

Vol.3
No.2
2020

REVISTA IBEROAMERICANA

AMBIENTE & SUSTENTABILIDAD



www.ambiente-sustentabilidad.org

DOI: <https://doi.org/10.46380/rias.v3i2>

ISSN: 2697-3510 . e-ISSN: 2697-3529



REVISTA IBEROAMERICANA AMBIENTE & SUSTENTABILIDAD

EQUIPO EDITORIAL

Directora:

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

Editora ejecutiva:

MSc. Caridad Dailyn López Cruz
editora@ambiente-sustentabilidad.org

Editor asistente:

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

Editores de sección:

PhD. Adrian David Trapero Quintana
Universidad de La Habana, Cuba

PhD. Arturo Andrés Hernández Escobar
Universidad Estatal del Sur de Manabí, Ecuador

PhD. Reinaldo Demesio Alemán Pérez
Universidad Estatal Amazónica, Ecuador

PhD. Antonio Martínez Puché
Universidad de Alicante, España

PhD. José Antonio Díaz Duque
Universidad Tecnológica de La Habana, Cuba

PhD. Jesús Armando Martínez Gómez
Universidad Autónoma de Querétaro, México

PhD. Alfredo Domínguez González
Universidad Estatal de Mato Grosso, Brasil

PhD. Isabel María Valdivia Fernández
Universidad de La Habana, Cuba

PhD. Eury José Villalobos Ferrer
*Red de Educación, Ciencias Sociales,
Ambientales, Tecnología e Innovación, Venezuela*

PhD. Clecia Simone Gonçalves Rosa Pacheco
*Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia do Sertão Pernambucano, Brasil*

PhD. Yandy Rodríguez Cueto
Universidad Nacional Autónoma de México, México

Corrección de textos en español:

MSc. Ileana Victoria Salgado Izquierdo

Corrección de textos en inglés:

Lic. Alexander Morales Alfonso

Corrección de textos en portugués:

PhD. Susanne Maria Lima Castrillon

Diseño y diagramación:

DI. Evelyn Corvea Benitez

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: PhD. José Luis Corvea Porras

Lugar: Desembocadura del río Toa, Baracoa, Cuba

CONTACTO

Dirección:

Calle Bolivia e/ Olmedo y Villarroel
Riobamba, Chimborazo, Ecuador

Código Postal: 060104

Teléfono: (+593) 987943762

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

Árbitros:

PhD. Luz María Contreras Velázquez

Universidad Metropolitana, Ecuador

PhD. Carlos Alfredo Bravo Medina

Universidad Estatal Amazónica, Ecuador

MSc. Luis Eugenio Rivera Cervantes

Universidad de Guadalajara, México

MSc. Yoangel Jesu Miranda Agüero

Universidad Agraria de La Habana, Cuba

PhD. Damaris Valero Rivero

Universidad de Sancti Spiritus, Cuba

PhD. Julio Iván González Piedra

Universidad de La Habana, Cuba

PhD. Daniel Roberto Marchetti

Universidad de Buenos Aires, Argentina

PhD. Odette Aportela González

Universidad de La Habana, Cuba

MSc. Marco Andrés Moreno Tapia

GRD Geoconsultores S.A., Perú

PhD. José de Jesús Hernández López

El Colegio de Michoacán, A.C., México

PhD. María Rodríguez Gámez

Universidad Técnica de Manabí, Ecuador

MSc. Antonio Vázquez Pérez

Universidad Técnica de Manabí, Ecuador

PhD. Marta Rosa Muñoz Campos

Universidad de La Habana, Cuba

PhD. Raúl Rodríguez Muñoz

Universidad de Cienfuegos, Cuba

PhD. Amado Batista Mainegra

Universidad de La Habana, Cuba

PhD. Rolando Medina Peña

Universidad Metropolitana, Ecuador

MSc. Sandra Patricia Quiroga Zapata

Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia

MSc. Rafael Enrique Corrales Andino

Universidad Nacional Autónoma de Honduras

PhD. Seidel González Díaz

Red Iberoamericana de Medio Ambiente, Cuba

MSc. Katia González Rodríguez

Centro de Servicios Ambientales de Matanzas, Cuba

MSc. Alexander Calero Hurtado

Universidade Estadual Paulista J. Mesquita Filho, Brasil

PhD. Arturo Rúa de Cabo

Universidad de La Habana, Cuba

PhD. Raquel de la Cruz Soriano

Universidad de Sancti Spiritus, Cuba

PhD. Roelbis Lafita Frómata

Universidad Metropolitana, Ecuador

PhD. Isis Camargo Toribio

Universidad Técnica del Norte, Ecuador

PhD. Glicería Petrona Gómez Ceballos

Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador

PhD. María Victoria Reyes Vargas

Universidad Estatal Amazónica, Ecuador

PhD. Rafael Bosque Suárez

Universidad de Ciencias Pedagógicas, Cuba

PhD. Martha Margarita Bonilla Vichot

Universidad de Pinar del Río, Cuba

PhD. Zuley Fernández Caballero

Universidad Autónoma de Barcelona, España

PhD. Fidel Ortiz Ordaz

Universidad Técnica del Norte, Ecuador

PhD. Ada Lucía Bonilla Vichot

Universidad de Pinar del Río, Cuba

MSc. Alejandro Oliveros Pestana

Instituto de Geografía Tropical, Cuba

PhD. Amparo Osorio Abad

Universidad de Ciencias Pedagógicas, Cuba

PhD. Tania Merino Gómez

Ministerio de Educación Superior, Cuba

MSc. Wagner Castro Castillo

Universidad Nacional, Costa Rica

MSc. Yaneisys Cisneros Ricardo

Universidad de Ciencias Pedagógicas, Cuba

MSc. Juan Ricardo Gamarra Ramos

Fondo Verde Internacional, Perú

PhD. Pedro Martín Castellanos Orozco

Fundación HOVA, Colombia

PhD. Ignacio González Ramírez

Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Ecuador

PhD. Jorge Ferro Díaz

Centro de Investigaciones y Servicios Ambientales, Cuba

PhD. Omaidá Romeu Torres

Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Ecuador

MSc. Reynier Rodríguez Rico

Red Iberoamericana de Medio Ambiente, Ecuador

PhD. Yoel Martínez Maqueira

Centro de Investigaciones y Servicios Ambientales, Cuba

REVISTA IBEROAMERICANA AMBIENTE & SUSTENTABILIDAD



**CARIDAD DAILYN
LÓPEZ CRUZ**

Máster en Dirección (Universidad de Sancti Spíritus José Martí Pérez, Cuba). Asesora de la Dirección de Extensión Universitaria del Ministerio de Educación Superior de la República de Cuba.

EDITORIAL

Una vez más la ciencia iberoamericana sale al camino con la adarga al brazo. No importó lo angosto que pudo ser el trayecto: el deber la condujo allí, justo donde las problemáticas ambientales que afectan a nuestro planeta exigen la construcción de sociedades sustentables, basadas en el respeto, la racionalidad y el amor por la naturaleza; donde no basta la sabiduría ancestral para salvaguardar el conocimiento milenario si las generaciones actuales no reconocen el valor de las prácticas culturales que tributan al patrimonio y a la memoria histórica de sus naciones; donde la negligencia industrial o el consumismo han abierto heridas que requieren acciones inmediatas si se les quiere sanar. Siguiendo su camino, la Revista Iberoamericana Ambiente & Sustentabilidad pone a disposición de sus lectores los resultados de investigaciones realizadas en Ecuador, Cuba, Colombia, Brasil y Perú, cuyos temas se centran en el manejo de los recursos hídricos, la calidad del agua o su contaminación por metales pesados; la percepción social sobre estos; el manejo de floras locales; las alternativas de adaptación al cambio climático; y los procedimientos de gestión necesarios para un turismo sustentable o para lograr la educación para el desarrollo.

Esperamos que esta nueva propuesta, resultado de un riguroso proceso de selección y revisión de los artículos enviados a nuestra revista, contribuya a la socialización del conocimiento generado por la ciencia de la región. Como siempre decimos: sean, pues, bienvenidos.

TABLA DE CONTENIDO

GESTIÓN SUSTENTABLE DE RECURSOS HÍDRICOS

El recurso agua en punta Colorada, zona de interés para el sector turístico en Cuba.

Carlos Aldana Vilas, Evelio Balado Piedra y José Luis Corvea Porras

5

Agua potable en São José dos Quatro Marcos, Brasil: percepciones de la población.

Alfredo Zenén Domínguez González y Cleia Dias Vieira

18

Evaluación de metales pesados en ríos y truchas *Oncorhynchus mykiss* de la región Pasco, Perú.

Luis Rolando Murga Paulino y Odette González Aportela

32

Bioacumulación de mercurio y zinc en especies ictícolas de la subcuenca del río Carrizal, Manabí, Ecuador.

Ana María Aveiga Ortiz, Flor María Cárdenas Guillén, Fabián Peñarrieta Macías y Francisco Alejandro Alcántara Boza

49

GESTIÓN DE RIESGOS AMBIENTALES Y CAMBIO CLIMÁTICO

Drenaje ácido de minas y su influencia en ecosistemas asociados al yacimiento Santa Lucía, Cuba.

Damaris Gallardo Martínez, Noel Bruguera Amarán, José Antonio Díaz Duque e Ileana Cabrera Díaz

67

Adaptación y mitigación al cambio climático. Estudio de Caso: Ciudadela Real de Minas, Bucaramanga, Colombia.

Carlos Alberto Amaya Corredor, Carolina Hernández Contreras, Nancy Tavera Castillo y Natalia Alexandra Bohórquez Toledo

82

EDUCACIÓN, CULTURA Y COMUNICACIÓN AMBIENTAL

Revitalización del uso de plantas alimenticias en la chakra kichwa Centro de Turismo Comunitario Sinchi Warmi.

María José Estupiñán Hernández

98

Educación ambiental para el manejo apropiado de agrotóxicos en comunidades rurales de Manabí.

María Isabel Delgado Moreira, María Virginia Moreira Macías, Diana Beatriz Vidal Zambrano, Yomaly Melissa Andrade Macías y Enrique Richard

110

USO SUSTENTABLE DE LA BIODIVERSIDAD Y MANEJO DE ÁREAS PROTEGIDAS

Plantas útiles del páramo y su potencial en la sostenibilidad ambiental: caracterización etnobotánica, Sumapaz Colombia.

Uriel Rodríguez Espinosa, John Carlos Ruíz Caicedo, Denisse Viviana Cortés Castillo y Hugo Caballero Díaz

125

TURISMO SUSTENTABLE

Procedimiento para la gestión ambiental en Hoteles Encanto. Aplicación en hotel Caballeriza de Holguín, Cuba.

Gustavo Pelegrino Enamorado, Migdely Barbarita Ochoa Ávila y Yunelsi Ortiz Chávez

138



El recurso agua en punta Colorada, zona de interés para el sector turístico en Cuba.

The water resource in punta Colorada, an area of interest for the tourism sector in Cuba.

O recurso hídrico em punta Colorada, área de interesse para o setor turístico de Cuba.

Carlos Aldana Vilas/Inversiones Gamma S.A., Cuba/carlosaldana64@yahoo.es

Evelio Balado Piedra/Inversiones Gamma S.A., Cuba/eveliobaladopiedra@gmail.com

José Luis Corvea Porras/Inversiones Gamma S.A., Cuba/josecorvea@gmail.com

Recibido: 6/1/2020 **Aceptado:** 13/5/2020 **Publicado:** 30/12/2020

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo evaluar el recurso agua como elemento clave en una zona de alto potencial turístico, identificada para el desarrollo de un proyecto en la modalidad de golf y marina, el cual implica a punta Colorada en su primera fase. Considerando la distribución, la dinámica y la calidad del agua en el ámbito superficial y subterráneo, se caracterizaron el medio físico del área de estudio y la zona de influencia. Mediante la revisión documental y el uso de las herramientas *Flow accumulation* de QGIS 2.18.5 y *Watershed Maps* de Surfer 11, a partir del modelo digital del terreno, se identificaron las direcciones de flujo y acumulación superficial, así como las cuencas locales y su orden de activación. En campaña de campo fueron muestreadas 42 estaciones de aguas terrestres con la medición de todos los parámetros geofísicos *in situ* y su posterior análisis de laboratorio. Los resultados confirmaron una estrecha relación entre drenaje superficial-humedales; la diferenciación de las lagunas interiores, según su mineralización, y de las aguas subterráneas, según su calidad química. Se concluye que las posibilidades de contaminación, alteración del drenaje y la calidad de las aguas constituyen impactos negativos de dicha inversión en el territorio.

Palabras clave: drenaje superficial, impacto, mineralización

ABSTRACT

The objective of the research was to evaluate the water resource as a key element in an area with high tourist potential, identified for the development of a project in the golf and marine modality, which involves punta Colorada in its first phase. Considering the distribution, dynamics and quality of the water in the surface and underground environment, the physical

environment of the study area and the area of influence were characterized. Through the documentary review and the use of the Flow accumulation tools of QGIS 2.18.5 and Watershed Maps of Surfer 11, from the digital terrain model, the directions of flow and surface accumulation were identified, as well as the local basins and their order of activation. In a field campaign, 42 terrestrial water stations were sampled with the measurement of all the geophysical parameters *in situ* and their subsequent laboratory analysis. The results confirmed a close relationship between surface drainage-wetlands; the differentiation of the interior lagoons, according to their mineralization, and of the groundwater, according to their chemical quality. It is concluded that the possibilities of contamination, alteration of the drainage and the quality of the waters constitute negative impacts of said investment in the territory.

Keywords: impact, mineralization, surface drainage

RESUMO

O objetivo da pesquisa foi avaliar o recurso hídrico como elemento chave em uma área com alto potencial turístico, identificada para o desenvolvimento de um projeto na modalidade golfe e marinha, que envolve ponta Colorada em sua primeira fase. Considerando a distribuição, dinâmica e qualidade da água nas áreas superficiais e subterrâneas, foram caracterizados o ambiente físico da área de estudo e a área de influência. Por meio da revisão documental e da utilização das ferramentas de Acumulação de Fluxo do QGIS 2.18.5 e Mapas de Bacias Hidrográficas de Surfer 11, a partir do modelo digital de terreno, foram identificados os sentidos de fluxo e acúmulo de superfície, bem como as bacias locais e sua ordem. ativação. Na campanha de campo, 42 estações de água terrestre foram amostradas com a medição de todos os parâmetros geofísicos *in situ* e sua posterior análise laboratorial. Os resultados confirmaram uma relação estreita entre drenagem superficial-áreas úmidas; a diferenciação das lagoas interiores, segundo a sua mineralização, e das águas subterrâneas, segundo a sua qualidade química. Conclui-se que as possibilidades de contaminação, alteração da drenagem e da qualidade das águas constituem impactos negativos desse investimento no território.

Palavras chave: drenagem superficial, impacto, mineralização

INTRODUCCIÓN

Desde hace algunos años Cuba se consolida como un destino de alto crecimiento en el área del Caribe y, al mismo tiempo, como un destino turístico singular, especialmente por su contexto geográfico y el carácter insular del territorio. De acuerdo con Salinas *et al.* (2019), el archipiélago cubano se distingue por la cantidad y variedad de atractivos y recursos de interés para el sector del Turismo, razones que han impulsado un proceso inversionista que se extiende por todo el territorio nacional, con énfasis en

las zonas costeras donde se fortalece la modalidad de sol y playa, a la vez que se desarrolla el turismo de golf con un alto potencial y de gran importancia para el país desde el punto de vista económico.

Actualmente, de acuerdo con las indicaciones plasmadas en el *Plan de Estado para el Enfrentamiento al Cambio Climático en la República de Cuba, Tarea Vida*, las zonas costeras se priorizan por su alta vulnerabilidad, pues el carácter insular

del territorio determina su interacción permanente con las aguas marinas y costeras, cuyo equilibrio puede afectarse por varias causas de origen humano (Dorticós *et al.*, 2012) y estar condicionado por la creciente actividad turística.

En este escenario, uno de los factores clave es la gestión integrada de los recursos hídricos debido a la alta demanda de agua, su disponibilidad y calidad. Para el caso de las zonas costeras el recurso agua, según Baños *et al.* (2010), influye en la definición del atractivo o mantenimiento de los destinos turísticos, a la vez que genera gran dependencia tanto por el consumo directo como por su relación con el paisaje y las actividades de ocio, entre las que se incluye el golf (Díaz *et al.*, 2016).

El trabajo que se presenta tuvo como objetivo evaluar el recurso agua como elemento clave en una zona de alto potencial turístico, identificada para el desarrollo de un proyecto en la modalidad de golf y marina, el cual implica a punta Colorada en su primera fase; y cuyo diseño del producto persigue convertirlo en «... un generador económico para el desarrollo de la región, y una vez ejecutado hasta su máximo potencial, demostrará ser una atracción irresistible para turistas de todo el mundo para que descubran Cuba» (Planificación y Arquitectura, 2018).

La evaluación del recurso agua se realiza tanto en el ámbito superficial como subterráneo, teniendo en cuenta las características geográficas del entorno, la distribución y dinámica del recurso, así como los parámetros físicos y químicos que determinan la calidad, a partir de los análisis derivados del muestreo en diversas estaciones identificadas en el inventario y la caracterización de las fuentes de abasto, ubicadas dentro del área de la inversión y la zona de incidencia; lo que permitió

identificar los principales impactos en los recursos hídricos del territorio.

MATERIALES Y MÉTODOS

A partir de la revisión y el análisis de diversas fuentes bibliográficas, informes técnicos y de la cartografía base, se elaboró un esquema de trabajo que incluyó las etapas de gabinete y campo, el que facilitó la caracterización geográfica e hidrológica de la zona de estudio y el diseño de los itinerarios de campo, según las particularidades geográficas y la distribución e identificación de las principales estaciones de muestreo.

Con el uso del Modelo Digital del Terreno (MDT) y la aplicación de las herramientas *Flow accumulation* de QGIS 2.18.5 y *Watershed Maps* de Surfer 11, se generó una serie cartográfica con los mapas, lo que permitió la caracterización de la dinámica de las aguas superficiales, su distribución y direcciones de flujo. En campaña de campo se muestrearon en el área de estudio un total de 42 estaciones, de ellas 21 correspondieron directamente a la zona de estudio, siete a una zona propuesta para la construcción de pozos de abasto, enmarcada fuera del perímetro definido para inversión, y 14 vinculadas a la cuenca derivadora del río Salado y el embalse Laguna Grande. Las estaciones incluyeron los tipos de aguas de mar, aguas terrestres superficiales y aguas subterráneas.

En todas ellas fueron precisados sus parámetros geofísicos (*in situ*), a saber: temperatura, pH, conductividad (SPC), total de sólidos disueltos (TDS) y salinidad. En el caso de los pozos se incluyó, además, el nivel estático (NE). El 43% (18 estaciones) de las aguas en las 42 estaciones fueron colectadas para el análisis de laboratorio, a las cuales se les realizó la determinación de

macroconstituyentes, nutrientes nitrogenados, metales y microelementos disueltos.

Los datos obtenidos permitieron determinar el régimen y la calidad de las aguas en la zona de estudio, así como un inventario y caracterización de las fuentes de abasto ubicadas dentro del área, del sistema lacustre de punta Colorada, aguas de mar y aguas subterráneas, además de la relación de los impactos en los recursos hídricos asociados a la intervención prevista en el territorio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

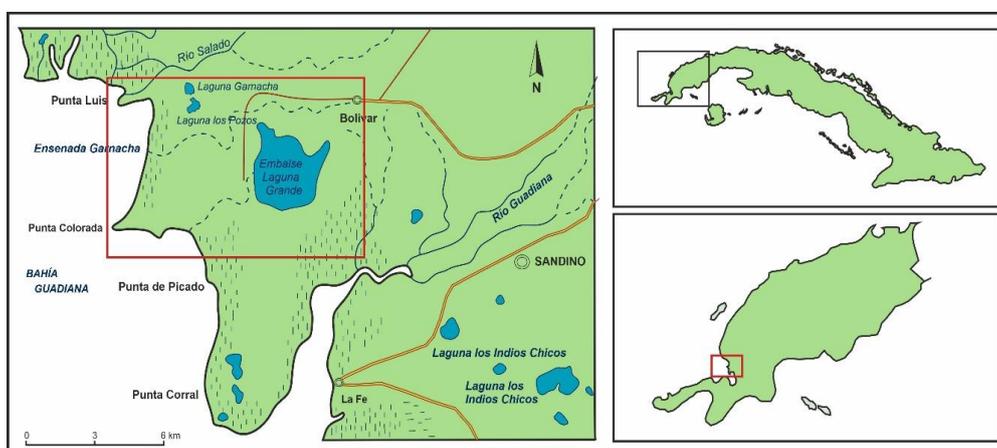
Caracterización geográfica e hidrológica

El área de estudio, localizada en el extremo occidental de Cuba, al noroeste de la provincia Pinar del Río, ocupa un sector del

litoral del municipio Sandino (figura 1). Su límite oeste es la bahía de Guadiana y al norte el municipio Mantua.

El sustrato conformado por rocas terrígenas de origen aluvial continental, que afloran hacia el este de dicha región, pertenece a la Formación Guane (Peñalver *et al.*, 2001), representada por arenas y arcillas arenosas. Los sedimentos aluviales asociados al cauce de los ríos están definidos por arenas cuarcíticas y arenas arcillosas, mientras que las arenas de punta Colorada están formadas por granos de cuarzo muy finos subredondeados, transparentes, mezclados con escasos fragmentos de material ferruginoso y partículas de arcillas, que han favorecido su color crema arcilloso, dándole el nombre a la zona (Balado, 2018).

Figura 1. Esquema de localización geográfica del área de estudio.

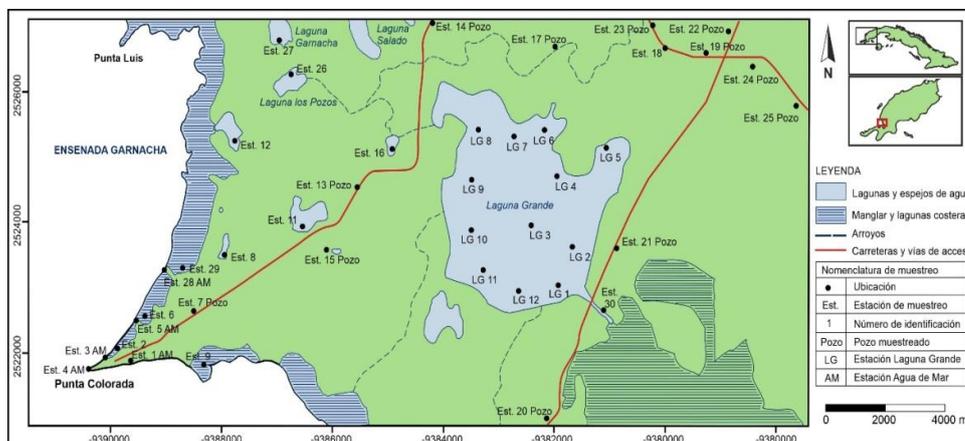


Fuente: Ibarra (1978).

Constituye punta Colorada una pequeña península formada en una llanura de tipo fluvio-marina deltaica, plana y parcialmente cenagosa (Portela *et al.*, 1989). En el extremo oeste sometida a una dinámica litoral estacional que ha provocado cambios en su

morfología por la alternancia de períodos acumulativos y erosivos. Hacia el interior, la llanura es ligeramente ondulada con mayores alturas. En este entorno se estableció una red de estaciones para el muestreo de las aguas, el que se muestra en la figura 2.

Figura 2. Esquema de ubicación de estaciones de muestreo.



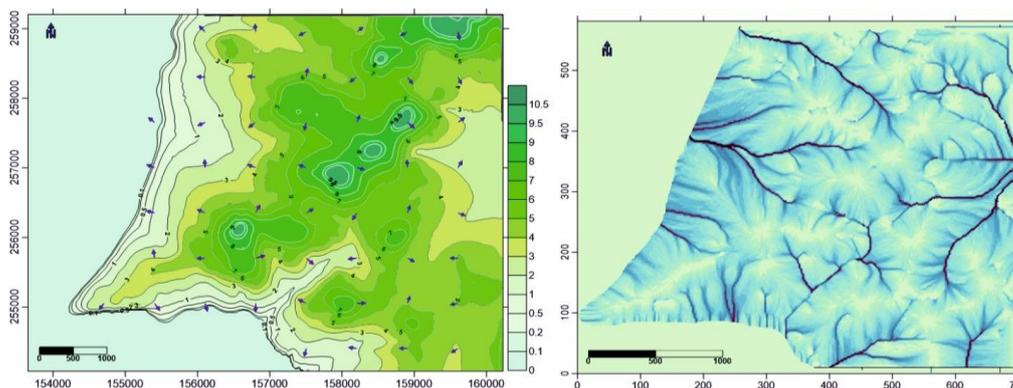
Fuente: Elaboración propia.

Aguas terrestres superficiales

El mapa altimétrico generado a partir del Modelo Digital del Terreno (MDT) permitió la definición de una red de drenaje de

microcuencas con escorrentía eventual y en muy pocos casos, estacional, a pesar de ser una región de paisaje llano muy plano hacia la costa, con pendientes despreciables en la faja litoral (*figura 3*).

Figura 3. Mapa altimétrico con direcciones principales de flujo (izquierda) y mapa de la red de drenaje de aguas superficiales (derecha)



Fuente: Inversiones Gamma (2018).

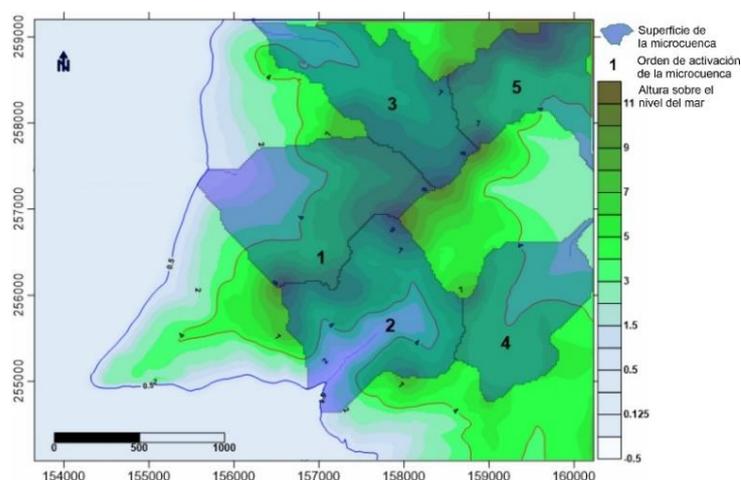
La herramienta *Watershed* (Surfer 11), que usa el algoritmo de punto de vertido de ocho direcciones para calcular la dirección del flujo en cada nodo de los archivos Grig, obtenidos del MDT, permitió definir

las microcuencas y su orden de activación (*figura 4*). Lo más significativo de esta dinámica se puede observar en el extremo noroeste del embalse Laguna Grande (microcuencas 3 y 5), el cual capta agua hacia

la presa en período seco y aporta agua a la vertiente oeste en eventos extremos, donde llega a invertirse el flujo, cuya magnitud de

vertido no solo corta la carretera hacia punta Colorada, sino que aporta a los caudales de las lagunas Garnacha y Los Pozos.

Figura 4. Principales microcuencas superficiales del área de estudio en orden de activación hasta 5



Fuente: Inversiones Gamma (2018).

Inventario y caracterización de las fuentes de abasto ubicadas dentro del área de impacto

En el sector de la cuenca superficial que tributa al embalse Laguna Grande, principal cuerpo de agua de la zona, fueron muestreadas 14 estaciones, de ellas 12 en el propio embalse, que incluyeron perfiles de conductividad, determinación del total de sólidos disueltos, temperatura y salinidad.

Las mayores profundidades no sobrepasaron en ningún caso los ocho metros, condición que ha permitido una circulación vertical favorecida por el movimiento en superficie, producido por el viento, que contribuye a la homogeneización de la temperatura y la densidad. El perfil térmico durante el muestreo fue predominante en todo el embalse con una temperatura promedio de

26.4°C, condiciones que lo clasifican como oligomítico, típico de lagos en regiones tropicales.

Los valores muestreados (*tabla 1*) revelaron una baja productividad primaria, según los bajos contenidos de nutrientes, poco significativos en nitritos y nitratos, aunque en dos estaciones se manifestaron actividades de amonio (NH₄); ello evidenció la baja producción de algas para este período de lluvias, las cuales solo se observan en la zona de afluencia de la derivadora del río Salado y en la zona de transición, no así en la zona propiamente lacustre del embalse.

De acuerdo con los datos analizados, desde el punto de vista hidroquímico, se trata de aguas de poco tránsito, dulces y de muy baja mineralización, del tipo clorurada-bicarbonatada-sódico-cálcica (Cl-HCO₃-Na-Ca)

que, específicamente en la cuenca vertiente y en el embalse, muestran valores mínimos de la relación cloruro-bicarbonato (Cl/HCO₃) y

que evidencian el aporte de una fuente de cloruros en las aguas de lluvia.

Tabla 1. Macroconstituyentes y nutrientes nitrogenados (en mg/L).

Estación	pH	HCO ₃	SO ₄	Cl	Ca	Mg	Na	K	NO ₂	NO ₃	NH ₄	TDS
Est.18 Derivadora S	6.53	18	13	14	7	2	8	3	<0.01	1	<0.01	65
Est.5 Canal Salado	6.12	24	12	14	10	2	8	3	<0.01	1	<0.01	73
Est.4 Cayo 1	7.41	24	7	11	10	1	5	2	<0.01	1	0.04	60
Est.10	6.28	24	7	11	7	2	5	2	<0.01	1	<0.01	58
Est.2.	7.27	24	7	7	6		5	2	<0.01	7	0.02	53
Est. 30 Aliviadero	6.88	24	7	11	8	2	5	2	<0.01	1	<0.01	59
LMA		400	250	200	150	200			0.01	45		1 000

Nota: LMA: Límite Máximo Admitido según (Oficina Nacional de Normalización [ONN], 2017).

Fuente: Elaboración propia.

Existe una amplia red lacustre natural y permanente de agua dulce y de lagunas costeras (humedales, manglares) a las que se integran depresiones que, en época de lluvias, se tornan en pequeñas lagunas, así como canteras abandonadas (préstamos de material), devenidas en espejos de agua, ya consideradas bajo un criterio multidisciplinario como lagunas naturales y

ecosistemas establecidos.

Los indicadores geofísicos de las 11 estaciones lacustres, muestreadas en mayo de 2018, se exponen en la *tabla 2*. La laguna Garnacha, según las características hidroquímicas identificadas, clasifica como aguas cloruradas sódicas (Cl-Na), patrón representativo en estos espejos de agua naturales cercanos a la costa.

Tabla 2. Valores geofísicos muestreados en lagunas costeras y de agua dulce.

Estación	T °C	SPC (mμ/cm)	TDS (mg/l)	Salinidad (mg/l)
Est.2 Manglar 1 (cercano a Est.1)		11 546	7 494	6.55
Est.6 Manglar 2 Camp. Pioneros		16 140	10 440	9.41
Est.8 Laguna Préstamo	31	97.3	64.36	0.04
Est.9 Manglar 3 (Sur)	33.8	62 670	50 755	41.92
Est.10 Laguna Frente Camp. Pioneros	26.9	162	105.95	0.08
Est.11 Laguna Cantera Tarafa	29	83.6	54.6	0.04
Est.12 Laguna de la Marina	31.5	717	468	0.35
Est.16 Laguna Norte de Tarafa	24.7	88	57.20	0.04
Est.26 Laguna los Pozos	26.4	8.5	54.6	0.04
Est.27 Laguna Garnacha	27.0	150.5	98.15	0.07
Est.29 Laguna Manglar. Campismo viejo	27.6	14 338	9 327	8.29

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con los valores de conductividad (SPC), obtenidos en las aguas de las estaciones muestreadas, se pudieron diferenciar tres clases según la mineralización:

- Lagunas costeras que interactúan con el mar y presentan una mezcla de aguas con valores de conductividad (SPC) entre 11 000 y 16 000 μcm^2 .
- Lagunas con aguas poco profundas, sometidas a altas temperaturas que alcanzan valores de salmuera.
- Lagunas naturales interiores entre los 80 y 170 μcm^2 , muy cercanas a los valores del agua de lluvia.

Aguas subterráneas

En punta Colorada se han identificado dos horizontes acuíferos que dependen de las características litológicas de la zona. El primero de ellos a menos de 10m de profundidad en depósitos poco consolidados, arenosos, de la Formación Guane. El segundo entre 25 y 35 m de profundidad asociado a las calizas organógenas y organógeno-detriticas de la Formación Paso Real, con aguas cársicas de muy buena calidad hidroquímica que se originaron a mucha distancia del área de estudio (Ortega, 2016).

De acuerdo con la información de las muestras tomadas en las fuentes más representativas de la zona de estudio, los valores de macroconstituyentes y nutrientes nitrogenados de las aguas subterráneas, solo en dos estaciones, sobrepasan el límite máximo admitido por la Norma Cubana de Agua Potable (ONN, 2017).

Las concentraciones de metales disueltos analizados responden a las características geológicas de la región (*tabla 3*), aunque llamaron la atención los valores de plomo (Pb), cadmio (Cd), cromo (Cr) y vanadio (V), detectados en la muestra de agua de mar correspondiente a la estación 4 punta Colorada, probablemente relacionados con la operación petrolera realizada en el área marítima, argumento que se ha considerado comprobar en estudios posteriores.

