historia de la zona. En función de esto, se consultaron en la biblioteca municipal Gabriela Mistral de Punta Arenas, los archivos de periódicos locales, particularmente, *La Prensa Austral* y *El Magallanes*, que

comenzaron a publicarse en 1942 y 1894 respectivamente. Además, se consultaron en los archivos fotográficos del Instituto de la Patagonia y de la Empresa Nacional del Petróleo, las fotografías aéreas que se tomaron en el Catastro Nacional de Bosques (también conocido como «Informe Haig») entre los años 1945 y 1946, con dos imágenes laterales y una vertical en cada sitio a lo largo de diferentes transectos, cubriendo así la mayor parte del área desde diferentes ángulos (Araya, 2020). Toda la investigación histórica fue realizada en enero y febrero de 2022.

Evaluación de estructura y valor natural y cultural de los bosques

El trabajo en terreno fue realizado a principios de febrero de 2022. Para la evaluación estructural del bosque se establecieron transectos que se adentraban en el interior de cada sitio costero. En Bahía El Águila y Bahía del Indio se estableció un transecto en cada sitio. En San Nicolás se establecieron dos, dado que en este sitio solo existía una franja angosta de bosque costero en la cual no se podía acomodar un solo transecto largo. Cada 100 metros se estableció una parcela de muestreo. Sólo se consideraron los sitios dentro del bosque. La primera parcela se estableció a unos 50 metros de la orilla (siendo la base de las actividades de impacto). La última parcela, es decir, el final del transecto se alcanzó cuando no hubo más signos de intervención humana en el bosque durante al menos dos parcelas consecutivas. La longitud exacta de cada transecto fue determinada en terreno, en función de las condiciones de cada sitio. El transecto de Bahía del Indio fue de aproximadamente 1000 metros (11 parcelas); la de Bahía del Águila fue de aproximadamente 800 metros (ocho parcelas) y las de Bahía San Nicolás fueron de aproximadamente 300 metros (cuatro parcelas) y aproximadamente 400 metros (cinco parcelas). Junto a las dos parcelas del subsitio en San Nicolás, se muestrearon un total de 30 parcelas. Se eligieron parcelas circulares en vez de rectangulares para reducir el sesgo (Paul *et al.*, 2019). El radio de una parcela se fijó en aproximadamente 17.84 metros para que cada parcela cubriera un área de 0.1 ha. Por razones prácticas y logísticas, se eligió muestrear una cuarta parte de cada parcela circular. Cuando el terreno lo permitió, se crearon también dos parcelas satélites de relascopio por cada parcela principal y perpendiculares al transecto. De esta manera, se pudo obtener una referencia de las zonas adyacentes. En total se muestrearon 53 parcelas de relascopio (Bahía El Águila 16, Bahía del Indio 17 y Bahía San Nicolás 20). Se describieron todas las parcelas y parcelas satélites, centrándose en sus características ecológicas específicas y en la presencia o ausencia de cualquier signo de modificación cultural, como tocones (signo de tala) o descortezamientos (signo de actividad indígena).

Dentro de cada uno de los cuartos de parcela se registraron la altura de los dos árboles más altos (*Nothofagus*) y el diámetro a la altura del pecho (DAP): diámetro del tronco medido a 1.30 m, de todos los árboles con un DAP mayor a 10 cm. En el centro de cada parcela se

registraron el área basal de cada especie arbórea viva y de los árboles muertos en pie y derribados. Para esto se utilizó la apertura de 1 cm de un relascopio *Nordforest* con cadena de 50 cm. Para estimar la edad del rodal, se extrajeron muestras dendrocronológicas mediante la barrena de Pressler. Para eso se eligieron al azar entre dos y seis ejemplares de las dos especies dominantes/codominantes de *Nothofagus*, así como de *Drimys winteri* (Östlund *et al.*, 2020). Para evaluar el valor natural de cada parcela, se calculó el volumen de los árboles muertos dentro del cuarto de parcela. Para esto, se tomaron las dimensiones (longitud, diámetro medio del árbol muerto derribado y en pie con un diámetro mayor a 10 cm).

Análisis de datos

El análisis de los datos se realizó en *R studio* (versión 1.2.5019). Se usó la prueba *T* de *Welch* o la prueba *U de Mann Whitney* para probar las diferencias en las variables estructurales entre las parcelas con y sin tala. Para probar cualquier diferencia en las variables entre los sitios y para probar las diferencias en el área basal entre las parcelas principales y las parcelas satélite, se realizaron análisis de varianza con dos factores (ANOVA) o pruebas de *Kruskal Wallis*. Para comprobar si existe alguna relación entre las variables estructurales y la distancia a la costa, se realizaron correlaciones de *Pearson* y *Spearman*. Por último, se comprobó la idoneidad de las variables correlacionadas para ajustarse a un modelo lineal, lo que aportaría más cualidades predictivas. Para la significación de todas las pruebas estadísticas se asumió una probabilidad del 95% o superior ($p < 0.05$).

RESULTADOS

Los tres sitios seleccionados fueron tanto el escenario de actividades indígenas como de actividades de explotaciones modernas en el siglo XX. Sin embargo, el desarrollo particular de la historia del uso del bosque difiere de un sitio a otro.

Bahía El Águila

Aunque los datos sobre la historia anterior a la colonización chileno-europea fueron escasos, existieron al menos cinco hallazgos arqueológicos en la bahía que dieron cuenta de una parte del uso histórico de la zona en los últimos mil años. Se trató de conchales, que indicaron la presencia de un campamento de pasaje indígena. A diferencia de los asentamientos más permanentes, se cree que estos lugares se utilizaban de forma temporal en relación con las actividades de caza y solían estar situados en rutas de viaje frecuentes (García-Piquer *et al.*, 2021). La historia industrial del sitio comenzó con la apertura de una ballenera en 1905, que funcionó hasta 1916. De esta se conservan algunos vestigios, como las ruinas de las estructuras de los edificios, del muelle y partes de la maquinaria (Morello y San Román, 2012). Sin embargo, la mayor parte fue subastada y el resto se transformó en un pequeño astillero; en 1947 se convirtió en un pequeño aserradero que operó en la zona hasta 1966 (Asociación

de Investigadores del Museo de Historia Natural Río Seco, 2017). En cuanto a los resultados de las fotografías aéreas el sitio no se encontraba inmediatamente debajo del curso de los vuelos, por lo que se usaron las imágenes laterales más al norte. La franja costera en la mitad sur de la bahía, hasta la Bahía del Indio, mostró signos de una fuerte tala en forma de desmonte (United States Air Force, 1949).

Bahía del Indio

Hubo al menos dos sitios arqueológicos registrados en la parte norte de la bahía. Ambos eran conchales (Ruíz y Doberti Ltda., 2008). Además, se constató que un colono vivía en la cabaña del sitio pastoreando su ganado, hasta que debió desalojar el lugar por cuestiones de derecho de propiedad en la década de 1980 (Subsecretaría de Turismo, 2020). Aunque los autores del estudio no cuentan con registros sobre la explotación forestal industrial del sitio, las fotos aéreas mostraron signos evidentes de actividades de tala de alto impacto en la década de 1940. En este sitio no se dispuso de un sobrevuelo inmediato, por lo que se analizaron las imágenes laterales. El dosel forestal costero de la zona estaba mucho más abierto que el actual y que el de los bosques situados más al interior en ese entonces, según se apreció en el Rollo 457, R203-205 (United States Air Force, 1949).

Bahía San Nicolás

En este sitio, todas las operaciones de tala cesaron con el abandono del aserradero de Bahía San Nicolás a fines de 1949, luego de que un terremoto provocara un derrumbe y deslizamiento de tierra en el cerro contiguo, destruyendo edificios y cobrando dos vidas humanas. Al momento del presente estudio, del aserradero solo se encontraron algunos vestigios de la maquinaria *in situ* y ningún registro de explotación forestal a escala industrial después del accidente. Las fotos aéreas de 1945/1946 del Rollo 461, V21, (United States Air Force, 1949) revelaron alteraciones del paisaje forestal, especialmente en la ladera del cerro detrás del antiguo edificio del aserradero. El dosel forestal estaba mucho más claro allí, lo que indicó un fuerte impacto de la tala.

Estructura forestal

Las variables de estructura del bosque variaron considerablemente entre las parcelas y, en los casos DAP de *N. betuloides* y *D. winteri*, también variaron entre sitios (Anexo). Esto fue más pronunciado en el DAP de *D. winteri*, que fue significativamente más alto en Bahía del Indio que en los otros dos sitios. Mientras que el DAP de *N. betuloides*, fue significativamente más alto en Bahía El Águila que en los dos otros sitios (*tabla 1*). En cuanto a la edad, a nivel de la península, sólo el 13% de los árboles muestreados anteceden la colonización del

sitio en 1843 (*tabla 1*).

Actividad maderera y estructura forestal en Bahía El Águila

Se tomaron muestras cada 100 m en ocho parcelas a lo largo de un transecto dirigido desde la orilla hacia el interior. La primera de ellas se ubicó a 50 m de la playa, dentro del bosque. Las cuatro primeras parcelas cercanas a la playa mostraron signos de tala, no así las cuatro últimas (hacia el interior). El análisis dendrocronológico mostró que los árboles del sitio tenían una edad de entre 17 y 270 años. El DAP de todos los árboles de las parcelas del sitio osciló entre 10 y 82 cm. Alrededor del 27% de los árboles barrenados en Bahía El Águila antecedieron el establecimiento de la ballenera en 1905. Sin embargo, la gran mayoría de éstos se encontraron en las parcelas no taladas hacia el interior del bosque y solo un individuo, en una parcela talada cerca de la orilla. Aproximadamente el 59% de todos los árboles del sitio antecedieron a la instalación del aserradero en 1947, pero menos de un tercio de ellos se encontraron en las parcelas taladas. El área basal de *N. betuloides* y de *D. winteri* osciló entre 23 y 64 m²ha⁻¹. Los árboles muertos tenían un área basal entre 2 y 27 m²ha⁻¹. El volumen de árboles vivos osciló entre 142 y 816 m³ha⁻¹ y entre 39 y 370 para los árboles muertos (*tabla 1*).

Actividad maderera y estructura forestal en Bahía del Indio

Se tomaron muestras en 11 parcelas a partir de la cabaña cercana a la orilla, subiendo levemente la ladera hacia el interior del bosque. Las primeras cinco parcelas mostraron claros signos de tala, mientras que las últimas seis parcelas no. El DAP de todos los árboles de las parcelas del sitio osciló entre 10 y 68 cm. La edad de los árboles en este sitio en su conjunto osciló entre 17 y 290 años. Sin embargo, hubo grandes diferencias dentro del sitio. En las parcelas adyacentes a la cabaña del colono, solo uno de los árboles muestreados antecedió a 1980, década en la que el colono se vio obligado a abandonar la zona. En el resto de las parcelas con signos de tala, la edad media era de 98 años, y en las parcelas sin signos de tala, de 137 años. No se comprobaron estas diferencias estadísticamente, debido al insuficiente tamaño de las muestras. El área basal media de *N. betuloides*, y de *D. winteri* osciló entre 20 y 120 m²ha⁻¹. Los árboles muertos tenían un área basal de entre 5 y 36 m²ha⁻¹. El volumen de árboles vivos osciló entre 142 y 876 m³ha⁻¹, y el de los árboles muertos entre 127 y 743 m³ha⁻¹. Además de las marcas de motosierra o hacha y de algunos descortezamientos, se encontró carbón en los árboles hacia la meseta de la ladera, lo cual indicó un desmonte por quema (*tabla 1*).

Tabla 1. Valores con errores típicos y rangos de las variables de estructura forestal

Variable	Promedio ^e				Rango Total
	Bahía El Águila	Bahía del Indio	Bahía San Nicolás	Subsitio San Nicolás	
Edad ^a	100.8 ± 10.4	104.3 ± 8.9	93.4 ± 8.0	124.5 ± 27.2	17 – 314
DAP ^b total	20.9 ± 0.8	19.8 ± 0.5	18.2 ± 0.4	28.8 ± 3.7	10 – 120
DAP ^b <i>N. betuloides</i>	24.5 ± 1.2	20.3 ± 0.6	19.6 ± 0.5	41.1 ± 6.2	10 – 120
DAP ^b <i>D. winteri</i>	14.8 ± 0.5	18.4 ± 0.9	15.0 ± 0.6	16.0 ± 0.8	10 – 50
Área basal ^c <i>N. betuloides</i>	36.5 ± 4.1	41.0 ± 6.8	42.5 ± 4.7	42/23 ^f	11 – 75
Área basal ^c <i>D. winteri</i>	8.8 ± 2.6	13.9 ± 4.5	4.9 ± 1.0	6/30	0 – 50
Área basal ^c árboles muertos derribados	10.8 ± 2.0	13.5 ± 3.6	8.9 ± 2.7	10/34	0 – 35
Área basal ^c árboles muertos en pie	4.6 ± 1,3	7.1 ± 2.2	3.3 ± 0.8	15/6	0 – 17
Volumen ^d árboles en pie	411.0 ± 94.1	529.2 ± 64.0	530.1 ± 103.5	348.8/ 1141.4	142 – 1141
Volumen ^d árboles muertos	217.2 ± 40.4	394.4 ± 70.0	271.5 ± 54.8	210.7 / 545.0	39 – 743
	Principal	Satélite izquierdo	Satélite derecho		
Área basal ^c <i>N. betuloides</i>	39.1 ± 3.1	33.7 ± 2.8	40.9 ± 2.1		
Área basal ^c <i>D. winteri</i>	10.1 ± 2.0	9.2 ± 1.7	8.3 ± 1.5		

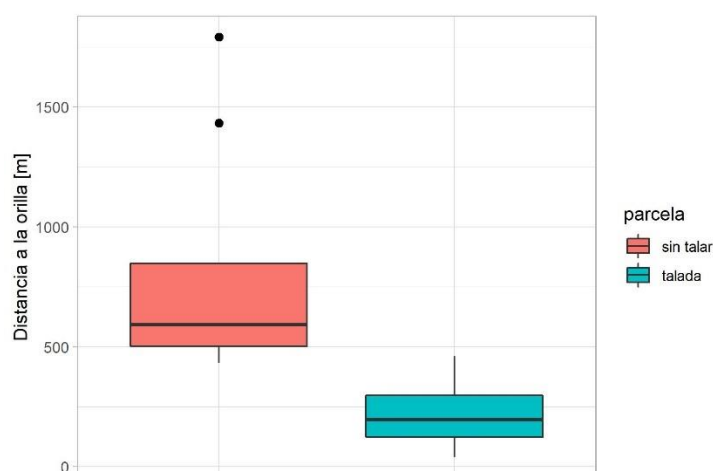
Notas: ^a años; ^b diámetro en cm medido a 1.30 m de la altura del tronco; ^c en m² ha⁻¹; ^d en m³ ha⁻¹; ^e media aritmética, ^f área basal de *N. betuloides* y *N. pumilio*.

Fuente: Elaborada por los autores.

Actividad maderera y estructura forestal en Bahía San Nicolás

Se tomaron muestras en dos transectos: una con cuatro parcelas dentro de la franja del bosque costero, y otra con cinco parcelas, subiendo por detrás del antiguo edificio del aserradero. De las nueve parcelas, siete mostraron signos de tala. El DAP de todos los árboles de las parcelas del sitio osciló entre 10 y 68 cm y la edad oscilaba entre 28 y 234 años. Más de la mitad de los árboles barrenados (55%) eran del periodo posterior al abandono del aserradero a finales de 1949.

Figura 2. Distancia a la orilla de todas las parcelas con y sin talar.



Nota: La caja naranja muestra el rango intercuartílico de la distancia a la orilla de todas las parcelas sin talar; la caja azul, el de todas las parcelas taladas. La mediana de la distancia a la costa está representada por la línea en negra en el centro de las cajas. Los puntos negros indican los valores atípicos.

Fuente: Elaborada por los autores

Otras modificaciones culturales fueron: marcas de carbón en un tronco y varios descortezamientos. El área basal de *N. betuloides* y *D. winteri* osciló entre 31 y 63 m²ha⁻¹, y de los árboles muertos entre 7 y 27 m²ha⁻¹. El volumen de los árboles vivos era de entre 329 y 993 m³ha⁻¹, y el de los árboles muertos entre 93 y 512 m³ha⁻¹ (tabla 1). Los árboles del subsitio de bosque antiguo, aguas arriba del río San Nicolás, tenían entre 24 y 314 años. El DAP de todos los árboles, en las dos parcelas, osciló entre 15 y 120 cm. En una parcela de este subsitio, el área basal de *N. pumilio* fue mayor al de *N. betuloides* (12 y 11 m²ha⁻¹), único caso en todas las parcelas estudiadas. El volumen de los árboles vivos varió mucho entre las parcelas, al igual que el volumen de los árboles muertos. No se encontraron signos de tala u otra intervención humana en ninguna de las parcelas (tabla 1).