De igual forma resaltó la concentración de bario (Ba), detectada en la estación 19, considerada como valor anómalo por tratarse de un acueducto de abastecimiento al asentamiento Bolívar, lo que ha determinado repetir dicho análisis por no guardar relación con los valores comprobados en estaciones del mismo acuífero que sí constituyeron valores esperados.

Los patrones hidroquímicos, muy similares en las aguas de pozos asociados a las calizas de la Formación Paso Real, confirmaron la pertenencia de dichos pozos a un mismo acuífero, con aguas bicarbonatadas-cálcicas ($\text{HCO}_3\text{-Ca}$). Las muestras analizadas expresaron una correlación bicarbonato/cloruro menor que la unidad ($\text{HCO}_3/\text{Cl} < 1$), por lo tanto, consideradas como aguas poco afectadas por aguas de mar, lo cual ha fundamentado el diseño de abasto mediante una batería de pozos (Ortega, 2016) que presta particular atención a la calidad de las aguas y a las prácticas de explotación, históricamente ejecutadas, para el abasto a la población, los centros educacionales, las plantaciones frutales y agroforestales dispersas en toda la zona.

Tabla 3. Metales y microelementos disueltos en las aguas de las estaciones muestreadas (mg/l).

Estación	Fe	Ni	Pb	Zn	Cd	Cr	Co	Ag	Ba	Mo	V
Est.4 PC	<0.07	<0.02	0.06	<0.02	0.01	0.07	0.04	<0.02	<0.02	<0.02	0.06
Est.7	<0.07	<0.02	<0.03	<0.02	<0.003	<0.003	<0.007	<0.02	<0.02	<0.02	<0.003
Est.13	<0.07	<0.02	<0.03	<0.02	<0.003	<0.003	<0.007	<0.02	<0.02	<0.02	<0.003
Est.14	<0.07	<0.02	<0.03	<0.02	<0.003	<0.003	<0.007	<0.02	0.02	<0.02	<0.003
Est.15	<0.07	<0.02	<0.03	<0.02	<0.003	<0.003	<0.007	<0.02	<0.02	<0.02	<0.003
Est.17	<0.07	<0.02	<0.03	<0.02	<0.003	<0.003	<0.007	<0.02	<0.02	<0.02	<0.003
Est.18	0.9	<0.02	<0.03	<0.02	<0.003	<0.003	<0.007	<0.02	0.04	<0.02	<0.003
Est.19	<0.07	<0.02	<0.03	<0.02	<0.003	<0.003	<0.007	<0.02	2.1	<0.02	<0.003
Est.20	<0.07	<0.02	<0.03	<0.02	<0.003	<0.003	<0.007	<0.02	<0.02	<0.02	<0.003
Est. 21	<0.07	<0.02	<0.03	<0.02	<0.003	<0.003	<0.007	<0.02	<0.02	<0.02	<0.003
Est. 23	<0.07	<0.02	<0.03	<0.02	<0.003	<0.003	<0.007	<0.02	<0.02	<0.02	<0.003
Est.25	<0.07	<0.02	<0.03	<0.02	<0.003	<0.003	<0.007	<0.02	0.02	<0.02	<0.003
Est.27	0.3	<0.02	<0.03	<0.02	<0.003	<0.003	<0.007	<0.02	<0.02	<0.02	<0.003
Est. 30	<0.07	<0.02	<0.03	<0.02	<0.003	<0.003	<0.007	<0.02	<0.02	<0.02	<0.003
Est.2 LG	<0.07	<0.02	<0.03	<0.02	<0.003	<0.003	<0.007	<0.02	<0.02	<0.02	<0.003
Est.4 LG	<0.07	<0.02	<0.03	<0.02	<0.003	<0.003	<0.007	<0.02	<0.02	<0.02	<0.003
Est.5 LG	0.2	<0.02	<0.03	<0.02	<0.003	<0.003	<0.007	<0.02	0.04	<0.02	<0.003
Est.10 LG	<0.07	<0.02	<0.03	<0.02	<0.003	<0.003	<0.007	<0.02	<0.02	<0.02	<0.003
LMA	0.3	0.02	0.05	15	0.005	0.05	1.0	0.05	0.03	0.5	0.1

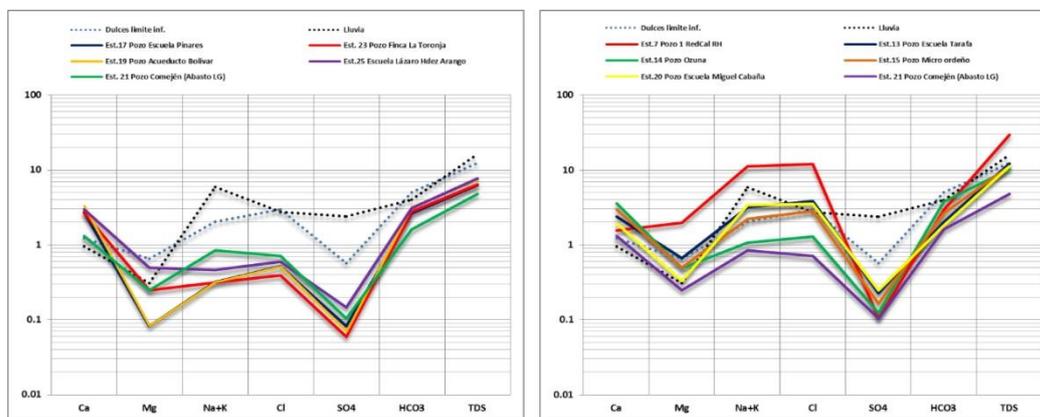
Nota: LMA: Límite Máximo Admitido según (ONN, 2017).

Fuente: Elaboración propia.

Al respecto, el proyecto inversionista en el *Máster Plan Punta Colorada* ha considerado, como propuesta de abastecimiento, la construcción de cinco pozos concentrados de 40 m de profundidad en el sector norte del embalse Laguna Grande, con el fin de satisfacer la proyección de la demanda mediante el funcionamiento de cuatro pozos de manera permanente y uno de reserva, captación de hasta 18 horas, lo que puede provocar una sobrecarga al sistema acuífero.

Para el caso de los pozos ubicados a menos de 10 m de profundidad y asociados al escurrimiento de los depósitos poco consolidados arenosos y pisos de arcillas, de la Formación Guane, se identificaron patrones hidroquímicos de aguas bicarbonatadas-cloruradas-sódicas (HCO₃-Cl-Na) que confirman la presencia de otro acuífero (*figura 5*):

Figura 5. Gráficos Scholler-Berkaloff-Molerio. Izquierda, pozos asociados al acuífero de la Formación Paso Real. Derecha, pozos asociados a la Formación Guane.



Fuente: Elaboración propia.

A partir del análisis del proyecto de inversiones descrito en el *Máster Plan...* (Planificación y Arquitectura, 2018), se han identificado objetos de obras con efectos ambientales negativos, tales como el canal interior que atraviesa la península, con acceso al mar en sus extremos norte, centro y sur, el cual fragmenta la línea de costa, el manglar asociado al litoral y los

sectores de playas previstos entre las principales ofertas turísticas alternativas al golf (*figura 6*). Este canal ha sido diseñado como eje de movilidad interior y vía de acceso a diversas instalaciones e infraestructuras, por tanto, considerado como elemento esencial del proyecto; sin embargo, su construcción puede desencadenar una serie de efectos negativos importantes.

Figura 6. Esquema general del proyecto Punta Colorada (Fase I).



Fuente: Planificación y Arquitectura (2018).

Igualmente, se han diseñado viales interiores, parcelas para la construcción de diversas obras de alojamiento y servicios, así como una marina para el atraque de yates en una laguna natural interior, los que requieren un considerable movimiento de tierras, cuantificado en un total de 1687.107 m³ por concepto de excavación.

Asociado a los anterior, se ha reconocido en este proyecto la modificación del suelo, la emisión de contaminantes (sólidos, líquidos y gases), la sobreexplotación de los recursos hídricos, la modificación del paisaje, entre otras, como las acciones con posibilidades de provocar cambios negativos, cuya mayor incidencia está en las aguas superficiales, subterráneas, marinas y su fauna. En tal sentido, específicamente relacionados con el recurso agua, se identificaron los siguientes impactos:

- Alteración del drenaje superficial y de la dinámica mar–tierra como consecuencia de la interrupción de las vías naturales de escurrimiento, debido al movimiento de tierra, la construcción de la Marina y del canal interior.
- Posibilidad de contaminación de las aguas superficiales y las subterráneas por derrames de hidrocarburos y lubricantes, por el mal manejo en el almacenamiento y durante el funcionamiento de los equipos y maquinarias, así como por la migración de contaminantes a partir de la acumulación de residuos sólidos y desechos peligrosos.
- Alteración de la hidrología del área, que constituye uno de los componentes básicos del humedal, que interactúa con el ambiente fisicoquímico del suelo, del agua y la biota.

- Modificación del equilibrio de la interface agua dulce–agua salada como consecuencia de la construcción de la Marina y el canal interior, lo cual provoca cambios sustanciales en el régimen y la calidad de las aguas subterráneas, previéndose una elevación sostenida de los valores de mineralización.
- Pérdida de la calidad del agua por mineralización y cambios en el régimen de las aguas subterráneas, por la sobreexplotación del acuífero como probable consecuencia de la concentración de la carga de extracción en cuatro pozos, para satisfacer la demanda del proyecto y su efecto combinado con la construcción del canal interior.
- Posibilidad de contaminación del agua marina por el arrastre de sedimentos desde el interior, debido al movimiento de tierra para la construcción de la Marina y el canal, así como por derrames de hidrocarburos y lubricantes, derivados de la operación de la draga para la habilitación del canal de entrada a esta.

En su diseño, el proyecto ha previsto actuaciones potencialmente positivas que dependen del uso y la aplicación correcta de los recursos y las tecnologías, así como del cumplimiento estricto de las correspondientes normas relacionadas con la gestión ambiental. Para tales fines se han considerado las siguientes acciones:

- Mantenimiento de las condiciones ambientales del área del proyecto por incremento del conocimiento científico y la apropiación de tecnologías limpias.
- Disminución de las afectaciones al medio ambiente a partir de la aplicación

de buenas prácticas que incluyan la reutilización de recursos, la recuperación y el reciclaje de residuos, el uso de vehículos eléctricos y de energías limpias.

- Sostenibilidad de las condiciones ambientales del área de influencia del proyecto mediante la sensibilización ambiental de los visitantes a través del funcionamiento del centro de interpretación.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La red de drenaje superficial descrita y el sistema de lagunas naturales constituyen elementos determinantes del soporte físico de los humedales presentes en ambas costas y su biota asociada. Desde el punto de vista hidrogeoquímico, las aguas clasifican como cloruradas-bicarbonatadas-sódico-cálcicas (Cl-HCO₃-Na-Ca) en el embalse Laguna Grande y como cloruradas sódicas (Cl-Na), salobres y saladas, más próximo a la costa. Las aguas subterráneas propuestas para el abastecimiento clasifican como bicarbonatadas-cálcicas (HCO₃-Ca) y aguas bicarbonatadas-cloruradas-sódicas (HCO₃-Cl-Na).

La construcción de un canal interior en el área de estudio, como pieza básica en el engranaje conceptual del *Máster*

Plan..., significa una alteración sustancial al régimen y la calidad de las aguas tanto superficiales como subterráneas, en tanto modificará perceptible e irreversiblemente el equilibrio de la interface agua dulce-agua salada. La magnitud de este posible impacto negativo debe ser evaluada desde todos los ámbitos necesarios: biótico, abiótico y socioeconómico.

El diseño para el abasto de agua, propuesto por el Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos, incluye más de 10 pozos ubicados en una amplia zona, que abarca dos cuencas subterráneas, para lograr una menor carga al sistema y establecer un régimen de explotación más racional. Sin embargo, la propuesta que se expone en el *Máster Plan...* concentra la carga de extracción en cuatro pozos al norte del embalse Laguna Grande, lo cual, unido a los efectos de la construcción del canal interior, deberá ser evaluado en términos de impacto.

Por la importancia del producto sol y playa para el proyecto, los valores de nutrientes nitrogenados y metales disueltos detectados en la muestra de agua de mar deberán ser objeto de estudios específicos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Balado, E.J. (2018). *Descripción litológica de las arenas de punta Colorada* (Informe Técnico). División de Ingeniería Ambiental y Recursos Hídricos. Inversiones GAMMA S.A.
- Baños-Casteñeira, C.J., Vera-Rebollo, J.F. y Díez-Santo, D. (2010). El abastecimiento de agua en los espacios y destinos turísticos de Alicante y Murcia. *Investigaciones Geográficas*, 51, 81-105. <https://doi.org/10.14198/INGEO2010.51.04>

- Díaz, A., Priestley, G., y Salgot, M. (2016, 16-18 noviembre). *Agua para el desarrollo del turismo: una relación desde el nexus agua-cambio climático* [Ponencia]. International Conference on Regional Science, Santiago de Compostela, España. <https://bit.ly/3peMkkV>
- Dorticós, P.L., Arellano, M., y García, J.M.(Eds.). (2012). *Los recursos hídricos en Cuba: una visión. En B. Jiménez y J. Galizia (Coord.), Diagnóstico del agua en las Américas* (pp. 245-265). Foro Consultivo Científico y Tecnológico, AC. <https://bit.ly/2HWBqju>
- Inversiones Gamma. (2018). *Línea Base Ambiental. Informe Técnico de Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto punta Colorada Golf y Marina, Fase I*. División de Ingeniería Ambiental y Recursos Hídricos.
- Ibarra, C.M. (1978). *Mapa geográfico general. Atlas de Cuba XX Aniversario del Triunfo de la Revolución Cubana*. Instituto Cubano de Geodesia y Cartografía.
- Oficina Nacional de Normalización (2017). *Agua Potable-Requisitos Sanitarios* (Norma Cubana 827/2017). <https://bit.ly/3aYbT5V>
- Ortega, M.A. (2016). *Abasto de agua. Punta Colorada Golf Marinas. Etapa: Ideas conceptuales*. Informe Técnico. Empresa de Investigaciones y Proyectos Hidráulicos. Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos.
- Peñalver, L.L., Cabrera, M., Trujillo, H., Morales, H., Fundora, M., Pérez, J., Molerio, L., Guerra, M., y Pedroso, I. (2001, 16-20 marzo). *Evolución paleoclimática y paleogeográfica de Cuba durante el Cuaternario* [Ponencia]. IV Congreso de Geología y Minería. La Habana, Cuba. <https://bit.ly/2TKngvJ>
- Planificación y Arquitectura (2018). *Máster Plan Punta Colorada*. Programa de Proyecto. Informe Técnico. PDP London.
- Portela, A.H., Díaz, J.L., Hernández, J.R., Magaz, A.R. y Blanco, P. (1989). *Geomorfología. Nuevo Atlas Nacional de Cuba*. Sección IV-3. Instituto de Geografía, Academia de Ciencias de Cuba.
- Salinas, Ed., Salinas, Er., y Mundet, L. (2019). El turismo en Cuba: Desarrollo, retos y perspectivas. *Rosa dos Ventos-Turismo e Hospitalidade*,11(1), 50-65. <https://bit.ly/2KuAcgX>



Água potável em São José dos Quatro Marcos, Brasil: percepções da população.

Agua potable en São José dos Quatro Marcos, Brasil: percepciones de la población.

Drinking water in São José dos Quatro Marcos, Brazil: perceptions of the population.

Alfredo Zenén Domínguez González/Universidad Estatal de Mato Grosso, Brasil/alfredozdg@unemat.br

Cleia Dias Vieira/Escola Municipal Vereador Evilasio Vasconcelos, Brasil/cleia_geografia@gmail.com

Recibido: 22/6/2020 **Aceptado:** 29/7/2020 **Publicado:** 30/12/2020

RESUMO

Tendo em vista a situação diagnosticada no Plano Municipal de Saneamento Básico da cidade mato-grossense de São José dos Quatro Marcos, o presente estudo visou identificar a percepção da população sobre o fornecimento e utilização domiciliar da água para consumo humano nessa cidade, com base na aplicação de um questionário a 419 responsáveis de domicílios distribuídos em diversos bairros. Os resultados evidenciaram que existem percepções negativas da população sobre o tratamento, distribuição e qualidade da água fornecida pela rede pública, estimulando o uso de fontes alternativas, mesmo com uma baixa cobertura de esgotamento sanitário. Paralelamente, percebem que a intermitência no fornecimento de água advém da falta de investimento público no sistema de abastecimento, e as medidas que propuseram mostram desconhecimento da realidade da cidade e das possibilidades de reuso da água. Conclui-se que, além de investir no sistema de abastecimento, o poder público deve conscientizar à população sobre o uso eficiente e o reuso da água.

Palavras chave: abastecimento, percepção social, qualidade da água, reuso, uso

RESUMEN

Teniendo en cuenta la situación diagnosticada en el Plan Municipal de Saneamiento Básico de la ciudad mato-grossense de São José dos Quatro Marcos, este estudio buscó identificar las percepciones de la población sobre el abastecimiento y utilización domiciliar del agua para consumo humano en la ciudad, a partir de la aplicación de un cuestionario a 419 responsables de domicilios distribuidos en diversos barrios. Los resultados obtenidos indicaron que los problemas relacionados con los servicios de saneamiento básico, especialmente el de abastecimiento de agua potable, influenciaron en el surgimiento de percepciones negativas

de la población sobre el tratamiento, distribución y calidad del agua ofrecida a través de la red pública, estimulando el uso de fuentes alternativas, aun con la baja cobertura de drenaje sanitario existente. Paralelamente, asocian la intermitencia en el abastecimiento de agua a la falta de inversiones en el sistema de abastecimiento, y las medidas que propusieron muestran desconocimiento sobre la realidad de la ciudad y sobre sus posibilidades de reutilizar el agua.

Palabras clave: abastecimiento, calidad del agua, percepción social, reutilización, uso

ABSTRACT

Taking into account the situation diagnosed in the Municipal Basic Sanitation Plan of the Mato Grosso city of São José dos Quatro Marcos, this study sought to identify the population's perceptions about the supply and household use of water for human consumption in the city, from the application of a questionnaire to 419 heads of homes distributed in various neighborhoods. The results obtained indicated that the problems related to basic sanitation services, especially the supply of drinking water, influenced the emergence of negative perceptions of the population about the treatment, distribution and quality of the water offered through the public network. stimulating the use of alternative sources, even with the low existing sanitary drainage coverage. At the same time, they associate the intermittency in the water supply with the lack of investment in the supply system, and the measures they proposed show ignorance about the reality of the city and about its possibilities of reusing water.

Keywords: social perception, supply, reuse, use, water quality

INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, fatores como o crescimento demográfico, a diversificação dos usos da água, e a crescente deterioração do meio ambiente, tem comprometido a quantidade e qualidade da água a escala planetária (Martirani e Peres, 2016). Muitos países e regiões enfrentam uma crise devido à falta de fornecimento de água potável (de qualidade e com preço acessível) e de serviços de saneamento básico, acompanhado da elevada incidência de doenças vinculadas à deterioração da qualidade da água (Marinoski, 2007, apud Favretto *et al.*, 2016).

Segundo o *Relatório sobre o Desenvolvimento dos Recursos Hídricos no Mundo* da Organização das Nações Unidas (2016) essa crise se acentua quando, além da indisponibilidade

física, existem problemas de infraestrutura para produzir água potável e as instituições não cumprem suas obrigações no sentido de fornecer água com qualidade e de forma equitativa. Surge então uma competição entre usos e usuários que tem gerado diversos conflitos devido à incompatibilidade entre a demanda e a suas disponibilidades nas bacias hidrográficas e os aquíferos subterrâneos (Bordalo, 2017).

No caso do Brasil, os seus recursos hídricos estão desigualmente distribuídos, tanto no espaço geográfico quanto entre as classes sociais (Francisco, 2004). Paralelamente, a população se concentra em regiões onde a oferta de água é desfavorável e o cenário para o ano de 2030 mostra um incremento de

21 milhões de pessoas nas cidades, ou seja, 11.7 % a mais do que em 2017, como destacado pela Agência Nacional da Água do Brasil (2019). Além disso, o rápido crescimento urbano, a insuficiência de sistemas de saneamento básico e o risco de escassez de água e energia devido à deterioração dos recursos hídricos, geram vulnerabilidades nas cidades, algo admitido pelo Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas (Ribeiro e Souza, 2016). A *Política Nacional de Saneamento do Brasil* estabelece que a cidade disponibilize serviços de Águas Urbanas compreendendo: o abastecimento de água de qualidade (incluindo a conservação dos mananciais); a coleta, tratamento e disposição adequados do esgoto sanitário; um sistema de drenagem das águas pluviais; a coleta e disposição dos resíduos sólidos urbanos e a limpeza das ruas (Tucci, 2010). De igual forma, é preciso valorizar o reuso da água residuária advinda de residências, indústrias, instalações agropecuárias e outras fontes, para diversas finalidades.

No interior do Brasil, o uso desordenado das bacias hidrográficas foi influenciado pelos programas governamentais de ocupação da região Centro-Oeste (Bezerra e Cleps Júnior, 2004), atingindo o setor sudoeste do atual Estado de Mato Grosso, onde o desmatamento e as queimadas para implantar atividades agropecuárias, bem como a criação de espaços urbanos, alteraram a qualidade das águas superficiais e subterrâneas (Schiavinato e Gonzalez, 2019).

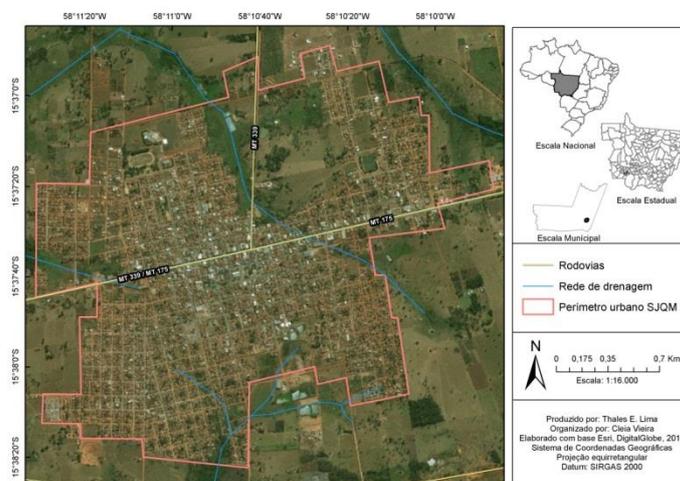
No caso do município de São José dos Quatro Marcos, onde a maioria dos seus 18 998 habitantes está concentrada na sede

municipal (Segundo o Censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (2010), o ranking do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) (Ministério do Desenvolvimento Regional, 2018) destacava que apenas 75.94% dos domicílios são abastecidos pela rede pública de distribuição de água tratada (no país é de 82.9%). Além disso, o Plano Municipal de Saneamento Básico (2014) relata que somente 9.3% dos domicílios possuem ligações à rede de esgoto ou pluvial, o que coloca o município no lugar 1185 dentre os municípios de pequeno e médio porte. Esta realidade explica a necessidade de conhecer a percepção dos moradores sobre os serviços de saneamento básico da cidade, tendo em vista que o significado dado ao meio ambiente (com base nas experiências pessoais, relações sociais e cultura), orientam as atitudes, escolhas e comportamentos individuais (Souza, 2015), que diferem entre os indivíduos conforme variáveis como idade, sexo e local de moradia, como apontado por Olmos-Martínez *et al.* (2016). Nesta comunicação se apresentam os resultados de um estudo que objetivou identificar a percepção da população residente na cidade de São José dos Quatro Marcos sobre o fornecimento e utilização domiciliar da água potável.

MATERIAIS E MÉTODOS

A área de estudo corresponde ao perímetro urbano dessa cidade (*figura 1*), sede do município homônimo localizado na região de planejamento sudoeste de Mato Grosso (Governo do Estado de Mato Grosso, 2017). Esse perímetro urbano ocupa 10 km² e se encontra a uma altitude de 230 m.

Figura 1. Localização da cidade de São José dos Quatro Marcos.



Fonte: Elaborado com base em Google Earth (2018).

O estudo foi executado entre os meses de fevereiro e outubro de 2018, em três etapas: a primeira, de gabinete, abrangeu a revisão bibliográfica sobre o tema e a consulta de documentos de órgãos públicos como o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística e a Secretaria de Planejamento do Estado de Mato.

Grosso-SEPLAN, Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento e Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB), para caracterizar a área de estudo. Finalmente, elaborou-se um questionário com base em Sousa (2013) para conhecer as percepções dos usuários sobre o fornecimento e utilização domiciliar da água potável na cidade. O mesmo contém 30 questões, agrupadas nos seguintes blocos para a sua análise: (1) dados pessoais e familiares; (2) percepções sobre os serviços de saneamento básico na cidade, em especial o de água potável e (3) dados sobre a utilização domiciliar da água.

Na etapa de campo foram realizadas observações nos bairros para verificar

a situação da infraestrutura de serviços básicos neles e, a seguir, foi aplicado o questionário aos responsáveis de domicílios desses bairros. A seleção dos bairros foi realizada com base em dois critérios: situação topográfica, para incluir aqueles situados nas partes mais altas da cidade, e o seu tamanho, para incluir os 10 maiores bairros da cidade. Nos bairros, a escolha dos domicílios a amostrar realizou-se de forma aleatória. Em cada caso foi solicitado aos entrevistados a sua adesão ao termo de consentimento livre e esclarecido. Após realizar o pré-teste correspondente, foram distribuídos 700 questionários tanto nas moradias como entre funcionários de instalações da rede de comércio e serviços da cidade. Nos 470 questionários respondidos e devolvidos foram verificados os dados faltantes ou preenchidos erradamente, eliminando aqueles onde essas faltas ou erros fossem superiores a 10% do total de questões. Dessa forma, foram descartados 51 questionários, ficando a amostra constituída por 419 responsáveis de famílias.

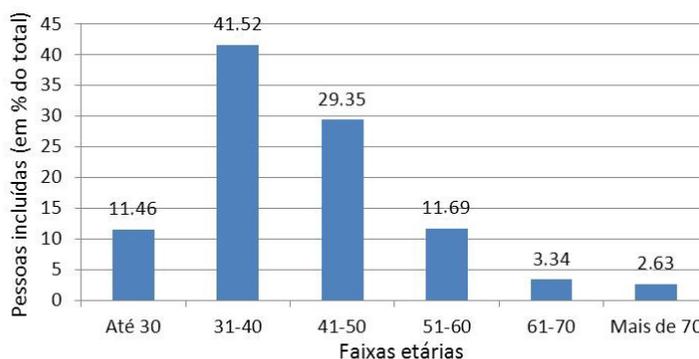
Na terceira etapa realizou-se a análise quali-quantitativa dos dados coletados, agrupando-os em categorias de respostas para serem tabulados e processados no software Excel, utilizando gráficos para a sua melhor interpretação. Finalmente se fez a discussão desses dados, relacionando-os com outros resultados de pesquisas voltadas à identificação das percepções da população sobre o tema estudado.territorio.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Baseado no fato de que existe uma relação

entre as variáveis do perfil socioeconômico e a percepção ambiental dos entrevistados, como elencado por Brotto *et. al.* (2017), buscou-se traçar esse perfil. Na primeira pergunta, relacionada com o sexo, verificou-se que na amostra estudada há um predomínio das mulheres (66.6% do total) sobre os homens (33.4%). Quanto à idade, predominaram as pessoas com 31 a 40 anos (41.52% da amostra), seguidos daqueles com 41 a 50 años (29.35%). Nota-se que em apenas 74 pessoas a idade foi superior a 50 anos (*figura 2*).

Figura 2. Faixas etárias das pessoas amostradas na cidade de São José dos Quatro Marcos.



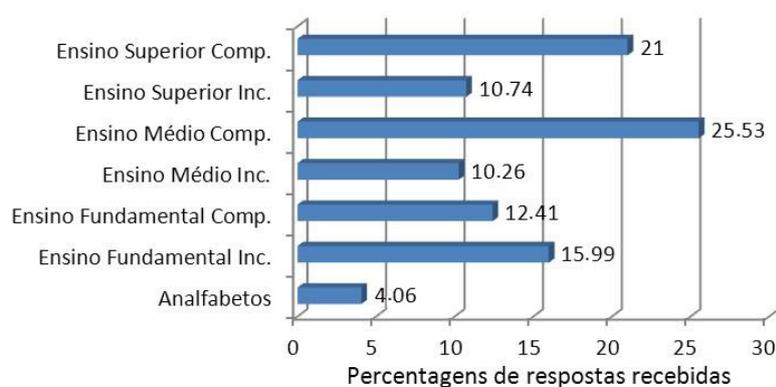
Fonte: Elaboração própria.

O estado civil predominante na amostra foi de pessoas casadas (74% do total), com escassa proporção de solteiras (11.9%), divorciadas (8.6%) e viúvas (5.5%). Em relação ao número de residentes nos domicílios, predominaram aqueles com 3 a 4 moradores (66.1%). Porém, em 20.8% deles mora entre 5 e 6 pessoas (ou mais, em casos isolados), o que pode estar relacionado à falta de recursos para comprar ou alugar casa, ou à quantidade de filhos, pois apenas recentemente começou a diminuir no Brasil o número de filhos por família (Leone *et al.*, 2010). Finalmente, em 13.1% dos domicílios residem entre uma e

duas pessoas. A correlação deste dado com o estado civil mostrou que geralmente se trata de pessoas solteiras, divorciadas ou viúvas.

No que se refere à escolaridade, o 37.9% das pessoas amostradas concluíram o ensino fundamental ou o ensino médio, enquanto o 31.7% delas se formou (ou estão estudando) em alguma instituição de ensino superior. Porém, ainda 26.3% da amostra declararam não ter concluído o ensino fundamental ou o ensino médio, e outro 4.1% informou que são analfabetos (*figura 3*).

Figura 3. Nível de escolaridade dos responsáveis de famílias pesquisadas em São José dos Quatro Marcos.



Fonte: Elaboração própria.

Tendo em vista que as experiências advindas do tempo de residência no bairro reforçam a percepção das pessoas sobre o tema estudado, foi perguntado sobre este aspecto, verificando-se que uma parte considerável da população pesquisada (44 %) mora há mais de 10 anos nele, e em outro 20% esse tempo é de mais de seis anos. Isso tem lhes permitido vivenciar por mais tempo a problemática do funcionamento dos serviços de saneamento básico que recebem (especialmente esgotamento sanitário, coleta de resíduos sólidos e fornecimento de água potável) o que garante maior confiabilidade das respostas oferecidas sobre esse aspecto de interesse para a presente pesquisa.

Em relação à percepção sobre os serviços básicos, confirmou-se que as fossas constituem a alternativa mais viável de esgotamento sanitário, pois apenas 32 domicílios (7.6% do total pesquisado) possuem conexão à rede de esgoto, mostrando uma situação típica da cidade estudada, segundo destacado no PMSB

(2014). Dessa forma, 52.3% das famílias utilizam fossa séptica para a drenagem sanitária, mesmo que o caráter «séptico» das fossas muitas vezes não é real, pois elas são construídas sem rebocar os tijolos, visando facilitar a infiltração do líquido do esgoto e, desta forma, diminuir a frequência de contratação do serviço de limpeza da fossa. Entretanto, 40.1% utiliza fossa rudimentar. Em contraposição, 99% dessas residências recebem o serviço de coleta de resíduos sólidos regularmente, sendo que nas restantes eles são queimados, como declararam os entrevistados.

No tocante à água potável, a primeira questão visava conhecer a sua origem nos domicílios. Nas respostas confirmou-se que 92.1% deles se abastecem da rede pública de distribuição. Porém, em 3.6% dos casos a água advém da rede e de poços tubulares conectados a ela. As restantes famílias estudadas se abastecem exclusivamente de poço tubular (3.1%) ou de poço comum (1.2%). Nestes casos, consumir água não tratada gera risco

para a saúde, como afirmam Medeiros *et al.* (2016). Paralelamente, o consumo de água de poços tubulares contradiz o estabelecido pela Portaria N° 2914/2011 do Ministério da Saúde do Brasil (2011), no sentido de que toda a água para consumo humano coletivo, que seja distribuída coletivamente através de sistema de abastecimento outra alternativa, deverá possuir um padrão de potabilidade que não afete a saúde do consumidor. Além disso, a água dos poços tubulares é misturada nas tubulações com água tratada, intensificando o risco à saúde.

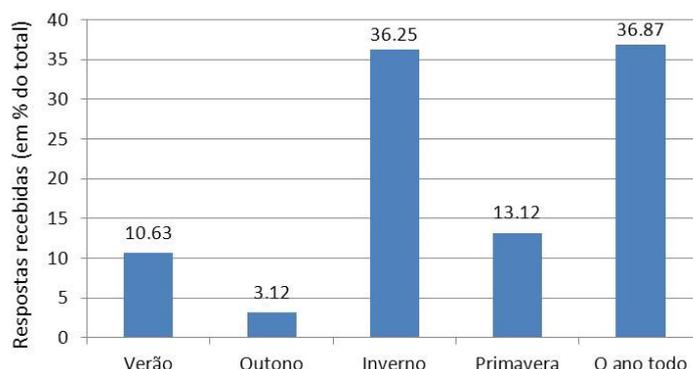
No tocante à frequência de chegada da água às residências durante o dia, duas respostas foram as mais recorrentes: o 43.9% das pessoas afirmaram que estão acostumados à falta da água em qualquer momento do dia, enquanto outro 34.8% delas respondeu que a água da rede chega apenas no período noturno. Um estudo da percepção dos usuários no Estado de Pará, realizado por Maia *et al.* (2015) registrou resultados similares sobre intermitências no fornecimento de água potável.

Essa intermitência atinge especialmente às residências dos bairros situados em posição topográfica alta, devido à incidência de

fatores como: vazamentos nas tubulações por serem muito antigas e variações no diâmetro das mesmas, que afetam a pressão: quando ela é baixa, a água não chega às caixas d'água; além disto, a água liberada para distribuição na Estação de Tratamento de Água circula inicialmente por bairros mais baixos. Por isso, quando solicitada uma avaliação do abastecimento de água no bairro, o 78.3% das pessoas o consideram *ótimo* ou *bom* e o resto Ruim ou Pésimo; neste último caso são moradores de bairros altos como Jardim Peruche e Morada do Sol.

A seguir questionou-se sobre a sazonalidade da intermitência. Para os que admitiram esse fato (38.2% da amostra), as opiniões sobre a época do ano em que a água costuma faltar com mais frequência nas residências são diversas; porém, predominam os que afirmaram que ocorre no inverno, coincidindo com a época da seca, e os que disseram que isso acontece o ano todo (*figura 4*). Quando cruzadas as respostas a esta questão com a posição topográfica do bairro onde o domicílio amostrado se localiza, confirmou-se que em todos os casos em que a água falta o ano todo, o domicílio está em um bairro alto.

Figura 4. Ocorrências de falta de água ao longo do ano nas residências da cidade de São José dos Quatro Marcos.

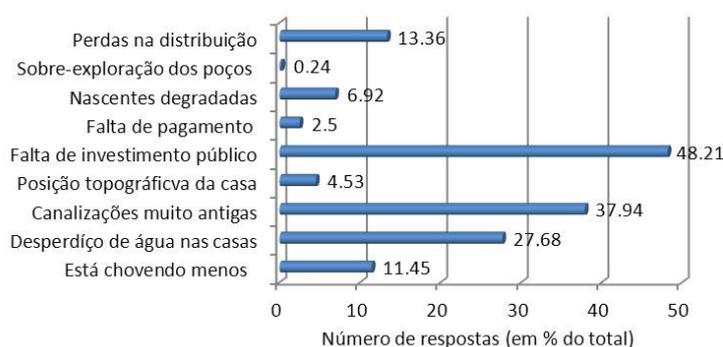


Fonte: Elaboração própria.

Sobre as possíveis causas dessa intermitência, o 48.2% das pessoas amostradas atribuiu o problema à falta de investimentos no sistema de abastecimento, ou a consequências desse fato como: antiguidade das canalizações (respondida por 37.9% da amostra), perdas na distribuição (13.4%) e falta de pressão nas tubulações, que afeta o fornecimento nos bairros altos, como reconhecido por 4.5% das pessoas amostradas (figura 5). Chamam a atenção outras razões colocadas

para explicar a falta de água: desperdício de água nos domicílios (27.7% das respostas); diminuição do volume anual de precipitações na região (11.5%); falta de proteção das áreas de nascentes que abastecem o córrego Corgão, que compromete a qualidade da água bruta captada para abastecer a cidade (6.9%); e falta de pagamento das contas pelos usuários por causa da irregular mensuração do consumo (2.5%).

Figura 5. Possíveis causas da falta de água nos domicílios da cidade de São José dos Quatro Marcos.



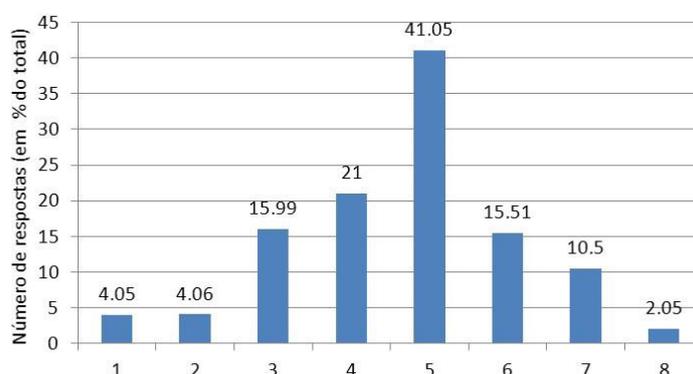
Fonte: Elaboração própria.

Buscando complementar essas respostas questionou-se, a seguir, como se poderia resolver o problema da falta de água. Nas respostas (figura 6), a maioria propôs construir outra estação de tratamento de água, ou manter ligadas por mais tempo as bombas na atual estação, evidenciando desconhecimento sobre o fato de as bombas funcionarem atualmente durante as 24 horas para tentar satisfazer a demanda. Outras propostas sugeridas (como distribuir a água de forma mais equitativa entre os bairros e aumentar o volume de água captada diariamente das fontes) indicaram desconhecimento da real situação do

sistema de abastecimento de água potável da cidade.

Outra questão buscava conhecer a opinião sobre a qualidade da água potável fornecida à população. Nas respostas, a grande maioria (77.3%) mostrou insatisfação, o que poderia estar relacionado com o odor e sabor desagradáveis advindos da quantidade excessiva de cloro contido na água devido à falta de aparelho de dosagem na estação de tratamento. Dessa forma, essa rejeição levou muitas pessoas a optar por água obtida de fontes que podem estar poluídas, sem saber do risco que isto implica para a sua saúde (Sousa, 2013).

Figura 6. Propostas para resolver os problemas da água potável na cidade estudada.



Nota: 1- Aumentar o volume de água captada; 2- Diversificar as fontes de abastecimento; 3- Maior equidade na distribuição entre bairros; 4- Maior tempo de bombeio na estação de tratamento; 5- Construir outra estação; 6- Criar incentivos ao baixo consumo; 7- Recuperar áreas de nascentes do córrego Corgão; 8- Privatizar o Departamento de Água e Esgoto.

Fonte: Elaboração própria.

Este resultado de rejeição pela água da rede de distribuição foi confirmado nas respostas à seguinte questão: Os residentes do domicílio costumam beber água da torneira? Neste caso, o 87.1 % das pessoas negaram o fato, argumentando que buscam água em sítios próximos à cidade, ou que compram água mineral como alternativa. Quando analisada a relação entre estes últimos e a escolaridade, confirmou-se que os que compram água são sujeitos com um nível de escolaridade mais elevado.

Buscando conhecer os efeitos na saúde do consumo de água não tratada, foi perguntado, a seguir, se algum dos moradores do domicílio tem sofrido doenças advindas do consumo da água obtida de poços, sendo que só o 10.7 % da amostra reconheceram doenças como diarreia, amebíase e disenteria bacteriana.

Quando questionados se tem realizado algum tipo de análise da qualidade da água de consumo, quase todos (97.4 %) negaram

o fato (os que o admitiram disseram que isso foi feito na época em que a família mudou-se para a cidade). E quando indagados sobre o tratamento dessa água, apenas 1.7 % das pessoas respondeu afirmativamente, destacando a filtração (88.2 % desses casos). Não foi avaliado o tipo de filtro utilizado e nem o tipo de limpeza que realizam e a sua frequência.

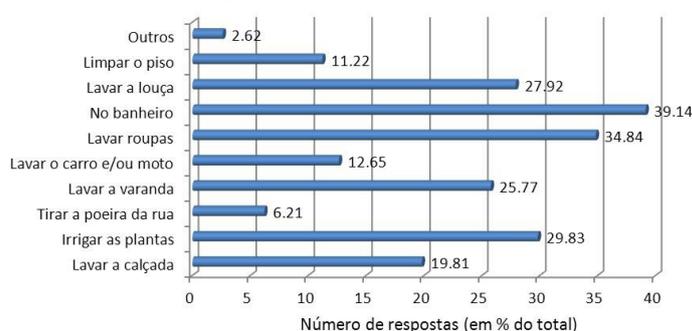
O último bloco de perguntas buscava obter dados sobre a utilização domiciliar da água. Na primeira questão perguntou-se sobre a capacidade total de armazenamento domiciliar de água. Foi corroborado que todas as residências dispõem de caixa d'água, sendo esta a única alternativa de armazenamento em 92.1% dos casos, com capacidades variadas: em 12.4 % delas a caixa tem capacidade para 1000 L de água, em 47.9 % para 500 e em 39.6% apenas para 250. Porém, apenas o 7.9% dessas residências utilizam a cisterna como alternativa complementar de armazenamento de água. Em relação à

limpeza da caixa d'água, todos afirmaram que realizam a mesma. Entretanto, a frequência da limpeza variou entre eles, predominando a semestral (42.1% dos casos), seguida dos domicílios onde não existe uma frequência de limpeza (34%), pois neles a caixa d'água só sofre limpeza quando «está suja». Salienta-se que um resultado similar foi obtido por

Garcia (2018) em estudo sobre a percepção pública e qualidade da água distribuída na cidade brasileira de Florianópolis.

Outra questão visava conhecer as atividades que mais água demanda diariamente nas casas. As respostas aparecem na *figura 7*, a seguir.

Figura 7. Principais usos domésticos da água na cidade de São José dos Quatro Marcos.



Fonte: Elaboração própria.

Quando ordenadas essas atividades pelo número de respostas (*figura 7*), verificou-se que as maiores percentuais corresponderam ao banheiro (39.1%), lavagem de roupas (34.8%), regar as plantas de jardins e hortas caseiras (29.8%), lavar a louça (27.9%), lavar as varandas (25.8%), e lavar a calçada (19.8%). Note-se que o banheiro constitui o principal espaço de consumo identificado, sendo que, segundo Mota *et al.* (2006) o desperdício de água nos chuveiros pode chegar à metade de toda água consumida por uma casa. Resultados similares tem sido encontrados tanto no Brasil (como é o caso do estudo da percepção dos moradores sobre o consumo da água na cidade brasileira de Curimatá, realizado por Moraes *et al.* 2018) como em outros países

(por exemplo, Molina *et al.* 2018 na pesquisa sobre o consumo de água em domicílios da cidade de Cuenca, Equador).

Os resultados mostrados na *figura 7* indicam a necessidade de estabelecer uma política de reúso domiciliar da água, especialmente as águas cinza claras procedentes de banheiros, chuveiros, lavatórios e máquinas de lavar roupa. Esta necessidade é demonstrada quando analisadas as respostas à seguinte questão, relacionada com o conhecimento, ou não, da possibilidade de reúso da água: apenas 32.7% das pessoas amostradas admitiram conhecer que a água utilizada no domicílio pode ser objeto de reúso.

Para este grupo, as possíveis alternativas de reúso seriam: a utilização da água residual da lavagem de roupa para outras finalidades

como: lavar a varanda e a calçada, apagar poeira da rua, lavar o carro ou moto, e para a descarga do banheiro (39.1% das pessoas amostradas colocaram ao menos uma dessas alternativas); reutilizar a água da pia para irrigar plantas (13.1%); e fazer reuso da água de limpar o piso na irrigação do jardim (42.3%). Algumas destas propostas coincidem com aquelas registradas por Grande *et al.* (2016) em estudo sobre a percepção de usuários sobre os impactos do racionamento de água na cidade brasileira de Campina Grande, no estado da Paraíba.

Também existe a alternativa de fomentar o reuso municipal da água em atividades como: proteção contra incêndios; controle de poeira em estradas; construção civil; lavagem de ruas e dos ônibus da Prefeitura; e irrigação de áreas verdes. Esta última alternativa de reutilização é a mais comum nos municípios, segundo Kubler *et al.* (2015), onde a água é usada- prévia desinfecção com cloro ou raios ultravioletas- em canteiros de estradas, gramados residenciais, campos de golfe e irrigação de parques. No caso dos esgotos domésticos, quando devidamente tratados com as tecnologias disponíveis, podem-se consumir como água potável (como explicitado por Hespanhol, 2015) ou receber um tratamento ecológico simples que permita o reuso, evitando as afetações na qualidade da água advindas do despejo de esgotos sanitários nos corpos d'água, como apontara Barbosa (2012).

A última pergunta buscava conhecer a opinião das pessoas sobre a política de pagamento da água na cidade, sendo que as opções oferecidas eram: *ótima*, *boa*, ou

ruim. Nas respostas, a grande maioria das pessoas (78.5%) a considerou como Boa e outro 4.5% achou que é Ótima. Ou seja, 83.1% das pessoas pesquisadas aprova essa política (o que pode estar relacionado, em alguns casos, com o fato de que quem não paga o serviço, não é punido com o corte do fornecimento). Os que consideraram que essa política é ruim (16.9% da amostra) basearam-se em dois aspectos: preço do serviço e gerenciamento do sistema de abastecimento de água potável, como explicitado a seguir:

Em relação ao preço, em 40% dos bairros estudados: Centro, Jardim das Oliveiras, Bela Vista, J. Popular, J. Peruche e J. Rondon, as pessoas criticaram o preço da água e o uso de uma taxa, pois *quem consome pouca água deve pagar o mesmo valor que os que consomem muita*, sendo que *o correto seria pagar pela quantidade consumida e não pela taxa*. Nas respostas a esta pergunta também foi citado o gerenciamento do abastecimento de água potável, sendo que em 40% dos bairros: Bela Vista, Centro, J. Peruche, Morada do Sol, J. das Oliveiras e J. Popular; existem critérios negativos, com argumentos como: falta de controle sobre o pagamento; não supressão do fornecimento a aqueles que não pagam pelo serviço; e ausência de uma campanha para que todos paguem, com desconto, um valor justo.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O estudo realizado permitiu constatar uma baixa cobertura de esgotamento sanitário e diversos problemas no sistema de abastecimento de água potável da cidade de São José dos Quatro Marcos,

que influenciam tanto no uso de fontes alternativas para obter água, como na percepção negativa generalizada da população sobre o tratamento, distribuição e qualidade da água fornecida através da rede pública. Ao mesmo tempo, percebem que a intermitência no fornecimento advém da falta de investimento público no sistema de abastecimento, sendo que as medidas que propõem para enfrentar os seus efeitos

indicam um desconhecimento da realidade da cidade, bem como das possibilidades de reuso da água utilizada. Recomenda-se ao poder público municipal, informar à população sobre a atual situação da oferta de água potável na cidade, corrigir as insuficiências identificadas no sistema de distribuição e estimular a redução da demanda e o reuso da água pelos usuários.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agencia Nacional de Águas. (2019). *Manual de Usos Consuntivos da Água no Brasil*. Agencia Nacional de Água. <https://bit.ly/3oWE89g>
- Barbosa, M.S. (2012). *A percepção de agricultores familiares e formuladores de políticas – o reúso da água no Semiárido baiano* [Tese de doutorado, Universidade Federal da Bahia]. Repositório Institucional UFBA. <https://bit.ly/3hjzyyK>
- Bezerra, M.C., e Cleps, J. (2004). O Desenvolvimento Agrícola da Região Centro-Oeste e as Transformações no Espaço Agrário do Estado de Goiás. *Caminhos de Geografia*, 5(12), 29-49. <https://bit.ly/3mQ4Lew>
- Bordalo, A.L. (2017). Novos olhares da crise hídrica mundial. Em E. Salinas, C.A. Di Mauro y E.C. Moretti, (Orgs.), *Água, recurso hídrico: bem social transformado em mercadoria* (pp. 16-34). Editora Associação Amigos da Natureza da Alta Paulista. <https://bit.ly/3jUOWTD>
- Brotto, D.S., Dias, G.T., Pereira, J.S., e Agarez, V.L.V. (2017). Percepção dos cidadãos do município do Rio de Janeiro quanto à responsabilidade pela situação hídrica atual. *Revista Brasileira de Educação Ambiental*, 12(1), 85-96. <https://doi.org/10.34024/revbea.2017.v12.2277>
- Favretto, C.R., Schumann, C., Dall’agnol, A.L.B., Nazari, M.T., Araújo, M.M.F., e Quadro, M.S. (2016, julho-agosto.). *Análise do sistema de abastecimento de água do município de Arroio do Padre/RS*. Anais do XIV ENEEAmb, Brasília-DF, Brasil. <https://bit.ly/3jWO9Qh>
- Francisco, C.N. (2004). *Subsídios à gestão sustentável dos recursos hídricos no âmbito municipal: o caso de Angra dos Reis* [Tese de doutorado, Universidade Federal Fluminense]. Repositório Institucional UFF. <https://bit.ly/3aKdTOX>
- Garcia, A.T. (2018). *Percepção pública e qualidade da água distribuída em Florianópolis, SC: avaliação e proposição de alternativas de tratamento* [Tese de doutorado, Universidade Federal de Santa Catarina]. Repositório Institucional UFSC. <https://bit.ly/325Cg4v>

- Governo do Estado de Mato Grosso. (2017). *Regiões de planejamento de Mato Grosso 2017*. Secretaria de Estado de Planejamento-SEPLAN. <https://bit.ly/329QfX2>
- Grande, M.H., Galvão, C., Miranda, I.B., e Sobrinho, D.G. (2016). A percepção de usuários sobre os impactos do racionamento de água em suas rotinas domiciliares. *Ambiente & Sociedade*, 19(1), 165-184. <https://doi.org/10.1590/1809-4422asoc150155r1v1912016>
- Hespanhol, I.A. (2015). Inexorabilidade do reúso potável direto. *Revista DAE*, 63(198), 63-82. <https://doi.org/10.4322/dae.2014.141>
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2010). *Censo demográfico 2010*. <https://censo2010.ibge.gov.br/resultados.html>
- Kubler, H., Fortin, A., e Molleta, L. (2015). *Reúso de Água nas Crises Hídricas e Oportunidades no Brasil*. Editora da Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. <https://bit.ly/3jW0QLg>
- Leone, E.T., Maia, A.G., e Baltar, P.E. (2010). Mudanças na composição das famílias e impactos sobre a redução da pobreza no Brasil. *Economia e Sociedade*, 19(1), 59-77. <https://bit.ly/3jQUcpD>
- Maia, D., Fernandes, L.L., e Teixeira, L.G. (2015). Diagnóstico do abastecimento e consumo de água segundo a percepção do usuário em duas áreas residenciais no Estado do Pará. *Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental*, 4(2), 105-115. <https://bit.ly/3mK7pSl>
- Martirani, L.A., e Peres, I.K. (2016). Crise hídrica em São Paulo: cobertura jornalística, percepção pública e o direito à informação. *Ambiente & Sociedade*, 19(1), 1-20. <https://bit.ly/3mMgOt6>
- Medeiros, A., Lima, M. de O., e Guimarães, R.M. (2016). Avaliação da qualidade da água de consumo por comunidades ribeirinhas em áreas de exposição a poluentes urbanos e industriais nos municípios de Abaetetuba e Barcarena no estado do Pará, Brasil. *Ciência & Saúde Coletiva*, 21(3), 695-708. <https://doi.org/10.1590/1413-81232015213.26572015>
- Ministério da Saúde. (2011). Portaria Nº 2.914. *Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade*. Brasil. <https://bit.ly/2Js2p7w>
- Ministério do Desenvolvimento Regional. (2018). *Diagnostico dos serviços de água e esgoto, 2018*. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento-SNIS. <https://bit.ly/389bRq8>
- Molina, E., Quesada, F., Calle, A., Ortiz, J., e Orellana, D. (2018). Consumo sustentable de agua em viviendas de la ciudad de Cuenca. *INGENIUS*, (20), 28-38. <https://bit.ly/2TPVID5>

- Moraes, L.A., Sousa Filha, E.M.M., Santos, L.A. dos., França, A.A., Araújo, M.F., e Machado, R.B. (2018). O consumo da água na cidade de Curimatá- PI: percepção dos moradores do entorno da barragem Vereda da Cruz. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 11(01), 150-166. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v11.1.p150-166>
- Mota, M.B., Manzanares, M.D., e Silva, R.A.L. (2006). Viabilidade de reutilização de água para vasos sanitários. *Revista Ciências do Ambiente*, 2(2), 24-29. <https://bit.ly/3mSoc66>
- Olmos-Martínez, E., Arizpe-Covarrubias, O., Contreras-Loera, M.R., González-Ávila, M.E., e Casas-Beltrán, D. A. (2016). Opinión pública y percepción sobre la conservación de la Reserva ecológica estatal Estero San José del Cabo y su zona de influencia. *Revista de comunicación Vivat Academia*, 135, 24-40. <https://doi.org/10.15178/va.2016.135.24-40>
- Organização das Nações Unidas. (2016). *Relatório sobre o Desenvolvimento dos Recursos Hídricos no Mundo. Água e Emprego*. <https://bit.ly/3em9DEU>
- Plano Municipal de Saneamento Básico. (2014). *Diagnóstico Geral dos Serviços de Saneamento Básico*. São José dos Quatros Marco (MT), Vol. I. <https://bit.ly/3oPUkLJ>
- Ribeiro, S.K., e Santos, A. (Eds.). (2016). *Mudanças Climáticas e Cidades*. Relatório Especial do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas. <https://bit.ly/3ekAjGg>
- Schiavinato, V.M.S., e Gonzalez, A.Z.D. (2019). Avaliação ambiental de nascentes na sub-bacia hidrográfica do córrego das Pitãs-MT, Brasil. *Revista Equador*, 8(3), 260-278. <https://revistas.ufpi.br/index.php/equador/article/view/9396>
- Sousa, J.C. (2013). Recursos hídricos: breves considerações sobre o sistema de abastecimento de água no município de Montes Claros/MG e a percepção dos cidadãos em relação ao uso da água. *Meio Ambiente e Sustentabilidade*, 3(2), 102-119. <https://bit.ly/3k3kV2p>
- Souza, E.P. (2015). *Qualidade e percepção do ambiente construído: influência nas características psicofisiológicas dos usuários* [Tese de doutorado no publicada, Universidade Estadual de Campinas]. Brasil.
- Tucci, C.E.M. (2010). Urbanização e recursos hídricos. Em C.E.de M. Bicudo, J.G. Tundisi y M.C.B. Scheuenstuhl (Orgs.), *Águas do Brasil: análises estratégicas*. Academia Brasileira de Ciências-Instituto de Botânica. <http://www.abc.org.br/IMG/pdf/doc-6820.pdf>



Evaluación de metales pesados en ríos y truchas *Oncorhynchus mykiss* de la región Pasco, Perú.

*Evaluation of heavy metals in rivers and on the *Oncorhynchus mykiss* trout at Pasco region, Peru.*

*Avaliação de metais pesados em rios e trutas *Oncorhynchus mykiss* da região de Pasco, Peru.*

Luis Rolando Murga Paulino / Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Perú / lmurgapa@undac.edu.pe

Odetta González Aportela / Universidad de La Habana, Cuba / odette@rect.uh.cu

Recibido: 11/9/2020 **Aceptado:** 26/10/2020 **Publicado:** 30/12/2020

RESUMEN

La contaminación ambiental es una preocupación y ocupación de múltiples organizaciones, siendo la liberación de metales pesados uno de los problemas latentes que se investigan por su persistencia y capacidad de bioacumulación. La región Pasco es una zona con múltiples ríos e industrias mineras, lo cual conlleva a un seguimiento por parte de las autoridades competentes para determinar la calidad del agua. Al respecto, el objetivo de la presente investigación fue determinar la presencia de metales pesados en los ríos San Juan, Huallaga, Tingo Palca y la laguna de Punrún; así como en las truchas *Oncorhynchus mykiss*, cultivadas en piscigranjas locales. El estudio fue descriptivo transversal. Los resultados mostraron concentraciones por encima de los límites máximos permisibles de algunos metales en los ríos Tingo, San Juan y Huallaga, fundamentalmente por la presencia de mineras en el trayecto de estos, destacándose el río San Juan como el más contaminado. La laguna Punrún no mostró contaminación por metales pesados y las truchas evaluadas en las piscigranjas tuvieron valores por debajo de los límites establecidos, por lo que pueden ser consumidas sin riesgos. La determinación proactiva de metales pesados posibilita la toma de decisiones que impactan en la realidad de la población.

Palabras clave: aguas superficiales, bioacumulación, contaminación ambiental, límite máximo permisible

ABSTRACT

Environmental pollution is a concern and occupation of multiple organizations, with the release of heavy metals being one of the latent problems that are being investigated due to its persistence and bioaccumulation capacity. The Pasco region is an area with multiple rivers and mining industries, which leads to monitoring by the competent authorities to determine the quality of the water. For this reason, the objective of this research was to evaluate the presence of heavy metals in the San Juan, Huallaga, Tingo Palca and Punrún lagoon rivers and so in *Oncorhynchus mykiss* trout. The research was descriptive cross-sectional. The results showed concentrations above the maximum permissible limits of some metals in the Tingo, San Juan and Huallaga rivers, mainly due to the presence of mining companies along the rivers, the San Juan river being the most polluted. The Punrún lagoon does not show contamination by heavy metals and the trout evaluated from the fish farms have values below the established limits, so they can be consumed by the population. The proactive determination of heavy metals will make it possible to make decisions that impact the reality of the population.

Keywords: bioaccumulation, environmental pollution, maximum permissible limit, surface water

RESUMO

A poluição ambiental é uma preocupação e ocupação de múltiplas organizações, sendo a liberação de metais pesados um dos problemas latentes que estão sendo investigados devido à sua persistência e capacidade de bioacumulação. A região de Pasco é uma área com múltiplos rios e indústrias de mineração, o que leva ao monitoramento das autoridades competentes para determinar a qualidade da água. Por esse motivo, o objetivo desta pesquisa foi avaliar a presença de metais pesados nos rios das lagoas San Juan, Huallaga, Tingo Palca e Punrún e na truta *Oncorhynchus mykiss*. A pesquisa foi transversal descritiva. Os resultados mostraram concentrações acima dos limites máximos admissíveis de alguns metais nos rios Tingo, San Juan e Huallaga, principalmente devido à presença de mineradoras ao longo dos rios, sendo o rio San Juan o mais poluído. A lagoa Punrún não apresenta contaminação por metais pesados e as trutas avaliadas nas pisciculturas apresentam valores abaixo dos limites estabelecidos, para que possam ser consumidas pela população. A determinação proativa de metais pesados possibilitará a tomada de decisões que impactam a realidade da população.

Palavras chave: águas superficiais, bioacumulação, limite máximo admissível, poluição ambiental

INTRODUCCIÓN

El estudio, la investigación y la promoción de actividades dirigidas a la preservación del medio ambiente son temas de interés y compromiso mundial, «a partir de la convicción de que el medio ambiente

concierno y afecta a todos» (Quiroz *et al.*, 2018, p. 73). Es interés de la comunidad científica, académica y de la sociedad en general, la conservación de los recursos naturales. Dentro de ellos, el agua es un

recurso imprescindible para la vida, por lo que protegerlo es una tarea y una deuda de la humanidad, como plantea Escobar (2019):

La calidad del agua de los ríos y lagos es fundamental para el desarrollo humano, económico y la vida acuática (...) la evaluación de la calidad del agua es la base del trabajo de protección ambiental y es una parte importante de la supervisión y gestión ambiental del agua. (p. 8)

Muchos ríos, lagunas y mares han sido contaminados. Coincidiendo con Quiroz *et al.* (2018), «el continuo crecimiento de la población humana y la presencia de modelos de desarrollo no sostenibles, han tenido como consecuencia la contaminación de los ríos y la pérdida de la disponibilidad de estos recursos» (p. 74); así como el riesgo del consumo de agua en las actividades humanas. En el *Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2020*, se expone un grave problema: «los cambios en la variabilidad climática (...) se [propagarán] para afectar a los recursos hídricos» (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, 2020, p. 18). La situación del cambio climático y la contaminación de aquellos por la acción del hombre ponen en peligro la disponibilidad del recurso agua, con calidad para su consumo y uso, de ahí la necesidad de velar por ella para la conservación de la vida en el planeta.

Numerosos científicos investigan los metales pesados al ser un serio problema para el ambiente. La evaluación de estos es esencial, «debido a que además de ser tóxicos, son acumulables por los organismos, siendo a

la vez fuente de alimentación en las redes trófica y son transferidos a cada uno de los eslabones de la cadena alimenticia» (Soto *et al.*, 2020, p. 50).

En esa línea de pensamiento, los metales pesados son contaminantes ambientales peligrosos, generados por las actividades humanas (Rodríguez, 2017). Al respecto, Pazmiño (2018) expone que «entre la variedad de contaminantes presentes en el ambiente, los metales son de particular preocupación a nivel mundial, debido a su persistencia y capacidad de bioacumulación y biomagnificación en los ecosistemas acuáticos» (p.10). Los ríos cercanos a regiones industriales son muestra de lo planteado; tales son los casos de los de la región Pasco, la cual se ubica en la zona central de la sierra de Perú. Su capital Cerro de Pasco está a 4 380 msnm y se caracteriza por un clima frígido. La región presenta dos grandes zonas: la provincia altoandina de Pasco, de suelos polimetálicos (Pb, Cu, Fe, Zn, Ag, Au, Cr); y la provincia de Oxapampa en la selva, eminentemente ganadera y turística.

En la región están operando empresas extractoras de minerales como las mineras Milpo, Minera Huarón, Minera Aurex, Atacocha, Volcán Compañía Minera y Sociedad Minera El Brocal, según es informado en el 2018 por el Ministerio de Energía y Minas. La industria, cuya actividad es la extracción de minerales, tiende a generar daños en el medio ambiente y en la salud de las personas. Gamarra y Uceda (2017) aseveran que «el impacto causado en la salud de las personas por exposición prolongada o por bioacumulación de metales pesados resulta alarmante, produciendo afecciones que van desde daños en órganos

vitales hasta desarrollos cancerígenos» (p. 19).

En este sentido, la salud puede verse afectada por disponer tanto del agua contaminada o por alimentos expuestos a la contaminación, como la ingestión de peces. En la gastronomía de la zona estudiada, la trucha es uno de los alimentos que más consumen los pobladores. La principal especie que se cría es la *Oncorhynchus mykiss*, denominada comúnmente *trucha tipo arcoíris*. Esta se consume como trucha eviscerada congelada, filete congelado o fresca eviscerada, y se cría en piscigranjas.

La región Pasco es cabecera de cuencas hidrográficas, con 527 ríos y numerosas mineras; de ahí su importancia para investigaciones de protección ambiental, específicamente relacionadas con la calidad del agua, pues algunos de los ríos se encuentran contaminados tanto por los desechos de los pobladores como por los desechos de la industria minera. Para mitigar la contaminación ambiental en la región por los pasivos ambientales generados por las empresas extractivas, el Gobierno Regional creó el Grupo Técnico Regional de Remediación de Pasivos ambientales de Pasco, a través de la *Ordenanza Regional N°430-2018*.

Como parte de la política local y regional, se están tratando de ubicar los lugares de aguas superficiales, como ríos y lagunas, donde existan presencia de contaminación ambiental, ya sea por desechos industriales como relaves mineros o por bioacumulación, lo cual puede generar daños en la salud de los pobladores de la zona; por ello, el objetivo de la presente investigación fue determinar el nivel de contaminación por metales pesados, liberados por las empresas mineras, de los ríos San Juan, Huallaga, Tingo Palca y la laguna de Punrún,

a partir de los Límites Máximos Permisibles (LMP) emitidos por el Ministerio del Medio Ambiente; así como de las truchas criadas en las piscigranjas locales.

Así se podrá brindar información pertinente y confiable al gobierno, a las empresas mineras y a los pobladores de la zona, para los cuales la trucha es un alimento importante; además de propiciar que la relación empresa-medio ambiente se constituya como una relación armónica del hombre con su entorno.

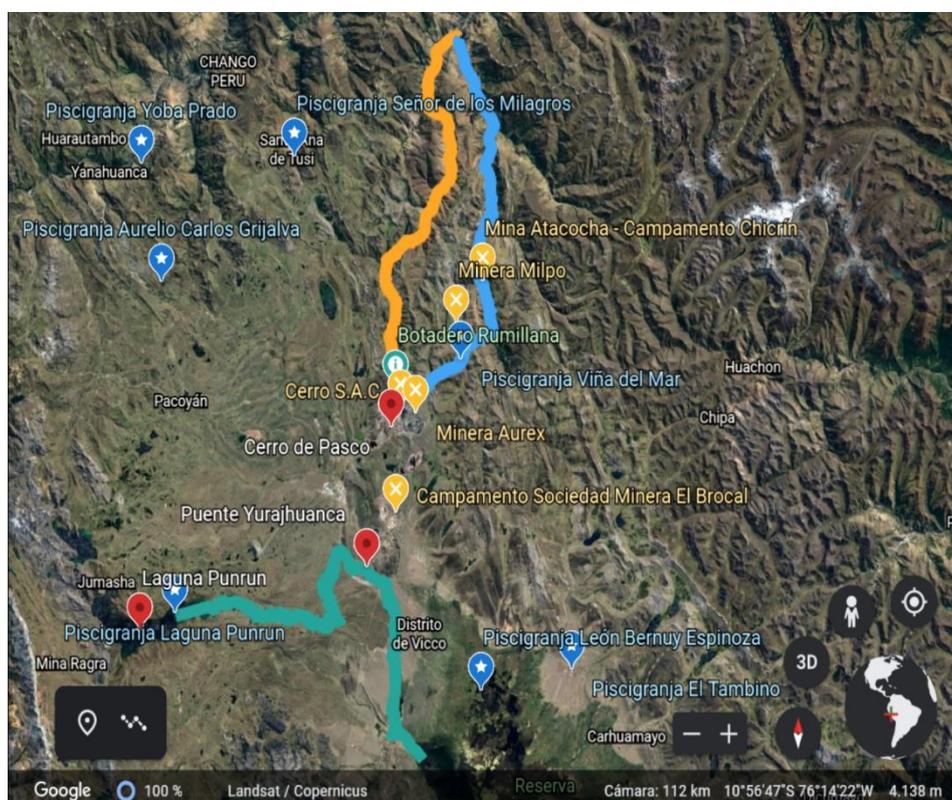
MATERIALES Y MÉTODOS

Se desarrolló una investigación descriptiva transversal, según Veiga *et al.* (2008), ya que se describió la situación de los metales pesados en los ríos y la laguna seleccionados, en virtud de conocer la presencia y distribución de los metales pesados mediante la medición efectuada.