Diferencias en la estructura a lo largo de los transectos

En todos los sitios, el factor principal que influyó sobre las variables de estructura fue la tala del último siglo. Su impacto se manifestó en el bosque en forma de tocones de tala remanentes, indicador de si había sido talado o no. La presencia de tocones se correlaciona fuertemente con la distancia de las parcelas a la costa (tabla 3). Las parcelas taladas se encontraron significativamente más cerca de la costa que las no taladas (tabla 2) y después de aproximadamente 500 m hacia el interior, no hubo más parcelas con signos de tala (figura 2).

Entre las parcelas taladas y las no taladas hubo diferencias significativas en cuanto al DAP de los árboles y la distribución de la edad (tabla 2). Mientras que las parcelas previamente taladas tenían una estructura más uniforme en cuanto a edad y tamaño, con árboles más jóvenes

nes y de menor DAP; las parcelas no taladas tenían un espectro más amplio de DAP y edades (figura 3). Esto también se reflejó en los promedios de la edad de los árboles y el DAP (total, *N. betuloides* y *D. winteri*), que fueron moderadamente correlacionadas con la distancia a la orilla (tabla 3). Aunque el volumen medio de los árboles muertos no fue significativamente diferente entre las parcelas taladas y no taladas, las áreas basales de los árboles muertos derribados y en pie, lo fueron. Ambas mostraron un valor significativamente mayor en las parcelas sin talar que en las taladas, y estaban fuertemente correlacionadas con la distancia a la orilla (tabla 2).

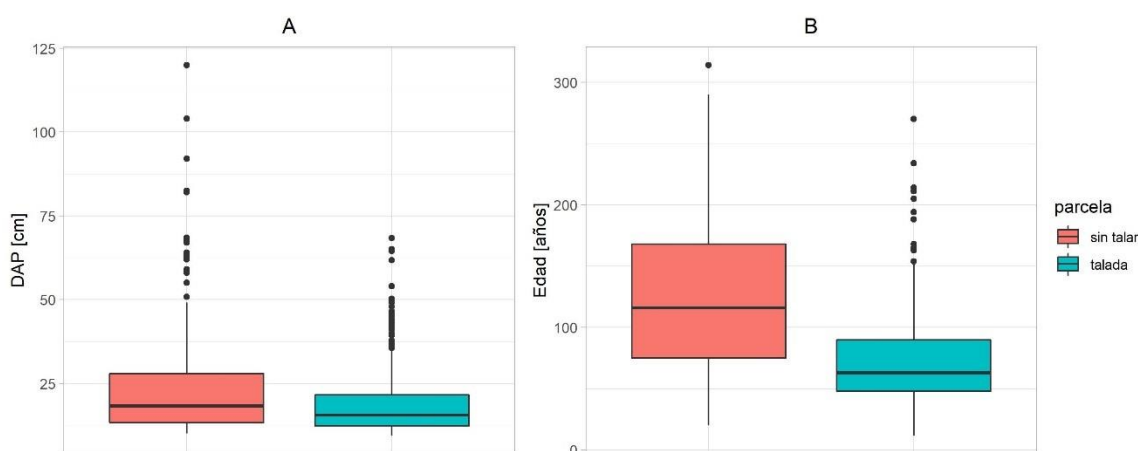
Tabla 2. Comparación de las variables de estructura forestal más importantes en parcelas taladas y sin talar.

Variable	Promedio ^e ± Error típico		Diferencia talada – sin talar		
	Taladas	Sin talar	Prueba estadística	Valor	Valor p
Edad ^a	81.8 ± 5.8	125.9 ± 8.1	U de Mann-Whitney	W = 1480	<0.001
DAP ^b total	18.5 ± 0.3	23.5 ± 0.9	U de Mann-Whitney	W = 90128	<0.001
DAP ^b <i>N. betuloides</i>	19.0 ± 0.4	24.8 ± 1.4	U de Mann-Whitney	W = 47918	<0.001
DAP ^b <i>D. winteri</i>	15.5 ± 0.5	16.9 ± 0.6	U de Mann-Whitney	W = 8047	0.001
Área basal ^c <i>N. betuloides</i>	40.0 ± 3.8	36.0 ± 5.5	U de Mann-Whitney	W = 77	0.69
Área basal ^c <i>D. winteri</i>	8.5 ± 2.6	13.7 ± 2.9	U de Mann-Whitney	W = 42.5	0.04
Área basal ^c árboles muertos derribados	9.8 ± 2.2	16.6 ± 2.5	U de Mann-Whitney	W = 42.5	0.04
Área basal ^c árboles muertos en pie	3.7 ± 1.0	9.3 ± 1.5	U de Mann-Whitney	W = 25.5	0.003
Volumen ^d árboles en pie	483.2 ± 55.5	469.9 ± 87.9	t de Welch	t(29) = -0.13	0.90
Volumen ^d árboles muertos	297.3 ± 45.4	336.9 ± 52.0	t de Welch	t(29) = 0.57	0.57
Mayor distancia a la costa	461	1792	U de Mann-Whitney	W = 1	<0.001

Notas: ^a años; ^b diámetro en cm medido a 1.30 m de la altura del tronco; ^c en m² ha⁻¹; ^d en m³ ha⁻¹; ^e media aritmética.

Fuente: Elaborada por los autores

Figura 3. Diámetro a la altura del pecho (A) y Edad de árboles en parcelas taladas y sin talar (B).



Nota: Las cajas naranjas muestra los rangos intercuartílicos del DAP y de la edad de los árboles en las parcelas sin talar. Las cajas azules muestran los rangos intercuartílicos del DAP y de la edad de los árboles en las parcelas taladas. Las medianas están representadas por las líneas en negrita de cada caja y los puntos negros indican los valores atípicos.

Fuente: Elaborada por los autores.

Tabla 3. Correlación entre de las variables de estructura forestal más importantes y la distancia a la orilla de cada parcela.

	Prueba estadística	Coficiente	Valor p
Edad ^a promedio ^e	Pearson	$r(28) = 0.48$	<0.01
DAP ^b promedio ^e	Pearson	$r(28) = 0.45$	0.01
Área basal ^c <i>N. betuloides</i>	Pearson	$r(28) = -0.18$	0.36
Área basal ^c <i>D. winteri</i>	Spearman	$r(28) = 0.54$	0.01
Área basal ^c árboles muertos derribados	Spearman	$r(28) = 0.55$	0.002
Área basal ^c árboles muertos en pie	Spearman	$r(28) = 0.66$	<0.001
Volumen ^d árboles en pie	Spearman	$r(28) = 0.15$	0.44
Volumen ^d árboles muertos	Spearman	$r(28) = 0.25$	0.18
Presencia de tocones	Spearman	$r(28) = -0.79$	<0.001

Notas: ^a años; ^b diámetro en cm medido a 1.30 m de la altura del tronco; ^c en $m^2 ha^{-1}$; ^d en $m^3 ha^{-1}$; ^e media aritmética.

Fuente: Elaborada por los autores.

También se observó una diferencia significativa en el promedio del área basal de *D. winteri* entre las parcelas taladas y no taladas. Otra vez, el área basal fue mayor en las parcelas sin talar que en las taladas (tabla 2). Esta variable también tuvo una correlación positiva con la distancia a la orilla (tabla 3). En cuanto al área basal de árboles muertos derribados y el área basal de los árboles muertos en pie, ambas tuvieron una correlación moderadamente positiva con la distancia a la orilla, mientras que la correlación del volumen de los árboles muertos no fue significativa (tabla 3). No se encontraron diferencias significativas entre las áreas basales de las parcelas principales y las satélites (Anexo).

DISCUSIÓN

Estadísticamente, los tres sitios mostraron condiciones similares en cuanto su estructura forestal y el patrón general de explotación. Sin embargo, se observaron algunas particularidades en cada uno de ellos que sólo se pueden explicar al examinar detenidamente sus antecedentes con relación al uso del bosque.

El bosque de Bahía El Águila

De los tres sitios, Bahía El Águila es probablemente el que tiene la historia moderna de uso del bosque más larga y variada. Pero una cosa tiene en común la ballenera, el astillero y el aserradero; y es que su instalación y funcionamiento requería madera, que se extraía de los bosques adyacentes. El hecho de que hubiese muy pocos árboles que nacieron antes de que empezaran estas actividades, y aún menos en las parcelas que mostraron signos de tala, es un claro indicio de la tala intensiva que se realizó en el pasado. Aunque no se pudieron usar las imágenes aéreas para juzgar el antiguo estado del bosque a lo largo del transecto, a partir de la estructura del bosque actual, y las observaciones realizadas durante el trabajo en terreno, se pudo deducir que hubo un fuerte impacto a causa de la tala. El mismo se manifiesta notablemente en el paisaje forestal contemporáneo. Por lo tanto, no es casual que no se haya encontrado ningún signo de uso forestal *kawésqar* durante el trabajo en terreno, ya que probablemente fueron borrados durante este período de explotación industrial.

El bosque de Bahía del Indio

Teniendo en cuenta los registros sobre el colono y las fotografías aéreas de 1945/1946, se puede deducir que hubo tanto una explotación a escala industrial como una tala posterior a pequeña escala en forma de desmonte, para crear prados y para obtener madera de construcción y leña. Por lo tanto, existen al menos dos niveles de impacto sobre los bosques del sitio en épocas y escalas espaciales diferentes. Estos niveles también se superponen.

El primer nivel se reveló en el análisis de las imágenes aéreas, las cuales muestran el fuerte impacto de la tala industrial en la costa de este sitio. Esta corresponde a un patrón que se repite a lo largo de la costa sudoriental de la península de Brunswick. También, los tocones de gran diámetro que bordean la playa son un indicio de la deforestación histórica. La ubicación de los tocones, en lo que hoy es la playa, da cuenta de la extensión anterior del borde del bosque, y de cómo la pérdida del soporte radical favoreció la erosión. Es necesario realizar más análisis de los tocones para confirmar su edad y, en consecuencia, determinar en qué momento fueron talados.

El segundo nivel está relacionado a un impacto más reciente y se encuentra en la zona alejada a la cabaña, que forma parte del bosque costero. En este lugar, se pueden apreciar 32 troncos que fueron ranurados de forma circunferencial en un extremo para el montaje

de cadenas para su arrastre con bueyes. Cada uno tenía un diámetro de 60 cm y 4 m de longitud. Aunque estos troncos podrían ser producto tanto de la tala industrial como de las actividades del colono, datos dendrocronológicos del bosque adyacente muestran que este se mantuvo abierto hasta la década de 1980 (época en que el colono se vio obligado a abandonar el área). El árbol más antiguo de este bosque data de 1984, y los árboles vivos tenían diámetros bajos (promedio de 14.6 cm de DAP). Esto indica que el bosque se regeneró después del abandono del lugar. Es probable que el colono haya mantenido abierta el área aledaña a la cabaña, ya que se encontraron restos de alambrados y tranqueras, que dan testimonio de su uso como corral de animales. También se apreció una clara diferencia en comparación con las parcelas taladas, lejanas a la costa, las cuales mostraron una edad promedio mucho más alta (98 años). En consecuencia, la gran densidad del bosque costero actual y la estructura homogénea y joven, puede explicarse por la fertilización del suelo mediante el estiércol del ganado. En su estudio del legado agropecuario en bosques templados secundarios. Blondeel *et al.* (2019) reportan que, luego de más de 70 años del establecimiento de la regeneración, se podían encontrar elevadas concentraciones de fósforo y nitrógeno en suelos forestales. Para explorar el vínculo entre la densidad del bosque costero de Bahía del Indio con la fertilización por su uso anterior, se requiere más investigación, particularmente de estudios del suelo.

El bosque de Bahía San Nicolás

Basado en el conocimiento de los autores, la única actividad industrial de uso del bosque en el sitio de San Nicolás fue el aserradero que funcionó allí hasta 1949. La fecha y las circunstancias de terminación de su funcionamiento permiten dos suposiciones: primero, que hubo un alto grado de deforestación que facilitó el deslizamiento de tierra que destruyó el edificio del aserradero; y segundo, que el bosque del sitio ha seguido un desarrollo mayoritariamente natural con poca o ninguna intervención humana desde hace más de 70 años. En cuanto a la primera hipótesis, aunque los deslizamientos de tierra pueden producirse también en bosques intactos y hay un sinnúmero de factores que influyen en la estabilidad de los taludes, generalmente se considera que la deforestación tiene un efecto desestabilizador que facilita los movimientos en masa (Lehmann *et al.*, 2019). En cuanto a la segunda hipótesis, es probable que las intervenciones a pequeña escala, especialmente en los alrededores del camping, se produzcan periódicamente, y que también hayan aumentado en los últimos años debido a la mayor presión del turismo. En un estudio que abarcó un periodo de 32 años. Eagleston y Marion (2018) caracterizaron los fuertes impactos que el senderismo poco gestionado pudo tener en las áreas naturales aledañas a este. Comparando las dos transectos, se nota que el volumen de los árboles muertos era más bajo en el transecto cercano al campamento contemporáneo que el ubicado más lejos ($225.7 \pm 35.5 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}$ y $308.2 \pm 96.4 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}$), lo cual

podría ser resultado de la recolección de leña. Sin embargo, no se probó la relevancia estadística, debido al pequeño tamaño de la muestra (n=9).

Aunque no se encontraron registros de hallazgos arqueológicos en el sitio, sí se observaron varios descortezamientos que demuestran que hubo presencia *kawésqar* en la zona. Sin embargo, teniendo en cuenta el alto impacto de la tala y los procesos ecológicos a lo largo del tiempo, es probable que se hayan borrado la mayoría de sus rastros.

Las parcelas de bosque antiguo, ubicadas en el subsitio, hacia el interior de la península, deben ser consideradas desde otro un punto de vista. A juzgar por la distancia a la costa (1800 m aproximadamente), no es casual que no hubiera signos de tala. Pero tampoco de otra intervención humana, ya que los *kawésqar* en esta época eran un pueblo litoral y no solían aventurarse demasiado al interior del bosque, debido a las difíciles condiciones de estos (Acuña, 2013). Por lo tanto, hay que considerar este sitio del interior como un ejemplo de un desarrollo natural prolongado y sin intervención, más que una referencia de cómo podrían haber sido los bosques costeros antes de la explotación industrial y bajo el uso *kawésqar*. También se considera que las condiciones naturales entre parcelas costeras y las del interior son distintas. En una de las parcelas del subsitio, *N. betuloides* y *N. pumilio* eran codominantes, lo que indica que pertenece al segundo tipo forestal del área: Bosque mixto de *N. pumilio* – *N. betuloides*. Asimismo, se encontraron diferencias entre las dos parcelas del subsitio en todas las variables medidas; esto se debe probablemente al hecho de que una de las parcelas estaba ubicada cerca de una turbera, lo que podría explicar los valores relativamente bajos. Para poder caracterizar bien las condiciones de los bosques naturales sin historia humana de la península y sus variaciones entre sí, se requieren más investigaciones.

Patrones e impactos de la explotación forestal histórica

Resultado del presente estudio, se conoció que hubo muy pocas diferencias significativas entre las variables de estructura del bosque de los distintos sitios. Notablemente, el DAP promedio de *D. winteri* fue más alto en Bahía del Indio que en los otros sitios; lo mismo sucedió con el DAP de *N. betuloides* en Bahía El Águila. Los resultados de este estudio también mostraron que, el DAP de ambas especies fue más alto en parcelas no taladas, que en las taladas; por lo cual se podría considerar este resultado como un indicador de que los bosques de Bahía del Indio y Bahía El Águila han sufrido un menor impacto. Aun así, ninguna de las demás variables dio una diferencia significativa en comparación con los otros sitios. Es por ello, que es probable que el DAP que presentaron, en este caso, *D. winteri* y *N. betuloides* sean resultados de otros factores naturales o antrópicos.

Aunque se habían elegido los tres sitios por su diferente historia de uso del bosque, los resultados muestran que todos ellos fueron sujetos a una intensa tala en algún momento

y que las mayores diferencias se encuentran en los patrones espaciales dentro de ellos. De hecho, la distancia a la costa resultó ser una variable explicativa más importante que el tipo de uso histórico del bosque, ya que estaba directamente correlacionada con el patrón de tala. Aparte de la distinción binaria de talado o no, la forma en que se talaron los bosques también parece haber cambiado con el aumento de la distancia a la costa y la subida de la ladera. Mientras que en las parcelas costeras no había árboles que anteceden las actividades de la explotación, en aquellas parcelas situadas más hacia el interior, con claros signos de tala, sí había árboles antiguos remanentes. De esto se puede deducir que: la tala a lo largo de la costa siguió un modelo de tala rasa; mientras que el floreo, es decir, la tala selectiva de los árboles más grandes y derechos fue el método preferido hacia el interior.

Es bien reconocido que las prácticas insostenibles de explotación forestal tienen implicaciones de gran alcance para los ecosistemas en los que se llevan a cabo, y que estas pueden afectarlos durante décadas y siglos. Esto es especialmente evidente en el caso de la tala rasa, pero también la tala selectiva puede alterar drásticamente la estructura del bosque e influir en los ecosistemas forestales de forma negativa (Albrich *et al.*, 2021; Vásquez-Grandón *et al.*, 2018). Los datos de este estudio sugieren que las parcelas en las que hubo tala, en algunas partes hace más de 100 años, todavía difieren estructuralmente de sus homólogas no afectadas por la tala con respecto a la edad y el tamaño de los árboles en pie, y también al área basal de los árboles muertos. En el caso de las parcelas donde hubo tala rasa, las diferencias eran fácilmente perceptibles. Los bosques actuales resultantes eran de un solo estrato y densos, formados por árboles de pequeño diámetro, con muy poca regeneración de *Nothofagus spp.* en el sotobosque y sólo pequeñas cantidades de árboles muertos de gran diámetro (figura 4).