El muestreo fue no probabilístico intencional, tanto para las muestras de agua como para la muestra de truchas. Los ríos objeto de investigación fueron el río San Juan, Tingo Palca y Huallaga; así como la laguna Punrún, por ser una laguna que abastece de agua a pobladores y está al mismo nivel de otras lagunas en la región. Las muestras se tomaron según se indica en cada caso, teniendo en cuenta la ubicación de las poblaciones y las mineras (*figura 1*). En cada punto se colectaron tres réplicas.

Para la obtención de muestras de trucha, se seleccionaron las piscigranjas referenciadas en la *figura 1*, que abastecen la población. Las piscigranjas se encuentran ubicadas al inicio de los ríos o fuera del cauce; por este motivo, se procedió a comprar el pescado de las seleccionadas en el mercado disponible para la población.

Figura 1. Mapa de la región Pasco.



Nota: Las mineras están señaladas en amarillo, las piscigranjas en azul y los ríos y laguna en estudio en rojo.

Fuente: Google earth

Recolección y transporte de muestras

Para la recolecta de muestras de agua se emplearon frascos de vidrio de 1 L de capacidad, los que fueron previamente limpiados con solución de KMnO_4 y H_2SO_4 , y enjuagados con agua destilada para eliminar la acidez. Como establece el protocolo aprobado por la Dirección General de Salud Ambiental (2007), las muestras se conservaron a 4°C mediante el uso de hielera, durante el transporte hacia el laboratorio de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión (UNDAC) en Pasco.

Las muestras de los ríos y la laguna en estudio fueron tomadas durante el año 2019, según se indica a continuación:

- Río Tingo Palca, el 8-2-2019 en cinco puntos de muestreo (puquial Pucyucaj, riachuelo Yacupashat, manantial Cоторa, puquial Otuto y el manantial Molipuerto); el muestreo comenzó a las 10:00 a. m. hasta las 6:00 p. m.
- Río San Juan, el 22-2-2019 a las 10:00 a. m. cerca del puente de Yurajhuanca, ubicado en el distrito Simón Bolívar ($S = 10^\circ 42' 12''$ $W = 76^\circ 18' 15''$ $H = 4\,178$ msnm).
- Río Huallaga, el 28-3-2019 a la altura de Huariaca, a las 10:00 a. m.
- Laguna Punrún, el 14-3-2019 a las 10:00 a. m.
- Truchas *Oncorhynchus mykiss*, se

compraron en los mercados de los distritos San Juan, el 5-5-2019 y Chaupimarca el 12-5-2019.

En la feria dominical de Yanacancha (distrito San Juan) se adquirieron las truchas provenientes de la laguna Punrún, la piscigranja Aurelio Carlos Grijalva y la piscigranja Viña del Mar; y en la feria dominical de Chaupimarca, las provenientes de la piscigranja Yoba Prado, la piscigranja Señor de los Milagros, la piscigranja El Tambino y la piscigranja León Bernuy Espinoza.

Las truchas fueron almacenadas en bolsas *ziploc* y transportadas de la misma manera que las muestras de agua, al laboratorio de la UNDAC.

Tratamiento de la muestra para obtención de harina

Se tomaron 25 g de tejido muscular de la parte lateral del tronco del pescado, se molió y se colocó en el desecador para deshidratarlo a 70°C por 72 h. Posteriormente, se llevó a la mufla y se calcinó a 450°C, en incrementos de 25°C/h por un tiempo de 16 h. Se agregaron 2 mL de HNO₃ concentrado y luego 10 ml de HCl 1N, con el propósito de disolver la muestra calcinada. Luego se trasladó a un balón (25 mL) y se aforó con agua ultra pura (Cabello *et al.*, 2013).

Tratamiento de la muestra de agua

Las muestras de agua fueron filtradas al vacío mediante una membrana con poro de 0.45 micras de diámetro. Posteriormente, se adicionó ácido nítrico concentrado para obtener un pH de 2.

Análisis de metales

Para la determinación de los metales presentes en muestras de agua y carne de

trucha (como harina), se utilizó el equipo de absorción atómica *Perkin Elmer Analyst 300*, de acuerdo a la norma ISO 11047:1998. Se emplearon para el análisis de los metales: el *EPA Method 7060 arsenic by GFAA*; el *AOAC Official Method 999.10: Lead, Cadmium, Copper, Iron, and Zinc in Foods*; el *EPA Method 7000B: Flame atomic absorption spectrophotometry*; y el *EPA Method 7470A: Mercury in liquid waste*.

Después, se compararon las concentraciones obtenidas de metales pesados con los valores del Estándar de Calidad Ambiental, establecidos por el Decreto Supremo N° 004-2017, quien declara el:

Estándar de Calidad Ambiental como la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente. (p.7)

Además, se contrastaron las concentraciones con los LMP establecidos por el Decreto Supremo N° 010-2010, quien lo define como la:

Medida de la concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan al efluente líquido de actividades minero-metalúrgicas, y que al ser excedidas no pueden causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente. (p. 424115)

RESULTADOS

Los valores de los metales pesados obtenidos se muestran en las *tablas 1, 2, 3, 4 y 5*, según el río o laguna analizado. Cada valor corresponde al promedio de las réplicas medidas por puntos de muestreo.

Río Tingo Palca

Los valores obtenidos en los diferentes puntos de muestreo se observan en la *tabla 1*; nótese que los valores de Cu y Pb se encuentran por encima de los LMP en los cinco puntos, y las concentraciones de Cd sobrepasan los LMP en los dos primeros puntos de muestreo.

Tabla 1. Concentración de los metales pesados determinados en el río Tingo Palca.

Fuente	Puquial Pucyucaj	Riachuelo Yacupashta	Manantial Cotorá	Puquial Otuto	Manantial Molipucquio
Ubicación	Comunidad de Malaucayán	Anasquizque	Cochacharao	Junipalca	Pallanchacra
Al(ppm)	0.028	<0.01	0.067	0,089	0.088
Fe(ppm)	0.12	0.06	0.098	0.146	0.156
Mn(ppm)	<0.01	<0.01	<0.01	0.02	0.019
Cu(ppm)	2.37*	2.78*	2.41*	2.87*	2.91*
Zn(ppm)	0.023	0.052	0.011	0.01	0.01
Pb(ppm)	0.03*	0.027*	0.024*	0.023*	0.02*
Cd(ppm)	0.006*	0.005*	<0.004	<0.004	<0.004
Hg(ppm)	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002
As(ppm)	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005

Nota: *Valores por encima del LMP.

Fuente: Elaboración propia.

Río San Juan

Los valores obtenidos por mediciones en este río se observan en la *tabla 2*; es de

destacar que las concentraciones de seis de los nueve metales pesados evaluados sobrepasan los LMP.

Tabla 2. Concentración de los metales pesados determinados en el río San Juan.

Metales pesados	Valores obtenidos (promedio)
Al(ppm)	0.248*
Fe(ppm)	2.123*
Mn(ppm)	0.867*
Cu(ppm)	2.43*
Zn(ppm)	3.82*
Pb(ppm)	0.275*
Cd(ppm)	0.0022
Hg(ppm)	<0.0005
As(ppm)	0.01

Nota: *Valores por encima del LMP.

Fuente: Elaboración propia.

Río Huallaga

Los valores de los metales pesados determinados se observan en la *tabla 3*,

nótese que los metales Al, Pb y Cd, sobrepasan los LMP.

Tabla 3. Concentración de los metales pesados determinados en el río Huallaga.

Metales pesados	Valores obtenidos (promedio)
Al (ppm)	1.762*
Fe (ppm)	0.023
Mn (ppm)	0.015
Cu (ppm)	0.1421
Zn (ppm)	0.247
Pb (ppm)	0.05*
Cd (ppm)	0.009*
Hg (ppm)	<0.0002
As (ppm)	0.005

Nota: *Valores por encima del LMP.

Fuente: Elaboración propia.

Laguna de Punrún

Se ubicada al suroeste de la ciudad de Cerro de Pasco; los valores de metales pesados

obtenidos se expresan en la *tabla 4*, donde se aprecia que solo el Pb se encuentra por encima de los LMP establecidos.

Tabla 4. Concentración de los metales pesados determinados en la laguna Punrún.

Metales pesados	Laguna de Punrún
Al (ppm)	0.056
Fe (ppm)	0.072
Mn (ppm)	<0.01
Cu (ppm)	1.36
Zn (ppm)	0.0086
Pb (ppm)	0.016*
Cd (ppm)	<0.002
Hg (ppm)	<0.0002
As (ppm)	<0.005

Nota: *Valores por encima del LMP.

Fuente: Elaboración propia.

La evaluación de la trucha fresca en el laboratorio de la UNDAC–Pasco, permitió obtener los valores de metales pesados que se muestran en la *tabla 5*, donde ningún valor sobrepasa los LMP.

Por otra parte, los parámetros de la harina de trucha obtenidos muestran que los valores están según lo establecido en los LMP, para agua (76.21), grasa (3.25), proteína (17.86) y minerales (2.63).

Tabla 5. Concentración de los metales pesados determinados en la trucha fresca (%).

Fuente	Provincia de Pasco	Viña del Mar	Aurelio Carlos Grijalva	Yoba Prado	Señor de los Milagros	Laguna Punrún	El Tambino	León Bernuy Espinoza
Al (ppm)	0.046	0.047	0.036	0.051	0.049	0.048	0.037	0.039
Fe(ppm)	0.013	0.015	0.011	0.013	0.015	0.009	0.010	0.011
Mn(ppm)	0.008	0.009	0.007	0.008	0.008	0.007	0.007	0.009
Cu(ppm)	1.12	1.13	1.09	1.10	1.12	1.06	1.08	1.10
Zn(ppm)	0.009	0.011	0.007	0.008	0.010	0.007	0.007	0.008
Pb(ppm)	0.001	0.001	<0.001	0.001	<0.001	0.001	<0.001	<0.001
Cd(ppm)	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004	<0.004
Hg(ppm)	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002
As(ppm)	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005

Fuente: Elaboración propia.

DISCUSIÓN

Las consecuencias por contaminación de metales pesados se perciben a través de las enfermedades o signos de toxicidad de los organismos que conviven en las cercanías de ríos y lagunas; así como en los seres humanos que consumen el agua o los alimentos provenientes de ríos, lagunas o mares contaminados. De allí la importancia de determinar los metales pesados en ríos y truchas en Perú, por la magnitud de mineras y de cuencas hidrográficas en la región, pues como se expresa en la *Constitución Política del Perú* (1993), «toda persona tiene derecho a la vida (...) a su libre desarrollo y bienestar. Es sujeto de derecho en todo cuanto le favorece» (Artículo 2).

Existen metales pesados «que tienen un significado particular en la eco toxicología, ya que son muy persistentes y, además, porque no se degradan en corto plazo, ni biológica ni químicamente en la naturaleza» (Rivas *et al.*, 2018, p. 212).

Los resultados de la investigación permiten determinar los metales pesados por encima del LMP, según el Decreto Supremo N° 2007-PCM. Al analizar los valores de estos se hace necesario realizar aclaraciones en función de cada río o laguna, por su posición geográfica y el asentamiento de pobladores y mineras cercanas.

En el río Tingo Palca, los valores de Cu, Pb y Cd están por encima del LMP, notándose los valores más altos al inicio del río para el caso de Pb y Cd, lo cual puede deberse al botadero de Rumillana y los desechos de pobladores de Yanacancha. Ello coincide con lo declarado en investigaciones realizadas

por el Centro de Cultura Popular LABOR (2018), quien plantea que:

El basurero comunal de la ciudad Cerro de Pasco (a falta de un relleno sanitario), se sitúa sobre el sitio de almacenamiento de los desechos sólidos mineros, que pertenece a la minera Volcán. Alrededor del sitio se observan desechos industriales, junto a residuos mixtos sin ninguna protección ni aislamiento. Durante las lluvias, estos desechos son arrastrados río abajo y fluyen afectando a todas las comunidades a lo largo de la cuenca del río Tingo y contaminando las aguas superficiales y subterránea por infiltración. (p. 24)

Además, en el cauce del río «hay pequeños depósitos de desmonte de una mina abandonada de la empresa Volcán Compañía Minera, donde los desechos están depositados al lado del río y siguen contaminando el ambiente» (Centro de Cultura Popular LABOR, 2018, pp.24-25). Aun cuando la situación de mineras o depósitos de desmonte cerca del cauce del río es un problema, este posee muchos afluentes, lo cual justifica la disminución de los valores de Pb y Cd, a medida que transita. Sin embargo, no ocurre así para el Cu, el cual va aumentando, lo cual puede deberse a varias razones; una primera relacionada a «las principales franjas metalogenéticas que corresponden a depósitos de cobre (pórfidos po/skarns) para la zona sur y norte» del Perú (Chirif, 2018, p. 39); otra por la continuidad de las operaciones de explotación de la mediana minería; un tercer causal es que en Cerro de Pasco existen «fuentes principales de generación de lixiviados de

cobre, la principal fuente por su caudal es la zona con pirritas de cobre al interior de la mina» (Espíritu, 2018, p. 12).

Los valores obtenidos coinciden con los resultados mostrados por Centro de Cultura Popular LABOR (2018), los cuales además plantean que:

La cuenca del río Tingo presenta altos niveles de contaminantes peligrosos y tóxicos, razón por la que la calidad ambiental es muy baja. La vida acuática del río sufre por esta continua contaminación. No se está respetando los límites de Ley nacional e internacional que establecen los niveles de protección para el ambiente y las personas. (p. 46)

Los datos obtenidos señalan la necesidad de un seguimiento constante en la determinación de metales pesados, por su toxicidad, que se atribuye fundamentalmente a los niveles en que se pueden encontrar y a los compuestos resultantes de sus interacciones, todo ello derivado de sus características químicas (Reyes *et al.*, 2016). Los efectos tóxicos de los metales pesados inciden en el agravamiento de patologías preexistentes, debido a las interacciones entre algunos metales tales como Az-Zn y Pb-Ca, que interfieren en los procesos metabólicos en la que suplantando a estos elementos hasta llegar a células, tejidos, órganos y huesos, y causa anomalías y enfermedades en el organismo humano (Londoño *et al.*, 2016).

En el análisis del río San Juan se constataron altos niveles de Fe, Mn, Cd, Zn, Al y Cu, en orden descendente, por lo que el nivel de contaminación es elevado, lo cual puede deberse a que, cerca del punto de muestreo, existe confluencia de aguas

negras provenientes de la ciudad y de los efluentes de la mina Cerro S.A.C. Resultados similares han sido obtenidos por el Centro de Cultura Popular LABOR (2018); además, en el recorrido de este río se incorporan los desechos de dos minas que vierten constantemente (Aurex S.A. y polimetálica El Brocal). Los investigadores suponen que la mayor afectación está dada por los contaminantes que emiten las mencionadas empresas mineras, al no respetar las regulaciones existentes, cuestión que ha sido expuesta en varias ocasiones por el Centro de Cultura Popular LABOR (2018 y 2019).

A pesar de que estos resultados han sido notificados a las empresas responsables, dichas acciones continúan siendo recurrentes, según varias mediciones realizadas, lo que trae consigo daños notables en el ecosistema acuático y en las especies que de él dependen, entre ellos, los pobladores que utilizan los productos provenientes del río, incluida el agua. Situación que ha sido demostrada en las investigaciones realizadas por el Centro de Cultura Popular LABOR (2018), quien informa que «la presencia de elementos tóxicos y cancerígenos es preocupante, debido al uso de estas aguas para uso pecuario y doméstico» (p. 46).

En el río Huallanga se encontraron niveles elevados de Al, Pb y Cd, lo cual puede deberse a que, en su trayecto se ubican las empresas mineras siguientes: Milpo S.A., El Brocal S.A., Atacocha S.A. y B.R. Espinoza Bauer. Las empresas Milpo S.A. y Atacocha S.A. están consideradas entre las más importantes productoras de concentrados de Zn y Pb. Dichos resultados se pueden corroborar con los obtenidos por Centro de Cultura Popular

LABOR (2018), los cuales refieren que los efluentes de la mina Atacocha contaminan la parte baja del río Huallaga.

Por otra parte, la ubicación del punto de la toma de muestra puede incidir en los resultados, debido a que es un área donde convergen los desechos de los pobladores de los distritos de Chaupimarca, Yanacancha, Tinyahuarco, Huariaca, Pallanchacra y los distritos de Ambo, Huáscar y San Rafael, en Huánuco.

En el caso de la laguna Punrún, seleccionada porque se encuentra en el mismo nivel de otras lagunas y de ella se sirven numerosos pobladores de la zona, no se muestran niveles de contaminación, excepto en el caso del Pb, que obtuvo un valor ligeramente superior al LMP, lo cual puede deberse a pasivos ambientales mineros, abandonados y sin tratamiento alguno, relaves, bocamina, infraestructuras abandonadas desde el 2006, correspondientes a la ex unidad minera Ballena y Jumasha (informe N°107-2019-MEM-DGM-DTM/PAM), de la Dirección Técnica Minera y la Dirección General de Minería (Centro de Cultura Popular LABOR, 2019, párr. 6).

El análisis, seguimiento y determinación de metales pesados es una urgencia ambiental y sanitaria. Investigaciones han demostrado que las interacciones estadísticas significativas entre el cadmio y el mercurio, provocan daños genéticos (Calao y Marrugo, 2015). La toxicidad de los metales pesados varía según sus concentraciones, de esta forma, algunos pueden llegar a ser tóxicos en niveles inferiores a 1000 ppm (Pb, Ni y Cd), en tanto otros como Mn, Zn y Cr requieren mayores concentraciones para provocar daño en la salud (Huaranga *et al.*,

2012). Las consecuencias por exposición a metales pesados pueden ser múltiples, entre muchos efectos, «puede dañar seriamente el cerebro y los riñones, causar aborto involuntario, dañar los órganos responsables de la producción de esperma en los hombres y, en última instancia, puede causar la muerte» (Spiess, 2010, citado por Rivas *et al.*, 2018, p. 212). Por su parte, Barraza *et al.* (2018) expone que los metales Ar, Cr y Cd tienen efecto cancerígeno.

Los autores de la presente investigación consideran significativo destacar que el Pb sobrepasa los LMP en todas las aguas superficiales evaluadas, lo cual puede deberse, como se explicó anteriormente, a los efluentes de las mineras ubicadas cerca del cauce de los ríos o a pasivos ambientales de algunas mineras desmontadas; por lo que se requiere supervisar continuamente las concentraciones existentes de los metales pesados, en especial del Pb, según los presentes resultados y los daños que puede ocasionar en la salud de los organismos vivos.

Algunos autores refieren el efecto en la salud por la acumulación del Pb en organismos acuáticos y terrestres. La Organización Mundial de la Salud (2018) ha reportado que este metal es responsable de numerosos problemas de salud y muertes por intoxicación, pues puede ser absorbido por inhalación, ingestión de alimentos contaminados o agua y por la piel, según Reyes *et al.* (2016). Este metal puede afectar órganos y sistemas de órganos tales como: el sistema cardiovascular, sanguíneo y renal, entre otros (Rodríguez *et al.*, 2016; Rodríguez *et al.*, 2017; Azcona *et al.*, 2015; Colón, 2019; Salas *et al.*, 2019);

presenta riesgo cancerígeno, según Soto *et al.* (2020); y, adicionalmente Frías *et al.* (2010) hace referencia a que pequeñas dosis suministradas al organismo de manera sistemática causa envenenamiento.

Las causas de contaminación ambiental son diversas, incluso por metales pesados, las que pueden ser debido al transporte de contaminantes a nivel atmosférico por diversas actividades antropogénicas; como por el uso de una gran cantidad de productos agrícolas como los pesticidas y plaguicidas (Frías *et al.*, 2010; dos Santos *et al.*, 2016; Pérez *et al.*, 2017; Cabrera, 2018; Zhang *et al.*, 2019); por lo tanto, investigaciones de este tipo se vuelven necesarias e imprescindibles para preservar el ambiente.

Los resultados de la investigación, así como el conocimiento de los posibles efectos de los metales pesados, conllevan a la necesidad de estudios de «bioacumulación de metales pesados en peces de consumo humano a fin de establecer políticas de prevención y mitigación» (Rosales *et al.*, 2020, p. 70). Investigadores han demostrado la bioacumulación y biomagnificación de algunos metales pesados, debido al consumo de organismos contaminados, incrementándose la toxicidad en la medida en la que se suceden los niveles tróficos (Álvarez y Amancio, 2014; Reyes *et al.*, 2016; Kehrig *et al.*, 2017; Irigoyen, 2018; Vargas y Marrugo, 2019). Esto justifica la clasificación de los metales pesados como contaminantes eficaces, por el impacto ambiental que genera en los todos los organismos.

Tal y como se presentó en la *tabla 5*, se evidencia que los metales pesados determinados en la trucha *Oncorhynchus*

mykiss están dentro del rango permitido por el Organismo Nacional de Sanidad Pesquera (2016), por lo que no afectan la salud de los pobladores de la zona que la consumen. Valores similares se han obtenido en otros estudios a partir de truchas cultivadas en piscigranjas de Perú (Escobar, 2019); lo cual puede deberse a que estas últimas se encuentran en zonas alejadas del cauce de los ríos y de mineras, como se observó en la *figura 1*. El hecho de que los pobladores tengan las piscigranjas en estas zonas, se debe al constante trabajo de promoción del Estado en función de preservar la salud, al informar los daños que sobre ella generan los metales pesados de manera directa e indirecta; y al constante seguimiento y medición de la calidad del agua y la trucha.

Por todo lo anterior, se evidencia la necesidad de mantener la evaluación sistemática de las aguas superficiales y la trucha *Oncorhynchus mykiss* por las autoridades competentes; teniendo en cuenta que la zona de estudio es un área polimetálica, con numerosas mineras y abundantes cuencas hidrográficas. La creación por parte del Estado y el Gobierno Regional, de la Ordenanza Regional N° 430-2018, reafirma la pertinencia de estos estudios con un control constante de los resultados y fiscalización de la actividad minera, lo que permite ubicar los sitios terrestres y acuáticos donde existan presencia de contaminación ambiental, ya sea por desechos industriales como relaves mineros, vertimiento de desechos, o por bioacumulación, entre otros, que puedan generar daño en la salud de los pobladores de la zona, con el fin de minimizar y remediar los daños ocasionados.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se pudo constatar que los ríos San Juan, Tingo Palca y Huallaga presentan, para algunos metales pesados, valores por encima de la norma emitida por el Ministerio del Medio Ambiente. El río San Juan es el que presenta mayor contaminación. En el caso de la laguna Punrún, solo se constató la presencia de Pb en muy bajos niveles, por lo podría considerarse que no se observa contaminación.

Las concentraciones de Pb sobrepasan los límites máximo permisibles en todas las aguas superficiales en estudio, debido a la presencia de mineras en la región y de pasivos ambientales. La contaminación detectada por metales pesados en las aguas superficiales, se atribuye fundamentalmente a la presencia de mineras y pasivos ambientales cercanos al cauce de los ríos estudiados, lo cual puede traer consigo afectaciones en los ecosistemas acuáticos, en las especies que conviven en las cercanías de las aguas superficiales y en las actividades humanas que dependen de estas. Estos resultados evidencian la necesidad y mantenimiento sistemático de

este tipo de investigaciones.

La trucha que se produce en las piscigranjas de la provincia de Pasco y la carne que consumen los pobladores de la zona no presentan niveles de contaminación por presencia de metales pesados, permitiéndose su consumo por la población. Esto puede ser debido a la ubicación de las piscigranjas en la cabecera de los ríos o por ser alimentadas por riachuelos o puquiales alejados de las mineras.

La participación proactiva del Estado en la evaluación sistemática en los niveles de contaminación por metales pesados, posibilitará la toma de decisiones en tiempo y adecuadas para la salud, el medio ambiente y la sociedad.

Se recomienda continuar este tipo de estudio de manera sistemática, dada la productividad minera de la zona, la magnitud de las cuencas hidrográficas y los daños que ocasionan los metales pesados para la salud; así como continuar promoviendo los perjuicios de los metales pesados para la salud y el ambiente en la población.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Álvarez, R. y Amancio, F.A. (2014). *Bioacumulación de metales pesados en peces y análisis de agua del río Santa y de la laguna Chinacocha - Llanganuco periodo 2012 – 2013* [Tesis de grado, Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo]. Repositorio institucional UNASAM. <https://bit.ly/2TOTyhx>
- Azcona, M.I., Ramírez, R. y Vicente, G. (2015). Efectos tóxicos del plomo. *Revista de Especialidades Médico-Quirúrgicas*, 20(1), 72-77. <https://bit.ly/32bc74p>
- Barraza, F., Maurice, L., Uzu, G., Becerra, S., López, F., Ochoa, V., Ruales, V. & Schreck, E. (2018). Distribution, contents and health risk assessment of metal(loid)s in small-scale farms in the Ecuadorian Amazon: An insight into impacts of oil activities. *Science of the Total Environment*, 622-623, 106-120. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.11.246>

- Cabello, A., García, A., Figueroa, B., Higuera, Y., y Vallenilla, O. (2013). Calidad físico-química de la harina de pescado venezolana. *Revista Saber*, 25(4), 414-422. <https://bit.ly/3kZzuVN>
- Cabrera, J. (2018). *Evaluación de la contaminación por metales pesados en sedimentos y suelos de la Reserva Biológica Limoncocha* – Ecuador mediante índices de polución [Tesis de maestría, Universidad de Cantabria]. Repositorio Institucional UC. <https://bit.ly/34SASE8>
- Calao, C., y Marrugo, J. (2015). Efectos genotóxicos asociados a metales pesados en una población humana de la región de La Mojana, Colombia, 2013. *Biomédica*, 35(Sup.2), 139-151. <https://doi.org/10.7705/biomedica.v35i0.2392>
- Centro de Cultura Popular LABOR. (2018). *Estudios en poblaciones afectadas por metales pesados en Pasco*. Editorial Sonimágenes del Perú S.C.R.L. <https://bit.ly/3mOGmpu>
- Centro de Cultura Popular LABOR. (2019). *Identificación y clasificación de pasivos ambientales mineros abandonados en Jumasha laguna Punrún-Pasco, e inscripción en el inventario nacional*. <https://bit.ly/38g1L6X>
- Chirif, H. (Dir.). (2018). *Informe de franjas metalogenéticas y áreas potenciales de la región Cajamarca*. Programa de Metalogenia. Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico, Perú. <https://bit.ly/3665ly1>
- Colón, A.J. (2019). Análisis de metales pesados en el Embalse Cerrillos de Ponce, Puerto Rico. *Revista Interamericana de Ambiente y Turismo*, 15(1), 2-13. <https://bit.ly/329R7Lf>
- Constitución Política del Perú [Const.]. Artículo 2. Mayo de 1993. Perú. <https://bit.ly/2HTZQdL>
- Decreto Supremo N°004-2017. [Ministerio del Ambiente]. Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para aire y establecen Disposiciones Complementarias. El Peruano. <https://bit.ly/3epKeu9>
- Decreto Supremo N°010-2010. [Ministerio del Ambiente]. Aprueban Límites Máximos Permisibles para la descarga de efluentes líquidos de actividades Minero-Metalúrgicas. El Peruano. <https://bit.ly/362aXZT>
- Dirección General de Salud Ambiental. (2007). *Protocolo de monitoreo de la calidad sanitaria de los recursos hídricos superficiales*. Ministerio de Salud. <https://bit.ly/361EHWT>
- dos Santos, V., Varón, J., Fonsêca, C., Lopes, P., Siqueira, J., & de Souza, F. (2016). Biological attributes of rehabilitated soils contaminated with heavy metals. *Environmental Science and Pollution Research*, 23, 6735-6748. <https://doi.org/10.1007/s11356-015-5904-6>
- Escobar, F. (2019). *Determinación de parámetros físico-químicos y niveles de metales pesados en agua y sedimentos en la zona de crianza de truchas (Oncorhynchus mykiss), Bahía de Puno del lago Titicaca* [Tesis doctoral, Universidad Nacional del Altiplano Puno]. Repositorio Institucional UNAP. <https://bit.ly/3kWwwSO>

- Espíritu, M.E. (2018). *Obtención del cemento de Cobre mediante la descomposición de chatarra de hierro para la recuperación de cobre en Volcan Compañía Minera, Unidad Paragsha-Pasco* [Tesis de grado, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión]. Repositorio Institucional UNDAC. <https://bit.ly/3eqxHXy>
- Frías, G., Osuna, I., Izaguirre, G., Aguilar, M., y Voltolina, D. (2010). Cadmio y plomo en organismos de importancia comercial de la zona costera de Sinaloa, México: 20 años de estudios. *CICIMAR Océánides*, 25(2), 121-134. <https://bit.ly/3l0KGS4>
- Gamarra, N.A., y Uceda, R.Y. (2017). *Determinación de metales pesados por Espectrofotometría de absorción atómica en truchas arcoiris "Oncorhynchus mykiss" del río Chiapuquio de ingenio – Huancaayo* [Tesis de grado, Universidad Inca Garcilaso de la Vega]. Repositorio Institucional UIGV. <https://bit.ly/3oXzCr9>
- Huaranga, F., Méndez, E., y Quilcat, V. (2012). Contaminación por metales pesados en la Cuenca del Río Moche, 1980–2010, La Libertad, Perú. *Scientia Agropecuaria*, 3(3), 235-247. <https://bit.ly/3eoPoGF>
- Irigoyen, M.S. (2018). *Biomagnificación e impacto de elementos esenciales (Cu y Zn) y tóxicos (Pb y Cd) en la condición de salud de la Cabrilla Sardinera Mycteroperca rosacea en Santa Rosalía, BCS, México* [Tesis doctoral, Universidad Inca Garcilaso de la Vega]. Repositorio Institucional UIGV. <https://bit.ly/34UN8nD>
- Kehrig, H.A, Baptista, G., Di Benedetto, A.P. M., G. Almeida, M.G., Rezende, C.E., Siciliano, S., de Moura, J. F., y Moreira, I. (2017). Biomagnificación de mercurio en la cadena trófica del Delfín Moteado del Atlántico (*Stenella frontalis*), usando el isótopo estable de nitrógeno como marcador ecológico. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 52(2), 233-244. <https://bit.ly/3mOGVzv>
- Londoño, L., Londoño, P., y Muñoz, F. (2016). Los riesgos de los metales pesados en la salud humana y animal. *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 14(2), 145-153. <https://bit.ly/3kZoQhE>
- Ministerio de Energía y Minas. (2018). *Anuario Minero 2018*. Dirección de Promoción Minera. <https://bit.ly/2Gt9Vxi>
- Ordenanza Regional N°430-2018. [Consejo Regional del Gobierno Regional Piura]. Ordenanza Regional que conforma la Comisión Técnica del Gobierno Regional Piura para la implementación del Plan Nacional de Desarrollo para la Población Afrodescendientes. 22 de noviembre de 2018. <https://bit.ly/3kXP83R>
- Organismo Nacional de Sanidad Pesquera. (2016). Resolución de dirección ejecutiva No. 057-2016-SANIPES-DE. *Indicadores sanitarios y de inocuidad para los productos pesqueros y acuícolas para mercado nacional y de exportación*. <https://bit.ly/362vygF>

- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. (2020). *Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2020. Agua y Cambio Climático*. <https://bit.ly/2TVujdu>
- Organización Mundial de la Salud. (2018, 23 de agosto). *Intoxicación por plomo y salud*. <https://bit.ly/34KHaFs>
- Pazmiño, M.J. (2018). *Determinación de la concentración de metales en sedimentos de seis ríos de la provincia Pichincha* [Tesis de grado, Universidad San Francisco de Quito]. Repositorio Institucional USFQ. <https://bit.ly/2WRsRdE>
- Pérez, C., Hernández, C., Martínez, M., García, M., & Bech, J. (2017). Metal uptake by wetland plants: implications for phytoremediation and restoration. *Journal of Soils and Sediments*, 17(5), 1384–1393. <https://doi.org/10.1007/s11368-016-1520-4>
- Quiroz, L.S., Izquierdo, E., y Menéndez, C. (2018). Estudio del impacto ambiental del vertimiento de aguas residuales sobre la capacidad de autodepuración del río Portoviejo, Ecuador. *Revista Centro Azúcar*, 45(1), 73-83. <https://bit.ly/2TVlwYa>
- Reyes, Y.C., Vergara, I., Torres, O.E., Díaz, M. y González, E. (2016). Contaminación por metales pesados: implicaciones en salud, ambiente y seguridad alimentaria. *Ingeniería Investigación y Desarrollo*, 16(2), 66-77. <https://doi.org/10.19053/1900771X.v16.n2.2016.5447>
- Rivas, W., Canales, C., y Bazalar, J. (2018). Determinación de Arsénico y Plomo en truchas (*Oncorhynchus mykiss*) piensos y agua en piscigranjas del distrito de Pachangara, Provincia de Oyón, Región Lima. *In Crescendo*, 9(2), 211-220. <https://bit.ly/32uNFv1>
- Rodríguez, A., Cuéllar, L., Maldonado, G., y Suardiaz, M. (2016). Efectos nocivos del plomo para la salud del hombre. *Revista Cubana Investigaciones Biomédicas*, 35(3), 251-271. <https://bit.ly/38aLL6c>
- Rodríguez, D. (2017). Intoxicación ocupacional por metales pesados. *Medisan*, 21(12), 3372-3385. <https://bit.ly/34On4Kf>
- Rodríguez, M. S., Moraña, L. B., Salusso, M. M., y Seghezzo, L. (2017). Caracterización espacial y estacional del agua de consumo proveniente de diversas fuentes en una localidad periurbana de Salta. *Revista Argentina de Microbiología*, 49(4), 366–376. <https://bit.ly/2i4lieS>
- Rosales, E., Cotrina, M., Valdivieso, G., Sales, F., García, E., y Ordoñez, E.S. (2020). Bioacumulación de metales pesados en tres especies de peces bentónicos del río Monzón, región Huánuco. *Revista de Investigación Científica REBIOL*, 40(1), 69–78. <https://bit.ly/34X3bkM>
- Salas, C., Garduño, M.A., Mendiola, P., Vences, J.H., Zetina, V.C., Martínez, O.C., y Ramos, M.D.L. (2019). Fuentes de contaminación por plomo en alimentos, efectos en la salud y estrategias de prevención. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 20(1), 1-15. <https://bit.ly/2TR2S4L>

- Soto, M., Rodríguez, L., Olivera, M., Arostegui, V., Colina, C., y Garate, J. (2020). Riesgos para la salud por metales pesados en productos agrícolas cultivados en áreas abandonadas por la minería aurífera en la Amazonía peruana. *Scientia Agropecuaria*, 11(1), 49–59. <https://bit.ly/3mTvgzs>
- Vargas, S.P., y Marrugo, J.L. (2019). Mercurio, metilmercurio y otros metales pesados en peces de Colombia: riesgo por ingesta. *Acta Biológica Colombiana*, 24(2), 232-242. <http://dx.doi.org/10.15446/abc.v24n2.74128>
- Veiga, J., Fuente, E., y Zimmermann, M. (2008). Modelos de estudios en Investigación Aplicada: conceptos y criterios para el diseño. *Medicina y Seguridad de Trabajo*, 54(210), 81-88. <https://bit.ly/362yidX>
- Zhang, Q., Yu, R., Fu, S., Wu, Z., Chen, H.Y.H., & Liu, H. (2019). Spatial heterogeneity of heavy metal contamination in soils and plants in Hefei, China. *Scientific Reports*, 9(1), 1–8. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-36582-y>

AGRADECIMIENTOS

Agradecer al Laboratorio de Aguas y Suelos de la UNDAC–Pasco por analizar las muestras de aguas y trucha de las distintas fuentes señaladas en el artículo, para la obtención de los datos correspondientes. A la Consultoría Educativa Especializada (CEES), Perú y al Centro de Estudios de Perfeccionamiento de Educación Superior (CEPES), Universidad de La Habana, Cuba, por la asesoría brindada en la elaboración del presente artículo.