Figura 4. Bosque secundario donde hubo tala rasa (izquierda) y árbol antiguo remanente (derecha)



Nota: Sotobosque constituido por regeneración de *Drimys winteri* (izquierda). Árbol antiguo deformado, sin valor maderero, en un bosque floreado (derecha).

Fuentes: Fotos tomadas por Jonathan Poblete y Lars Östlund.

Pero también, en las parcelas anteriormente floreadas, la distribución de los diámetros estaba sesgada hacia los diámetros más bajos, con los pocos árboles de mayor diámetro a menudo torcidos y deformados. Esto es algo frecuentemente observado en los antiguos bosques floreados, ya que sólo se cosechaban los árboles grandes y rectos y, por tanto valiosos, dejando atrás los ejemplares de menor valor económico, como se observa en la *figura 4* (Vásquez-Grandón *et al.*, 2018). Algunos de los resultados de esta práctica pueden ser una distribución diamétrica empobrecida, con una menor diversidad de especies arbóreas, la sobrerrepresentación de especies arbóreas secundarias, poca regeneración arbórea, y una falta de los importantes hábitats que ofrecen los árboles grandes; lo que en conjunto reduce la salud general del ecosistema (Vásquez-Grandón *et al.*, 2018). Josefsson *et al.* (2010) comprobaron que hay efectos a largo plazo (>100 años) del floreo sobre los árboles muertos y sobre las especies dependientes del bosque antiguo en la zona boreal. Sin embargo, protección y restauración adecuadas pueden ayudar a recuperar rápidamente algunos de los valores del bosque antiguo (Albrich *et al.*, 2021).

Aparte de estos impactos estrictamente ecológicos, se observaron algunos impactos culturales; el más importante fue la eliminación de los rastros del uso del bosque por parte de los *kawésqar*. Estos aprovecharon y manejaron los bosques de la zona durante los últimos seis o siete milenios. En unos sitios cercanos, el capitán Fitz-Roy, destacado explorador y científico inglés, comparó en 1831 los bosques ancestrales de los *kawésqar* con un «parque inglés» (Fitz-Roy, 1839), una analogía que da una referencia de cómo podrían haber sido los bosques de la zona antes de la explotación industrial. Por su parte Östlund *et al.* (2020), en un estudio realizado en la parte sudoccidental de la península, encontraron una diferencia significativa en las variables de estructura del bosque en la proximidad a los antiguos asentamientos *kawésqar*, los cuales indican que el paisaje forestal se parecía mucho más a un parque en épocas anteriores. También se encontraron un gran número de descortezamientos de origen *kawésqar*, cuya presencia estuvo muy limitada en la zona de este estudio debió, probablemente, a la explotación forestal moderna. Josefsson y Östlund (2011) describieron un fenómeno similar de borrado cultural del patrimonio *sámi* en los bosques boreales explotados del norte de Suecia. Sin embargo, los autores consideran que no se ha estudiado la pérdida de patrimonio cultural *kawésqar* en forma de tala de árboles con descortezamiento.

Conservación y restauración

Aunque las actividades de explotación del siglo pasado tuvieron un impacto muy fuerte en los bosques del sur de la península de Brunswick, solo forman parte de una historia ambiental mucho más larga. El paisaje actual es el producto de millones de años de procesos ecológicos, milenios de uso *kawésqar* del bosque y más de un siglo de actividades modernas. Cada proceso y uso dejó sus huellas en el paisaje, convirtiéndolo en un «espacio incesantemente remodelado» (Corboz, 1983). Esta complejidad puede considerarse un desafío para

los esfuerzos de conservación, pero los promotores de la «teoría del palimpsesto» sostienen que esta complejidad también brinda una oportunidad para superar las dificultades conceptuales. La metáfora del palimpsesto hace referencia a un pergamino de la Antigua Grecia que se raspaba y se utilizaba una y otra vez. Con el tiempo, las escrituras pasadas reaparecían tenuemente, creando una coexistencia de diferentes escrituras de distintas épocas. La aplicación de este concepto a la gestión y conservación de los bosques de la península de Brunswick permite preservar y fomentar los valores naturales de la zona, al tiempo que se respeta y abraza su larga y diversa historia cultural (Layne, 2014). Además, este concepto permite dejar atrás el «síndrome prístino» y empezar a debatir conceptos basados en la «antropogénesis», la idea de que no toda la influencia humana es intrínsecamente mala y que las prácticas tradicionales de manejo ancestral pueden ser, beneficiosas para los esfuerzos de conservación y restauración (Fletcher *et al.*, 2021).

Incorporar el concepto de palimpsesto a la restauración significa leer las huellas que los anteriores usos sostenibles del bosque dejaron e integrarlas en nuevas prácticas de gestión que respeten los retos que implica el cambio global. En concreto, esto puede hacerse mediante diferentes perturbaciones mediadas por el hombre que permitan restaurar y gestionar el ecosistema. El punto de vista subyacente es el que percibe al ser humano como un actor dentro de la naturaleza que altera drásticamente su ecosistema (Rivera-Núñez y Fargher, 2021). El palimpsesto no sólo sirve como base teórica para describir la naturaleza estratificada de los procesos ambientales, sino que también permite que coexistan enfoques antiguos y nuevos tal como el multidisciplinarios (Layne, 2014). Esto hace que esté muy abierto a compromisos y cambios de paradigma en debates de conservación cada vez más complejos.

En este marco teórico se fundamentan las siguientes recomendaciones para el manejo del área: los bosques estructuralmente empobrecidos y muy densos, de edad uniforme, ubicados en la franja costera, deben ser sometidos a varios raleos para permitir la regeneración de *Nothofagus spp.*, intolerantes a la sombra, y promover el crecimiento de los árboles dominantes para estimular el desarrollo hacia un estado en el que el bosque sea mucho más abierto y tenga una estructura de edad y diámetro más diversa. La analogía del «parque inglés» de Fitz-Roy, a pesar de ser una descripción poco precisa, proporciona datos importantes para el establecimiento de objetivos de restauración, ya que es uno de los pocos documentos en existencia de la época que brinda informaciones sobre los bosques ancestrales de los *kawesqár*. Imitar el manejo *kawesqar*, con la intención de abrir el dosel del bosque con los objetivos de aumentar la heterogeneidad del paisaje y la biodiversidad forestal al crear nuevos nichos y hábitats (Rivera-Núñez y Fargher, 2021) y, por otro lado, reestablecer la manifestación *kawesqar* en el paisaje, que se perdió por las actividades de alto impacto tras la colonización del siglo XIX (Zegers *et al.*, 2019). Los profesionales deben ser cuidadosos en el

raleo, de manera que se promueva el *Nothofagus pumilio* y otras especies arbóreas inferiores (como *Embothrium coccineum* o *Maytenus magellanica*) que están presentes en el bosque, fomentando así no solo un bosque de múltiples estratos, sino también uno multiespecífico. Esto, sin duda, lo hará más resiliente al cambio global.

Teniendo en cuenta el tiempo transcurrido desde la última intervención en los bosques floreados y el impacto comparativamente bajo que tuvo la tala selectiva en la estructura forestal junto a la conectividad con bosques no talados, se ofrece a la sociedad una oportunidad real de recuperar un paisaje forestal contiguo con valiosas cualidades de bosques antiguos a gran escala geográfica. Por lo tanto, se recomienda la restauración pasiva en estas zonas, es decir, abstenerse de realizar intervenciones silvícolas.

Lo más importante ante cualquiera de estos esfuerzos de restauración es no dañar ningún patrimonio cultural en el bosque, por lo que los estudios arqueológicos exhaustivos de la zona deben preceder a cualquier intervención futura. Todos los árboles modificados culturalmente deben registrarse e incluirse en los planes de gestión y excluirse de cualquier actividad de raleo. Además, iniciativas educativas, como infografías y símbolos en los mapas de senderismo, no solo podrían contribuir a la protección de aquellos árboles y otros sitios arqueológicos, sino también a la concienciación de la sociedad sobre la presencia histórica de los *kawésqar* en el paisaje. Asimismo, deberían tomarse medidas educativas similares para informar sobre las ruinas de la ballenera de Bahía El Águila y los vestigios del aserradero de Bahía San Nicolás. Por último, es fundamental que todos los esfuerzos de restauración y conservación procuren incluir procesos participativos con los actores sociales vinculados al territorio, especialmente con los miembros del pueblo *kawésqar* que sostengan un vínculo ancestral con este territorio. Casos de Canadá y Nueva Zelanda brindan evidencia sobre el potencial que tiene la participación de pueblos originarios para mejorar tanto la gestión del área protegida, como para fortalecer la legitimidad y el reconocimiento entre la población local (Mason *et al.*, 2022).

CONCLUSIONES

El impacto ambiental en el sur de la península de Brunswick fue generado principalmente por las actividades industriales de la primera mitad del siglo XX. El patrón general de explotación a lo largo de la costa fue la tala rasa y, hacia el interior de la península el floreo. Estadísticamente se encontraron pocas diferencias significativas entre las variables de estructura forestal de los tres sitios. Más pronunciadas fueron las diferencias entre parcelas taladas y no taladas dentro de cada sitio. En lo que refiere a los valores naturales, aunque la explotación tuvo un impacto muy fuerte sobre los bosques, considerando el tiempo transcurrido desde la última intervención y el impacto espacial limitado a los primeros 500 m de la franja costera, existe una oportunidad real de recuperar un valioso paisaje forestal contiguo a gran

escala geográfica. Respecto a los valores culturales, tanto los vestigios modernos, como los descortezamientos indígenas requieren ser visibilizados y protegidos ante la creciente presión turística, ya que forman parte del patrimonio cultural del lugar. Todos ellos deberían ser incluidos en futuros planes de manejo que integren la conservación cultural en la protección ambiental.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acuña, A. (2013). Memoria del Pueblo Kawésqar a través de una Historia de Vida. *Magallania*, 41(1), 99-121. <https://doi.org/10.4067/S0718-22442013000100005>
- Albrich, K., Thom, D., Rammer, W. y Seidl, R. (2021). The long way back: Development of Central European mountain forests towards old-growth conditions after cessation of management. *Journal of Vegetation Science*, 32(4), 1-13. <https://doi.org/gnj7x6>
- Araya, L. (2020). *Medio siglo de políticas públicas de conservación de la naturaleza en Chile* (Primera Edición). Colegio de Ingenieros Forestales de Chile. <https://acortar.link/ioRMMI>
- Asociación de Investigadores del Museo de Historia Natural Río Seco. (2017). *Levantamiento arqueológico, análisis y montaje de los restos de la ballenera Bahía Águila para la puesta en valor del Museo Faro San Isidro*. Edición del Autor.
- Blondeel, H., Perring, M. P., Bergès, L., Brunet, J., Decocq, G., Depauw, L., Diekmann, M., Landuyt, D., Liira, J., Maes, S. L., Vanhellemont, M., Wulf, M. y Verheyen, K. (2019). Context-Dependency of Agricultural Legacies in Temperate Forest Soils. *Ecosystems*, 22(4), 781-795. <https://doi.org/10.1007/s10021-018-0302-9>
- Clement, C. R. y Cassino, M. F. (2020). Landscape Domestication and Archaeology. En C. Smith (Editor), *Encyclopedia of Global Archaeology* (pp. 6431–6438). Springer Cham. <https://doi.org/kmqf>
- Corboz, A. (1983). The land as a Palimpsest. *Diogenes*, 31(121), 12-34. <https://doi.org/czrvkv>
- Denevan, W. M. (1992). The Pristine Myth: The Landscape of the Americas in 1492. *Annals of the Association of American Geographers*, 82(3), 369-385. <https://acortar.link/JP1HhP>
- Dirección Meteorológica de Chile. (2023). *Temperaturas Medias y Extremas en 30 Años. Estación Carlos Ibañez, Punta Arenas Ap. Productos Históricos*. <https://acortar.link/54XpRQ>
- Eagleston, H. A. y Marion, J. L. (2018). “Naturalness” in designated wilderness: Long-term changes in non-native plant dynamics on campsites, boundary waters, Minnesota. *Forest Science*, 64(1), 50-56. <https://academic.oup.com/forestscience/article/64/1/50/4804514>

- Fitz-Roy, R. (1839). *Voyages of the Adventure and Beagle. Proceedings of The Second Expedition, 1831-1836, under the Command of Captain Robert Fitz-Roy, R.N. (Volumen II)*. Henry Colburn. <https://acortar.link/56Oi3m>
- Fletcher, M. S., Hamilton, R., Dressler, W. y Palmer, L. (2021). Indigenous knowledge and the shackles of wilderness. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 118(40), 1-7. <https://doi.org/10.1073/pnas.2022218118>
- Fuenzalida, H. (1967). *Geografía Económica de Chile. Clima*. Corfo.
- García-Piquer, A., Navarrete, V., Aguilera, N., Carracedo, R., Franch, A., García P., C., Ros-Sabé, E., Zegers, G., Prieto, A., y Piqué, R. (2021). En el mar interior de Última Esperanza: Dinámicas de ocupación y movilidad canoera en la isla Diego Portales (Magallanes, Chile). *Latin American Antiquity*, 33(4), 1-19. <https://doi.org/10.1017/laq.2021.85>
- Harambour, A. y Barrena, J. (2019). Barbarie o justicia en la Patagonia occidental: las violencias coloniales en el ocaso del pueblo kawésqar, finales del siglo XIX e inicios del siglo XX. *Historia Crítica*, 71, 25-48. <https://doi.org/10.7440/histcrit71.2019.02>
- Josefsson, T. y Östlund, L. (2011). Increased production and depletion: the impact of forestry on northern Sweden's forest landscape. En H. Antonsson y U. Jansson (Eds.), *Agriculture and forestry in Sweden since 1900* (pp. 338-353). Kungl. Skogs- och Lantbruksakademiens. <https://acortar.link/0bhSM3>
- Josefsson, T., Olsson, J. y Östlund, L. (2010). Linking forest history and conservation efforts: Long-term impact of low-intensity timber harvest on forest structure and wood-inhabiting fungi in northern Sweden. *Biological Conservation*, 143(7), 1803-1811. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2010.04.035>
- Layne, M. K. (2014). The Textual Ecology of the Palimpsest. *Environmental Entanglement of Present and Past. Aisthesis. Pratiche, linguaggi e saperi dell'estetico*, 7(2), 63-72. <https://doi.org/10.13128/Aisthesis-15290>
- Lehmann, P., von Ruetten, J. y Or, D. (2019). Deforestation Effects on Rainfall-Induced Shallow Landslides: Remote Sensing and Physically-Based Modelling. *Water Resources Research*, 55(11), 9962-9976. <https://doi.org/10.1029/2019WR025233>
- Loos, J. (2021). Reconciling conservation and development in protected areas of the Global South. *Basic and Applied Ecology*, 54, 108-118. <https://doi.org/gn56z4>

- Luebert, F. y Pliscoff, P. (2018). *Sinopsis bioclimática y vegetacional de Chile* (2ª edición). Editorial Universitaria.
- Martinic, M. (2006). *Historia de la Región Magallánica* (Tomos I-IV). Universidad de Magallanes.
- Mason, C. W., Carr, A., Vandermale, E., Snow, B. y Philipp, L. (2022). Rethinking the Role of Indigenous Knowledge in Sustainable Mountain Development and Protected Area Management in Canada and Aotearoa/New Zealand. *Mountain Research and Development*, 42(4), A1-A9. <https://doi.org/10.1659/mrd.2022.00016>
- Ministerio de Bienes Nacionales. (2006). *Decreto 467 de 2006*. <https://acortar.link/XiGEJJ>
- Ministerio de Bienes Nacionales. (s.f.). *Bien Nacional Protegido Cabo Froward*. <https://acortar.link/X83bCy>
- Morello, F. y San Román, M. (2012). Análisis y Diagnóstico Arqueológico. Línea de Base de Arqueología. Crisosto Arquitectos Consultores.
- Olave-Solar, C., Santana, A., Butorovic, N. y Acuña, P. (2008). Variabilidad térmica en la región nororiental de la Península de Brunswick, Magallanes, Chile, empleando datos Landsat. *Anales del Instituto de la Patagonia*, 36(2), 5-12. <https://doi.org/10.4067/s0718-686x2008000200001>
- Östlund, L. y Norstedt, G. (2021). Preservation of the cultural legacy of the indigenous Sami in northern forest reserves – Present shortcomings and future possibilities. *Forest Ecology and Management*, 502(15), 119726. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119726>
- Östlund, L., Zegers, G., Cáceres Murrie, B., Fernández, M., Carracedo-Recasens, R., Josefsson, T., Prieto, A. y Roturier, S. (2020). Culturally modified trees and forest structure at a Kawésqar ancient settlement at Río Batchelor, western Patagonia. *Human Ecology*, 48(5), 585-597. <https://doi.org/10.1007/s10745-020-00200-1>
- Paul, T. S. H., Kimberley, M. O. y Beets, P. N. (2019). Thinking outside the square: Evidence that plot shape and layout in forest inventories can bias estimates of stand metrics. *Methods in Ecology and Evolution*, 10(3), 381-388. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.13113>
- Prieto, A., Stern, C. R. y Estévez, J. E. (2013). The peopling of the Fuego-Patagonian fjords by littoral hunter-gatherers after the mid-Holocene H1 eruption of Hudson Volcano. *Quaternary International*, 317(13), 3-13. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2013.06.024>
- Quiroz, D. (2018). Una máquina maravillosa. Capitalismo, materialidades y la caza de ballenas en el extremo sur de Chile. *Revista Chilena de Antropología*, (37), 143-163. <https://acortar.link/uTFv92>