Bioacumulación de mercurio y zinc en especies ictícolas de la subcuenca del río Carrizal, Manabí, Ecuador.

Bioaccumulation of mercury and zinc on fish species of the Carrizal river sub-basin, Manabí, Ecuador.

Bioacumulação de mercúrio e zinco em espécies de peixes da sub-bacia do rio Carrizal, Manabí, Equador.

Ana María Aveiga Ortiz / ESPAM Manuel Félix López, Ecuador / aaveiga@espam.edu.ec

Flor María Cárdenas Guillén / ESPAM Manuel Félix López, Ecuador / flor.cardenas@espam.edu.ec

Fabián Peñarrieta Macías / ESPAM Manuel Félix López, Ecuador / fabian.penarrietama@espam.edu.ec

Francisco Alejandro Alcántara Boza / Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Perú / falcantarab@unmsm.edu.pe

Recibido: 15/10/2020 **Aceptado:** 25/11/2020 **Publicado:** 30/12/2020

RESUMEN

La contaminación por metales pesados representa una preocupación mundial. La presente investigación persiguió evaluar la bioacumulación de mercurio y zinc en los tejidos branquial, hepático y muscular en especies ictícolas de la subcuenca del río Carrizal. Se establecieron 14 estaciones de monitoreo. Para la determinación de mercurio y zinc se aplicaron los métodos APHA AWWA WEF 3112-B y APHA AWWA WEF 3111-B-C, respectivamente. En *Oreochromis niloticus*, la mayor concentración de mercurio (0.300 mg/kg en agosto y 0.276 mg/kg en octubre) y zinc (0.371 mg/kg en agosto y 0.347 mg/kg en octubre) fue mayor en branquias. Para *Hoplias microlepis* el músculo fue el depósito de mercurio (1.615 mg/kg en agosto y 1.456 mg/kg en octubre) y de zinc (1.243 mg/kg en agosto y 1.069 mg/kg en octubre). El *Aequidens rivulatus* presentó los valores más altos de mercurio en músculo (2.034 mg/kg en agosto y 1.926 mg/kg en octubre). En cuanto al zinc, en agosto se encontraron 0.373 mg/kg en branquias. Durante el monitoreo realizado en agosto de 2017 existió mayor presencia de mercurio y zinc en las especies analizadas. Se deduce que la biomagnificación de metales pesados en la zona de estudio tiene relación directa con la utilización de insumos agrícolas.

Palabras clave: *Aequidens rivulatus*, biomagnificación, *Hoplias microlepis*, ictiofauna, metales pesados, *Oreochromis niloticus*

ABSTRACT

Heavy metals pollution represents a worldwide concern. This work had the objective to evaluate bioaccumulation of mercury and zinc in gill, hepatic and muscular tissue on fish species in the Carrizal river basin. Fourteen monitoring stations were established. APHA AWWA WEF 3112-B and APHA AWWA WEF 3111-B-C methods were used to determine mercury and zinc. In *Oreochromis niloticus*, the highest concentration of mercury (0.300 mg/kg in august and 0.276 mg/kg in october) and zinc (0.371 mg/kg in august and 0.347 mg/kg in october) was in branches. For *Hoplias microlepis* there were more mercury in muscle (1.615 mg/kg in august and 1.456 mg/kg in october) and zinc (1.243 mg/kg in august and 1.069 mg/kg in october). *Aequidens rivulatus* had the highest levels of mercury in muscle (2.034 mg/kg in august and 1.926 mg/kg in october). With reference to zinc, in August 0.373 mg/kg was found in the gills. In august 2017, there was a greater presence of mercury and zinc in the analyzed species. It can be deduced that the biomagnifications of heavy metals has a direct relationship with the use of agricultural inputs.

Keywords: *Aequidens rivulatus*, biomagnifications, heavy metals, *Hoplias microlepis*, ichthyofauna, *Oreochromis niloticus*

RESUMO

Contaminação por metais pesados representa uma preocupação mundial. Está investigação teve como finalidade avaliando a bioacumulação de mercúrio e zinco em tecido branquial, hepático e muscular em espécies ictícolas de la subcuena del río Carrizal. Se estabeleceu 14 estaciones de monitoreo. Aplique os métodos APHA AWWA WEF 3112-B e APHA AWWA WEF 3111-B-C, para determinar o mercúrio e o zinco. Em *Oreochromis niloticus*, a concentração de mercúrio (0.300 mg/kg em agosto e 0.276 mg/kg em octubre) e zinco (0.371 mg/kg em agosto e 0.347 mg/kg em octubre) foi mayor en branquias. Para *Hoplias microlepis* o músculo fue depósito de mercúrio (1.615 mg/kg em agosto e 1.456 mg/kg em octubre) e de zinco (1.243 mg/kg em agosto e 1.069 mg/kg em octubre). *Aequidens rivulatus* apresenta os valores mais altos de mercúrio em músculo (2.034 mg/kg em agosto e 1.926 mg/kg em outubro). En agosto se encontraron 0.373 mg/kg de zinco en branquias. Em agosto de 2017, existió mayor presencia de mercurio y zinco en las especies analizadas. Biomagnificação de metais pesados tem relação direta con la utilización de insumos agrícolas.

Palavras chave: *Aequidens rivulatus*, biomagnificação, *Hoplias microlepis*, ictiofauna, metais pesados, *Oreochromis niloticus*

INTRODUCCIÓN

La contaminación por metales pesados se ha convertido en una preocupación importante a nivel mundial debido a su toxicidad, persistencia intrínseca, naturaleza no biodegradable y comportamientos acumulativos (Ahmed *et al.*, 2019; Rajeshkumar & Li, 2018). A los sistemas acuáticos naturales, históricamente receptores de todo tipo de contaminantes, llegan especialmente los metales pesados provenientes de actividades antrópicas, lo cual ha provocado efectos devastadores sobre el equilibrio ecológico del ambiente y una diversidad de organismos acuáticos (Akan *et al.*, 2012; Baharom & Ishak, 2015).

Entre las especies animales, la ictiofauna sufre efectos subletales o muerte al ocupar un nivel trófico alto; por ello es considerado un bioindicador para metales pesados como el mercurio (Hg) y el zinc (Zn) (Darko *et al.*, 2016). Al respecto, estas especies tienen la capacidad de acumularlos en sus tejidos mediante la absorción a lo largo de la superficie branquial, la pared del riñón, el hígado y el tracto intestinal (Bawuro *et al.*, 2018).

Según Rajeshkumar & Li (2018), los metales pesados ingresan a la cadena alimentaria acuática mediante el consumo directo de agua y alimentos. Estudios previos como el de Webb *et al.* (2004) reportan que, en el río Napo (Ecuador), los niveles de Hg en peces piscívoros fueron de hasta 0.36 µg/g,

mientras que su concentración en peces herbívoros fue de 0.05 µg/g. En cuanto al zinc, Betancourt (2017) determina que en la costa ecuatoriana existe una media de 2.37 mg/100 g de este metal en *Fistularia corneta*.

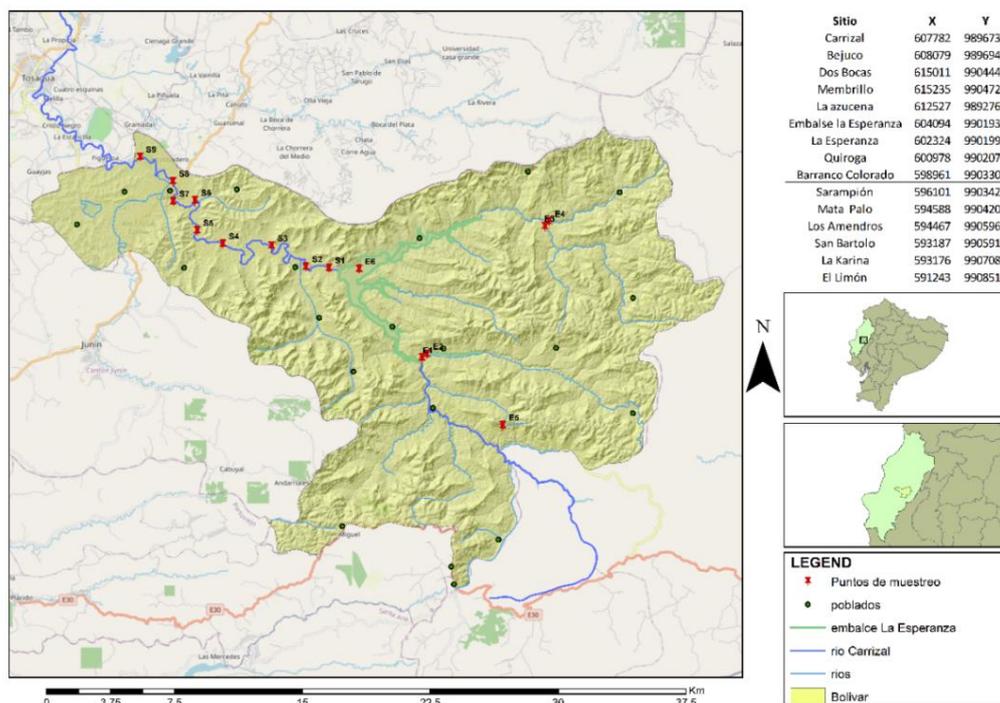
El río Carrizal es el medio receptor de una gran variedad de desechos provenientes de la actividad agrícola; además, es una de las principales fuentes de suministro de alimentos para comunidades rurales de la provincia Manabí. Por tanto, el objetivo de esta investigación fue evaluar la bioacumulación de mercurio y zinc en los tejidos branquial, hepático y muscular en especies ictícolas de la subcuenca del río Carrizal, Manabí, Ecuador.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de muestreo

Tomando en cuenta las características hidrológicas, geológicas, climatológicas, actividades antropogénicas y uso del suelo, así como criterios de identificación, accesibilidad y representatividad del objeto de estudio, se establecieron 14 estaciones de monitoreo a lo largo de la subcuenca del río Carrizal, distribuidas de la siguiente manera: cinco estaciones en el embalse La Esperanza (8 km de extensión) y nueve estaciones distribuidas en 26 km de la subcuenca del río Carrizal, con lo cual se cubrió una extensión aproximada de 34 km (*figura 1*).

Figura 1. Puntos de muestreo en la zona de estudio ubicados en el cantón Bolívar, Manabí, Ecuador.



Fuente: Elaboración propia.

Captura de especímenes

Para la *captura de especímenes* se tomó como referencia la metodología de la Confederación Hidrográfica del Ebro (2015), y se emplearon los criterios de Sancho-Tello *et al.* (2010) que aparecen en *Red de Control de Sustancias Peligrosas. Agua, sedimentos y Biota*. En cuanto a la selección de especímenes, se siguieron los criterios de la Directiva 76/464CEE de España (1976). Se consideraron las especies adultas con tamaño y peso similares, y se eligieron una de fondo de agua, una de medio de agua y otra depredadora (García, 1993).

Se recolectaron individuos en los meses de agosto y octubre del año 2017; de las especies seleccionadas para esta

investigación: *Oreochromis niloticus* (tilapia, omnívoro introducido), *Hoplias microlepis* (guanchiche, depredador nativo de media agua) y *Aequidens rivulatus* (omnívoro nativo del fondo del agua).

La captura de las especies ictícolas se realizó con la ayuda de redes de pesca (malla de 4 a 4.5 pulgadas); los peces capturados fueron almacenados en fundas plásticas en un *cooler* con hielo, luego se identificaron, midieron y pesaron (Correa *et al.*, 2015). Después se trasladaron los especímenes al Laboratorio de Química Ambiental de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, donde se conservaron en frío (0°C) hasta su disección con instrumental de plástico; se extrajeron tejidos de hígado, branquias y músculo;

se guardaron en recipientes de plástico (lavados previamente con ácido nítrico al 10%) y se congelaron para su conservación y posterior transporte (Herrero, 2014).

Análisis de las muestras de hígado, branquias y músculo de los peces en estudio

La determinación de los metales pesados Hg y Zn se realizó en la Universidad de las Fuerzas Armadas de Ecuador, y se efectuó de acuerdo con los lineamientos de los métodos APHA AWWA WEF 3112-B y APHA AWWA WEF 3111-B-C, respectivamente.

Los resultados se compararon con los estándares de calidad (contenidos máximos permisibles), del Reglamento No 1881 de 2006 de la Unión Europea en lo referente a los niveles Hg y Zn en todas las especies evaluadas. También se realizaron comparaciones con los límites permisibles de metales en peso húmedo en peces, establecidos por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2017).

Estudio estadístico de los resultados

Se utilizó el *software* estadístico SPSS versión 25.0 para el análisis estadístico de los resultados. La variabilidad observada en las distintas concentraciones de Hg y Zn se estudió a través del análisis de varianza (ANOVA). Previamente se comprobó la normalidad de los datos mediante *Shapiro-Wilks* o *Kolmogorov-Smirnov*, en dependencia del tamaño de la muestra. Las variables que no cumplieron con los supuestos mencionados fueron transformadas

utilizando el artificio matemático raíz de X+1. Posteriormente, se evidenciaron diferencias estadísticamente significativas, por lo que se procedió a las comparaciones de rangos múltiples a través de la prueba de *Tukey*, a un nivel de significancia del 5%. Se utilizó la prueba paramétrica T y la no paramétrica de *Wilcoxon* para comparar las muestras relacionadas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se presentan los hallazgos encontrados:

***Oreochromis niloticus* (tilapia)**

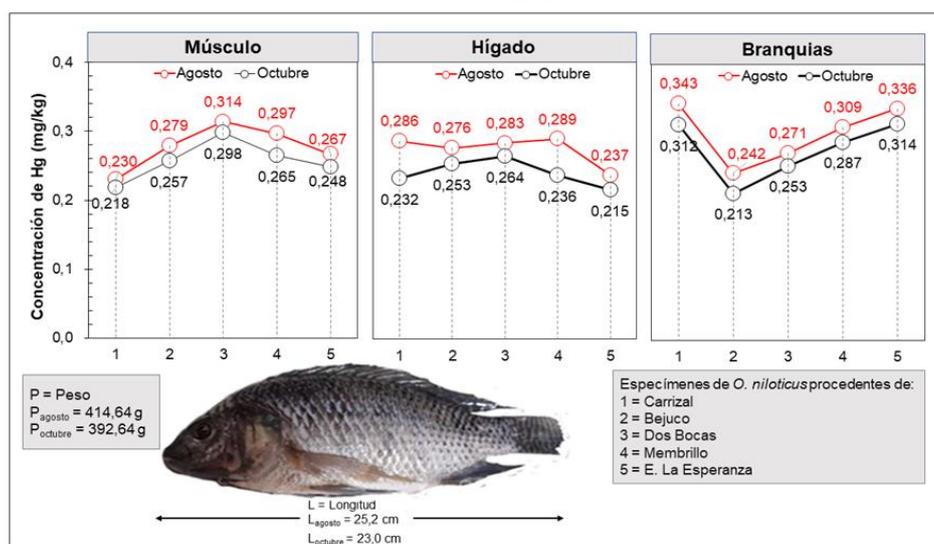
Se recolectó una muestra de cinco especímenes. La media aritmética de los niveles de Hg en *Oreochromis niloticus* en agosto fue de 0.277 mg/kg en músculo, 0.274 mg/kg en hígado y de 0.300 mg/kg en branquias; mientras que en octubre la concentración de Hg en músculo fue de 0.257 mg/kg, en hígado 0.240 mg/kg y en branquias alcanzó 0.276 mg/kg (*figura 2*). Estos valores se encuentran por debajo del límite establecido en el *Codex Alimentarius* (FAO, 2017) de 0.5 mg/kg.

Estos resultados se relacionan con los hallazgos de Vergara y Rodríguez (2015), quienes detectaron concentraciones promedio de Hg en *Oreochromis niloticus* con valores de 0.1 mg/kg (músculo), 0.3 mg/kg (hígado) y 0.2 mg/kg (branquias); que fueron atribuidos a los hábitos alimenticios de esta especie y a una presencia latente de Hg en el ecosistema la cuenca alta del río Chicamocha (Colombia). Por su parte, Pis (1999) encontró que el contenido de Hg en músculo de *Oreochromis aureus*,

de tamaño pequeño (50-150 g) y de tamaño mediano (151-250 g), no presentaron concentraciones de Hg por encima de los límites admisibles (0.3 mg/kg) en la norma cubana NC 38-02-06 (Oficina Nacional de Normalización, 1984); no obstante, el 29%

de los individuos de tamaño grande superó dicho límite. Los resultados de la presente investigación indican mayores niveles de Hg en agosto, y un aumento directamente proporcional de la concentración de Hg con el peso y el tamaño de cada individuo.

Figura 2. Niveles de Hg encontrados en *Oreochromis niloticus* del río Carrizal en agosto y octubre de 2017.



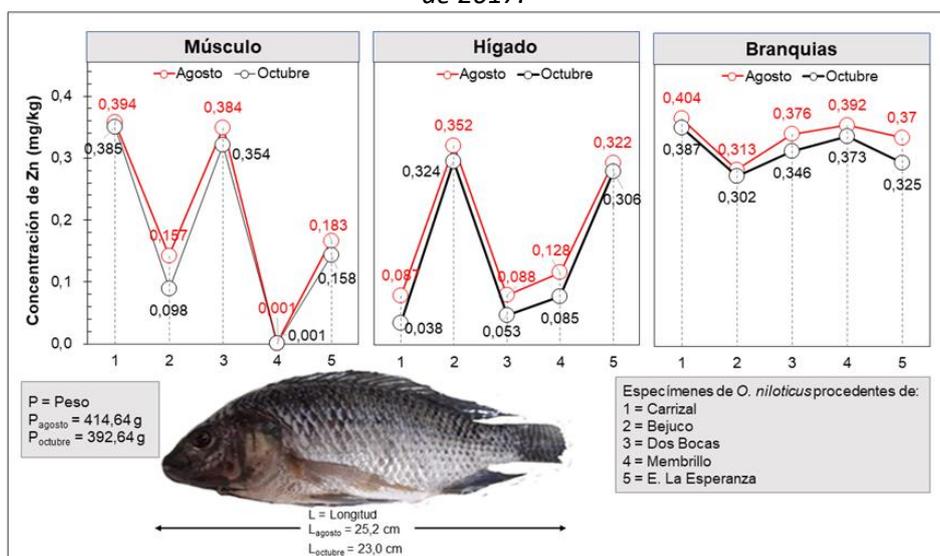
Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a los niveles de Zn, en *Oreochromis niloticus* (figura 3) se encontró que durante el mes de agosto la concentración fue de 0.224 mg/kg en el músculo, 0.195 mg/kg en el hígado y 0.371 mg/kg en las branquias; mientras que en octubre se hallaron 0.199 mg/kg en el músculo, 0.161 mg/kg en el hígado y 0.347 en las branquias; cantidades que tampoco sobrepasan los límites legales (50 mg/kg) establecidos en el Reglamento N°1881 de 2006.

Por otra parte, Olivares *et al.* (2014) encontraron niveles de Zn en branquias

desde 0.98 mg/kg (en *M. cephalus*) hasta 35 mg/kg (en *O. brevinalis*), en las desembocaduras de tres cuerpos de agua de Chile, asociándose los valores más elevados a la deposición de material particulado proveniente de una planta refinadora de petróleo cercana a la zona de estudio. En la presente investigación, los valores más altos de Zn se encontraron en las branquias, lo que se atribuye a la facilidad del metal para atravesar las membranas celulares en este tejido (Olivares *et al.*, 2014).

Figura 3. Concentraciones de Zn en *Oreochromis niloticus* del río Carrizal en agosto y octubre de 2017.



Fuente: Elaboración propia.

En la *tabla 1*, el ANOVA refleja los efectos estadísticamente significativos en el metal Hg para el factor *épocas*; en el factor tejidos se encontró significancia para el Zn; mientras que la interacción *épocas x tejidos* no presentó diferencia.

Tabla 1. ANOVA de las concentraciones de Hg y Zn en las diferentes épocas (agosto y octubre, 2017) en tejidos de *Oreochromis niloticus* en el río Carrizal.

Fuente de variación	Gl	Mercurio [†]	Zinc [†]
Bloques	4	0.0001 ^{ns}	0.0031 ^{ns}
Épocas	1	0.0010*	0.0012 ^{ns}
Tejidos	2	0.0005 ^{ns}	0.0189*
Épocas*Tejidos	2	0.0001 ^{ns}	0.0001 ^{ns}
Error	20	0.0002	0.0033
Coefficiente de variación (%)		1.32	5.16

Nota: [†]Valores transformados en raíz de X+1; *Significativos (P<0.05); ns= no significativo.

Fuente: Elaboración propia.

De igual manera, se aplicó un análisis de comparación de medias entre los niveles de Hg y Zn en cada época (agosto y octubre) con cada tejido (músculo, hígado y branquias), encontrándose los promedios más altos de Hg en agosto (*tabla 2*); ello podría atribuirse a que en dicho mes hubo una abundante precipitación en la zona de

estudio, la cual generó un mayor caudal de los ríos que aportan al embalse La Esperanza (microcuencas Carrizal, Bejuco, Membrillo y Cañas) y que aumentó el arrastre de suelo y sustrato al cuerpo hídrico; por el contrario, en octubre las lluvias cesaron con una escorrentía de caudal mínimo, que redujo el transporte de nutrientes hacia el cuerpo acuático.

Tabla 2. Prueba de Tukey (5 % de probabilidad) para las épocas de muestreo (agosto y octubre, 2017) del Hg de *Oreochromis niloticus* en el río Carrizal.

Meses	Medias	Ámbito estadístico
Agosto	1.133	A
Octubre	1.121	B

Nota: Medias seguidas de la misma letra no difieren estadísticamente ($P < 0.05$).

Fuente: Elaboración propia.

Cousillas (2007) refiere también que la bioacumulación de metales pesados como el Hg, en especies ictícolas, obedece a factores como el agua de escorrentía (influenciada por la precipitación) y la composición de la dieta. Además, el género *Oreochromis* es omnívoro y su dieta incluye desde vegetación macroscópica hasta algas unicelulares y bacterias, con tendencia al consumo de zooplancton; filtran el agua mediante branquiespinas para obtener su alimento. Los juveniles son omnívoros (se alimentan de zooplancton y zoobentos, desechos, materia en suspensión coloidal y fitoplancton), y después se vuelven casi completamente herbívoros (que consumen fitoplancton y utilizan el mecanismo mucoso y sus dientes faríngeos); realizan la ingestión en el día, pero la digestión ocurre en la noche (López y Cruz, 2011).

Por otra parte, ya se ha reportado la influencia estacional en la concentración de Hg en peces de ríos bolivianos (Zapata, 1994), y la diversificación estacional de Hg en especímenes del Alto Pantanal en Brasil (Hylander *et al.*, 2000); lo cual coincide con

los hallazgos de esta investigación.

Respecto a la comparación de medias de los niveles de Zn en los tejidos analizados, se encontró que las branquias presentan los valores más altos (*tabla 3*). Esto ratifica los reportes anteriores sobre la bioacumulación de Zn en branquias, Shen *et al.* (1998) encontraron cantidades más altas del metal en branquias de *Tilapia mossambica*; y Herrero (2014) halló que metales como Al, Mn, Zn, Ni, Cr y As son más bioacumulables en branquias de *Salmo trutta*.

De acuerdo con Vrhovnik *et al.* (2013), la bioacumulación de elementos traza, como el Zn, depende de factores como la especiación química, el pH, la temperatura, la turbidez y elementos biológicos. Además, el recurso hídrico de la zona en estudio presenta un incremento de sales y, por ende, mayor contribución de iones de calcio y magnesio que compiten con metales pesados al unirse en los mismos sitios de las branquias de los peces; lo cual provoca una disminución de la asimilación de Hg en estos organismos (Spry & Wiener, 1991).

Tabla 3. Prueba de Tukey (5 % de probabilidad) para niveles de Hg en las diferentes épocas (agosto y octubre, 2017) en tejidos de *Oreochromis niloticus* en el río Carrizal.

Tejidos	Medias	Ámbito estadístico
Hígado	1.0840	B
Músculo	1.0986	B
Branquias	1.1656	A

Nota: Medias seguidas de la misma letra no difieren estadísticamente ($P < 0.05$)

Fuente: Elaboración propia.

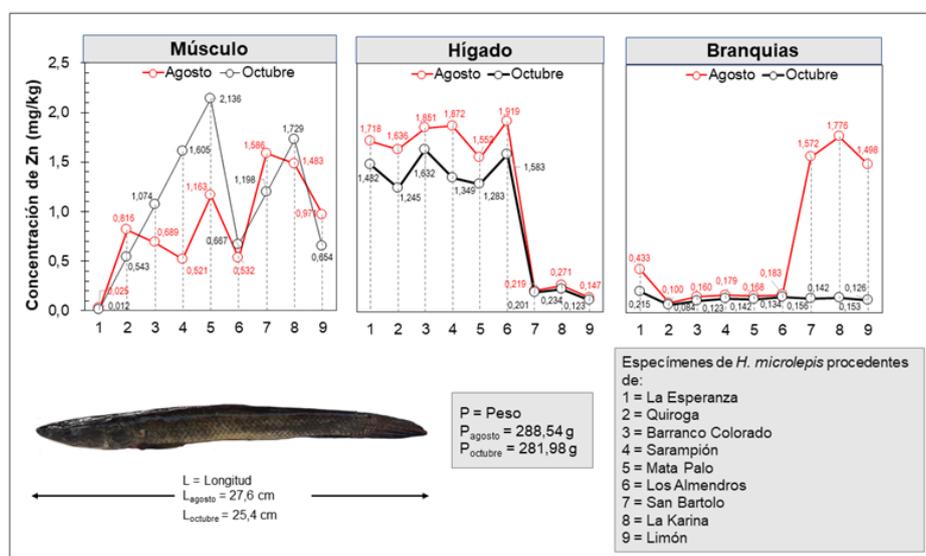
Hoplias microlepis (guanchinche)

La especie conocida como guanchiche es autóctona de la zona de estudio. Se recolectaron nueve individuos en este caso. Los niveles de Hg en los diferentes tejidos se muestran en la figura 4, en la cual se refleja una concentración promedio en agosto de 1.615 mg/kg en el músculo, 0.584 mg/kg en el hígado y 1.082 mg/kg en las branquias; mientras que en octubre se encontraron 1.456 mg/kg en el músculo, 0.353 mg/kg en el hígado y 0.848 mg/kg en las branquias; cantidades que exceden los

límites establecidos en el *Codex Alimentarius* (FAO, 2017) de 0.5 mg/kg y 1 mg/kg del Reglamento N° 1881 de 2006.

Los especímenes estudiados presentaron un peso y tamaño promedio de 288.54 g; 27.6 cm en agosto y 281.98 g; y 25.4 cm en octubre, respectivamente. De manera similar a lo encontrado en *Oreochromis niloticus*, existen niveles más altos de Hg en agosto, y se evidencia una relación directamente proporcional entre el tamaño y el peso con el contenido de Hg.

Figura 4. Niveles de Hg en *Hoplias microlepis* del río Carrizal en agosto y octubre de 2017.

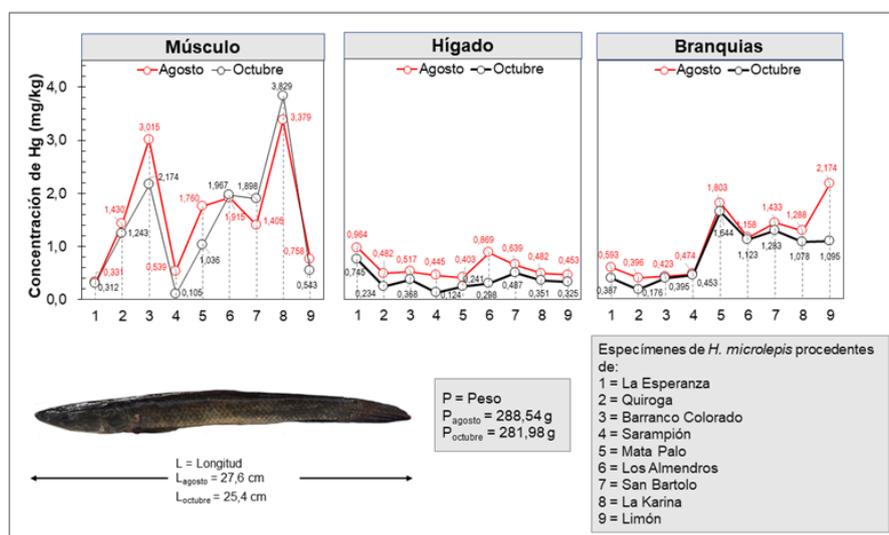


Fuente: Elaboración propia.

La principal fuente de bioacumulación de elementos traza como el Zn, en peces, es el consumo directo de presas contaminadas o biomagnificación (Hall *et al.*, 1997). Sin embargo, es probable que los niveles de metales pesados difieran en los tejidos por causa de los diferentes mecanismos de absorción, desintoxicación y almacenamiento de tales elementos (Metian *et al.*, 2013). En lo referente a los niveles de Zn en *Hoplias*

microlepis, en agosto fueron de 0.865 mg/kg para el músculo, 1.243 mg/kg en el hígado y 0.674 mg/kg en las branquias; pero en octubre se detectaron concentraciones de 1.069 mg/kg en el músculo, 1.015 mg/kg en el hígado y 0.142 mg/kg en las branquias (figura 5). Dichos valores se encuentran bajo el límite (50 mg/kg) establecido en el Reglamento N° 1881 de 2006.

Figura 5. Niveles de Hg en *Hoplias microlepis* del río Carrizal en agosto y octubre de 2017.



Fuente: Elaboración propia.

En el ANOVA aplicado se encontraron diferencias significativas en los valores de Hg y Zn en el factor *tejidos*. No obstante, en el factor *épocas* y en la interacción *épocas x tejidos* no se detectaron diferencias (tabla 4); aunque Souza *et al.* (2018) sí encontraron diferencias en las concentraciones de metales y metaloides en peces recolectados en diferentes períodos.

Ha sido bien documentado que la dieta y los hábitos alimenticios inciden en la concentración de Hg en peces (Ferriss &

Essington, 2014). Según Cousillas (2007), alrededor del 90% del Hg bioacumulado en peces ingresa mediante la alimentación. Además, los hallazgos de Li *et al.* (2015) sugieren que la bioacumulación de Hg, entre otros metales, es más alta en especies carnívoras (*Pelteobagrus fulvidraco*) en comparación con omnívoros como *Carassius auratus*; de manera similar, Mancera y Álvarez (2006) reportaron altos niveles de Hg en *Hoplias malabaricus*. Al ser la *Hoplias microlepis* una especie carnívora ubicada en la cúspide de la cadena alimenticia

(Banquett *et al.*, 2005), se considera que también indican la biomagnificación de Hg los resultados de la presente investigación en la zona de estudio.