- Rivera-Núñez, T. y Fargher, L. (2021). The concept of “palimpsest” in a reconceptualization of biodiversity conservation. *Environmental Conservation*, 48(1), 1-4. <https://doi.org/kmtf>
- Rosenfeld, G., Mackenzie, R., Vidal, O., Muñoz, R., Simeonova, V., Rosenfeld, S., Osorio, M. y Santin, J. (2020). Turismo de naturaleza en el extremo meridional de la Península de Brunswick (Patagonia, Chile): de la improvisación a la planificación. *Revista interamericana de ambiente y turismo*, 16(2), 186-201. <https://acortar.link/OG6Yxh>
- Ruíz y Doberti Ltda. (2008). Estudio de línea base a ejecutarse en terrenos fiscales con alto valor en biodiversidad ubicados en el sector de cabo Froward, península de Brunswick, Región de Magallanes y Antártica Chilena. Edición del Autor
- Subsecretaría de Turismo. (2020). *Ruta Patrimonial Cabo Froward*. Ministerio de Bienes Nacionales. <https://acortar.link/OzKTFA>
- United States Air Force. (1949). *Fondo Documental. Fotografías aéreas USAF*.
- Vásquez-Grandón, A., Donoso, P. J. y Gerding, V. (2018). Forest degradation: When is a forest degraded? *Forests*, 9(11), 1-13. <https://doi.org/10.3390/f9110726>
- Zegers, G., Arellano, E. y Östlund, L. (2019). Using forest historical information to target landscape ecological restoration in Southwestern Patagonia. *Ambio*, 49(4), 986-999. <https://doi.org/10.1007/s13280-019-01232-8>

Agradecimientos

Agradecemos a la Secretaría Ministerial de Bienes Nacionales de la región de Magallanes, por autorizar la ejecución del estudio. A Paulo Corti por facilitar el trabajo realizado en el marco del Convenio entre la Universidad Austral de Chile y la Universidad Sueca de Ciencias Agrarias. Agradecer a Benjamín y Miguel Cáceres por compartir ideas, comentarios y valiosos contactos, además del apoyo logístico a lo largo del estudio; a Jonathan Poblete y Sebastián Oyarzún por su apoyo en el terreno. A Agustina Moreno por su ayuda con la redacción en castellano y a Magdalena Fassl y Paula Blazina por la ayuda técnica con la dendrocronología. Agradecemos a la Universidad Sueca de Ciencias Agrarias por los fondos brindados a Lars Östlund y Leon Hauenschield.

Anexo. Diferencias de variable entre sitios y entre parcelas principales y satélites.

Variable	Prueba estadística	Diferencia entre sitios ^e	
		Valor	Valor p
Edad ^a	Kruskal-Wallis	$\chi^2(2) = 5.32$	0.38
DAP ^b total	Kruskal-Wallis	$\chi^2(2) = 2.94$	0.23
DAP ^b <i>N. betuloides</i>	Kruskal-Wallis	$\chi^2(2) = 10.41$	0.005
DAP ^b <i>D. winteri</i>	Kruskal-Wallis	$\chi^2(2) = 16.08$	<0.001
Área basal ^c <i>N. betuloides</i>	ANOVA	$F(2,27) = 0.59$	0.63
Área basal ^c <i>D. winteri</i>	Kruskal-Wallis	$\chi^2(2) = 4.35$	0.23
Área basal ^c árboles muertos derribados	Kruskal-Wallis	$\chi^2(2) = 2.00$	0.57
Área basal ^c árboles muertos de pie	Kruskal-Wallis	$\chi^2(2) = 2.95$	0.4
Volumen ^d en pie	ANOVA	$F(2,27) = 0.92$	0.45
Volumen ^d árboles muertos	ANOVA	$F(2,27) = 1.63$	0.21
Diferencia parcela principal – satélites			
Área basal ^c <i>N. betuloides</i>	ANOVA	$F(2,76) = 1.88$	0.16
Área basal ^c <i>D. winteri</i>	Kruskal-Wallis	$\chi^2(2) = 0.09$	0.95

Notas: ^aaños; ^b diámetro en cm medido a 1.30 m de la altura del tronco; ^c en m² ha⁻¹; ^d en m³ ha⁻¹; ^e diferencia entre los tres sitios principales, excluyendo el subsitio de San Nicolás.

Fuente: Elaborada por los autores.



Derechos humanos en materia fiscal y ambiental en México

Human rights in fiscal and environmental matters in Mexico

Direitos humanos em matéria fiscal e ambiental no México

María Guadalupe Aguirre Guzmán / Universidad de Guadalajara, México / maria.aguirre6136@academicos.udg.mx

Laura Margarita Medina Celis / Universidad de Guadalajara, México / lamedina@cucea.udg.mx

Aristides Pelegrín Mesa / Universidad de Guadalajara, México / aristedes.pelegrin@cucea.udg.mx

Recibido: 10/2/2023

Aceptado: 3/9/2023

Publicado: 28/11/2023

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue analizar los derechos humanos contenidos en la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, desde el principio de legalidad; que con mayor sustento permite la interpretación para cumplir las disposiciones, proteger a los gobernados y demás seres vivos e imponer límites a quienes afecten el ambiente. De igual forma, otorgar facultades a las autoridades para establecer sanciones que sean efectivas en la protección del individuo y el patrimonio natural. La investigación se realizó mediante un estudio documental exploratorio de dicha temática, así como de reflexiones de autores consultados y las propias, a fin de plasmar, a partir de la ley, la defensa de los derechos que resguardan. Como resultado se pudo evidenciar que las sanciones y variantes que se imponen al sujeto infractor por vulnerar el cuidado de la naturaleza y los derechos humanos que se afectan cuando el entorno es insano, contemplan desde gravámenes y multas, hasta medidas de seguridad como clausura temporal o definitiva, y suspensión de concesiones y licencias.

Palabras clave: ambiente, legalidad, legislación ambiental, principios constitucionales

ABSTRACT

The objective of the research was to analyze the human rights contained in the Political Constitution of the United Mexican States from the principle of legality, which, with greater support, allows interpretation to comply with the provisions, protect the governed and other living beings, and impose limits on those who affect the environment. Likewise, grant powers to the authorities to establish sanctions that are effective in protecting the individual and the natural heritage. The research was carried out through an exploratory documentary study of this topic, as well as reflections from consulted authors and their own, in order to capture, based on the law, the defense of the rights they protect. As a result, it was evident that the sanctions and variants that are imposed on the offender for violating the care of nature and the human rights that are affected when the environment is unhealthy include everything from taxes and fines to security measures such as temporary closure or definitive closure and suspension of concessions and licenses.

Keywords: constitutional principles, environment, environmental legislation, legality

RESUMO

O objetivo da pesquisa foi analisar os direitos humanos contidos na Constituição Política dos Estados Unidos Mexicanos, a partir do princípio da legalidade; que com maior respaldo permite que a interpretação cumpra as disposições, proteja os governados e demais seres vivos e imponha limites àqueles que afetam o meio ambiente. Da mesma forma, conceder poderes às autoridades para estabelecer sanções que sejam eficazes na proteção do indivíduo e do patrimônio natural. A pesquisa foi realizada por meio de estudo documental exploratório deste tema, bem como de reflexões de autores consultados e próprios, a fim de captar, com base na lei, a defesa dos direitos que protegem. Como resultado, ficou evidente que as sanções e variantes que são impostas ao infrator por violar o cuidado com a natureza e os direitos humanos afetados quando o meio ambiente é insalubre, incluem desde impostos e multas, até medidas de segurança, como medidas temporárias, encerramento ou definitivo e suspensão de concessões e licenças.

Palavras chave: meio ambiente, legalidade, legislação ambiental, princípios constitucionais

INTRODUCCIÓN

A lo largo de los años el hombre ha sido el responsable principal del deterioro ambiental que sufre el entorno, sin preocuparse por las consecuencias irreversibles que esto ha ocasionado; pasando por alto la contaminación, la protección de los ecosistemas y el uso intensivo de los recursos naturales. En México, en el mes de junio de 2011 se incluye en la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (CPEUM) por primera vez los derechos humanos y es en el artículo 4 donde se considera el ambiente y su protección, objeto de estudio de esta investigación desde el ámbito fiscal.

El daño que se origina al ambiente está relacionado con la intención de lograr el desarrollo económico y la productividad que las empresas requieren para ser rentables; pretendiendo, además, conseguir un prestigio de excelente reputación. Este obsesivo establecimiento de metas puede causar perjuicio por el crecimiento de los negocios, pasando por alto la legislación vigente en materia ambiental. En muchos casos se violan o desatienden las leyes y se opta por pagar las sanciones por la infracción cometida, debido a que la autoridad, en muchas ocasiones, otorgue un permiso, una concesión o una licencia.

Al observar que la responsabilidad ambiental debe tener en cuenta al colectivo, cumplir las leyes y reglamentos; así como evitar daños irreparables a la naturaleza; son los órganos legislativos los que deben implementar medidas correctivas para castigar las conductas contrarias a la ley; para lograr el cumplimiento de las disposiciones, y atender eficazmente el cuidado del entorno. Por lo que el objetivo de la investigación ha sido analizar las leyes que establecen los derechos y las obligaciones para proteger el ambiente y que estas preserven sanos a todos los seres vivos, con énfasis en los instrumentos económicos del artículo 22 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA).

El Estado, en su administración, ejerce facultades que la Constitución y las leyes le otorgan para proteger el ambiente, siendo su obligación cumplir incluso los reglamentos que permitan mantenerlo sano y sancionen a partir de la vigilancia que realicen, como lo establece el artículo 27 del cuarto al séptimo párrafo (CPEUM, 2023). Los problemas que ocasionan contingencia ambiental no son exclusivos de México, son comunes en otras regiones del planeta la contaminación producto a la diferentes actividades económicas y la actitud a veces negligente de individuos; que omiten las exigencias impuestas a partir de las facultades de la autoridad competente, de ahí las sanciones administrativas establecidas en la LGEEPA.

De las multas, infracciones o sanciones que se imponen por incumplir los lineamientos ecológicos, que la LGEEPA refiere, pueden derivarse atenuantes, reconsideraciones o conmutaciones de las penas instaurada, para minimizar el impacto de ellas al infractor, por desconocimiento de la Ley. Incluso pueden existir estímulos fiscales que impulsen el cumplimiento de las leyes y un cambio de cultura ambiental. Precisamente, de lo expuesto anteriormente se derivan las ideas principales que componen este estudio, pues se hace énfasis en los infractores reincidentes, eventuales y ocasionales.

Se analizaron someramente las disposiciones fundamentales que establecen la garantía de legalidad establecida en la Constitución, prerrogativa que motiva y sustenta el contenido de la LGEEPA, su reglamento y la legislación fiscal relacionada. Asimismo, se trataron los casos en que, a partir de la inspección y vigilancia por parte de las autoridades, se originan sanciones a infractores que fueron reincidentes y en los que el principio referido reprende las violaciones legales, surgiendo la improcedencia para solicitar su apego a la figura de la reconsideración de la multa.

Al respecto, lo más relevante del tema es mencionar la base constitucional de la cual parte el principio de legalidad, así como abordar su significado y algunos conceptos asociados que son esenciales. Este principio que se consagra como el fundamento de una de las garantías más relevantes para el Estado de Derecho (Elizondo, 2006) y se encuentra estipulado de manera implícita en el artículo 16 de la Constitución: «Nadie puede ser molestado en su persona, familia, domicilio, papeles o posesiones, sino en virtud de mandamiento escrito de la autoridad competente, que funde y motive la causa legal del procedimiento» (CPEUM, 2023, primer párrafo). De lo anterior se desprende que las autoridades solo pueden hacer lo que la Ley les permite (Gómora, 2020). En un sentido más amplio, el principio de legalidad significa que, los actos y comportamientos de la administración deben estar justificados en una ley de carácter general (Gordillo, 2021), es decir que la actuación de cualquier autoridad no debe tener un sentido arbitrario, ni mucho menos, violentar los derechos de los ciudadanos. Solo el Estado puede adoptar una decisión individual conforme a una disposición dictada; ya que tiene límites determinados por una Ley material anterior, este principio es protector del individuo, y no debe tener excepción (Nava, s.f.). Se deduce entonces, que la garantía de legalidad establece los lineamientos bajo los cuales, cualquier autoridad con poder público debe someterse ante actos con el grado de constitucionalidad, ya que el principio de legalidad le da carácter obligatorio, independiente de otras leyes y reglamentos (CPEUM, 2023). Con esta disposición en la Constitución se logró la protección a los gobernados con la inclusión de los derechos humanos, a fin de evitar actos autoritarios que vulneren el ideal de garantizar a los tutelados del uso arbitrario del poder en manos de funcionarios públicos. El principio de legalidad se ha extendido en varios artículos constitucionales, propiciando una cultura de justicia y regulación efectiva entre gobernado y gobernante. Uno de ellos es el artículo 31, en la fracción IV, que refiere en el ámbito fiscal la importancia de que la Ley sea la que cree los tributos que se deben pagar al Estado con apego a otros dos principios: proporcionalidad y equidad (CPEUM, 2023).

El artículo 1 del Código Fiscal de la Federación (CFF), expresa que las personas están obligadas a contribuir para los gastos públicos conforme a las leyes fiscales, incluso con las contribuciones accesorias. Por su parte, el artículo 2 del mismo instrumento legal, establece los impuestos, aportaciones de seguridad social, contribuciones de mejoras y derechos, los recargos, sanciones, gastos de ejecución e indemnización (CFF, 2021). Es en el sujeto sobre quien recae la Ley y violar la norma establecida da pauta a sanciones que, de acuerdo con la gravedad de la infracción, serán las sanciones según lo establecido en la LGEEPA.

DESARROLLO

La investigación realizada fue de tipo exploratorio, con un análisis documental desde el punto de vista legal del contenido de las disposiciones aplicables en materia social, económica y fiscal. Inicialmente se analizaron las disposiciones constitucionales, legales y reglamentarias; usando el método de interpretación literal y estricta (CFF, 2021). En el título sexto del capítulo IV de la LGEEPA, que aborda las sanciones, se resalta que, para cumplir con los parámetros, la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales efectúa inspecciones para vigilar que se cumpla con lo establecido. Por su parte, el capítulo II norma el procedimiento de dichas inspecciones que lleva cabo la Secretaría a través de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente en los domicilios. Además, plantea la existencia de órganos administrativos subordinados para aplicar de forma correcta la disposición legal y solucionar el problema (LGEEPA, 2023).

En el antepenúltimo párrafo del artículo 16 de la Constitución se indica que la autoridad administrativa practica visitas domiciliarias para verificar el cumplimiento del reglamento sanitario, acompañados de policías para comprobar que acatan las disposiciones fiscales y las formalidades prescritas (CPEUM, 2023). Los hechos que narra el acta por la realización de la visita domiciliaria por parte de la autoridad competente originan una resolución administrativa con las medidas para corregir y atender las deficiencias encontradas. A fin de que la infracción cometida tenga un castigo. Desde el punto de vista legal, la sanción del artículo 169 de la LGEEPA se podrá revocar o modificar, excepto cuando el infractor sea reincidente, pese al daño ambiental que se ocasione.

La obligación de reparar el daño ambiental causado es inminente y es una acción que el infractor debe llevar a cabo según lo previsto en el artículo 168 de la LGEEPA. El Ministerio Público debe tener conocimiento y participar hasta el final del proceso de aquellas acciones contrarias a la Ley, que violaron normas y afectaron el entorno, para que el culpable cumpla con lo que establece la ley para estos casos. El procedimiento administrativo que impone sanciones, así como la atención y el seguimiento que debe darse para cumplir con las medidas correctivas para subsanar las irregularidades detectadas por la autoridad; si éstas, los actos u omisiones constituyen delitos que señala la ley (LGEEPA, 2023).

La LGEEPA define al ambiente como «El conjunto de elementos naturales y artificiales o inducidos por el hombre que hacen posible la existencia y desarrollo de los seres humanos y demás organismos vivos que interactúan en un espacio y tiempo determinados» (LGEEPA, 2023, artículo 3). Por su parte el decreto de promulgación de los Acuerdos de Cooperación Ambiental y Laboral de América del Norte define a la legislación ambiental como la Ley que protege al ambiente, previene de peligros contra la vida y la salud humana a través de la prevención, el abatimiento o el control de fugas, descargas, emisiones, sustancias, materiales

peligrosos, y la diseminación de información que proteja la flora y fauna silvestres, especies en peligro de extinción y su hábitat en las áreas naturales (Diario Oficial de la Federación, 1993).

En el Diario Oficial de la Federación, con fecha 15 de julio de 2020, se publicó el *Acuerdo en Materia de Cooperación Ambiental* elaborado por México, Estados Unidos y Canadá. Su principal propósito es facilitar la participación y cooperación de todos en la mejora del ambiente, conservándolo y protegiéndolo para las generaciones futuras; principalmente por parte de la iniciativa privada, que hace uso de los recursos naturales para satisfacer las necesidades de la población (Diario Oficial de la Federación, 2020). El cual sigue representando uno de los principales fundamentos y eslabones en materia ecológica, social y económica, sumándose con ello a lo que menciona la normativa en México.

La legalidad y los derechos humanos

La referencia en materia fiscal en México encuentra su soporte en el artículo 5 del CFF, en el que se establecen gravámenes a los particulares, excepciones, infracciones y sanciones para los sujetos, los objetos, base, tasa o tarifa. Aunado a ello; se sabe que, al interpretar las normas con el método jurídico adecuado, a falta de norma fiscal expresa, se deben aplicar entonces las disposiciones del derecho federal común; con las que es posible complementar, siempre que no contraríe al derecho fiscal, por tanto, en México se cuenta con un sistema engranado y complementario, esto con la intención de no dejar coyunturas en la legislatura, fiscalidad y legalidad en materia ambiental y de derechos humanos (CFF, 2021). Las contribuciones o los aprovechamientos se actualizan desde el momento en que se debió pagar y hasta que se pague, junto con recargos e indemnización por la falta de pago oportuno.

Los recargos se causarán hasta por cinco años, en tanto no se extingan las facultades de las autoridades fiscales conforme lo que señala la ley. Las contribuciones o aprovechamientos omitidos y sus accesorios se determinan sobre el total del crédito fiscal, excluyendo los recargos y la indemnización a que se refiere el párrafo séptimo del artículo 21 del CFF, los gastos de ejecución y las multas por infracción a disposiciones fiscales. Referente a la tasa de recargos por mora es equivalente al 50% del monto que se adeuda (CFF, 2021), y esto se hará de manera independiente de que se exija el pago, la cual se calculará sobre las contribuciones omitidas actualizadas, ya que representan para la autoridad viáticos y traslados, para realizar las diligencias de ejecución de sus facultades.

El artículo 22 de la LGEEPA considera los instrumentos económicos como un mecanismo de carácter administrativo, fiscal, financiero o de mercado, mediante los cuales las personas pueden asumir el costo ambiental que generan sus actividades económicas, aunque también los beneficios. La consideración de acciones que favorezcan el ambiente (LGEEPA,

2023), como las medidas recaudatorias que afecten el bolsillo de quienes dañan el entorno, sin exclusividad, también son una invitación a las personas, en calidad de incentivo, para que los entes ejecuten mejoras.

Contribuciones accesorias

La sanción es una pena que, como se establece en el Código Fiscal de la Federación (2021), es consecuencia jurídica de incumplir un deber; el sujeto se hace acreedor de un castigo para corregir la conducta indebida y da como resultado un nuevo deber, su modificación o pérdida. Existen varios tipos de sanciones, dentro de estas se especifica la sanción administrativa como consecuencia de infracciones. Entre las que se encuentran recogidas en el artículo 171 de la LGEEPA (2023) están:

- Multa por el equivalente de 30 a 50 000 días de salario mínimo general vigente en el Distrito Federal al momento de imponer la sanción
- Clausura temporal o definitiva, total o parcial
- Arresto administrativo hasta por 36 horas
- El decomiso de los instrumentos, ejemplares, productos o subproductos directamente relacionados con infracciones relativas a recursos forestales, especies de flora y fauna silvestre o recursos genéticos, conforme a lo previsto en la ley
- La suspensión o revocación de las concesiones, licencias, permisos o autorizaciones correspondientes

En el artículo 171, fracción II, se hace referencia a las clausuras temporales o definitivas y totales o parciales que se aplica cuando:

- El infractor no haya dado cumplimiento a las medidas correctivas ordenadas dentro del plazo designado, y que procedente de una diligencia de verificación de medidas se compruebe que persisten las infracciones.
- Cuando el infractor cometa las mismas infracciones detectadas anteriormente, después de haberse notificado la primera fracción ocasionando daños severos al ambiente; este sería el caso de reincidencia.
- Si la desobediencia al cumplimiento de alguna o algunas medidas correctivas impuestas o de urgente aplicación, asciende a tres o más ocasiones, en este caso, el monto de la multa podrá ser hasta por dos veces del monto originalmente impuesto, sin exceder del doble del máximo permitido, así como la clausura definitiva.

En el artículo 171 de la LGEEPA se considera al infractor y al reincidente que incurra más de una vez en conductas que impliquen infracciones a un mismo precepto, en un período de dos años, contados a partir de la fecha en que se levante el acta en que se hizo constar

la primera infracción, siempre que esta no se desvirtúe (LGEEPA, 2023). Si la resolución que sanciona queda firme; a pesar de la clausura definitiva, en caso de reincidencia, el monto de la multa podrá ser hasta por dos veces del monto original impuesto, sin exceder del doble del máximo permitido; esto independientemente de los criterios de individualización de la sanción plasmados en el artículo 173 de dicha Ley. La sanción impuesta trae consecuencias, una es el nacimiento de nuevas obligaciones y/o la pérdida de derechos; otra es que el individuo infractor al adquirir la característica de reincidente por la calificación legal de sus actuaciones violatorias y desobediencias a la autoridad pierde al mismo tiempo los beneficios de revocar o modificar la sanción o sanciones impuestas ante la jurisdicción sancionadora; conforme lo establece el artículo 169 de la LGEEPA (2023).

Alternativas en el cumplimiento de accesorios

Existe en la LGEEPA dispensas diferentes a la establecida en el artículo anterior (173), que atenúa la sanción al infractor al corregir anomalías que le hayan ocasionado la aplicación de las normas del Capítulo IV, *Sanciones Administrativas*. En el artículo 173 se indica que: si el infractor aplica medidas correctivas para subsanar irregularidades, previo a que la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales imponga una sanción, lo que significa que el infractor cuenta con la oportunidad de modificar su situación de manera voluntaria o autocorregirse, figura que aparece como una prerrogativa en el artículo 2, Fracción XIII de la Ley Federal de los Derechos del Contribuyente (LFDC). Por otra parte, en el tercer párrafo de dicha ley, se indica la opción de invertir, adquirir e instalar equipos que eviten la contaminación, protejan, preserven o restauren el ambiente y cuiden los recursos naturales; siempre que se garanticen las obligaciones del infractor, y no esté en los casos del artículo 170 de la LGEEPA.

Cuando la Ley condiciona no estar dentro de los supuestos del artículo 170, se refiere a que no exista riesgo inminente de desequilibrio ecológico, daño o deterioro grave a los recursos naturales, ni casos de contaminación con repercusiones peligrosas para los ecosistemas, sus componentes y la salud pública (LGEEPA, 2023). En el artículo 169, se reconsidera la sanción cumpliendo requisitos como: tomar medidas correctivas de urgente aplicación o dictaminadas por la autoridad ambiental en los plazos establecidos, no ser reincidente ni incurrir en las disposiciones del artículo 170. Los infractores reacios no pueden obtener la reconsideración de la sanción, ya que así lo establece el artículo 173 (Procuraduría Federal de Protección al Ambiente, 2018).

Si el infractor realiza las acciones correctoras y subsana las irregularidades ocurridas que dieron lugar a la sanción, la Secretaría debe considerar la situación como atenuante de la infracción cometida. Si el infractor lleva a cabo medidas correctivas que subsanen las irregularidades detectadas en los plazos ordenados por la Secretaría, en los supuestos a que se refiere el artículo 169 de la Ley, podrá solicitar a la autoridad que modifique o revoque

la sanción impuesta en un plazo de 15 días a partir de que venza el último plazo concedido para la realización de las medidas correspondientes según lo indica el artículo 170 BIS (LGEEPA, 2023).

El segundo de los supuestos a considerar por la autoridad ambiental como atenuante a la infracción cometida, fracción Tercera del artículo 173, permite al individuo infractor que, por medio de la desinstalación de equipos, encaminado a evitar la contaminación y fomentar la protección, preservación o restauración del ambiente. En tal sentido se establece que la inversión sea equivalente a la sanción impuesta, para que adquiera la conmutación de la sanción (Procuraduría Federal de Protección al Ambiente, 2018); dicha opción es solicitada por el infractor ante la autoridad correspondiente.

La reconsideración de la sanción, con la conmutación, mantiene limitaciones; las que excluyen a quienes se encuentren en las fracciones del artículo 170 de la LGEEPA. Dichas reconsideraciones aparecen recogidas en el último párrafo del artículo 173 y están relacionadas con la realización de inversiones que garanticen la protección, preservación, restauración del entorno y los recursos naturales (LGEEPA, 2023). Cuando una empresa realiza erogaciones que resultan necesarias, porque tiene un plan de acción en virtud de un certificado que solicitó al Programa Nacional de Auditorías Ambientales, conforme al artículo 9 del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Autorregulación y Auditorías Ambientales.

Existen restricciones para los infractores reincidentes, por la conmutación de la sanción, en materia ambiental según la acepción de la LGEEPA. En este caso son considerados reincidentes aquellos individuos que, a pesar de los ordenamientos establecidos y las recomendaciones con motivo de infracciones, hacen caso omiso y cometen infracciones en su actuación; y al detectarse incumplimientos el infractor se considera como reincidente, aspecto que está señalado en el último párrafo del artículo 171, sujetándose a las prescripciones del artículo 173 y la posible conmutación de la sanción prevista (LGEEPA, 2023). Con fundamento en el artículo 21 del Código Penal Federal (CPF) serán considerados como «delincuente habitual», procedentes de una inclinación viciosa, tomando en cuenta si las infracciones se realizan tres veces en un periodo que no exceda de diez años (CPF, 2023).

En el procedimiento administrativo, en su intervención previa, se advierte de las contravenciones cometidas, ya sea por desconocimiento de la Ley o por falta de prevención a las obligaciones ambientales. En tal sentido, si el infractor ya fue advertido del daño ambiental que ocasionó y comete nuevamente la infracción con dolo, debe asumir las consecuencias de dicha afectación. De ahí que la actuación de la autoridad ambiental resulta procedente por el artículo 15, fracción IV de la Ley; dado que dicha acción afectó o puede afectar el ambiente y es preciso prevenir, minimizar y reparar los deterioros que cause, y asumir los costos de

esta. En cambio, incentivar a quien proteja el ambiente y aproveche de manera sustentable los recursos naturales deben ser un motivo de apoyo (LGEEPA, 2023).

Los principios de proporcionalidad y equidad, establecidos en la Constitución, y que se extienden al artículo 173 de la LGEEPA, son tenidos en consideración en la imposición de sanciones como la clausura definitiva a los individuos que reincidieron en infracciones; siendo esta clausura definitiva, la sanción más drástica que ordena la autoridad, ya que interrumpe la actividad económica de un ente (Carmona, 2003). Dicha medida afecta los derechos constitucionales, e impide el ejercicio de la potestad jurídica, ocasionando pérdidas en su actividad y en los bienes, incluso perjudica a trabajadores y demás grupos de interés. Cabe señalar que respecto del artículo 171, fracción I, las desobediencias a los mandatos de esta Ley, sus reglamentos y las disposiciones que de ella emanen se sancionan administrativamente por la Secretaría, con una o más de las sanciones de las que prevé este numeral (LGEEPA, 2023).

DISCUSIÓN

Respecto al alcance de la afectación que se deduce de la sanción impuesta, se comprende que el acto de autoridad realizado por las facultades que otorga la ley ambiental debe supeditarse en la garantía de legalidad, consagrada en el artículo 16 de la Constitución (CPEUM, 2023). Se sabe que el acto de molestia puede afectar a algunos de los siguientes bienes jurídicos comprendidos dentro de la esfera subjetiva del gobernado: de acuerdo con su persona, a su familia, a su domicilio o a sus bienes, como indica la Constitución.

La restricción para los infractores reincidentes, en materia de reconsideración o conmutación de la sanción, puede considerarse un acto de autoridad que debe supeditarse a las exigencias que establece la garantía de legalidad, que instaura el artículo 16 de la Constitución, al referirse a que nadie puede ser molestado en su persona y que, desde el punto de vista jurídico, afecta a la personalidad jurídica del sujeto. En esta presunción, se habla de personas morales, que, mediante el acto de autoridad de restricción a reconsiderar la sanción impuesta, se le estarían reduciendo potestades inherentes a su ser jurídico, impidiendo o limitando el ejercicio de su actividad social.

Al no poder reconsiderar o conmutar la sanción a que se hizo acreedor el sujeto (persona física), se procede a la clausura definitiva, ocasionando una privación jurídica, que provoca un perjuicio en su domicilio. Lo anterior representa una desventaja moral para quienes se sanciona en el lugar o sitio donde se concentre la administración, entendiéndose como tal el lugar donde se infringieron las disposiciones, reglamentos o preceptos emanados de la LGEEPA. Obteniendo como castigo la sanción adecuada, afectando todos los bienes muebles e inmuebles, bajo el poder posesorio del infractor (Contreras, 2010).

De la emisión del acto de molestia, se desprenden los requisitos indispensables que se expresan por mandamiento escrito de la autoridad con competencia, que funda y motiva; incurriendo en una afectación del principio de legalidad (Contreras, 2010). La postura, al momento de que a los infractores reincidentes se les niega la posibilidad de modificar o revocar la sanción que se les impuso, en este caso la clausura definitiva, no resulta afectada la persona moral, ni en su domicilio, ni en sus posesiones (CPEUM, 2023). La ejecución de acto de autoridad le ocasiona una privación en la esfera jurídica al no poder evitar el cierre total de su domicilio, que procede de una resolución administrativa resultado de una segunda inspección de autoridad que verifica el requerimiento previo, donde se percata quiénes cumplieron o desobedecieron, convirtiéndose así en infractores reincidentes.

El alcance legal depende de la infracción que se realizó de la Ley o leyes que desacató. La resolución administrativa que señala las causas, motivos o razones en que el gobernado se halle ante la resolución que precisa la sanción a que se hizo merecedor el infractor, por cada anomalía delatada, al igual que la medida correctiva y el plazo para subsanarla (Carmona, 2003). Cada una de las sanciones que puedan imponerse se basan en la LGEEPA, y en este acto la autoridad ambiental enumerará las medidas que se estimen necesarias para las infracciones consideradas, fundamentando la normatividad aplicable.

Por lo tanto, cuando la autoridad ambiental, en este caso Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales mediante la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente, realiza un acto de molestia en contra de un individuo infractor con carácter reincidente, limitando el ejercicio de su actividad social y causando un detrimento a su persona, domicilio y posesiones, referente a la restricción de ser acreedor a una reconsideración o conmutación de la sanción que se le impuso, no se infringe la garantía de legalidad constitucional. Toda vez que dicho acto de molestia cumple con las exigencias estipuladas en el primer párrafo del artículo 16 de la Constitución, que pretende proteger al gobernado frente a los actos arbitrarios de cualquier autoridad que la LGEEPA y el Reglamento de auditoría ambiental prevén.

CONCLUSIONES

El principio de legalidad interpretado de manera literal es base para el cuidado y defensa del ambiente y se hace valer de forma plena, con la propia Carta Magna, que hace alusión a la obligatoriedad de los mexicanos de cumplir leyes como la LGEEPA y cuándo no. Considera además aspectos importantes como el objeto de la Ley y las consecuencias en caso de incumplimiento como dice el CFF. Precisamente, las contribuciones accesorias surgen en consecuencia de omisiones, incumplimientos o actuaciones indebidas o contrarias a la Ley, dando oportunidad al nacimiento de sanciones como multas, recargos y actualizaciones por el desacato de las leyes y reglamentos.

La Constitución reconoce, en el párrafo 5 del artículo 4, que toda persona tiene derecho a disfrutar de un óptimo desarrollo y bienestar en su vida y la de sus seres queridos, y el gobierno se encarga de garantizar ese derecho, así como también se encarga de sancionar a quien dañe o deteriore el ambiente y la salud de la población. Imputándole responsabilidad a los provocadores de riesgos a corto, mediano y largo plazo que causen problemas al medio, aunque parezcan invisibles de forma inmediata, pero que están latentes y sean potencialmente graves.

México, como Estado miembro de acuerdos internacionales en materia ambiental que integran el marco jurídico de la República, vela por el cumplimiento de lo establecido en materia de cuidado del ambiente y defensa de los derechos humanos, laborales, económicos, sociales y culturales, especializados en resolver violaciones a prerrogativas y actos de autoridad arbitrarios. El marco jurídico recoge también los principales problemas enfrentados para proteger el ambiente, como la industrialización, abuso de los sistemas de producción sin planificación, explotación desmedida de los recursos naturales y falta de aplicación de la legislación; con lo que coinciden varios autores que se consultaron de forma exploratoria.