Tabla 4. ANOVA de los niveles de Hg y Zn en las épocas (agosto y octubre, 2017) y tejidos de *Hoplias microlepis* en el río Carrizal.

Fuente de variación	Gl	Mercurio [†]	Zinc [†]
Bloques	8	0.1139**	0.0190 ^{ns}
Épocas	1	0.0819 ^{ns}	0.0645 ^{ns}
Tejidos	2	0.5526**	0.3670**
Épocas*Tejidos	2	0.0010 ^{ns}	0.0806 ^{ns}
Error	40	0.0435	0.0559
Coeficiente de variación (%)		15.05	17.75

Nota: [†]Valores transformados en raíz de X+1; **Significativos (P<0.01); ns= no significativo.

Fuente: Elaboración propia.

Además, se ha encontrado que el Hg se bioacumula preferentemente en músculo (Waheed *et al.*, 2014; Souza *et al.*, 2018). En el presente estudio se encontró que el Hg se depositó mayormente en músculo con diferencias estadísticamente significativas (tabla 5).

Tabla 5. Prueba de Tukey (5 % de probabilidad) sobre las concentraciones de Hg en los tejidos de *Hoplias microlepis* en el río Carrizal.

Tejidos	Medias	Ámbito estadístico
Músculo	1.536	A
Branquias	0.965	B
Hígado	0.469	B

Nota: Medias seguidas de la misma letra no difieren estadísticamente (P<0.05).

Fuente: Elaboración propia.

Sin embargo, en el análisis estadístico realizado para el Zn se encontró similitud entre el hígado y el músculo (con los valores más altos); mientras que en las branquias se encontraron los menores niveles (tabla 6). Es de suponer que el uso excesivo de agroquímicos y fertilizantes, en actividades agrícolas, contribuye al incremento de Zn en los cauces de la zona de estudio (da Silva *et al.*, 2017).

Tabla 6. Prueba de Tukey (5 % de probabilidad) de los niveles de Zn en los tejidos de *Hoplias microlepis* en el río Carrizal.

Tejidos	Medias	Ámbito estadístico
Hígado	1.129	A
Músculo	0.967	A
Branquias	0.408	B

Nota: Medias seguidas de la misma letra no difieren estadísticamente ($P < 0.05$).

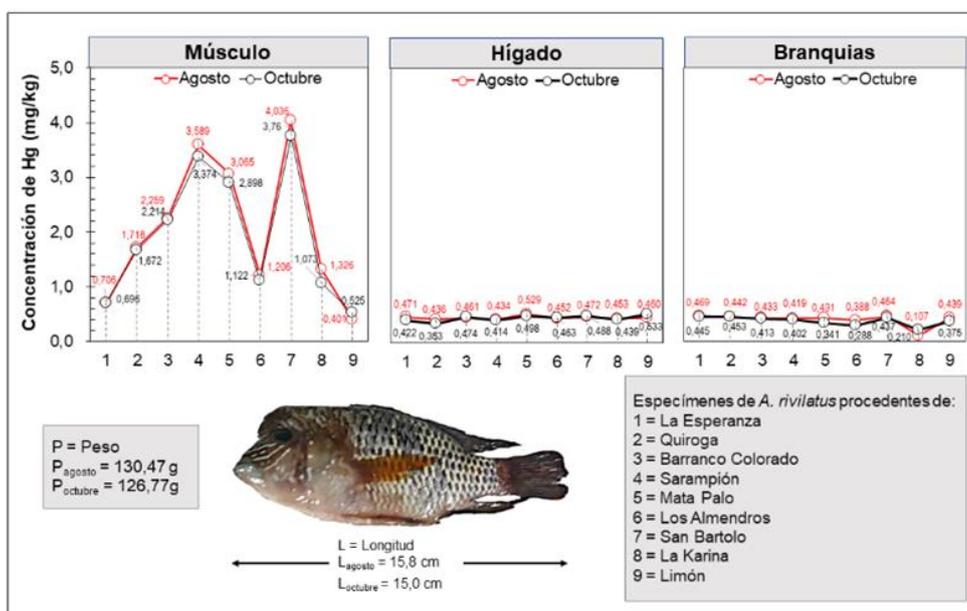
Fuente: Elaboración propia.

Aequidens rivulatus (vieja azul)

Se recolectaron nueve individuos de *Aequidens rivulatus*; en agosto se observó una concentración promedio de Hg de 2.034 mg/kg en el músculo, 0.463mg/kg en el hígado y 0.399 mg/kg en las branquias; mientras que en octubre los niveles fueron de 1.926 mg/kg en el músculo, 0.454 mg/kg en el hígado y 0.374 mg/kg en las branquias (figura 6). Dichos valores exceden los

límites del Codex Alimentarius (FAO, 2017) de 0.5 mg/kg. Resultados similares obtuvieron Malik & Maurya (2014), quienes reportaron niveles elevados de metales pesados en peces de fondo (*Heteropneustes fossilis*); al igual que Li *et al.* (2015), con otras especies. Los *Aequidens rivulatus* también presentaron mayores niveles de Hg en agosto y, al igual que las otras dos especies en estudio, a mayor peso y tamaño existe mayor concentración del metal.

Figura 6. Niveles de Hg en tejidos de *Aequidens rivulatus* del río Carrizal en agosto y octubre de 2017.

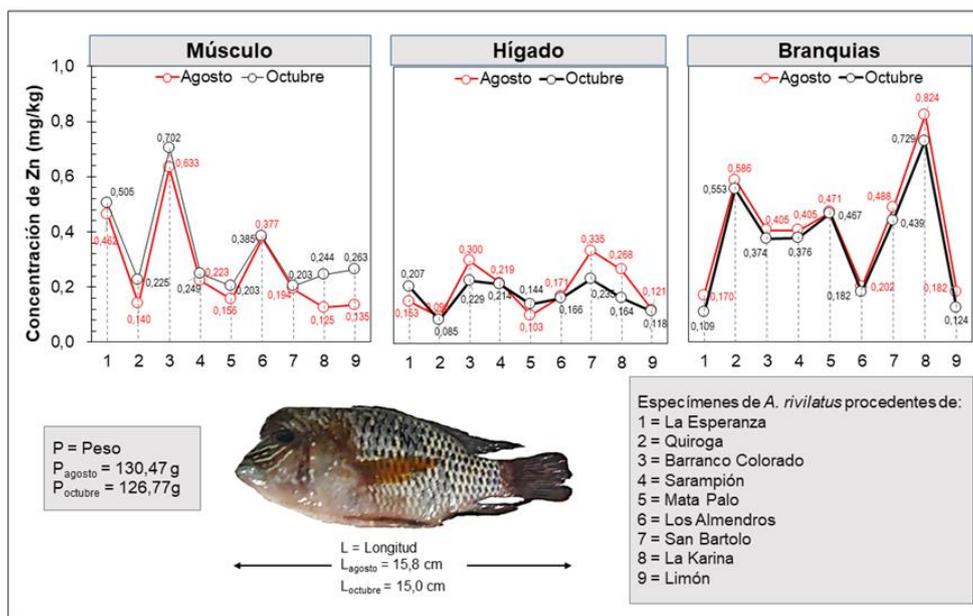


Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a la concentración de Zn, en agosto se encontraron 0.272 mg/kg en el músculo, 0.196 mg/kg en el hígado y 0.415 mg/kg en las branquias; por su parte, en octubre los niveles fueron de 0.331 mg/kg en el músculo, 0.174 mg/kg

para el hígado y 0.373 mg/kg en las branquias (figura 7). Todos los valores están dentro del límite (50 mg/kg) del Reglamento N° 1881 de 2006

Figura 7. Niveles de Zn en tejidos de *Aequidens rivulatus* del río Carrizal en agosto y octubre de 2017.



Fuente: Elaboración propia.

En este caso, el ANOVA reveló diferencias significativas para el factor tejidos y para el factor épocas (agosto y octubre); pero

en la interacción épocas x tejidos no se detectaron diferencias (tabla 7).

Tabla 7. ANOVA de los niveles de Hg y Zn en las épocas (agosto y octubre, 2017) en tejidos de *Aequidens rivulatus* en el río Carrizal.

Fuente de variación	Gl	Mercurio [†]	Zinc [†]
Bloques	13	<0.0001*	0.0142 ^{ns}
Estaciones	8	0.0174 ^{ns}	0.1162 ^{ns}
Épocas	8	0.7830 ^{ns}	0.9780 ^{ns}
Tejidos	1	<0.0001*	0.0009*
Épocas*Tejidos	2	0.9806 ^{ns}	0.5612 ^{ns}
Error	40	0.03	0.17
Coefficiente de variación (%)		5.13	0.31

Nota: [†]Valores transformados en raíz de X+1; *Significativos (P<0.05); ns= no significativo.

Fuente: Elaboración propia.

Al realizar el análisis comparativo del contenido de Hg en el músculo, el hígado y las branquias, se encontró que el Hg se depositó mayormente en el músculo, con

valores estadísticamente superiores a los del hígado y las branquias, que resultaron similares entre sí (tabla 8).

Tabla 8. Prueba de Tukey (5 % de probabilidad) del nivel de Hg en *Aequidens rivulatus* en el río Carrizal (agosto y octubre, 2017).

Tejidos	Medias	Ámbito estadístico
Branquias	1.18	B
Hígado	1.21	B
Músculo	1.69	A

Nota: Media seguidas de la misma letra no difieren estadísticamente ($P < 0.05$).

Fuente: Elaboración propia.

Sin embargo, el análisis comparativo del nivel de Zn en *Aequidens rivulatus* reveló similitud estadística en los valores encontrados en el hígado y el músculo

(tenores más altos); y de manera conjunta, se halló similitud entre los niveles del músculo y las branquias (tabla 9).

Tabla 9. Prueba de Tukey (5 % de probabilidad) sobre las concentraciones de zinc en tejidos de *Aequidens rivulatus* en el río Carrizal (agosto y octubre, 2017).

Tejidos	Medias	Ámbito estadístico
Hígado	1.09	A
Músculo	1.14	A B
Branquias	1.18	B

Nota: Media seguidas de la misma letra no difieren estadísticamente ($P < 0.05$).

Fuente: Elaboración propia.

La concentración de Zn en el hígado se acumula en proporción al tamaño del individuo (Hourri *et al.*, 2018). Además, los niveles de metales en agua superficial favorecen la bioacumulación de dichos elementos en branquias, donde el Zn se deposita cuando la vía de absorción es acuática (Herrero, 2014).

Los resultados de la presente investigación evidencian la presencia de metales pesados

en las especies ictícolas estudiadas, lo cual expone el grave problema de la contaminación ambiental por metales pesados, que podría empeorar en el futuro. Las principales limitaciones responden al carácter de la investigación, pues resulta prácticamente imposible que exista heterogeneidad entre las muestras capturadas (especies vivas).

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se determinó que existió mayor presencia de Hg y Zn en las especies monitoreadas en el mes de agosto de 2017. En *Oreochromis niloticus* se encontró que el Hg y el Zn se bioacumula mayormente en branquias, mientras que en *Hoplias microlepis* el mayor depósito de Hg es el músculo; en tanto el Zn presenta mayor bioacumulación en hígado y músculo. En este sentido, *Aequidens rivulatus* presentó el nivel más alto de Hg. Se deduce que la biomagnificación de Hg y Zn en la zona de estudio tiene una relación directa con las

actividades de producción realizadas en esta área, la cual es predominantemente agrícola.

Los resultados además de revelar el posible riesgo a la salud que conlleva el consumo de peces con contenido de metales pesados, ponen en evidencia el deterioro ambiental existente en dicha zona: por lo que se recomienda realizar monitoreos periódicos del contenido de metales pesados en la misma, con la finalidad de evaluar sus tendencias temporales y espaciales y el grado de contaminación del río Carrizal.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ahmed, A., Sultana, S., Habib, A., Ullah, H., Musa, N., & Hossain, M. (2019). Bioaccumulation of heavy metals in some commercially important fishes from a tropical river estuary suggests higher potential health risk in children than adults. *PLOS ONE*, 14(10). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0219336>
- Akan, J.C., Salwa, M., Yikala, B.S., & Chellube, Z.M. (2012). Study on the Distribution of Heavy Metals in Different Tissues of Fishes from River Benue in Vinikilang, Adamawa State, Nigeria. *British Journal of Applied Science & Technology*, 2(4), 311-333. <https://doi.org/10.9734/BJAST/2012/1716>
- Baharom, Z., & Ishak, M. (2015). Determination of heavy metal accumulation in fish species in Galas River, Kelantan and Beranang mining pool, Selangor. *Procedia Environmental Sciences*, 30, 320-325. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2015.10.057>
- Banquett, C., Juris, G.A., Olaya, CH.W., Segura, F.F., Brú, S.B., y Tordecilla, G. (2005). Hábitos alimenticios del Moncholo, *Hoplias malabaricus* Bloch (Pisces: Erythrinidae), en la Ciénega Grande de Lorica, Sistema río Sinú, Colombia. *Dahlia*, (8), 79-88.
- Bawuro, A.A., Voegborlo, R.B., & Adimado, A.A. (2018). Bioaccumulation of Heavy Metals in Some Tissues of Fish in Lake Geriyo, Adamawa State, Nigeria. *Journal of Environmental and Public Health*, 2018. <https://doi.org/10.1155/2018/1854892>
- Betancourt, G.S. (2017). *Determinación de hierro y zinc en diferentes especies de pescados de la costa ecuatoriana por espectrofotometría de absorción atómica de llama* [Tesis de grado, Pontificia Universidad Católica del Ecuador]. Repositorio Institucional PUCE. <https://bit.ly/3roBcDE>

- Confederación Hidrográfica del Ebro. (2015). *Plan Hidrológico del Ebro 2010-2015*. <https://bit.ly/33RZQm7>
- Correa, M., Bolaños, M., Rebolledo, E., Rubio, D., y Salinas, E. (2015). Análisis del Contenido de Metales en Aguas, Sedimentos y Peces en la Cuenca del Río Santiago, Provincia de Esmeraldas, Ecuador. *Revista Científica Interdisciplinaria Investigación y Saberes*, 2(4), 32-42. <https://bit.ly/3mURphg>
- Cousillas, A. (2007). *Informe Toxicológico. Anteproyecto Avanzado Muelle Multipropósito «C»*. HYTSA Estudios y Proyectos S.A. <https://bit.ly/2lr1jbC>
- daSilva, Y.J., Cantalice, J.R., do Nascimento, C.W., Singh, V.P., daSilva, Y.J., Silva, C.M., Silva, M., & Guerra, S. (2017). Bedload as an indicator of heavy metal contamination in a Brazilian anthropized watershed. *CATENA*, 153, 106-113. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2017.02.004>
- Darko, G., Azanu, D., & Kwame, N. (2016). Accumulation of toxic metals in fish raised from sewage-fed aquaculture and estimated health risks associated with their consumption. *Environmental Chemistry, Pollution & Waste Management*, 2(1). <https://doi.org/10.1080/23311843.2016.1190116>
- Directiva 76/464 de 1976. [CEE del Consejo]. Normativas Comunitarias Sobre Protección de las Aguas. <https://bit.ly/3nLnLeX>
- Ferriss, B.E., & Essington, T.E. (2014). Does trophic structure dictate mercury concentrations in top predators? A comparative analysis of pelagic food webs in the Pacific Ocean. *Ecological Modelling*, 278, 18-29. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2014.01.029>
- García, D. (1993). *Principios y técnicas de gestión de la pesca en aguas continentales* (1ra ed.). Ediciones Mundi-Prensa.
- Hall, B.D., Bodaly, R.A., Fudge, R.J.P., Rudd, J.W.M., & Rosenberg, D.M. (1997). Food as the dominant pathway of methylmercury uptake by fish. *Water, Air, and Soil Pollution*, 100, 13-24. <https://doi.org/10.1023/A:1018071406537>
- Herrero, T. (2014). *Impacto de los drenajes ácidos en los ecosistemas acuáticos producidos por la minería del carbón en El Bierzo: bioacumulación de metales pesados y evolución de las comunidades biológicas* [Tesis de doctorado, Universidad de León]. Repositorio Institucional UDL. <http://hdl.handle.net/10612/3518>
- Houri, K., Fegrouche, R., Mansouri, D., Allami, H., & Fadli, M. (2018). Distribution of degree of contamination by heavy metals of the gills muscle, liver and gonads of *Lepomis gibbosus* Linnaeus, 1758 (Centrarchide Fish. Percifome, Actinopterygiis). *International Journal of Fauna and Biological Studies*, 5(2), 163-169. <https://bit.ly/3oxAH84>
- Hylander, L.D., Pinto, F.N., Guimaraes, J.R.D., Meili, M., Oliveira, L.J., & Castro, E. (2000). Fish mercury concentration in the Alto Pantanal, Brazil: influence of season and water parameters. *Science of The Total Environment*, 261(1-3), 9-20. [https://doi.org/10.1016/S0048-9697\(00\)00591-X](https://doi.org/10.1016/S0048-9697(00)00591-X)

- Li, P., Zhang, J., Xie, H., Liu, C., Liang, S., Ren, Y., & Wang, W. (2015). Heavy metal bioaccumulation and health hazard assessment for three fish species from Nansi Lake, China. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 94, 431-436. <https://doi.org/10.1007/s00128-015-1475-y>
- López, B.R., y Cruz, L.A. (2011). *Elaboración de un probiótico a base de microorganismos nativos y evaluación de su efecto benéfico al proceso digestivo de la tilapia roja (Oreochromis Spp.) en etapa de engorde en la zona de Santo Domingo* [Tesis de grado, Escuela Politécnica del Ejercito]. Repositorio Institucional ESPE. <https://bit.ly/2Kxm0LF>
- Malik, D., & Maurya, P. (2014). Heavy metal concentration in water, sediment, and tissues of fish species (*Heteropneustis fossilis* and *Puntius ticto*) from Kali River, India. *Toxicological & Environmental Chemistry*, 95(8), 1195-1206. <https://doi.org/10.1080/02772248.2015.1015296>
- Mancera, N.J., y Álvarez, R. (2006). Estado del conocimiento de las concentraciones de mercurio y otros metales pesados en peces dulceacuícolas de Colombia. *Acta Biológica Colombiana*, 11(1), 3-23. <https://bit.ly/2KEC46K>
- Metian, M., Warnau, M., Chouvelon, T., Pedraza, F., Rodríguez, A.M., & Bustamante, P. (2013). Trace element bioaccumulation in reef fish from New Caledonia: influence of trophic groups and risk assessment for consumers. *Marine Environmental Research*, 87-88, 26-36. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2013.03.001>
- Oficina Nacional de Normalización. (1984). *Contaminantes metálicos. Regulaciones sanitarias*. (NC 38-02-06.).
- Olivares, H., Guerra, R., Carvajal, D., Mukarker, M., y Lobos, G. (2014). Evaluación de la genotoxicidad de las aguas costeras de Chile central sobre los peces *Mugil cephalus* y *Odontesthes brevianalis*. *Hidrobiológica*, 24(3), 271-279. <https://bit.ly/2WG7zzB>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2017). *Comisión del CODEX alimentarius*. Organización Mundial de la Salud. <https://bit.ly/3IVv8PO>
- Pis, M.A. (1999). *Impacto de los metales contaminantes en la calidad de la tilapia (Oreochromis Aureus) cultivada en Cuba* [Tesis de maestría, Universidad de La Habana]. Repositorio Centro de Investigaciones Pesqueras. <http://hdl.handle.net/1834/2869>
- Rajeshkumar, S., & Li, X. (2018). Bioaccumulation of heavy metals in fish species from the Meiliang Bay, Taihu Lake, China. *Toxicology Reports*, 5, 288-295. <https://doi.org/10.1016/j.toxrep.2018.01.007>
- Reglamento N°1881 de 2006 [Unión Europea]. Por el que se fija el contenido máximo de determinados contaminantes en los productos alimenticios. 19 de diciembre de 2006. <https://bit.ly/3n51AQz>

- Sancho-Tello, V., Cortés, S. y Pérez, E. (2010). *Red de Control de Sustancias Peligrosas. Agua, sedimentos y Biotas. Confederación Hidrográfica del Ebro*. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino de España. <https://bit.ly/3gnZNn2>
- Shen, L., Lam, K., Ko, P., & Chan, K. (1998). Metal concentrations and analysis of metal binding protein fractions from the liver of Tilapia collected from Shing Mun River. *Marine Environmental Research*, 46(1-5), 597-600. [https://doi.org/10.1016/S0141-1136\(98\)00012-9](https://doi.org/10.1016/S0141-1136(98)00012-9)
- Souza, L., Morozesk, M., Bonomo, M., Azevedo, V., Sakuragui, M., Elliott, M., Matsumoto, S., Wunderlin, D., Baroni, M., Monferrán, M., & Fernandes, M. (2018). Differential biochemical responses to metal/metalloid accumulation in organs of an edible fish (*Centropomus parallelus*) from Neotropical estuaries. *Ecotoxicology and environmental safety*, 161, 260-269. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.05.068>
- Spry, D., & Wiener, J. (1991). Metal bioavailability and toxicity to fish in low-alkalinity lakes: A critical review. *Environmental Pollution*, 71(2-4), 243-304. [https://doi.org/10.1016/0269-7491\(91\)90034-T](https://doi.org/10.1016/0269-7491(91)90034-T)
- Vergara, E., y Rodríguez, P. (2015). Presencia de mercurio, plomo y cobre en tejidos de *Oreochromis niloticus*: sector de la cuenca alta del río Chicamocha, vereda Volcán, Paipa, Colombia. *Producción + Limpia*, 10(2), 114-126. <https://bit.ly/33Ta0D4>
- Vrhovnik, P., Arrebola, J., Serafimovski, T., Dolenc, T., Šmuc, N., Dolenc, M., & Mutch, E. (2013). Potentially toxic contamination of sediments, water and two animal species in Lake Kalimanci, FYR Macedonia: relevance to human health. *Environmental Pollution*, 180, 92-100. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2013.05.004>
- Waheed, S., Kamal, A., & Malik, R. (2014). Human health risk from organspecific accumulation of toxic metals and response of antioxidants in edible fish species from Chenab River, Pakistan. *Environmental Science and Pollution Research*, 21, 4409-4417. <https://doi.org/10.1007/s11356-013-2385-3>
- Webb, J., Mainville, N., Mergler, D., Lucotte, M., Betancourt, O., Davidson, R., Cueva, E., & Quizhpe, E. (2004). Mercury in Fish-eating Communities of the Andean Amazon, Napo River Valley, Ecuador. *EcoHealth*, 1(2), 59-71. <https://doi.org/10.1007/s10393-004-0063-0>
- Zapata, J. (1994). Environmental impacts study of gold mining in the Madeira river Bolivian-Brazilian border. In: Environmental mercury pollution and its health effects in Amazon river basin. *Natl. Inst. Minamata Disease and Inst Biophysics of the Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro*, 23-24.

AGRADECIMIENTOS

Por la cordial colaboración en la consecución de este manuscrito, los autores agradecen muy atentamente a María Isabel Delgado Moreira y al Ing. Carlos Luis Banchón Bajaña.



Drenaje ácido de minas y su influencia en ecosistemas asociados al yacimiento Santa Lucía, Cuba.

Acid mine drainage and their influence in ecosystems associated to Santa Lucia ore deposit, Cuba.

Drenagem azeda de minas e a influência nos ecossistemas associados a depósito mineral Santa Lucía, Cuba.

Damaris Gallardo Martínez / Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente, Cuba / regulatoriapr@citmapri.gob.cu

Noel Bruguera Amarán / Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente, Cuba / noel@ecovida.cu

José Antonio Díaz Duque / Universidad Tecnológica de La Habana José Antonio Echeverría, Cuba / jadunque@civil.cujae.edu.cu

Ileana Cabrera Díaz / Centro de Investigaciones para la Industria Minero-Metalúrgica, Cuba / ileana@cipimm.minem.cu

Recibido: 1/7/2020 **Aceptado:** 24/10/2020 **Publicado:** 30/12/2020

RESUMEN

En las actividades mineras realizadas en yacimientos sulfurosos ocurren procesos que inciden en los ecosistemas. El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar el comportamiento de los impactos negativos provocados por el drenaje ácido de minas en el medio ambiente, tomándose como caso de estudio al yacimiento Santa Lucía del municipio Minas de Matahambre, Pinar del Río, Cuba. Las muestras fueron tomadas en la cantera abierta del yacimiento, la salida del antiguo socavón y los escurrimientos superficiales provenientes de la mina, que drenan al río Santa Lucía. Se realizó una valoración de las causas y los mecanismos de formación del drenaje ácido de minas. Se determinó su incidencia negativa en el deterioro de los ecosistemas asociados a la explotación de esos yacimientos, y se le identificó como la causa fundamental de contaminación por metales pesados en el yacimiento objeto de estudio, debido a la oxidación biótica y abiótica de los sulfuros. A partir de los impactos identificados, se diseñó el mecanismo de formación del drenaje ácido de minas en los ecosistemas. Las alternativas desarrolladas para la neutralización y tratamiento del drenaje ácido de minas, en el yacimiento Santa Lucía, son una propuesta de gestión responsable para los tomadores de decisiones.

Palabras clave: impactos ambientales, minería, yacimientos sulfurosos

ABSTRACT

In mining activities developed in sulfide deposits there happen processes that influence in the ecosystems, the objective of the present work is to evaluate the negative impacts provoked by the acid mine drainage in the environment, using as case of study the location of Santa Lucía, Pinar del Rio province, Cuba. The samples were taken in the open quarry of the location, the exit of the old tunnel and the superficial glides coming from the mine that drain to Santa Lucia river. It was carried out a valuation of causes and the mechanisms of formation of the mine acid drainage. Its negative incidence was determined in the deterioration of the ecosystems associated to the exploitation of these deposits. It was identified as the main cause of heavy metals contamination on the studied deposit by the biotic and abiotic oxidation of the sulfides. Starting from the identified impacts, the mechanism formation of the acid mine drainage was designed in the ecosystems. The alternatives developed for the neutralization and treatment of the mine acid drainage in Santa Lucía deposit, are a proposal of responsible management for decisors.

Keywords: environmental impacts, mining, sulfide deposits

RESUMO

Nas atividades mineiras levadas a cabo em locais sulfurosos que eles acontecem processos que imprensam nos ecossistemas, para o que o trabalho presente tem como objetivo para avaliar o comportamento no ambiente dos impactos negativos provocado pela drenagem azeda de minas, enquanto usando como caso de estudo o local Santa Lúcia, municipalidade Minas de Matahambre, Pinar del Rio, Cuba. As amostras foram levadas na pedreira aberto do local, a saída do túnel velho e os deslizamentos superficiais que vêm da mina que drenam para o rio San Lúcia. Ele foi levado fora uma estimacão das causas e os mecanismos de formacão da drenagem azeda de minas. A incidência negativa deles era determinada na deterioracão dos ecossistemas associado à exploracão destes locais e foi identificado como a causa fundamental de contaminacão por metais pesados no objeto de estudo de local pelo biótico de oxidacão e abiótico dos sulfúreos. A partir dos impactos identificados, a formacão de mecanismo da drenagem azeda de minas foi projetada nos ecossistemas. Foram desenvolvidas alternativas para a neutralizacão e tratamento da drenagem azeda de minas no local Santa Lúcia, como uma proposta de administracão responsável para os sacado de decisões.

Palavras chave: depósitos dos sulfúreos, impactos ambientais, minando

INTRODUCCIÓN

El drenaje ácido, producto de la actividad minera metálica, es una de las principales fuentes de contaminación de las aguas superficiales y subterráneas en el mundo. Este problema puede persistir durante décadas e incluso cientos de años, una vez

finalizado el ciclo productivo, por lo que se debe prevenir su formación y aplicar el tratamiento más adecuado cuando se ha formado (Cabrera, 2015).

El drenaje ácido de mina, generado en actividades mineras de yacimientos de sulfuros metálicos, causa grandes problemas

ambientales por su alto potencial de contaminación para los recursos hídricos superficiales y subterráneos. Se caracteriza por sus bajos valores de pH y un alto contenido en mg/l de sulfatos y metales — hierro (Fe), aluminio (Al), manganeso (Mn), zinc (Zn), cobre (Cu), plomo (Pb), mercurio (Hg), cadmio (Cd), níquel (Ni)—, nocivos para los ecosistemas (Gallardo *et al.*, 2016).

Más del 60% de los materiales en el mundo se extraen mediante la modalidad de minería de superficie. El laboreo minero provoca la devastación de los ecosistemas donde se originan impactos ambientales negativos como la deforestación, la pérdida de la biodiversidad, la contaminación atmosférica, de las aguas terrestres, marinas y de los suelos, por elementos geodisponibles (Gallardo *et al.*, 2013).

El sector minero se considera el mayor contaminante de las aguas terrestres. En los ecosistemas acuíferos se encuentran cargas adicionales de elementos potencialmente tóxicos, tales como: Cu, Zn, Pb, Cd, plata (Ag), arsénico (As) y Mn, que evidencian la contaminación.

En las regiones mineras el origen de los yacimientos, la tecnología de procesamiento y el desarrollo de las políticas ambientales que se aplican, son determinantes para la mitigación de los problemas ambientales provocados en los diferentes ecosistemas.

En la actualidad, el desarrollo minero está sujeto a la evaluación de indicadores que facilitan el trabajo, la gestión minera, el crecimiento económico, las compensaciones y el desarrollo. Estos son necesarios para evaluar la sostenibilidad de dichos procesos y permitir a los tomadores de decisiones encausar la gestión a desarrollar (Alfonso *et al.*, 2019).

El yacimiento Santa Lucía, constituido por dos tipos de menas, las pirito-polimetálicas y las barito-polimetálicas, ha sido durante años objeto de una explotación minera intensiva que ha ocasionado impactos adversos al medio. En sus inicios se desarrolló la explotación para la obtención de ácido sulfúrico a partir de la pirita y, posteriormente, para la obtención de oro y plata. Las prácticas de mitigación no fueron efectivas; esto provocó problemas ambientales que se han agudizado con el tiempo. Dentro de él se encuentra la cantera abierta para la explotación del yacimiento, sin recuperar, por lo que permanecen afloramientos minerales de características sulfurosas. Estos impactos negativos bajo la acción de los agentes meteorizantes provocan la removilización de numerosos elementos contaminantes que pasan a las aguas y al suelo (Gallardo, 2018).

Una de las principales causas que provoca la contaminación en las actividades mineras, asociadas a estos tipos de yacimientos, es el drenaje ácido de mina, que no es más que el incremento de la generación de ácidos con la participación además de los procesos mineros, al destaparse el depósito mineral para su explotación. Es una contaminación de carácter inorgánico multicausal que se produce a partir de la oxidación de minerales sulfurosos y lixiviación de metales asociados, provenientes de las rocas sulfurosas cuando son expuestas al agua y al aire (Cabrera, 2015).

La investigación ejecutada identificó como problema científico que los impactos ambientales provocados por la actividad minero-metalúrgica asociada a los yacimientos sulfurosos, en la región de Santa Lucía, no habían sido evaluados con un enfoque ecosistémico, para permitir minimizar sus efectos. De ahí que se formuló como objetivo general, desarrollar

un modelo de gestión ambiental integral con un enfoque ecosistémico para la recuperación de los impactos negativos de la actividad minero-metalúrgica, asociada a los yacimientos sulfurosos en Santa Lucía; derivándose como objetivos específicos los siguientes: evaluar el comportamiento en el medio ambiente de los impactos negativos provocados por el drenaje ácido de mina, tomándose como caso de estudio al yacimiento Santa Lucía; determinar los principales procesos que intervienen en la contaminación de las aguas terrestres por metales pesados en la región de estudio; diseñar el modelo de gestión ambiental integral para la recuperación de los impactos negativos de la actividad minero-metalúrgica asociada a los yacimientos sulfurosos, en Santa Lucía; y validar el modelo de gestión diseñado en el nuevo proceso inversionista que se desarrolla en la región para la explotación de plomo y zinc, a partir de estos yacimientos sulfurosos.

El presente trabajo tiene como propósito fundamental abordar el primero de estos objetivos específicos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para lograr el objetivo propuesto fueron utilizados diferentes métodos. La observación se empleó para obtener la información primaria del área de estudio y las referencias disponibles sobre anteriores, descritos en estos procesos y por otros autores. El diseño experimental fue amparado por un proyecto de I+D del Centro de Investigaciones para la Industria Minera Metalúrgica y la Delegación Territorial del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, en Pinar del Río. La valoración se realizó con las muestras tomadas en tres puntos claves: la cantera

abierta del yacimiento, la salida del antiguo socavón y los escurrimientos superficiales provenientes de la mina, que drenan al río Santa Lucía (Alonso *et al.*, 2010).

Partiendo de la aplicación del método geológico de itinerarios irregulares, se describieron un total de ocho puntos, tomados directamente en el terreno; se tomaron 11 muestras de aguas residuales, sedimentos y minerales. La localización georreferenciada se realizó teniendo en cuenta, como factor predominante para la selección, la extensión de la contaminación que se observó in situ en cada zona de interés, en dos fases investigativas; y los periodos lluviosos y poco lluviosos (*tabla 1*).

Una vez que se seleccionaron las muestras, los sólidos se secaron con posterioridad en el laboratorio de mineralogía del Departamento de caracterización de minerales a temperatura ambiente, y luego se pulverizaron al 100% por debajo del tamiz de 0.074 mm (200 mallas), con el objetivo de realizar los análisis químicos y mineralógicos correspondientes. Por otra parte, se realizaron determinaciones del pH a las soluciones acuosas que proceden de las muestras sólidas (sedimentos) y los residuales líquidos colectados.