Disfrutar de un ambiente sano es un derecho humano fundamental, la vinculación estrecha entre el ambiente y la vida, demanda prestar atención urgente a la preservación ambiental para evitar daños irreversibles a los recursos naturales. Si una persona actúa en perjuicio de este, debe ser sancionados para resarcir el ecosistema y los efectos negativos que sobre el ambiente causó. Además, existen incentivos cuando la actuación sea de protección ambiental y se alinea al desarrollo sustentable para alcanzar estándares internacionales, y con los que deberían la legislación mexicana y las disposiciones administrativas ser más estrictas.

Impera la necesidad de promover un proceso de armonización de legislaciones que propicien acuerdos, compatibilizando las necesidades de crecimiento económico y preservación del ambiente. Esto puede ser posible mediante la aplicación programada de medidas coherentes, fehacientes y razonables en las áreas ambientales, fiscales, económicas, jurídicas y políticas que garanticen un ambiente limpio, saludable y sostenible y que respete, proteja y haga efectivo los derechos humanos, al más alto nivel.

En México, los gobiernos y autoridades Federal, Estatal y Municipal deben procurar el respeto de los derechos humanos, para evitar daños al ambiente, propiciar acuerdos con entes involucrados que garanticen la conservación y el uso sostenible de los ecosistemas y la diversidad. El derecho al ambiente sano se entiende y opera a partir del deber, de la esperanza de las aspiraciones sociales a las que todos tienen derecho y se construye de manera distinta a los demás derechos humanos, desde los esquemas de responsabilidad ambiental, con las Normas Oficiales Mexicanas o incluso los estándares de certificación, con el fin de observar óptimas prácticas empresariales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Carmona, M. C. (2003). *Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. Comentarios y Concordancias*. Procuraduría Federal de Protección al Ambiente/ Universidad Nacional Autónoma de México/ Instituto de Investigaciones Jurídicas. México. <https://acortar.link/6bqK3s>
- Código Fiscal de la Federación. (12 de noviembre de 2021). *Disposiciones referidas a contribuciones y contribuciones accesorias*. México. Cámara de Diputados. <https://acortar.link/3hlnnt>
- Código Penal Federal. (18 de octubre de 2023). México. Cámara de Diputados. <https://acortar.link/qALWgf>
- Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. (6 de junio de 2023). *Principios constitucionales y Derechos Humanos*. México: Cámara de Diputados. <https://acortar.link/48Va8y>
- Contreras, J. (2010). *Derecho Constitucional*. Editorial Mc Graw Hill.
- Diario Oficial de la Federación. (15 de julio de 2020). *Decreto Promulgatorio del Acuerdo en Materia de Cooperación Ambiental entre los Gobiernos de los Estados Unidos Mexicanos, de los Estados Unidos de América y de Canadá*. México. Diario Oficial de la Federación. <https://acortar.link/j8NOFj>
- Diario Oficial de la Federación. (21 de diciembre de 1993). *Decreto de promulgación de los Acuerdos de Cooperación Ambiental y Laboral de América del Norte*. Diario Oficial de la Federación. <https://acortar.link/NsG4KV>
- Elizondo, E. (2006). *Análisis de la garantía de seguridad jurídica en las resoluciones dictadas dentro del procedimiento administrativo disciplinario para servidores públicos* [Tesis de grado, Universidad de las Américas Puebla]. Repositorio Institucional. <https://acortar.link/vkSXuc>
- Gómora, S. (2020). La jurisprudencia mexicana y el principio de legalidad: una compleja relación. *Boletín Mexicano de Derecho Comparado*, 1(155). 799-839. <https://doi.org/kxkq>
- Gordillo, A. (2021). *La defensa del usuario y del administrado*. Editorial Diké. <https://acortar.link/RNhYNU>
- Ley Federal de los Derechos del Contribuyente. (23 de junio de 2005). México. Cámara de Diputados. <https://acortar.link/UeZz4o>
- Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable. (26 de abril de 2021). *Sanciones administrativas*. México. Cámara de Diputados. <https://acortar.link/ut9dhZ>
- Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente. (8 de mayo de 2023). *Disposiciones ambientales, incumplimiento legal y Sanciones administrativas*. México: Cámara de Diputados. <https://acortar.link/7S973H>

Nava, J. (s.f.). *La Cultura de la Legalidad*. Recuperado el (15 de mayo de 2022) <https://acortar.link/mNAcvo>

Procuraduría Federal de Protección al Ambiente. (2018). *Conmutación de Multas por Incorporación al Programa Nacional de Auditoría Ambiental*. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. <https://acortar.link/WGqToI>



Modelo sostenible para gestión de residuos sólidos inorgánicos en la región Valle de Zamora, Michoacán

Sustainable model for inorganic solid waste management in the Zamora Valley región, Michoacán

Modelo sustentável de gestão de resíduos sólidos inorgânicos na região do Vale de Zamora, Michoacán

Ismael Barrera Valdivia / Universidad Centro Panamericano de Estudios Superiores-Tecnológico Nacional de México, México/ ismael.bv@zamora.tecnm.mx

Recibido: 12/12/22

Aceptado: 20/7/23

Publicado: 17/11/23

RESUMEN

El estudio realizado tiene como objetivo diseñar un modelo sostenible de gestión de residuos sólidos inorgánicos, en la región del Valle de Zamora en Michoacán, México; región conformada por los municipios Zamora y Jacona. La investigación es de enfoque mixto: cualitativo mediante la observación en campo, entrevistas semiestructuradas a informantes clave y conocimiento empírico; y cuantitativo mediante estadística inferencial para la selección de una muestra poblacional que fue encuestada. Los problemas en el manejo y gestión de los residuos que se encontraron a simple vista fueron: en forma de depósitos inadecuados en las calles, tiraderos clandestinos y en áreas verdes. Lo anterior evidenció la carencia tanto de un modelo pertinente de manejo y gestión de residuos sólidos inorgánicos, como de una planeación estratégica que evite el incremento de los residuos generados por la población. Como resultados, no solo se obtuvo un modelo adecuado para la región, sino que también se observó la necesidad de una participación conjunta entre el sector académico, empresarial y gubernamental en cuestiones de educación ambiental y capacitación en sostenibilidad. Además, se evidenció la necesidad de participación de toda la población para poder lograr la aplicación de este modelo sostenible de gestión de residuos sólidos inorgánicos.

Palabras clave: bienestar económico, desarrollo regional, educación ambiental, sector académico, sector empresarial, sector gubernamental

ABSTRACT

This paper presents the design of a sustainable model for inorganic solid waste management, in the Valle de Zamora region in Michoacán, Mexico; region made up of the municipalities of Zamora and Jacona. A mixed research approach was developed: qualitative through field observation, semi-structured interviews with key informants and empirical knowledge; and quantitative through inferential statistics for the selection of a population sample that was surveyed. The problems in the handling and management of waste that were found with the naked eye were: in the form of inadequate deposits in the streets, clandestine dumps and in green areas. Making this evident the lack of both a relevant model of management and management of inorganic solid waste, as well as a strategic planning that avoids the increase in waste generated by the population. As a result, not only was an adequate model for the region obtained, but also the need for joint participation between the academic, business and government sectors in matters of environmental education and sustainability training was discovered, evidencing the need for participation of all the population in order to achieve the application of this sustainable model of inorganic solid waste management.

Keywords: academic sector, business sector, economic well-being, environmental education, government sector, regional development

RESUMO

Este artigo apresenta o desenho de um modelo sustentável de gestão de resíduos sólidos inorgânicos, na região do Valle de Zamora em Michoacán, México; região composta pelos municípios de Zamora e Jacona. Foi desenvolvida uma abordagem de investigação mista: qualitativa através da observação de campo, entrevistas semi-estruturadas com informantes-chave e conhecimento empírico; e quantitativa por meio de estatística inferencial para a seleção de uma amostra da população que foi pesquisada. Os problemas no manejo e gerenciamento dos resíduos encontrados a olho nu foram: na forma de depósitos inadequados nas ruas, lixões clandestinos e em áreas verdes. Tornando isso evidente a falta tanto de um modelo relevante de gestão e gestão dos resíduos sólidos inorgânicos, quanto de um planejamento estratégico que evite o aumento de resíduos gerados pela população. Como resultado, obteve-se não apenas um modelo adequado para a região, mas também a necessidade de uma participação conjunta entre os setores acadêmico, empresarial e governamental em questões de educação ambiental e capacitação em sustentabilidade, evidenciando a necessidade da participação de toda a população para conseguir a aplicação deste modelo sustentável de gestão de resíduos sólidos inorgânicos.

Palavras chave: bem-estar econômico, desenvolvimento regional, educação ambiental, setor acadêmico, setor empresarial, setor governamental

INTRODUCCIÓN

La República Mexicana ha experimentado un crecimiento demográfico en los últimos años; en el 2010, la población era de 114 092 063 habitantes según el Banco Mundial (2019) y en el 2020 era de 126 014 024 (Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI], 2020). Según la información del INEGI (2020) entre 2010 y 2020 la población aumentó un 10.4%, provocando un incremento de los desperdicios domésticos e industriales. Esto resulta negativo en cuestiones de generación de residuos, ya que a mayor población mayor generación de residuos. En este caso el residuo sólido de mayor afectación en México es el plástico.

Durante la década de los 30 del siglo pasado se comenzaron a generar los plásticos, pero no fue sino hasta dos décadas después que su uso empezó a permear en todos los ámbitos de la vida. Este impacto fue tan grande que para la mitad de la década de los 80 su consumo ya había rebasado al de otros materiales como los metales. Un plástico es un polímero, un material formado por la unión repetitiva de miles de átomos hasta formar moléculas de gran tamaño, conocidas como macromoléculas integradas principalmente de hidrógeno, carbono, cloro, oxígeno, azufre, nitrógeno, fósforo y silicio (Santillán, 2018).

La generación de los residuos no se detendrá, esto es un hecho que se debe tener en cuenta, todos los procesos productivos generan residuos, esto es algo presente en todos los países, sean desarrollados o en vías de desarrollo. Producciones masivas, aportan a la generación de residuos, creando un importante problema contemporáneo a nivel global, por lo que resulta urgente encontrar soluciones adecuadas para solventar este problema de manera sostenible (Castells, 2012). La velocidad a la que nuestra sociedad genera residuos, es superior a su capacidad para hacerlos desaparecer; en este caso, el término capacidad incluye disponibilidad de infraestructuras para el tratamiento y reciclado, de ahí la necesidad de contar con personal cualificado con los conocimientos teóricos y prácticos necesarios, aplicación de sistemas de gestión adecuados y sobre todo, en un lugar muy destacado, voluntad para afrontar un problema que hace tiempo afecta a la sociedad (Vargas, 2015).

Tal y como lo plantea Barrera *et al.* (2022) para lograr un desarrollo regional es necesario eliminar los modelos obsoletos o poco amigables con el ambiente. Es por ello que, es de suma importancia la evaluación de los modelos actuales que se están implementando, con la finalidad de realizar constantes investigaciones, con el objetivo de modificar y diseñar nuevos modelos ambientales.

Para Pérez y Gardey (2020) un modelo de gestión es un esquema o marco de referencia para la administración de una entidad. Los modelos de gestión pueden ser aplicados tanto a negocios privados, empresas y la administración pública. Esto significa que los gobiernos cuentan con modelo de gestión en el que se basan para el desarrollo de acciones y políticas,

con el que pretenden alcanzar sus objetivos. El concepto de modelo de gestión, aunque puede ser, empresarial, ambiental, de calidad, tiene una definición similar, lo que permite la estandarización del concepto, aunque la aplicación sea muy diferente. Una definición propia del concepto modelo de gestión integral de residuos sólidos inorgánicos es: marco teórico de referencia que integra las actividades y procesos a realizar, para llevar a cabo el óptimo tratamiento y disminución sostenible de los residuos sólidos inorgánicos generados en una comunidad.

Según Jiménez-Martínez (2021) la sustentabilidad llama a una transformación profunda y la visualiza como una vía para remontar la tragedia ambiental contemporánea. El objetivo principal de la investigación es diseñar un modelo para la gestión de residuos sólidos inorgánicos, que permita generar un bienestar sostenible en los habitantes del Valle de Zamora en Michoacán, mediante la inclusión de los aspectos económico, social y ambiental. Como objetivos secundarios está estudiar la educación ambiental en manejo de residuos sólidos inorgánicos en lo académico, empresarial y gubernamental y determinar la posibilidad para que los residuos sólidos inorgánicos puedan ser aprovechados de nueva cuenta mediante metodologías sostenibles como las *tres erres* (3Rs) y economía circular.

El problema central encontrado fue que, en el Valle de Zamora, no se cuenta con un modelo de gestión integral que permita el aprovechamiento idóneo de los residuos sólidos inorgánicos actuales. Unido a ello se pudo constatar que no cuenta con una planeación estratégica adecuada para evitar que se incrementen los residuos generados por la población; este tipo de conocimientos deben ser transversales para todos los habitantes de la región. La afectación más notoria es el depósito de residuos en calles, tiraderos clandestinos y áreas verdes, lo que no solo evita el aprovechamiento de los residuos sólidos reciclables como una fuente de economía, sino que también generan focos de infección e incluso afecta la estética paisajística de los sitios en los que se encuentran estos depósitos.

Como lo mencionan Fonseca y Barrera (2023) actualmente, existen metodologías que, al llevarse a cabo, generan diversos beneficios, una de estas es la metodología de las 3Rs. El significado de las 3Rs es: Reducir, Reutilizar y Reciclar; la propuesta generada por *GreenPeace*, organización no gubernamental, se basa en tres simples pasos para la disminución en la producción de residuos y con esto contribuir a la protección y conservación del ambiente. Acciones como estas, aportan al desarrollo regional y permiten obtener mejoras en la calidad de vida en las localidades.

Otro modelo óptimo para implementar es la economía circular, esta pretende superar el modelo económico tradicional, basado en el uso de grandes cantidades de recursos, por una alternativa viable y eficiente que minimice el impacto ambiental. Según datos del Parlamento Europeo, la Unión Europea produce más de 2500 millones de toneladas al año de residuos.

Con una economía basada en el reciclaje, los países comunitarios podrían ahorrarse hasta 630 000 millones de euros anuales y crear 580 000 empleos. Un impacto económico iría paralelo al beneficio ambiental, puesto que ayudaría a reducir un 70% las emisiones de CO₂ para 2030 (National Geographic, 2019).

En opinión de Espaliat (2017) la verdadera economía circular es aquella que se caracteriza por ser regenerativa y restaurativa e intenta que componentes, materias y productos, mantengan su valor máximo y su utilidad en todo momento, conciliando los principios de equilibrio y resiliencia característicos de los ciclos biológicos con los ciclos técnicos.

Como caso de éxito, se puede mencionar a España con la Estrategia Española de Economía Circular *España Circular 2030* que sienta las bases para el impulso de un nuevo modelo de producción y consumo en el que el valor de recursos, materiales y productos se mantengan en la economía durante el mayor tiempo posible, reduciendo la generación de residuos al mínimo y aprovechando con el mayor alcance posible los que no se pueden evitar. La estrategia contribuye a los esfuerzos de España por lograr una economía sostenible y establece orientaciones a modo de decálogo. Además presenta de manera cuantitativa una serie de objetivos que deben ser alcanzados para el año 2030 como reducir en un 30% el consumo nacional de materiales en relación con el PIB, tomando como año de referencia el 2010, reducir un 15% la generación de residuos respecto de lo generado en 2010, reducir la generación residuos de alimentos en toda cadena alimentaria: 50% de reducción per cápita a nivel de hogar y consumo minorista y un 20% en las cadenas de producción y suministro a partir del año 2020 e incrementar la reutilización y preparación para la reutilización hasta llegar al 10% de los residuos municipales generados (Gobierno de España, 2020).

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El Valle de Zamora ubicado en el estado de Michoacán de Ocampo en México, es un valle conformado por dos municipios: Zamora (municipio que aporta el nombre del valle) y Jacona. Zamora de Hidalgo es el nombre completo de este municipio que se encuentra en el estado de Michoacán. El origen de este lugar se remonta a 1574 cuando fue fundado por orden virreinal. En la actualidad, es una importante zona productora de frambuesas, zarzamoras, fresas y arándanos (Cisneros, 2022). Se localiza al noroeste del Estado, en las coordenadas 19° 59' de latitud norte y 102° 17' de longitud oeste, a una altura de 1560 metros sobre el nivel del mar. Limita al norte con Ixtlán y Ecuandureo, al este con Churintzio y Tlazazalca, al sur con Juárez y Tangancícuaro, y al oeste con Chavinda y Tangamandapio. Se encuentra a 144 km de la capital del estado (Municipios.mx, 2023).