Principales pruebas realizadas

Los análisis químicos de elementos mayoritarios y trazas se determinaron según los métodos de disolución ácida y fusión, con metaborato de litio para la preparación de las muestras. Se empleó un Espectrómetro de Emisión Atómica con Plasma Inductivamente Acoplado (ICP-AES), modelo *Spectroflame*, de la firma *SPECTRO* de Alemania.

Tabla 1. Descripción macroscópica de las muestras (sedimentos, sales, residuales líquidos y aguas de río) cercanas al yacimiento Santa Lucía, con sus correspondientes coordenadas GPS.

CÓDIGO	Selección de muestras y localización del objeto de investigación
M-1	Muestra del frente de cantera, donde afloran las rocas del mineral polimetálico primario del depósito Santa Lucía (X: 195 945; Y: 316 110)
M-1A	Residual líquido que procede de la escorrentía dentro de la propia mina Santa Lucía
M-2	Sedimento del escurrimiento en el afloramiento mineral dentro de la propia mina Santa Lucía (X: 195 945; Y: 316 110)
M-2A	Residual líquido colectado a la salida del socavón de la mina Santa Lucía
M-3	Sedimento del escurrimiento del embalse que procede de la solución acuosa de la muestra-1A, de la mina Santa Lucía (X: 194 149; Y: 315 153)
M-3A	Residual líquido que proviene de la escorrentía del lado del socavón de la mina Santa Lucía
M-4	Sales ferrosas oxidadas -de color verde-amarillentas- formadas a la salida del socavón de Santa Lucía (X:195 960; Y: 316 115)
M-5	Sedimento de la salida del socavón de la mina Santa Lucía (X: 195 960; Y: 316 115)
M-6	Sedimento recolectado a un lado del socavón de Santa Lucía (X: 195 965; Y: 316 113)
M-9A	Muestra de agua del efluente del río Santa Lucía tomada <i>in situ</i> (X: 197 513; Y: 314 945)
M-10A	Muestra de agua del propio río Santa Lucía, tomada <i>in situ</i> (X: 197 513; Y: 314 945)

Fuente: Elaboración propia.

La prueba de movilidad de metales en desechos sólidos, en presencia de agua meteórica, se realizó para confirmar la posibilidad de lixiviación de metales en los desechos sólidos, en concentraciones geodisponibles; para ello se utilizó el procedimiento técnico *Meteoric Water Mobility Procedure* (MWMP) empleado por el Centro de Investigaciones para la Industria Minera Metalúrgica.

La prueba estática estándar de conteo ácido-base permitió evaluar la capacidad de neutralización de la muestra, al detreminar el ácido consumido durante la digestión con un exceso de este. Se comparó el resultado con el potencial ácido a partir del cálculo del análisis del azufre sulfúrico. Dicha prueba se realizó por el procedimiento analítico desarrollado por *Sobeck*, y descrito por *Price et al.* (1997) y *Lawrence & Wang* (1997).

La prueba química de neutralización de aguas ácidas generadoras de drenaje ácido de mina se realizó con el propósito de neutralizar las aguas ácidas, provenientes del drenaje ácido de mina, así como para comprobar la efectividad y viabilidad del agente neutralizante. Para las pruebas se tomaron 500 ml de cada efluente en el lugar muestreado y se trataron con pulpas al 20% de carbonato de calcio (99% pureza), hasta alcanzar un pH entre 6 y 6.5. Posteriormente, se le añadió soluciones de hidróxido de calcio (60% pureza) y pulpas de óxido de calcio (60%), se mantiene la agitación continua hasta alcanzar un valor de pH de 9 y 9.5, el cual se corresponde con el índice de acidez que se requiere para precipitar soluciones que contienen los diferentes metales. Para la comparación de los mismos se empleó la norma cubana NC27:2012 *Vertimiento de*

las aguas residuales a las aguas terrestres y el alcantarillado. Especificaciones (Oficina Nacional de Normalización [ONN], 2012).

La neutralización/precipitación con cal (como CaO o Ca(OH)₂), en la práctica mundial, se reporta como el tratamiento más eficiente a nivel industrial. Esta alternativa logra la neutralización de la acidez y la precipitación de los metales. A medida que aumenta el pH, los aniones se tornan más disponibles para su precipitación.

El método de las diluciones sucesivas o seriadas (*end point*), desarrollado por Silverman & Lundgren (1959), se empleó para el análisis de la oxidación biótica con el propósito de determinar la presencia de microorganismos en las muestras de la mina Santa Lucía, los cuales pueden incidir en la oxidación de la pirita. En tal sentido, se encuentran presentes los elementos nutrientes, energéticos y la acidez requerida para el crecimiento celular. Está formado por la mezcla de dos soluciones, la *solución 1*, que contiene varias sales, constituye el 70% del medio y se esteriliza en autoclave; y la *solución 2*, compuesta por sulfato ferroso (FeSO₄), que representa el 30% restante, se esteriliza por filtración. Una vez preparadas las soluciones, se mezclan y se ajusta la acidez con ácido sulfúrico (H₂SO₄) a pH 2.0. Este medio de cultivo se utilizó en la preparación de las pulpas objeto de prueba.

Para realizar el aislamiento, se prepararon tres juegos de nueve tubos de ensayos; los que se esterilizan y se identifican con números consecutivos. En cada tubo de ensayo se vierten 9 ml de medio 9k. Se toma 1 ml de agua de la mina y se mezcla con los 9 ml de medio del primer tubo de ensayos, se agita burbujeando ligeramente, y se extrae 1 ml de esta primera dilución, que se deposita en el segundo tubo de ensayos; se repite la

operación de mezcla y burbujeo anterior, y se extrae 1 ml de la segunda dilución, el que se deposita en el tercer tubo de ensayo; y así sucesivamente hasta llegar al último tubo.

Con cada juego de tubos se repitieron las mismas operaciones. A cada uno de los tubos de ensayos de los tres juegos que contenían las diluciones, se les situó un tapón de gasa y algodón y se colocaron en la zaranda orbital termostática, con una frecuencia de rotación de 1s⁻¹ (60 rpm) y temperatura de 30°C. Las muestras se mantuvieron en la zaranda durante el período de duración de la prueba; se realizaron el control y la observación diarios. Para la adaptación del microorganismo al concentrado, se añadió 1 g de mineral a 10 ml de medio 9k con 1 ml del cultivo del microorganismo aislado.

Los ensayos analíticos ambientales estuvieron orientados a la evaluación científico-tecnológica de la valoración ecosistémica realizada, y a la identificación del mecanismo de formación del drenaje ácido de mina y su impacto en los ecosistemas.

Los métodos teóricos utilizados (analítico-sintético, deducción-inducción, hipotético-deductivo, sistémico y modelación) permitieron comprender y explicar los impactos del drenaje ácido de mina en los ecosistemas presentes en la región de estudio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los minerales sulfurosos caracterizan el ambiente geológico de la región, la exposición de roca sulfurosa reactiva al aire y al agua, como resultado de los inadecuados procesos de cierre de minas, acelera la velocidad de generación de ácido y ocasiona impactos ambientales negativos.

Desde el punto de vista ecosistémico, el yacimiento Santa Lucía se encuentra en un

ecosistema montañoso. La cantera y los afloramientos están fundamentalmente en las áreas de explotación y los procesos climatológicos, como las precipitaciones, facilitan los escurrimientos superficiales y la incorporación del drenaje ácido a los ecosistemas de agua dulce, en este caso al río Santa Lucía, que transporta los contaminantes a la zona costera donde desemboca, lo cual afecta al manglar.

En la *tabla 2* se muestran los resultados de los análisis químicos mayoritarios de las muestras tomadas. En la muestra de roca primaria M-1 se refleja el quimismo característico de las menas piritó-polimetálicas de Pb, Zn y Ba, de Santa Lucía. El resto de las muestras presentan la composición química típica de los sedimentos formados durante la intensa

contaminación ácida existente. Estos análisis evidencian la contaminación de la región, producto a la exposición de los yacimientos por largos periodos de tiempo.

En los análisis de las muestras tomadas en Santa Lucía (M-2, M-3, M-5, M-6, M-7) existe una tendencia a la disminución de los contenidos de Pb, Fe y Zn. Comparados con la roca primaria (M-1), este comportamiento se justifica por la ocurrencia de intensos procesos de drenaje ácido de mina.

La evaluación de la composición elemental de la muestra M-4 (sales a la salida del socavón) arroja un incremento del contenido de FeO, de forma significativa, que alcanza un valor máximo del 20.69%. De forma análoga,

Tabla 2. Resultados de los análisis químicos de elementos mayoritarios de las muestras tomadas.

Muestra	% SiO ₂	% Al ₂ O ₃	% FeO	% MnO	% PbO ₂	% ZnO	% BaO	% Fe ₂ O ₃	% CaO	% PPI
M-1	30.31	0.32	15.57	0.19	6.32	2.10	2.42	0.56	0.25	40.16
M-2	42.46	0.56	6.59	0.05	1.56	0.28	4.07	8.13	1.21	32.26
M-3	54.48	0.66	2.99	0.04	0.86	0.27	8.04	14.45	0.23	15.46
M-4	N.D	0.08	20.69	0.16	0.06	5.01	N.D	N.D	0.01	74.18
M-5	76.01	0.49	1.36	0.02	0.07	0.50	5.01	5.48	0.10	8.02
M-6	67.53	0.64	1.02	0.02	0.26	0.31	6.56	13.21	0.07	7.62

Fuente: Elaboración propia

se incrementa la pérdida por ignición (PPI) de los componentes volátiles fundamentales: SO₃; H₂O⁺. Para el ZnO se obtuvo un valor anómalo de 5.01%. Estos resultados son elevados al compararlos con los obtenidos en la muestra M-1. También presenta una coloración amarillo-verdosa; este proceso indica la presencia de bacterias catalizadoras de la oxidación.

En la *tabla 3* se muestran los resultados representados en los análisis físico-químicos de elementos contaminantes, contenidos en aguas de río y drenajes líquidos (escorrentías); se comprueba el incumplimiento de la norma cubana NC27:2012 (ONN, 2012) para los elementos Zn, Pb y Fe; otra evidencia de la intensidad del proceso de drenaje ácido asociado al yacimiento.

Tabla 3. Resultados de los análisis químicos de elementos contaminantes en aguas de río y drenajes líquidos (escorrentías) de las muestras tomadas.

Muestras	Concentración de los elementos (mg/l)				
	Zn	Pb	Ba	Fe	S (total)
M-1A	6.0	64.9	<0.2	14.7	15.3
M-2A	5.6	58.9	<0.2	13.9	11.0
M-3A	81	62.3	<0.2	14.1	15.7
M-9A	<1.7	<0.4	<0.2	4.6	85
M-10A	<2.1	<0.4	<0.2	4.6	1.4
NC 27/12	<5.0	<1.0	<1.0	<5.0	< 5.0

Fuente: Elaboración propia

El comportamiento del pH se explica por la presencia de iones H_3O^+ y S^{2-} , disueltos dentro de la matriz del sólido, los que al combinarse en solución acuosa y en

presencia de aire, reaccionan y dan lugar a la formación de ácido sulfúrico; ello evidencia que ocurre un drenaje ácido de mina (tabla 4).

Tabla 4. Valores de pH obtenidos en las soluciones acuosas de las fases sólidas (sedimentos) de las muestras seleccionadas en Santa Lucía.

Muestra	pH
M-1	3.0
M-2	2.9
M-3	3.3
M-4	2.9
M-5	3.2
M-6	3.4

Fuente: Elaboración propia

En las minas de yacimientos sulfurados a las que no se les realiza un proceso de mitigación correcto por parte de los concesionarios, el drenaje ácido se convierte en una de las fuentes más importante de contaminación, principalmente de las aguas terrestres y de los suelos. La explotación minera del

yacimiento Santa Lucía, con bajos índices en la mitigación de los impactos y por las características geológicas del campo mineral, originó procesos de contaminación basados en los principios antes expuestos, esto se evidencia en la figura 1.

Figura 1. Impacto del drenaje ácido de minas en los ecosistemas próximos al yacimiento Santa Lucía, Pinar del Río, Cuba.



Fuente: Gallardo (2018).

Determinación de la oxidación biótica de los sulfuros en los residuales líquidos de la mina Santa Lucía.

La acidez y los metales disueltos, detectados en las muestras de agua del drenaje de la mina Santa Lucía, constituyen indicadores de la presencia de microbiota autóctona (principalmente bacterias acidófilas), de estos yacimientos de minerales sulfurosos secundarios, tales como la pirita, el sulfuro de cobre y de zinc. A partir del análisis cuantitativo de muestras del agua de la mina se realizó el aislamiento de microorganismos acidófilos mediante el medio 9K, desarrollado por Silverman & Lundgren (1959) y el método de las diluciones sucesivas o seriadas (*end point*). La presencia de microorganismos acidófilos en el agua de la mina Santa Lucía mostró, luego de los ocho días de crecimiento de la cepa, el cambio de coloración del licor, de verde a pardo rojizo, evidenciándose la presencia de hierro oxidado. Se aisló la bacteria autótrofa, aerobia, quimiolitotrófica, mesófila y

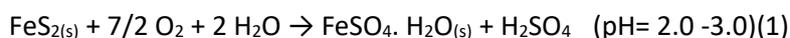
acidófila *Acidithiobacillus ferrooxidans*, anteriormente conocida como *Thiobacillus ferrooxidans*, identificada como AFSL 1-09, con una concentración celular en estas aguas de 105 cel/ml. El crecimiento de los microorganismos se siguió por el análisis del contenido de ion Fe_{3+} presente en el medio de cultivo, reportado por Karavaiko *et al.* (1972).

Durante el proceso de oxidación del hierro se produce el crecimiento bacteriano, se incrementa la concentración celular y, con ello, el contenido de hierro (III) en los licores, corroborándose la influencia de los microorganismos en la generación del drenaje ácido de mina, en los yacimientos sulfurosos. Los resultados de las reacciones de oxidación de los sulfuros en esta zona se expresan a continuación.

Oxidación abiótica de la pirita en el área de estudio.

En contacto con la atmósfera y en presencia de agua, se produce la oxidación directa de la pirita:

A) Oxidación de la pirita y esfalerita a sulfatos de hierro II e hidróxido de hierro III:



PIRITA (MP)

(ZSOMOLNOKITA GLOBULAR)

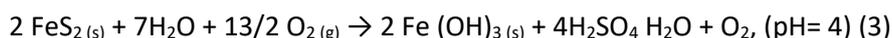


(ZSOMOLNOKITA)

(ESFALERITA)

(ROZENITA FIBROSA)

(BIANCHITA FIBROSA)



(GEL HIDROXIDO Fe III)

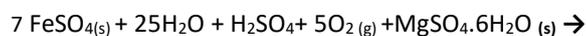
Es decir, se produce acidez y se liberan sulfatos y Fe, junto con otros elementos que en mayor o menor proporción forman parte de la pirita.

Oxidación biótica de la pirita.

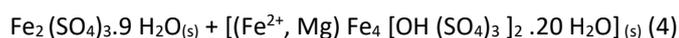
La oxidación biótica de la pirita ocurre con la intervención de determinadas bacterias quimiolitótrofas (aquellas que se alimentan

de un substrato inorgánico). Estos microorganismos como *Acidithiobacillus ferrooxidans*, *Leptospirillum ferrooxidans* y *Acidithiobacillus thiooxidans*, tienen su desarrollo óptimo en condiciones de pH ácido, que cataliza las reacciones de oxidación, y obtienen su energía de este proceso (Nordstrom & Southam, 1997).

B) Oxidación del sulfato de hierro II – III catalizada por Thiobacillus Ferrooxidans:



HEXAHIDRITA



(COQUIMBITA) (Mg - COPIAPITA)

Resulta relevante el aumento de la tasa de oxidación de Fe²⁺ a Fe³⁺, que constituye el factor limitante de todo el proceso de forma abiótica. Bacterias como *Acidithiobacillus ferrooxidans* pueden acelerar esta reacción hasta 100 000 veces. Al aumentar la concentración de Fe³⁺ se produce un incremento de la oxidación indirecta de la pirita, que genera más Fe²⁺ y de nuevo se oxida a Fe³⁺, de manera que estas reacciones se retroalimentan en un ciclo sin fin.

Resultados de las pruebas de tratamiento químico para la neutralización de las aguas ácidas producidas por la oxidación de los sulfuros en la región.

En la *tabla 5* se presentan las propiedades físico-químicas y los costos de los diferentes agentes neutralizantes empleados en las pruebas, para ofrecer criterios de selección en la propuesta tecnológica a implementar por los responsables de efectuar las medidas de remediación.

Tabla 5. Propiedades físico-químicas y costos de los reactivos empleados en los procesos de neutralización.

Reactivos	pH saturación	Solubilidad del reactivo en agua a 18 °C (mg/l)	Costo \$/t de ácido neutralizado
CaCO ₃	6.0-6.5	14	15-45
CaO	12.4	1 300-1 850	130-300
Ca(OH) ₂	12.4	1 300-1 850	150-300

Fuente: Elaboración propia

El comportamiento de las pruebas de neutralización química empleando los diferentes agentes neutralizantes en las campañas de muestreo realizadas, se reporta en la *tabla 6*. El orden de lixiviación a temperatura ambiente de los minerales portadores de elementos potencialmente tóxicos sería el siguiente: FeS₂ (pirita), ZnS (esfalerita) y PbS (galena).

Tabla 6. Pruebas de neutralización química realizadas para las muestras tomadas en los lugares más impactados por el drenaje ácido.

Muestra	Agente Neutral (%)	pH	Fe	Pb	Zn	Mg	As	St
MSTL-1 Cantera	Cabeza	2.5	13 260	2.3	8 030	990	13	12 190
	CaCO ₃	6.5	3 000	2.0	1 330	170	0.4	3 080
Santa Lucía	Ca(OH) ₂	9.5	0.4	2.0	0.96	130	0.4	550
	CaO	9.5	0.4	2.0	0.20	160	0.4	860
MSTL-3 Efluentes del socavón	Cabeza	2.9	14 300	2.3	8 480	570	16.2	11 550
	CaCO ₃	6.5	3 060	0.4	1 380	170	0.4	3 040
	Ca(OH) ₂	9.5	0.78	0.4	0.45	0.2	0.4	420
MSTL-4 Alcantarilla Santa Lucía	CaO	9.5	0.46	0.4	0.20	0.4	0.4	620
	Cabeza	2.1	1 070	2.3	1 480	570	0.4	11 980
	CaCO ₃	6.5	1.20	0.4	460	170	0.2	650
	Ca(OH) ₂	9.5	0.60	0.4	1.50	0.2	0.2	570
	CaO	9.5	0.46	0.4	0.20	0.1	0.2	700

Nota: Concentraciones de elementos potencialmente tóxicos expresadas en mg/l.

Fuente: Elaboración propia

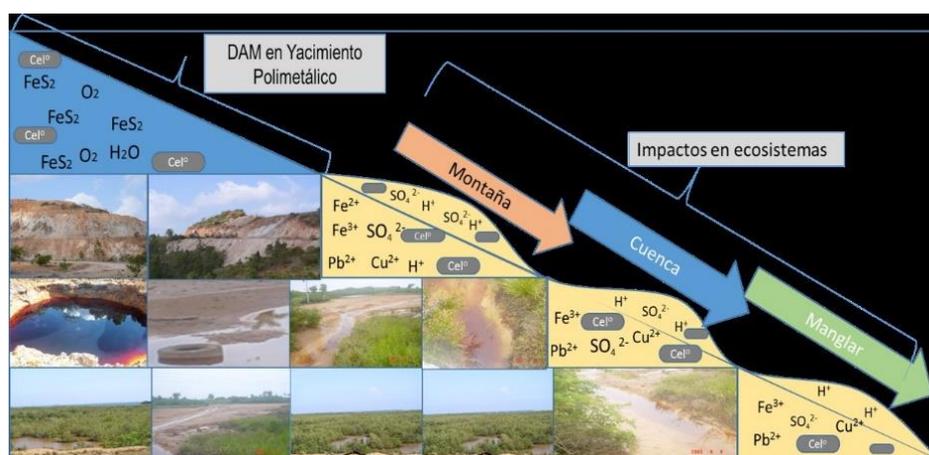
La pirita se encuentra generalmente como fase mayoritaria en las menas pirito polimetálicas de los yacimientos estudiados; por ello que se reportan mayores concentraciones de Fe^{2+3+} en los residuales líquidos, seguidos en orden por los de Zn^{2+} y en menor cuantía el Pb^{2+} , cuyo comportamiento está condicionado por el potencial redox de esos metales. Esta evaluación le facilita a las empresas encargadas de la recuperación de las áreas afectadas, herramientas para realizar su planificación al disponer del agente neutralizante, la nomenclatura a emplear y los costos de estos para la aplicación en la industria, y así cumplir con los límites de descarga exigidos por la norma cubana NC 27:2012 (ONN, 2012).

Los valores de pH ácido en las muestras seleccionadas se condicionan por la

presencia de iones H_3O^+ y S_2 disueltos dentro de la matriz del sólido, los que al combinarse en solución acuosa y en presencia de aire, reaccionan y dan lugar a la formación de ácido sulfúrico, dada la ocurrencia de los procesos de drenaje ácido.

Las transformaciones físico-químicas que ocurren en los diferentes procesos de los yacimientos sulfurados, destacan la importancia de la recuperación rápida de las áreas afectadas en estos procesos mineros. La exposición de esos depósitos a largos períodos de tiempo provoca la oxidación biótica y abiótica de los sulfuros, en especial la pirita, lo que agudiza la contaminación en la región, convirtiéndola en el problema ambiental más impactante para los ecosistemas asociados al yacimiento Santa Lucía (figura 2).

Figura 2. Mecanismo de formación del drenaje ácido de minas y su impacto en los ecosistemas.



Fuente: Gallardo (2018).

Principales acciones encaminadas a la recuperación de las áreas afectadas por el drenaje ácido de minas para el yacimiento Santa Lucía.

- 1) Realizar la canalización de todos los escurrimientos de la cantera, las escombreras y sitios donde los procesos como el intemperismo faciliten la ocurrencia del drenaje ácido de mina, hacia las balsas de contacto que estarán impermeabilizadas para mitigar impactos al nivel freático.
- 2) Valorar la cantidad necesaria de neutralizante para la remediación, de acuerdo al volumen de la balsa; lograr un pH entre 7 y 8.
- 3) Diseñar la balsa de contacto con las dimensiones que faciliten lograr el contacto necesario entre el agua residual contaminada y el agente neutralizante, en función de permitir la precipitación de los metales pesados.
- 4) Verter las aguas al medio ambiente solo cuando cumplan con la norma cubana NC27:2012 (ONN, 2012).
- 5) Evaluar los sitios afectados y utilizar técnicas de fitorremediación con especies hiperacumuladoras de metales pesados, que faciliten la descontaminación y recuperación de estos como las Brassicaceae (*Cruciferae*), descritas por Baker *et al.* (2000) y Contreras *et al.*

(2015).

- 6) Realizar los procesos de vigilancia y control ambiental en los ecosistemas para comprobar la efectividad de las medidas adoptadas.

Estas medidas son necesarias para mitigar los impactos negativos ocasionados, pues los concesionarios no realizaron la recuperación del yacimiento y en la actualidad es un pasivo ambiental; el intemperismo y la exposición de la cantera abierta por tantos años ha provocado la oxidación de los sulfuros y la contaminación de la región por metales pesados.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se estableció que la causa fundamental de la contaminación por metales pesados asociadas al yacimiento Santa Lucía es originada por el drenaje ácido de mina, lo que ocasiona efectos negativos en los ecosistemas expuestos como resultado de la oxidación biótica y abiótica de los sulfuros.

Se diseñó el mecanismo de formación del drenaje ácido de mina y su influencia en los ecosistemas, a partir de los impactos identificados en el yacimiento Santa Lucía.

Las alternativas desarrolladas para la neutralización y tratamiento del drenaje ácido de mina, en el yacimiento Santa Lucía, son una propuesta de gestión responsable para los tomadores de decisiones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alfonso, A., Montero, J.M., y Watson, R. (2019). Indicadores de sostenibilidad para la industria minera extractiva en Uige, Angola. *Revista Minería & Geología*, 35(2), 233-251. <https://bit.ly/3eJT71R>

- Alonso, J.A., Pinto, A., Cabrera, I., Cozzi, G., Gallardo, D., Valdivia, G., y Díaz, A. (2010). *Principales asociaciones mineralógicas de elementos contaminantes presentes en residuales de la industria minero – metalúrgica, segunda etapa* (Informe de proyecto I+D no publicado). Ministerio de Energía y Minas-Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente, Cuba.
- Baker, A.J., Mcgrath, S.P., Reeves, R.D., & Smith, J.A.C. (2000). Metal hyperaccumulator plants: a review of the ecology and physiology of a biological resource for phytoremediation of metal-polluted soils. In N. Terry y G. Bañuelos (Eds.), *Phytoremediation of Contaminated Soil and Water* (pp. 85-107). Lewis Publisher.
- Cabrera, I. (2015). *Influencia del pasivo minero sulfometales sobre el drenaje ácido y elementos potencialmente tóxicos en el manglar* [Tesis de maestría, Universidad de Pinar del Río Hermanos Saiz Montes de Oca]. Repositorio Institucional UPR. _
- Contreras, L.A., Valencia, C.M., de la Fuente, N.M., Linaje, M.S., y Trejo, R. (2015). Estudio de absorción, acumulación y potencial para la remediación de suelo contaminado por plomo usando *Ambrosia Ambrosioides*. *Revista de Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 1(1), 244-250. <https://bit.ly/34DkEy7>
- Gallardo, D. (2018). *Modelo de gestión ambiental para la actividad minero metalúrgica en los yacimientos sulfurosos del campo mineral Santa Lucía – Castellanos* [Tesis doctoral no publicada]. Universidad de Pinar del Río Hermanos Saiz Montes de Oca.
- Gallardo, D., Bruguera, N.C., Díaz Duque, J.A., y Cabrera, I. (2016). Impacto provocado por la minería en la zona de Santa Lucía, evaluación físico-química. *Revista Minería & Geología*, 31(4), 100-120. <https://bit.ly/2ImEKnS>
- Gallardo, D., Cabrera, I., Bruguera, N.C., Alonso, J.A., Pinto, A., & Milián, E. (2013). Chemical – physical evaluation of the superficial waters in areas with miner-metallurgic activity in Santa Lucia, Pinar del Rio. In: Farfán, H., Corvea, J.L., de Bustamente, I. & LaMoreaux, J.W. (Eds.), *Management of water resources in protected areas* (pp. 293-300). Springer. <https://bit.ly/38rOg4f>
- Karavaiko, G.I., Kuznetsov, S.I., & Golomzik, A.I. (1972). *Role of microorganism in leaching of metals from ores*. Nauka.
- Lawrence, R.W., & Wang, Y. (1997, May 31-June 6). *Determination of neutralization potential acid rock drainage* [ponencia]. Fourth International Conference On Acid Rock Drainage. American Society of Surface Mining and Reclamation, Vancouver BC, Canada.
- Nordstrom, D.K., & Southam, G. (1997). Geomicrobiology of Sulfide Mineral Oxidation. In J.F. Banfield & K.H. Nealson (Eds.), *Geomicrobiology: Interactions between Microbes and Minerals. Reviews in Mineralogy*, Vol. 35 (pp. 361–390). Mineralogical Society of America.

Oficina Nacional de Normalización. (2012). *Vertimiento de las aguas residuales a las aguas terrestres y el alcantarillado. Especificaciones*. (Norma Cubana 27:2012)

Price, W.A., Morrin, K., & Hutt, N. (1997, May 31-June 6). *Guidelines for the prediction of acid rock drainage, part II* [ponencia]. Fourth International Conference On Acid Rock Drainage. American Society of Surface Mining and Reclamation, Vancouver BC, Canada.

Silverman, M.P. & Lundgren, D.C. (1959). Studies on the chemoautotrophic iron bacterium *ferrobacillus ferrooxidans* ii. *Journal Bacteriol*, 78(3), 326-331. <https://bit.ly/2ImZhIW>



Adaptación y mitigación al cambio climático. Estudio de caso: Ciudadela Real de Minas, Bucaramanga, Colombia.

Adaptation and mitigation to climate change. Case of study: Real de Minas Citadel, Bucaramanga, Colombia.

Adaptação e mitigação às mudanças climáticas. Estudo de caso: Ciudadela Real de Minas, Bucaramanga, Colômbia.

Carlos Alberto Amaya Corredor / Unidades Tecnológicas de Santander, Colombia / camaya@correo.uts.edu.co

Carolina Hernández Contreras / Unidades Tecnológicas de Santander, Colombia / chernandez@correo.uts.edu.co

Nancy Tavera Castillo / Unidades Tecnológicas de Santander, Colombia / ntavera@correo.uts.edu.co

Natalia Alexandra Bohorquez Toledo / Unidades Tecnológicas de Santander, Colombia / nbohorquez@correo.uts.edu.co

Recibido: 17/7/2020 **Aceptado:** 2/11/2020 **Publicado:** 30/12/2020

RESUMEN

Bucaramanga es el polo de desarrollo del nororiente de Colombia; en ella el sector Ciudadela Real de Minas es una zona residencial altamente poblada y condensada. Este estudio tuvo como objetivo establecer las líneas estratégicas de acción para la adaptación y mitigación de los impactos asociados al cambio climático en dicho sector. Se tomaron como referencias las experiencias de gestión ambiental en ciudades de Europa, Suramérica y Colombia, cuya respuesta a la incidencia del cambio climático coincidiera con los elementos urbanos presentes en el enfoque de gestión territorial para contrarrestarlo en Colombia, tales como la gestión de residuos sólidos, protección y mejoramiento de las zonas verdes, mejora de la movilidad y la calidad del aire, parámetros ambientales para nuevas construcciones, y procesos de educación ambiental. Sobre esta base se diseñaron e implementaron las líneas estratégicas contextualizadas a las particularidades de la ciudadela. Se concluye que, la gestión ambiental urbana desarrolla focos de respuesta al cambio climático, por lo que su aplicación en el sector de estudio fortalece las acciones de adaptación y mitigación en ejecución, para transformar física y socialmente el entorno y las condiciones de vida de los habitantes; las cuales pueden ser replicadas en toda la ciudad.

Palabras clave: desarrollo sostenible, educación ambiental, gestión ambiental urbana, sostenibilidad urbana

ABSTRACT

Bucaramanga is the development pole of northeastern Colombia. The Real de Minas Citadel sector is a highly populated and condensed residential area. The objective of this study was to establish strategically lines of action for the adaptation and mitigation of the effects of climate change in this sector. experiences of environmental management in cities of Europe, South America and Colombia were taken as a reference; which responses to the incidence of climate change make a coincidence with the urban elements present in the territorial management to nullify it in Colombia, in aspects such as solid waste management, protection and improvement of green areas, improvement of mobility and air quality, environmental parameters for new constructions. Based on this strategically lines of the citadel were developed and implemented. It was concluded that urban environmental management develops focal points of response to climate change, that it's why its application in the area of study strengthens actions in adaptation and mitigation, in execution, manage to physically and socially transform the environment and the living conditions of the inhabitants, and it can be replicated throughout the city.

Keywords: environmental education, sustainable development, urban environmental management, urban sustainability

RESUMO

Bucaramanga é o pólo de desenvolvimento do nordeste da Colômbia; Nele, o setor Ciudadela Real de Minas é uma área residencial densamente povoada e condensada. Este estudo teve como objetivo estabelecer as linhas estratégicas de ação para a adaptação e mitigação dos impactos associados às alterações climáticas neste setor. Foram tomadas como referência as experiências de gestão ambiental em cidades da Europa, América do Sul e Colômbia, cuja resposta à incidência das mudanças climáticas coincidiu com os elementos urbanos presentes na abordagem de gestão territorial para combatê-la na Colômbia, como a gestão de resíduos sólidos. , proteção e melhoria de áreas verdes, melhoria da mobilidade e da qualidade do ar, parâmetros ambientais para novas construções e processos de educação ambiental. Nesta base, as linhas estratégicas contextualizadas às particularidades da cidadela foram desenhadas e implementadas. Conclui-se que a gestão ambiental urbana desenvolve fontes de resposta às mudanças climáticas, portanto sua aplicação no setor de estudo fortalece as ações de adaptação e mitigação em execução, para transformar física e socialmente o meio ambiente e as condições de vida dos população; que pode ser replicado em toda a cidade.

Palavras chave: desenvolvimento sustentável, educação ambiental, gestão ambiental urbana, sustentabilidade urbana

INTRODUCCIÓN

Según la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), el cambio climático se relaciona con las consecuencias de la actividad humana que alteran la atmósfera mundial y que generan variabilidad del clima entre periodos de tiempo similares (Organización de Naciones Unidas [ONU], 1992). Evidencia de ello es la mayor frecuencia, intensidad y magnitud de eventos climáticos o cambios graduales en las temperaturas y las precipitaciones, que transforman el clima de una región.

La ciudad de Bucaramanga, en especial su sector Ciudadela Real de Minas, es una de las fuentes de emisión de gases de efecto invernadero registradas en el país, debido a su alta concentración de construcciones, congestión vehicular y baja dispersión del aire (que retiene moléculas contaminantes); estos contribuyen al calentamiento en toda el área metropolitana, afectan al ecosistema e inciden en la calidad de vida de los habitantes y los sectores económicos en la zona (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [IDEAM], 2016). Desde el *Plan Integral de Gestión del Cambio Climático Territorial del Santander* (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2016), se ha planteado la necesidad de generar el conocimiento y las herramientas para incorporar este fenómeno a la gestión del desarrollo de territorios sostenibles, adaptados y resilientes.