Jacona de Plancarte es el otro municipio que conforma el Valle de Zamora, Jacona se fundó el 5 de noviembre de 1555 por el Fray Sebastián de Trasierra. La agricultura es la principal actividad económica que se desarrolla en el municipio, se cultiva la fresa, el maíz, trigo, sorgo, así como hortalizas, frutas y flores (Municipios.mx, 2023). Se localiza al noroeste del Estado, en las coordenadas 19° 57' de latitud norte y 102° 18' de longitud oeste, a una altura de 1580 metros sobre el nivel del mar. Limita al norte con Zamora, al este y sur con Tangancícuaro y al oeste con Tangamandapio. Su distancia a la capital del Estado es de 150 km. Se estipula que la composición de los residuos sólidos presentes en el Valle de Zamora son 50% orgánico y el 50% inorgánico (Televisión del Valle de Zamora, 2019).

En ambas ciudades, se presenta la generación de residuos a nivel doméstico e industrial, esto en sectores como el agroindustrial, la comercialización, así como pequeñas y medianas empresas (PYMES), que al producir bienes y servicios generan cantidades considerables de estos residuos. Se estipula que tan solo en Zamora, se generan más de 200 toneladas de basura al día (Castro, 2020). El análisis de antecedentes para Jacona carece de certeza y seguridad, pues no existe información específica sobre las cantidades de residuos que se generan, solo se cuenta con información acerca de residuos orgánicos, excluyendo los sólidos inorgánicos.

Para el desarrollo de esta investigación se utilizó un enfoque mixto. La parte cualitativa apoyada en la opinión de Hernández-Sampieri y Mendoza (2018) con la finalidad de poder estudiar el fenómeno de manera sistemática, examinando los hechos en sí y revisando los estudios previos, al hacer ambas acciones de manera simultánea, en búsqueda de la generación de una teoría que sea consistente con lo que se observó que ocurre.

Como técnica cualitativa se utilizó la observación participante en campo, aquella donde participa el investigador de manera activa dentro del caso de estudio según Vásquez (2020). Los recorridos se realizaron por las zonas más afectadas por los residuos sólidos inorgánicos dentro del Valle de Zamora. También se empleó las entrevistas semiestructuradas a informantes clave, que según Vásquez (2020) antes de la entrevista el investigador prepara un guion temático sobre lo que quiere que se hable con el informante. Las preguntas son abiertas y el informante puede expresar sus opiniones, matizar sus respuestas, e incluso desviarse del guion inicial pensado por el investigador cuando se atisban temas emergentes que es preciso explorar. Además, el entrevistador debe mantener la atención suficiente como para introducir en las respuestas del informante los temas que son de interés para el estudio, enlazando la conversación de una forma natural.

Para Fresno (2019) los informantes clave son aquellos individuos que poseen conocimientos, posición dentro del grupo, o destrezas comunicativas especiales y que están dispuestos a cooperar con el investigador. La selección de los informantes clave dependerá de la infor-

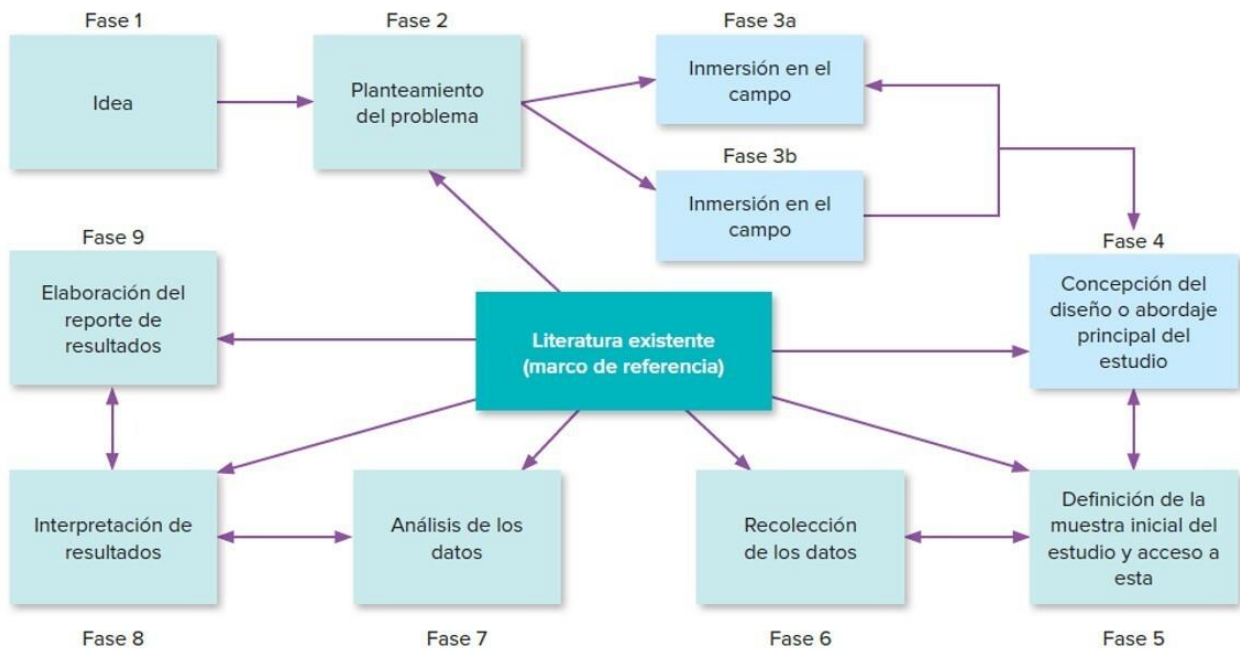
mación que se pretenda obtener según los objetivos del estudio. Para el desarrollo de esta investigación, fue necesario recolectar información de fuentes bibliográficas; se seleccionó las tres principales Universidades de la zona; así como las tres principales empresas; y se contactó al gobierno de Zamora y de Jacona. La finalidad fue entrevistar al máximo nivel jerárquico posible de cada organización y obtener la información pertinente sobre la manera en que se lleva a cabo la gestión de residuos sólidos inorgánicos. Fueron seleccionadas las tres principales universidades, las tres principales empresas y los gobiernos de cada ciudad, por el alto impacto que generan en la población. El diseño de la entrevista semiestructurada se basó en las siguientes preguntas:

1. ¿Qué programas o iniciativas ambientales manejan en su institución?
2. ¿Qué tratamiento se le da en su institución a los residuos sólidos generados a nivel interno?
3. ¿Cómo se lleva a cabo la educación ambiental en su institución?
4. ¿Cómo se fomenta una cultura sostenible dentro de su institución?
5. ¿Cuentan con alguna certificación ambiental?
6. En cuestión de residuos sólidos inorgánicos en la ciudad, ¿Cuál es su percepción sobre la cultura de la sociedad?
7. ¿Conoce el concepto de economía circular? De ser sí ¿Aplican algo de eso en su institución?
8. ¿Cuál es su percepción sobre las futuras generaciones de la ciudad en lo referente al compromiso ambiental?
9. ¿Considera que en su ciudad está implementado un buen modelo de gestión en los residuos sólidos inorgánicos?
10. ¿Qué apoyo requiere su institución de la sociedad para formar ciudadanos ambientalmente comprometidos?

El conocimiento empírico según Rodríguez y Pérez (2017) hace referencia a la experiencia adquirida. Refiriéndose al uso de los sentidos, tanto en la observación de los objetos y fenómenos, como en la experimentación o manipulación física de ellos. Los sentidos y el aspecto físico de las cosas están en el primer plano de la atención; es por ello que también se tuvo en consideración como parte de la metodología.

Para el procesamiento de la información cualitativa que se obtuvo, se empleó el proceso de investigación cualitativo que aparece en la *figura 1*.

Figura 1. Proceso de investigación cualitativo



Fuente: Hernández-Sampieri y Mendoza (2018).

En la parte cuantitativa, para conocer lo que la ciudadanía percibía del fenómeno de los residuos sólidos inorgánicos, se empleó estadística inferencial, con el objetivo de seleccionar una muestra efectiva y realizar una encuesta con diseño de preguntas de manera dicotómica. Para ello se utilizó la ecuación para calcular el tamaño de una muestra para población finita (ecuación 1), arrojando el número de personas que debían ser encuestadas (QuestionPro, 2021)

$$n = \frac{N \cdot Z_{\alpha}^2 \cdot p \cdot q}{e^2 \cdot (N - 1) + Z_{\alpha}^2 \cdot p \cdot q} \text{ (ecuación 1)}$$

Donde:

n= Tamaño de muestra buscado

N= Tamaño de la población o universo

Z= Parámetro estadístico que depende el nivel de confianza

e= Error de estimación aceptable

P= Probabilidad que ocurra el evento estimado

q= Probabilidad de que no ocurra el evento estimado

Para los datos, se manejó un nivel de confianza del 95%, el valor de Z=1.96, el tamaño del universo poblacional es conocido, ya que es el número de habitantes de la región del Valle

de Zamora, que es de 280 657; como se desconocía la probabilidad del evento, se asignó 50% y 50%. Por último, el error estimado usado fue un 5%. Sustituyendo los datos en la ecuación 1 quedaría de la siguiente forma

$$n = \frac{280\,657 * 3.8316 * 0.5 * 0.5}{0.0025 * (280\,657 - 1) + 3.8316 * 0.5 * 0.5}$$

Lo anterior dio como resultado 384 personas como cantidad mínima a ser encuestadas. Los softwares que se emplearon para el procesamiento y manejo de datos fueron: *QuestiónPro* para la generación y procesamiento de los datos, así como *Microsoft Excel* para presentarlos de manera gráfica mediante estadística descriptiva. El cuestionario se elaboró con base a 10 preguntas dicotómicas «cerradas» quedando de la siguiente manera:

1. ¿Qué tipo de residuo sólido considera usted que se genera más, orgánico o inorgánico?
2. ¿Tienen usted conocimiento de donde terminan sus residuos sólidos?
3. ¿Usted ha sido afectado alguna vez por la basura?
4. ¿Ha observado usted a personas tirar basura en lugares inadecuados en Zamora o Jacona?
5. ¿Usted considera que las ciudades de Zamora o Jacona son ciudades limpias?
6. En caso de algún problema con la basura, ¿usted sabe a quién acudir?
7. ¿Conoce las leyes de residuos sólidos para Zamora o Jacona?
8. ¿Considera que la mayoría de las empresas en Zamora-Jacona se preocupan por sus residuos sólidos?
9. ¿Cree que el gobierno brinda apoyo a la ciudadanía con la basura?
10. ¿Conoces las sanciones en Zamora-Jacona por tirar desechos en lugares indebidos?

El medio de transmisión de la encuesta se realizó de forma aleatoria mediante un enlace que proporcionó el sistema *QuestiónPro* que se hizo llegar al público por redes sociales y vía correo electrónico. Buscando una inclusión social, en el desarrollo de las preguntas no se cuestionó sobre sexo, edad o perfil profesional, tampoco se incluyó el giro de trabajo, la única restricción que se manejó para obtener las respuestas, fue que los encuestados perteneciera a la Zona Metropolitana Zamora-Jacona, con el objetivo de obtener datos precisos del caso de estudio. La forma de control fue mediante una observación en la encuesta solicitando por favor solo contestar si radicaba en la ciudad de Zamora o Jacona.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La observación participante en el campo fue el aspecto inicial que dio comienzo al análisis de la situación actual en las ciudades de Zamora y Jacona, recopilando la información visual obtenida para exponer el contexto actual en cada una de las ciudades. Para llevar a cabo la

aplicación del método de observación, se realizó un recorrido por las calles de ambas ciudades para validar como se encontraban en materia de residuos sólidos inorgánicos, evaluar la cultura de ambas poblaciones. Además, este método permitió constatar si en efecto la forma del modelo de gestión actual era implementado de manera eficiente y si existía seguimiento o apoyo gubernamental al respecto. En ambas ciudades se detectaron escenarios como el que se muestra en la *figura 2*.

Figura 2. *Depósito de residuos sólidos inorgánicos en sitios inadecuados*



Fuente: Tomada por el autor.

Escenarios inhóspitos como el anterior que afectan la apreciación urbana son el resultado de colocar los residuos sólidos en sitios inadecuados de manera indiscriminada por parte de la población. Lo observado demuestra la necesidad de un trabajo en cultura y educación ambiental, así como la generación de un modelo adecuado de gestión de residuos sólidos, donde se pueda aprovechar las condiciones de la materia para un nuevo proceso tal como lo sugiere la economía circular.

Al realizar las entrevistas semiestructuradas a los informantes clave de las tres instituciones académicas seleccionadas, se logró la interacción con el director académico de cada institución. Dichos informantes argumentaron tener en sus asignaturas temáticas, referentes al cuidado ambiental, fomentar una cultura en el alumnado de sensibilización y aplicación de buenas prácticas para el manejo de residuos. Unido a ello argumentaron tener sistemas de gestión internos, pero, coincidieron en dos cuestiones importantes a destacar: que no cuen-

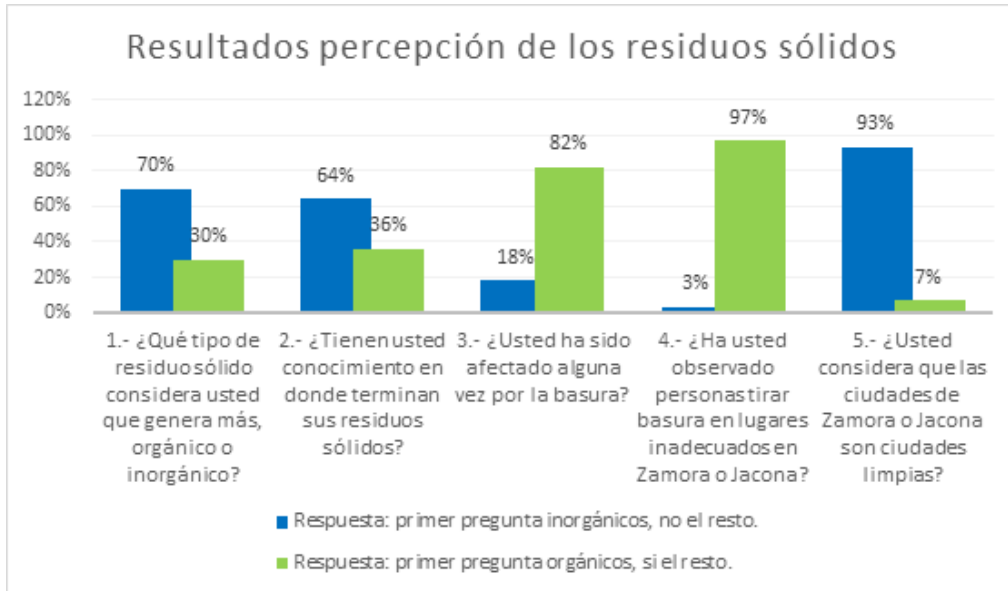
tan con apoyo gubernamental para la investigación o elaboración de proyectos ambientales, lo que dificulta la aplicación en la realidad; y que al final si ellos separan los residuos no sirve de nada puesto que el camión recolector los unifica de nueva cuenta para llevarlos al relleno sanitario de las ciudades.

Por su parte las personas entrevistadas (gerente general) de las tres empresas involucradas en la investigación, argumentaron que es necesario tener mayor enfoque en la temática de gestión de residuos sólidos inorgánicos, expresaron no contar con apoyo gubernamental para la aplicación de proyectos ambientales. Unido a ello indicaron que su percepción sobre la gestión de residuos sólidos inorgánicos puede innovarse, pero depende mucho de que el sector gubernamental quiera llevarlo a cabo. También sugirieron un cambio cultural en la población y que se involucre de manera correcta para hacer frente a la problemática.

En la entrevista al sector gubernamental, la atención se obtuvo del encargado de la logística de residuos y del relleno sanitario de cada ciudad. Dichos entrevistados informaron que en Zamora existen 20 unidades (camiones recolectores), cada unidad tiene una capacidad de 6 a 8 T e inician sus actividades a las 6:00 am y terminan a las 3:00 am. El entrevistado mencionó que son 180 personas las que trabajan para brindar el servicio en Zamora, tanto en aseo público como en el relleno sanitario. Para el caso de Jacona, la persona que concedió la entrevista mencionó que cuentan con 13 unidades y cada unidad representa una ruta de recolección. Ambos gobiernos consideran que es necesario mayor equipo y personal para atender las necesidades poblacionales en el Valle de Zamora, siendo el presupuesto una limitante para llevarlo a cabo. Además, todos están de acuerdo y abiertos a propuestas para generar cambios benéficos para la población, pero también admiten que debe ser un trabajo integral con la sociedad y no solo dejarles a ellos la problemática, puesto que en todos los casos expresaron que todos se deben sumar al cambio.

Con base a la aplicación de la encuesta aleatoria a la población del Valle de Zamora, se logró obtener dos segmentos cruciales, el primer segmento (*figura 3*) muestra el escenario de la percepción de los habitantes en la temática de los residuos sólidos. Ello con la intención de evaluar acorde a su propio pensamiento que tipo de residuos consideraron a nivel empírico era el que más generaban, así como evaluar el conocimiento en otros aspectos culturales de los comunitarios.

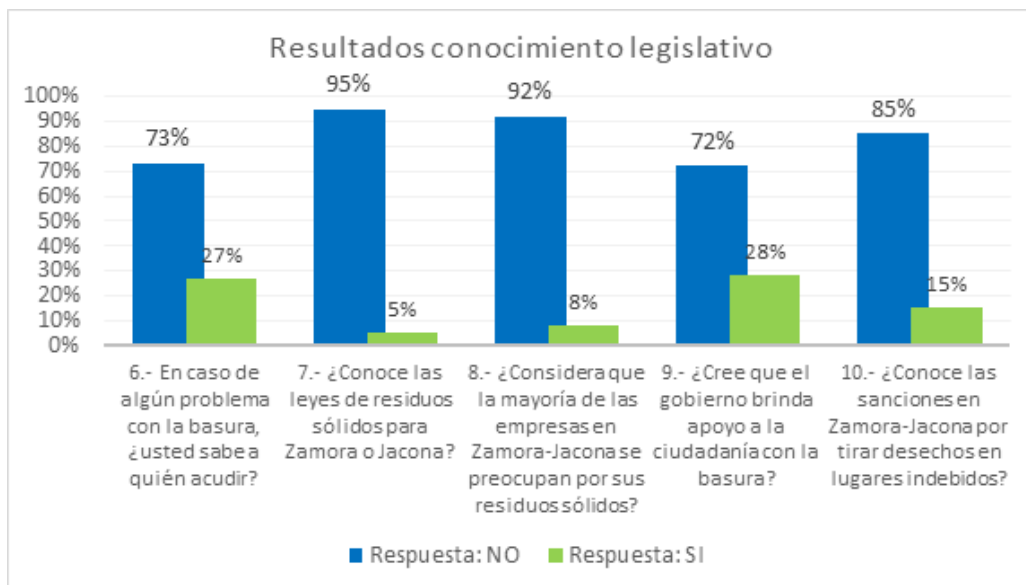
Figura 3. Resultado de encuestas con base a la percepción de la población sobre los residuos sólidos



Fuente: Elaboración propia.

El siguiente segmento (*figura 4*) se enfocó en la evaluación del conocimiento legislativo. El objetivo fue entender si los habitantes del Valle de Zamora tienen el conocimiento pertinente sobre las leyes que imperan en sus municipios; así como también que expresaran si consideraban que los sectores empresariales y gubernamentales tenían involucramiento efectivo en la temática de los residuos sólidos.

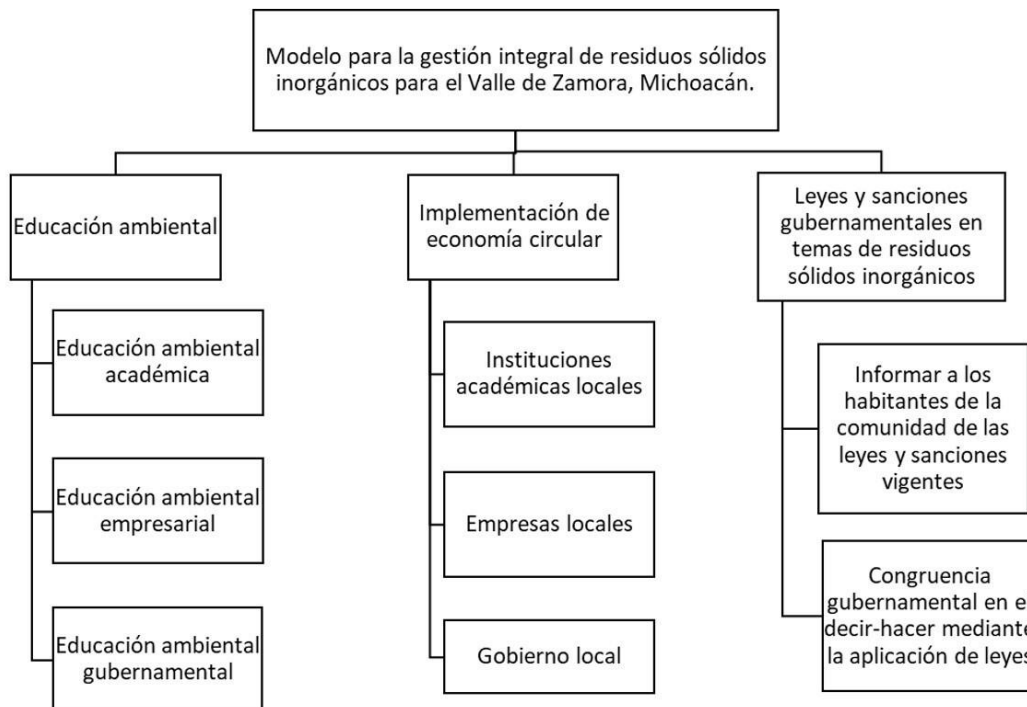
Figura 4. Resultado de encuestas con base al conocimiento legislativo de la población



Fuente: Elaboración propia.

La propuesta resultante (*figura 5*) es el enfoque en un modelo integral en la gestión de residuos sólidos inorgánicos, lo que termina en la generación de bienestar económico y social en la zona del Valle de Zamora en el estado de Michoacán. La investigación conlleva aportación para el desarrollo regional, lo que posibilita la eliminación de afectaciones contaminantes. Para ellos se propone migrar de un modelo tradicional de relleno sanitario a un modelo integral sostenible, no solo enfocado en aspectos logísticos de recolección, traslado y sepultado de los residuos, sino en la búsqueda de la causa raíz que permita garantizar que el modelo integral sea sostenible al paso del tiempo.

Figura 5. *Propuesta de modelo para la gestión integral de residuos sólidos inorgánicos para el Valle de Zamora*



Fuente: Elaboración propia.

Un modelo de gestión de residuos sólidos inorgánicos sea cual sea no puede ser eficiente sin el compromiso e interés del factor humano, por tal motivo, la educación y la sensibilización a los habitantes de la población debe asegurarse, para que todos tengan una estandarización en el conocimiento. Es por ello que propone no solo dejar la educación ambiental a las instituciones académicas, sino que las empresas y los gobiernos se comprometan a llevarla a cabo. Al comparar el modelo de gestión generado donde se incluye la educación ambiental, la implementación de economía circular y la aplicación de leyes y sanciones, con otros modelos aplicados por ejemplo el de España o la Unión Europea se puede inferir que el llevar a cabo el modelo de gestión de residuos sólidos inorgánicos, traerá grandes beneficios económicos, sociales y ambientales en la región del Valle de Zamora.

En la investigación se pudo comprobar que la población carece de educación ambiental y desconoce temas primordiales que deben saber en la temática de gestión de residuos sólidos inorgánicos. La educación ambiental no solo debe dejarse al sector académico, ya que este, aunque no sea su intención es excluyente, porque depende de que los alumnos permanezcan en sus instituciones, de no ser así, ante la ausencia poblacional poco puede hacer. Las empresas deben integrar la educación ambiental, esto generará mejoras, que se observarán en indicadores de mayor rentabilidad en el aprovechamiento de los residuos inorgánicos. Existe además una falta de compromiso gubernamental para llevar a cabo una educación ambiental en la población, que ha sido marginada, aunque no de manera consciente por los otros sectores como el académico y empresarial. Si se logra lo expuesto anteriormente se tendrán habitantes con la información pertinente al manejo adecuado de los residuos inorgánicos y aprovechamiento de estos.

Los resultados generales permitieron no solo obtener información cuantitativa, también aportaron a un análisis cualitativo de las condiciones actuales que refleja la población en el aspecto ambiental en cuanto a la generación de los residuos sólidos inorgánicos. En estos resultados, de manera descriptiva se percibe, la falta de conocimiento en las acciones gubernamentales; el poco o nulo interés de las empresas por generar acciones correctivas y preventivas referente a sus residuos y que el peso de la educación ambiental no solo debe recaer en las instituciones educativas ya que esto es insuficiente. Para el sector académico la educación ambiental deberá ser incluida en sus planes de estudio desde el nivel preescolar, en asignaturas, talleres y otorgar cursos de especialización por parte de expertos a los docentes sobre el correcto tratamiento de los residuos, esto mínimo una vez al año, con motivo de brindar las actualizaciones que se puedan tener al respecto. Es por ello que se sugiere la creación de espacios de expresión y desarrollo, a nivel académico como la creación de una *Semana de Innovación Ambiental*, con la finalidad de estimular la creatividad de los alumnos conforme con su grado académico, desde el nivel básico al superior, sobre mejoras ambientales e ideas sostenibles. En este sentido temas como energías renovables, economía circular y metodologías de aprovechamiento de productos actuales son los que, a nivel docente, se les debe dar apertura y promoción.

De ahí que sea necesaria la migración de modelos tradicionales a modelos sostenibles, esto deberá ser a corto plazo, pues solo mediante esta forma podrá asegurarse el desarrollo regional y sostenible del Valle de Zamora. El tratamiento de residuos sólidos inorgánicos mediante rellenos sanitarios ocasionará en un corto-mediano plazo la invasión de áreas productivas que pueden ser utilizadas para otros fines, por ello, también resulta relevante e importante la incorporación tanto del sector empresarial como gubernamental.

Para el sector empresarial se requiere de la inclusión de buenas prácticas en gestión de residuos sólidos inorgánicos y la capacitación al nuevo personal que se incorpore a sus empresas, así como la capacitación mínima dos veces al año (semestral), para garantizar la estandarización del conocimiento. El incentivo a empleados por mejoras sostenibles puede ser un aportador de cambio en la cultura organizacional como en los actuales procesos productivos, con ello, se puede estimular la creatividad y detectar mejoras en aspectos ambientales que puedan beneficiar a la sociedad. Es importante además que las empresas den el tiempo requerido al tema y permitan a sus colaboradores, ser partícipes en la generación de propuestas.

Para los trabajadores la empresa no sólo debe restringirse a un sitio donde se labora para generar salarios, debe ser también un lugar para sensibilizar y educar, de manera ambiental, a sus empleados, mediante la inclusión de tópicos ambientales a los nuevos colaboradores desde su inducción a la empresa. Las empresas deben incluir en su misión, visión y objetivos, aspectos del compromiso ambiental para que este sea transmitido a sus trabajadores, así como continuar la capacitación constante a sus empleados para actualizarlos sobre los temas ambientales, siempre con amplio enfoque en el manejo de residuos sólidos, añadiendo adicionalmente tópicos como las 3Rs y la economía circular.

Para el sector gubernamental, es necesario comenzar con la generación de cursos-talleres referentes a las afectaciones globales de los residuos sólidos inorgánicos, exponiendo su adecuado manejo y cómo sacar provecho de los residuos sólidos que se tienen, con aspectos como la reutilización y el reciclaje, es decir, la enseñanza de la economía circular con temas que deben ser abordados de manera detallada. Apoyar e incentivar a las ecoempresas permitiría la creación de nuevos empleos y por ende se generaría un mayor desarrollo regional; esta acción debe ser fomentada por el Gobierno mediante facilidades para la constitución formal con ecoemprendedores. El estímulo ecoemprendedor no se detecta en la zona, por lo tanto, es importante que los Gobiernos locales aporten apoyo a los habitantes de las ciudades que tengan el deseo de crear una ecoempresa que, adicional a la generación económica, pueda ser un solucionador de problemas ambientales relacionados con la generación de residuos sólidos.

Todas estas acciones son necesarias para que el *Modelo para la gestión integral de residuos sólidos inorgánicos para el Valle de Zamora, Michoacán* sea viable. Además de ello se requiere de un compromiso social a varios niveles y sectores, no se puede conseguir un correcto manejo de los residuos sólidos inorgánicos y la disminución de residuos en rellenos sanitarios con acciones aisladas. Se debe generar una sinergia en cada uno de los tres ejes estratégicos de la sociedad del Valle de Zamora, como el académico, empresarial y gubernamental, de lo contrario será un modelo fallido y quedaría solo como una propuesta con tintes utópicos.

CONCLUSIONES

Se obtuvo un modelo sostenible para la gestión de residuos sólidos inorgánicos, planteado desde las necesidades específicas del Valle de Zamora. Se determinó que no se puede tener una correcta aplicación de este modelo si no se tiene una participación social amplia, involucrando a los sectores educativo, empresarial y gubernamental. Además, es necesario tener un esfuerzo coordinado en todos los sectores sin dejar de lado a la población en general, lo anterior logrará un desarrollo regional sostenible.

Se detectó la necesidad de una educación ambiental transversal, puesto que no solamente debe quedar relegada al sector académico, sino que el sector empresarial debe mantener una constante capacitación de sus trabajadores y el sector gubernamental generar cursos y talleres tanto para sus empleados como para la población en general. El problema de los residuos sólidos inorgánicos radica en la cultura y falta de conocimiento de los habitantes, no es dejar su tratamiento solo al gobierno municipal, sino que debe ser algo ya interiorizado por toda la población a todos los niveles, cualquier actividad en beneficio del manejo de este tipo de residuos será una actividad en beneficio común para todos los habitantes del Valle de Zamora.

Existe oportunidad de implementación de metodologías como las 3Rs y economía circular ya que en el Valle de Zamora no existe aprovechamiento de residuos sólidos inorgánicos. En las empresas, tampoco se detectó aprovechamiento de este tipo de residuos; aunque existe separación de residuos, no se lleva a cabo ninguna metodología que permita que estos sean incorporados de nueva cuenta en otros procesos. El sector gubernamental tampoco presenta implementación de aprovechamiento de residuos sólidos inorgánicos. La implementación de las 3Rs y la económica circular otorgarán beneficios económicos a los habitantes del Valle de Zamora y permitirá la disminución de este tipo de residuos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barrera, I., Hernández, G. y Mendoza, C. E. (2022). Los rellenos sanitarios, una solución paliativa a la problemática de residuos sólidos en Zamora, Michoacán, México. *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*, 3(2), 1111-1126 <https://doi.org/10.56712/latam.v3i2.170>
- Banco Mundial. (2019). *Población total México*. <https://acortar.link/sRDpP1>
- Castells, E. (2012). *Clasificación y gestión de residuos*. Ediciones Díaz de Santos.
- Castro, F. (2020). Zamora genera más de 200 toneladas de basura al día. *El Sol de Zamora*. <https://acortar.link/wPtmSk>

- Cisneros, S. (2022). Zamora Michoacán ¿Qué hacer y cómo llegar? *México Desconocido*. <https://acortar.link/M2mrHQ>
- Espaliat, M. (2017). *Economía Circular y sostenibilidad. Nuevos enfoques para la creación de valor* CreateSpace. <https://acortar.link/mCFBHN>
- Fonseca, V. M. y Barrera, I. (2023). Propuesta de implementación de las 3R en residuos sólidos como aportador al desarrollo regional. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(1), 3247-3259. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i1.4652
- Fresno, C. (2019). *Metodología de la investigación científica: Así de fácil*. El Cid Editor.
- Gobierno de España. (2020). *Estrategia Española de Economía Circular y Planes de Acción*. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. <https://acortar.link/pYlfao>
- Hernández-Sampieri, R. y Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw-Hill.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2020). *Población total México*. <https://acortar.link/x3n3Qe>
- Jiménez-Martínez, N. M. (2021). La sustentabilidad universitaria en México: avances y desafíos. *Revista Iberoamericana Ambiente & Sustentabilidad*, 4, e152. <https://doi.org/10.46380/rias.vol4.e152>
- Municipios.mx. (2023). *Municipio Zamora, Michoacán*. <https://acortar.link/dNRERX>
- National Geographic. (17 de junio de 2019). *Economía circular, un paso más allá del reciclaje*. National Geographic España. https://www.nationalgeographic.com.es/economia-circular/economia-circular-paso-mas-alla-reciclaje_14334
- Pérez, J. y Gardey, A. (diciembre de 2020). *Definición de modelo de gestión*. Definición. <https://acortar.link/vQjHbY>
- QuestionPro. (2021). Tamaño de muestra. <https://acortar.link/4JopGz>
- Rodríguez, A. y Pérez, A. O. (2017). Métodos científicos de indagación y de construcción del conocimiento. *Revista Escuela de Administración de Negocios*, (82), 175-195. <https://doi.org/10.21158/01208160.n82.2017.1647>
- Santillán, M. (27 de julio de 2018). Una vida de plástico. *Ciencia UNAM*. <https://acortar.link/8rDdR7>
- Televisión del Valle de Zamora. (24 de Julio del 2019). *Dan seguimiento al proyecto Zamora Cero Basura*. <https://acortar.link/wF51LI>

Vargas, M. C. (2015). *De residuo a recurso. El camino hacia la sostenibilidad. I Recursos orgánicos. 1. Residuos agrícolas*. Mundi-Prensa.

Vásquez, A. (2020). *Metodología de la investigación. Manual del estudiante*. Universidad de San Martín de Porres. <https://acortar.link/rFa6xk>

AGRADECIMIENTOS

El máximo agradecimiento a los ayuntamientos de Zamora y Jacona por dar las facilidades pertinentes para llevar a cabo la presente investigación, así como a las instituciones académicas y empresariales que presentaron la disponibilidad para el desarrollo del caso de estudio. Gracias a todas las personas que, con su colaboración, se logró realizar esta investigación, sea por contestar una encuesta de manera aleatoria o brindar las facilidades para llevar a cabo el trabajo de campo. A todos y cada uno de ellos muchas gracias por su apoyo.