Consecuentemente, la presente investigación tuvo como objetivo establecer las líneas estratégicas de acción para la mitigación y adaptación de los impactos asociados al cambio climático en la Ciudadela Real de Minas como sector significativo dentro

de dicha ciudad. El estudio se realizó identificando las experiencias sobre la gestión ambiental en aspectos asociados al cambio climático, en zonas urbanas; y la consulta de fuentes secundarias de información, para identificar las variables que afectan la calidad de vida urbana y sobre las cuales se requería intervenir en la zona de estudio.

En este sentido, sirvieron como antecedentes internacionales y referencias de la investigación, los trabajos realizados por: Barton (2009), Morán (2010), Ayuntamiento de Murcia (2012), Sánchez (2013), Acitores y García (2015), Delgado *et al.* (2015), de Rauglaudre (2015), Robrecht (2019), Margulis (2016), Nahuelhual *et al.* (2016), Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires (2017), Agencia Francesa de Desarrollo (AFD, 2018), Bravo (2018) y Sengupta (2019), entre otros.

Asimismo, como antecedentes y referentes nacionales, se ubican las investigaciones llevadas a cabo por: Alcaldía de Bucaramanga (2015), IDEAM (2016), Pérez (2016), Amaya *et al.* (2017), Veeduría Distrital (2019), Universidad Industrial de Santander (2018), Cariñanos *et al.* (2018) y Amaya *et al.* (2019).

Con este estudio se presenta un enfoque estratégico pertinente a las características físicas y sociales de la ciudad de Bucaramanga, en el cual se reafirma que la atención al cambio climático debe ser una prioridad en la ejecución de sus políticas públicas, por lo que es importante fortalecer y enriquecer las acciones que se vienen desarrollando para mejorar las condiciones de vida urbana, como una alternativa de solución local a una de las problemáticas globales más relevantes en la actualidad.

MATERIALES Y MÉTODOS

El proyecto de investigación presentado como caso de estudio es de tipo cualitativo, descriptivo, explicativo (Hernández *et al.*, 2014) y de carácter no experimental. Se buscó describir las condiciones de la infraestructura urbana de la Ciudadela Real de Minas para proponer las estrategias de adaptación y mitigación ante el cambio climático.

Dicho territorio es identificado como la Comuna 7 en la división política administrativa de Bucaramanga, y se ubica en el sector centro oriental de ella, donde radicó hasta 1976 el aeropuerto Gómez Niño. La zona fue desarrollada a partir de la estructura residencial denominada Plaza Mayor, ícono de la arquitectura colombiana en la década de los ochenta, la cual sirvió como eje para la expansión urbana sobre las 80 ha que aproximadamente abarca ese terreno.

Según el *Censo poblacional y de vivienda de Colombia* (Departamento Nacional de Estadística, 2018), en este lugar se encuentran cerca de 25 900 habitantes y 5590 unidades habitacionales. Desde el año 2000, la Alcaldía proyectó y consolidó un espacio enfocado como ciudadela estudiantil, donde se encuentran siete colegios públicos, con más de 13 000 estudiantes hasta el 2019; y tres universidades, con cerca de 17 000 personas circulantes. Estos establecimientos educativos aportan al sector una población flotante cercana a 30 000 personas, no todas habitantes-residentes, pero que diariamente conviven en él por cuestiones laborales o estudiantiles (Amaya *et al.*, 2017). La infraestructura urbana está constituida por dos parques zonales públicos: Los Sueños

y Las Cigarras; y los ejes viales principales: calles 61 y calle 56, avenida Juan Pablo II y la avenida Los Samanes, a las cuales se conectan las vías secundarias y por la que transita todo el tráfico vehicular en el área.

El estudio revisó las doce variables de *análisis de ciudades* para interpretar las condiciones de mitigación y adaptación al cambio climático, establecidas por la Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA, 2018) teniendo en cuenta los criterios de autoridades mundiales o regionales como la CMNUCC (ONU, 1992) y los resultados de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre la Vivienda y el Desarrollo Urbano Sostenible, *Hábitat III* (ONU, 2017); así como de la descripción de Oltra y Marín (2013) y Margulis (2016) sobre las respuestas urbanas ante el cambio climático.

Se estimaron las investigaciones realizadas en ciudades de Europa, Suramérica y Colombia, en virtud de reducir las doce variables propuestas por la AEMA (2018), a aquellas que tuvieran un mayor índice de coincidencia en dichas investigaciones; ello con el fin de establecer los indicadores concretos que se asumirían en el presente estudio y, consecuentemente, establecer su estructura de análisis.

En este sentido, de acuerdo con las intervenciones y objetivos clasificados por Oltra y Marín (2013); de la clasificación de elementos urbanos frente al cambio climático como condicionantes de la consolidación de una ciudad, dada por Nahuelhual *et al.* (2016); y de los indicadores propuestos por la AEMA (2018), se lograron definir las cinco variables que constituirían los ejes centrales del presente estudio, los cuales están en concordancia con el

enfoque de gestión territorial al cambio climático en Colombia, establecidos por el IDEAM (2016) y el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2016), mediante dos elementos: las condiciones de vulnerabilidad del territorio -que permitió establecer los aspectos de ciudad a intervenir en la Ciudadela Real de Minas; y las estrategias y acciones de implementación de respuestas ante el cambio climático, -que permitió enfocar, desde esta propuesta, las estrategias de respuesta a la incidencia de este-.

Para caracterizar las variables seleccionadas se recorrió la zona de estudio y se tomó la información de fuentes secundarias, tales como la Alcaldía de Bucaramanga (2015), la Corporación para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (2014) como autoridad ambiental territorial y el Área Metropolitana de Bucaramanga (AMB, 2019) como entidad de gestión territorial. Aquí se estableció la relación que podía darse entre la infraestructura de la zona, las cinco variables definidas y sus posibilidades de adecuarse para responder a la incidencia del cambio climático.

Con los argumentos emitidos por Sánchez (2013) y algunos lineamientos de la *Nueva Agenda Urbana*, generada en *Hábitat III* (ONU, 2017), se propusieron intervenciones en periodos de tiempo que, según el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, 2015), deben apuntar a mejorar la vulnerabilidad del mundo ante este fenómeno; se mencionan como resultados a corto plazo, la adaptación de alcance local, y como resultados a largo plazo, la mitigación a nivel global.

RESULTADOS

Como fue presentado en la *Conferencia de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático* (COP 25) (ONU, 2019), las ciudades son las áreas que más aportan al incremento de las consecuencias del cambio climático, por aspectos como el aumento de la densidad poblacional, las emisiones por fuentes móviles y fijas, y el uso indiscriminado de los recursos. Sobre esta base se tomaron los parámetros de análisis de la AEMA (2018) y de Sánchez (2013), para identificar en las ciudades acciones contra el cambio climático; los cuales se enfocaron en doce variables: *agricultura, biodiversidad, edificios, áreas costeras, reducción de riesgos de desastre, energía, silvicultura, gobernanza y soporte financiero, salud, transporte, urbanismo y gestión del agua*.

Cabe puntualizar que en el análisis de las mismas, las acciones evidenciadas por ciudades no solo se limitaron a la denominación específica de ellas, según la AEMA (2018), sino que también se contemplaron las acciones que pueden incluirse dentro de sus componentes. Tomando en cuenta la trascendencia que para la ONU (2017) tiene la *Nueva Agenda Urbana, Hábitat III*, es importante destacar que estas variables guardan estrecha relación con el principio de garantizar la sostenibilidad del ambiente, en el cual se enmarcan aspectos como: los ecosistemas y la diversidad biológica, los estilos de vida saludable, el consumo y la producción sostenible, la reducción de riesgos de desastre, las prácticas de adaptación al cambio climático y la mitigación de

sus efectos en la consolidación de las ciudades (ONU, 2017). Los autores de esta investigación aclaran que no se incluyen en ella datos referentes a áreas costeras, al ubicarse geográficamente Bucaramanga en la ramificación nororiental del macizo montañoso del país.

En Europa, la mayoría de las ciudades tienen planes de adaptación muy avanzados Robrecht (2019). Estas poseen un número considerable de habitantes, que condiciona el hecho de que, en las políticas de gestión urbana, se incluyan la capacidad que deben tener para hacer frente a este fenómeno global. La Comisión Europea describe experiencias exitosas de urbes frente al cambio climático en su línea de trabajo *ciudades y desarrollo urbano*, tales como Växjö, Suecia (de Rauglaudre, 2015); Copenhague, Dinamarca (Comisión Europea, 2010; Sengupta, 2019); Ámsterdam, Holanda (Acitores y García, 2015; Bastein *et al.*, 2018); Róterdam, Holanda (Ecointeligencia, 2012); Bolonia, Italia (Morán, 2010); Valencia, España (Muévete en Verde, 2018); y Murcia,

España (Ayuntamiento de Murcia, 2012).

Con esta información se realizó una matriz para confrontar el objetivo e impacto de las acciones realizadas en dichas ciudades, con las variables propuestas por la AEMA (2018), de acuerdo a su coincidencia entre las ciudades y el enfoque de sus acciones ante el cambio climático.

En la *tabla 1* se describe que, de las once variables analizadas, solo siete ciudades desarrollan acciones en dos; cinco ciudades desarrollan acciones en cuatro; solo tres ciudades coinciden en la ejecución de las acciones, en dos; y de una variable solo se reconocen acciones en una ciudad. En una variable ninguna ciudad decidió enfocar sus acciones. Estas coincidencias permitieron identificar a: *la biodiversidad, la silvicultura, la gobernanza, el transporte, el urbanismo y la salud*, como las variables de mayor relevancia para estas urbes europeas, al proponerse en aquellas el mayor número de acciones de respuesta al cambio climático.

Tabla 1. Relación de actividades de ciudades europeas con sectores de la AEMA.

Variable AEMA \ Ciudad	Agricultura	Biodiversidad	Edificios	Reducción de riesgo desastre	Energía	Silvicultura	Gobernanza y soporte financiero	Salud	Transporte	Urbanismo	Gestión del agua
Växjö	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
Copenhague	X		X	X	X	X	X	X	X	X	
Ámsterdam	X	X				X	X	X	X	X	
Róterdam	X	X				X	X		X		
Bolonia	X	X				X	X	X		X	
Valencia	X					X	X	X	X	X	
Murcia	X			X	X	X		X	X	X	X
Ciudades coincidentes en variable	0	7	4	3	3	7	6	5	6	6	1

Fuente: Elaboración propia, con base en las variables de la AEMA (2018).

A nivel de Suramérica (Delgado *et al.*, 2015; Margulis, 2016), las principales experiencias a referenciar se tomaron de ciudades como Curitiba (AFD, 2018) y Brasilia (Bravo, 2018) en Brasil; Quito (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2016) en Ecuador; Santiago de Chile (Barton, 2009) en Chile; y Buenos Aires (Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires, 2017) en Argentina. Al contrastar las acciones de las ciudades con las variables de la AEMA (2018) propuestas, se logró clasificarlas de acuerdo con la coincidencia entre ciudades y del enfoque de sus acciones ante el cambio climático.

Hay que destacar que de las once variables: las cinco ciudades desarrollan acciones en dos; tres de las ciudades desarrollan acciones en cuatro; solo dos ciudades coinciden en ejecución de acciones, en dos; sobre dos variables solo se recopiló acciones en una ciudad; y en una variable ninguna ciudad evidenció enfocar acciones. Estas coincidencias permitieron identificar como las variables más destacadas entre las ciudades de Suramérica a: *la silvicultura, la salud, la gobernanza, el urbanismo, el transporte y la construcción de edificios*; en las que se proponen acciones concretas de respuesta al cambio climático (tabla 2).

Tabla 2. Relación de actividades de ciudades suramericanas con sectores de la AEMA.

Variable AEMA \ Ciudad	Agricultura	Biodiversidad	Edificios	Reducción de riesgos desastre	Energía	Silvicultura	Gobernanza y soporte financiero	Salud	Transporte	Urbanismo	Gestión del agua
Curitiba	X	X	X	X		X	X	X			
Brasilia		X				X	X	X	X	X	
Quito	X		X			X	X	X		X	
Santiago de Chile						X	X	X	X	X	
Buenos Aires			X		X	X		X	X	X	
Ciudades coincidentes en variable	2	2	3	1	1	5	4	5	3	4	0

Fuente: Elaboración propia, con base en las variables de la AEMA (2018).

Por su parte, en el *Plan nacional de adaptación al cambio climático, Colombia* (Departamento Nacional de Planeación, 2012) propone las bases para su adaptación y mitigación ante este fenómeno. A partir de dicho documento rector y de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (Universidad Industrial de Santander, 2018) que impulsan la *Agenda 2030* (ONU, 2015), el Ministerio de Ambiente y

Desarrollo Sostenible (2016) y la Alcaldía de Bucaramanga han identificado la línea base de su trabajo para la formulación y puesta en marcha de acciones locales, que aporten a la gestión del calentamiento global.

Se tomaron como ciudades referencias: Bogotá, capital del país y referente urbano nacional (Veeduría Distrital, 2019); Medellín, por su transformación sostenible

(Pérez, 2016; Área Metropolitana del Valle de Aburra, 2019); e Ibagué, por su constitución física y social, similar a Bucaramanga (Corporación Autónoma Regional del Tolima, 2018). Al contrastar las acciones de estas ciudades con las variables de la AEMA (2018) propuestas, se logró clasificarlas de acuerdo con la coincidencia entre las ciudades y el enfoque de sus acciones ante el cambio climático.

En la *tabla 3* se evidencia que, de las once variables: las tres ciudades desarrollan

acciones en cinco; solo dos ciudades coinciden en ejecución de acciones, en dos; sobre dos variables solo se recopiló acciones en una ciudad; y en dos variables ninguna ciudad planteó enfocar acciones. Estas coincidencias permitieron identificar como las variables más destacadas, entre las ciudades de Colombia a: *la biodiversidad, la silvicultura, la salud, la gobernanza y el transporte*; en las que se proponen acciones de respuesta al cambio climático.

Tabla 3. Relación de actividades de ciudades colombianas con sectores de la AEMA.

Variable AEMA \ Ciudad	Agricultura	Biodiversidad Edificios	Reducción de riesgo desastre	Energía	Silvicultura	Gobernanza y soporte financiero	Salud	Transporte	Urbanismo	Gestión de agua
Bogotá		X	X	X	X	X	X	X		
Medellín		X			X	X	X	X	X	
Ibagué		X			X	X	X	X	X	
Ciudades coincidentes en variable	0	3	2	1	1	3	3	3	3	2

Fuente: Elaboración propia, con base en las variables de la AEMA (2018).

La revisión de la información integrada permitió comprobar que, en las 15 ciudades documentadas, los sectores urbanos que reúnen más acciones para responder al cambio climático son: *la biodiversidad, los edificios, la silvicultura, la gobernanza, la salud, el transporte y el urbanismo*; mientras que *la agricultura, la gestión del agua, la gestión del riesgo de desastres y las energías*, no poseen acciones significativas. Es importante destacar que se comprobó la relación de las variables establecidas por la AEMA (2018), identificadas como comunes, con los aspectos recogidos en la *Nueva*

Agenda Urbana, Hábitat III (ONU, 2017); debido a que este último, en sus compromisos de aplicación efectiva para la consolidación de ciudades sostenibles, promueve desde el desarrollo urbano resiliente y ambientalmente sostenible, la planificación y gestión del desarrollo espacial urbano en el diseño de servicios e infraestructura de construcciones y edificios, con soluciones basadas en la naturaleza; infraestructuras sostenibles de movilidad y transporte; así como la mejora de la salud a través de la gestión del agua, la reducción de residuos y el fortalecimiento de los gobiernos.

Las variables resultantes fueron contrastadas con los elementos para la consolidación de una ciudad frente al cambio climático, establecidos por Nahuelhual *et al.* (2016); y relacionadas con los lineamientos presentes en el enfoque de gestión territorial al cambio climático en Colombia (IDEAM, 2016; Ministerio de Ambiente y Desarrollo

Sostenible, 2016), desde la descripción de las vulnerabilidades del territorio y en función de establecer los aspectos de la ciudad a intervenir en el sector de la Ciudadela Real de Minas; para desde las estrategias y acciones de implementación, enfocar las líneas estratégicas de respuesta ante la incidencia del cambio climático en ella.

Tabla 4. Relación metodológica de enfoque de acciones por componentes en la zona de estudio.

AEMA	Nahuelhual <i>et al.</i> (2016)	IDEAM- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Aspectos de ciudad en la Ciudadela Real de Minas
Biodiversidad Silvicultura	Costumbre y calidad de vida del ciudadano	Espacios verdes, ecosistemas urbanos y entornos de vida	Pérdida de espacios verdes y vegetación urbana
Edificios Urbanismo	Consolidación de ciudad	Construcciones ecológicas e infraestructura urbana y entornos de vida	Aumento y densificación de las construcciones en propiedad horizontal
Gobernanza y soporte financiero	Comercio, bienes y servicios	Educación ciudadana, gestión de residuos sólidos, agua y servicios públicos	Inadecuados procesos para la gestión de residuos sólidos
Salud Trasporte	Movilidad	Sistemas de Transporte y calidad del aire	Niveles de calidad del aire

Fuente: Elaboración propia

Identificados los aspectos de la ciudad que se debían intervenir en el área de estudio, con el enfoque de Oltra y Marín (2013) y bajo los argumentos de Sánchez (2013), se describieron los principales aspectos de la zona que podían estar siendo afectados por el cambio climático:

Pérdida de vegetación

En el período 2000-2015, en la Ciudadela se transformaron en construcciones cerca de 20 ha de espacios verdes y coberturas naturales; ya en el 2019 solo se disponía

de 3 ha de su superficie para áreas verdes o coberturas naturales. Hoy ha copado sus espacios disponibles y ha reducido su arbolado urbano a limitadas zonas verdes en trazados viales y al interior de los conjuntos residenciales (Hernández *et al.*, 2019).

Aumento de la propiedad horizontal

Según el *Plan de desarrollo municipal de la ciudad*, entre 2012 y 2018 en la Ciudadela aumentaron las construcciones de propiedad horizontal en un 36%, así como su población, cercana a 6000 habitantes;

lo primero ocasionó la alteración de los flujos de viento superficial, que estanca el microclima en esta zona (Alcaldía de Bucaramanga, 2015).

Inadecuados procesos para la gestión de residuos sólidos

La producción per cápita de residuos es de 0.91 kg/habitante/día en el sector, lo cual está por debajo del promedio municipal (0.971), pero muy por encima del promedio normativo nacional (0.76). *El Plan de gestión de residuos sólidos* registra que en el 2015 la Ciudadela generaba cerca de 17 t de residuos diarias y ya en el 2019 se acercaba a las 22 t (Alcaldía de Bucaramanga, 2015).

Contaminación del aire

Este impacto se atribuye directamente al alto tráfico vehicular. Según el estudio del *Índice de Calidad del Aire en Bucaramanga* (AMB, 2019), el sector mostró altos niveles de contaminación por material particulado PM10. Según el *Plan Maestro de Movilidad* (2011-2030), realizado por el AMB (2011), el 52% de la población de esa ciudad se moviliza en sistemas de transporte público, mientras que en automóvil particular cerca del 18%; el 2% lo hace a través de bicicletas o caminatas. Estos valores expresan un alto número de habitantes que hace uso del transporte automotor, aunque crece el porcentaje de movilidad autónoma de la población.

En los cuatro aspectos anteriores se describen las características del sector estudiado, acorde a las áreas en las que deben enfocarse las estrategias de respuesta urbana ante la incidencia del

cambio climático. Además, se consideró que en la *Ciudadela* debía trabajarse la educación ambiental como herramienta que facilita la transformación social a favor del ambiente y que, consecuentemente, permite fortalecer el enfrentamiento a las consecuencias de aquel.

En tal sentido, según Amaya *et al.* (2019), el 47% de los habitantes del sector no se han informado sobre el cambio climático; el 52% manifiesta identificar el arbolado urbano como un espacio para animales y aves; y el 65% reconoce que tiene responsabilidad sobre el ambiente de la ciudad. Porcentajes que muestran una gran debilidad en el conocimiento ambiental de los ciudadanos de la *Ciudadela*.

DISCUSIÓN

A través de mecanismos de aplicación efectiva entre los que se destacan la gobernanza y el respeto cultural, la protección a la vivienda y la movilidad sostenible; *la Nueva Agenda Urbana, Hábitat III* (ONU, 2017) promueve los códigos y las normas de regulación de construcciones, la gestión sostenible de los desechos y el fortalecimiento de la biodiversidad y los espacios verdes urbanos, como respuesta de las ciudades ante el cambio climático. Teniendo en cuenta la relación de esos aspectos con las características de las ciudades analizadas, y de los parámetros planteados por el IPCC (2015), se ha construido un enfoque que fortalece la respuesta a las problemáticas identificadas en la Ciudadela Real de Minas y la formulación de las líneas estratégicas, con sus acciones para la adaptación y mitigación ante el cambio climático en este sector y la ciudad en general.

Estrategia de Ciudadela Verde

Esta estrategia responde a las variables de *biodiversidad y silvicultura* analizadas; y se fundamenta sobre la importancia que les confieren a ellas las ciudades que formaron parte del estudio, las cuales se enfocaron en recomponer sus coberturas verdes e integrarlas sosteniblemente al entorno urbano. En este sentido, la propuesta diseñada para la Ciudadela Real de Minas incluyó como:

- Acciones de adaptación (en ejecución durante 2 años): La protección y restauración de los parques locales y ejes viales del sector para recomponer las coberturas forestales urbanas. Entre 2016 y 2019 el AMB ha invertido cerca de cincuenta mil millones de pesos en el fortalecimiento de la estructura ecológica principal de la ciudad; de los que se ha proyectado sobre la calle 56 el 30 % de la inversión, al constituir esta la arteria vial principal de la zona.
- Acciones de mitigación (en ejecución durante 10 años): La intensificación de la siembra de árboles en el sector, que requiere grandes cantidades. Las inversiones realizadas por el AMB desde 2016 deben mantenerse hasta el año 2026 (mínimo), para que la cobertura arbórea muestre servicios ambientales de regulación favorables a la *Ciudadela*.

Estrategias de regulación de construcciones sostenibles

Esta estrategia se enmarca en las variables de urbanismo y edificios; y se sustenta sobre la tendencia de las ciudades estudiadas a prever las posibles condiciones climáticas y los requerimientos ecológicos en la

proyección de las construcciones, como respuesta al cambio climático. Al respecto, la propuesta diseñada para la Ciudadela incluyó como:

- Acciones de adaptación (en ejecución durante 4 años): La intervención en las construcciones de la ciudad con el fin de mejorar sus jardines frontales, la silvicultura urbana y la promoción de muros y techos verdes, con el fin de recuperar la cobertura verde sobre las losas de cemento.
- Acciones de mitigación (en ejecución durante 10 años): El balance entre las nuevas construcciones y los espacios verdes. El plan de ordenamiento territorial de la ciudad establece como obligatorio que las nuevas construcciones entreguen secciones para espacios públicos, en una relación de 8 m² por unidad habitacional construida; la mejora de este indicador debe respetar el estándar de 9 m² por habitante, establecido por la Organización Mundial de la Salud.

Estrategia de urbanizaciones más limpias

Esta estrategia aborda las variables de *salud y gobernanza*; y persigue reorientar la gestión final de los residuos sólidos, a cargo de los gobiernos municipales, con el fin de reducir la influencia de ellos en el cambio climático. Sobre este tema, la propuesta diseñada para la *Ciudadela* incluyó como:

- Acciones de adaptación (en ejecución durante 2 años): La implementación masiva de la regla de las tres «R»: *reducir, reutilizar y reciclar*; para disminuir la generación per cápita de desechos sólidos urbanos a valores cercanos al promedio nacional (0.76 kg/habitante/día). Desde

el 2017 se construyó el punto ecológico de la *Ciudadela* como centro de acopio selectivo de residuos, en función de disminuir en un 15% la cantidad anual de residuos entregados para transporte y disposición final.

- Acciones de mitigación (en ejecución durante 4 años): El perfeccionamiento del proceso de selección de residuos en la fuente y la disminución de la generación en el sector. Para el 2022, el punto ecológico de la *Ciudadela* debe acopiar cerca del 50% de los residuos reutilizables, y disminuir la cantidad de residuos entregados a transporte y disposición en un 30%.

Estrategia de movilidad en la Ciudadela Real de Minas

Esta estrategia se proyecta sobre las variables de *transporte y salud*; y proyecta lograr la eficiencia de los sistemas de movilidad como componente clave de respuesta al cambio climático, al ser el transporte el principal generador urbano de emisiones atmosféricas contaminantes. En este sentido, la propuesta diseñada para la *Ciudadela* incluyó como:

- Acciones de adaptación (en ejecución durante 2 años): El aumento de la cantidad de pasajeros movilizados por el sistema de transporte masivo de la ciudad (*Metrolínea*) para el 2021, con el fin de minimizar la movilidad urbana automotriz del 70% a menos del 60%; y el incremento de los desplazamientos a pie y en bicicleta del 22% al 30%, como modalidades de movilidad poblacional.
- Acciones de mitigación (en ejecución durante 5 años): El fortalecimiento del sistema de transporte masivo de la ciudad

(*Metrolínea*) y la consolidación de su red de ciclo-rutas la cual, en la zona de estudio, proyecta tener más de 5.5 km disponibles para la movilidad segura. Esto deberá mejorar los niveles de calidad del aire, monitoreados permanentemente por la autoridad ambiental de la ciudad.

Estrategia de educación ambiental y cambio climático

Esta es una estrategia transversal, pues como todo proceso de respuesta al cambio climático requiere de la inclusión del ciudadano como protagonista de la construcción de su entorno, la educación ambiental permite el fortalecimiento del tejido social y el mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes, en armonía con el ambiente. Al respecto, la propuesta diseñada para la *Ciudadela* incluyó como:

- Acciones de adaptación (en ejecución durante 2 años): El fortalecimiento de los proyectos ambientales escolares en los colegios del sector, y la creación de cátedras de educación ambiental y cambio climático. En estas acciones se involucran a los siete colegios de la zona de estudio, cuya matrícula se acerca a los 13 000 estudiantes, quienes pueden actuar como promotores ambientales en la solución de las problemáticas de la zona.
- Acciones de mitigación (en ejecución durante 5 años): La masificación de los procesos de educación ambiental ciudadana en el sector, llegando por lo menos al 60% de la población residente de la zona (cerca de 15 000 personas), apoyados por las entidades educativas de su entorno, con el fin de reducir los agentes contaminantes y reforzar

la siembra de árboles como iniciativa ciudadana.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El estudio estableció cinco líneas estratégicas de acción como respuesta a las incidencias del cambio climático en el sector Ciudadela Real de Minas, enmarcadas en la visión de la gestión ambiental urbana, presente en las experiencias que le sirvieron de referencias internacionales y nacionales a la investigación. La inclusión particular de la educación ambiental como eje transversal de dichas líneas estratégicas, refuerza la

importancia de establecer acciones que impacten directamente en el ciudadano y fortalezcan la vida urbana sosteniblemente, sobre todo en Colombia.

Al desarrollar la gestión ambiental urbana, focos de respuesta al cambio climático, su aplicación en el sector de estudio fortaleció las acciones de adaptación y mitigación, en ejecución desde la Alcaldía de Bucaramanga, para transformar física y socialmente el entorno y las condiciones de vida de los habitantes; las cuales pueden ser replicadas en toda la ciudad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acitores, A.S., y García, L. (2015, diciembre). Desarrollo sostenible en Smart Cities: Ámsterdam como ejemplo. *Antonio Serrano Acitores*. <https://bit.ly/3nwklw1>
- Agencia Europea de Medio Ambiente. (2018). *10 Case Studies How Europe is adapting to climate change*. <https://bit.ly/3azY25v>
- Agencia Francesa de Desarrollo. (2018, 16 de octubre). *5 ciudades pioneras en acción climática*. <https://bit.ly/38Lh1cl>
- Alcaldía de Bucaramanga. (2015). *Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos PGIR. Formulación y actualización*. <https://bit.ly/38QL6Hs>
- Amaya, C.A., Abreo, A.L., Rey, D.C., y Ríos, D.C. (2019). Propuesta para la reducción de aportes de gases efecto invernadero, asociados a los sistemas de transporte utilizados por la comunidad académica de las Unidades Tecnológicas de Santander, UTS, en Bucaramanga, Santander, Colombia. *Encuentro Internacional de Educación en Ingeniería*, Bogotá, Colombia. <https://bit.ly/34GeL3g>
- Amaya, C.A., Hernández, C., Pedroza, N., y Cáceres, R.S. (2017). Estrategias de adaptación y mitigación al cambio climático de las Unidades Tecnológicas de Santander. *Revista CINTEX*, 22(2), 89-109. <https://doi.org/10.33131/24222208.301>
- Área Metropolitana de Bucaramanga. (2011). *Plan Maestro de Movilidad, Área Metropolitana de Bucaramanga 2011-2030*. <https://bit.ly/37MNqyb>
- Área Metropolitana de Bucaramanga. (2019). *Calidad del aire*. <https://bit.ly/3rtRv2j>
- Área Metropolitana del Valle de Aburra. (2019). *Plan estratégico para la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero*. <https://bit.ly/2KhXeXQ>

- Ayuntamiento de Murcia. (2012). *Murcia, Ciudad Sostenible*. Memoria a la candidatura al VII Premio Ciudad Sostenible. <https://bit.ly/35y2dvE>
- Barton, J.R. (2009). Adaptación al cambio climático en la planificación de ciudades-regiones. *Revista de geografía Norte Grande*, (43), 5-30. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34022009000200001>
- Bastein, A., Verstraeten-Jochemsen, J., Rietveld, E., Hauck, M., Frijters, E., Klijn, O., & Driessen, B. (2016). *Circular Amsterdam. A vision and action agenda for the city and metropolitan area*. Circle Economy- Gemeente Amsterdam. <https://bit.ly/3IK9KwU>
- Bravo, E. (2018, 19 de mayo). *Brasilia, la smart city del pasado*. Tomorrow City. <https://bit.ly/3f4tGYQ>
- Cariñanos, P., Calaza, P., Hiemstra, J., Pearlmutter, D., & Vilhar, U. (2018). El papel de los bosques urbanos y periurbanos para reducir riesgos y gestionar desastres. *Unasylva: Revista Internacional de Silvicultura e Industrias Forestales*, 69(250), 53-59. <https://bit.ly/3pnOX3L>
- Comisión Europea. (2010, 9 de marzo). *Copenhague planifica su adaptación al cambio climático*. <https://bit.ly/32U1cMR>
- Corporación Autónoma para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga. (2014). *Plan de Gestión Ambiental Regional 2015-2030*. <https://bit.ly/2JzIPWL>
- Corporación Autónoma Regional del Tolima. (2018). *Plan Integral de Gestión del Cambio Climático Territorial del Tolima*. «Ruta Dulima. El Tolima enfrenta el cambio en el clima». <https://bit.ly/2H9Nm0X>
- de Rauglaudre, T. (2015, 15 de septiembre). *Suecia: el líder mundial del medio ambiente* (Trad. T. Bombassei). Le Journal International. <https://bit.ly/35DhLOW>
- Delgado, G.C., de Luca, A., y Vázquez, V. (2015). *Adaptación y mitigación urbana del cambio climático en México*. Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades, Universidad Nacional Autónoma de México. <https://bit.ly/36KBL1h>
- Departamento Nacional de Estadística. (2018). *Censo poblacional y de vivienda de Colombia 2018*. <https://bit.ly/2IDLazM>
- Departamento Nacional de Planeación. (2012). *Plan nacional de adaptación al cambio climático, Colombia*. <https://bit.ly/35FDXYE>
- Ecointeligencia. (2012). *Ciudades Ecointeligentes*. <https://bit.ly/3IBCI25>
- Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires. (2017). *Informe de provincias. Adaptación de los Objetivos de Desarrollo Sostenible en la ciudad de Buenos Aires*. <https://bit.ly/2K4F0c3>
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. (2015). *Cambio climático 2014: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático*. <https://bit.ly/3IGTWLA>

- Hernández, C., Amaya, C.A., y Rodríguez, C.A. (2019, 24-29 de julio). Determinación del potencial de servicios ecosistémicos de la Comuna 7 en la ciudad de Bucaramanga Santander. *Memory of 17th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology*, Florida, Estados Unidos. <http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2019.1.1.399>
- Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, P. (2014). *Metodología de la Investigación*. (6ta ed.). Mac Graw Hill. <https://bit.ly/2Kl8XFb>
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (2016). *Inventario nacional y departamental de gases efecto invernadero*. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. <https://bit.ly/3azZDlx>
- Margulis, S. (2016). *Vulnerabilidad y adaptación de las ciudades de América Latina al cambio climático*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe. <https://bit.ly/2IHlmCJ>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2016). *Plan Integral de Gestión del Cambio Climático Territorial del Santander 2030*. <https://bit.ly/2IKYySq>
- Morán, N. (2010). La Red Ecológica de Bolonia (Italia). Un sistema territorial de nodos y corredores verdes que recupera las estructuras rurales y el paisaje agrario tradicional. En M. Vázquez y C. Verdaguer (Eds.), *El espacio agrícola entre el campo y la ciudad* (págs. 51-61). Grupo de Investigación en Arquitectura, Urbanismo y Sostenibilidad. <https://bit.ly/3pArvkU>
- Muévete en Verde. (2018). *Valencia: una ciudad comprometida con la movilidad sostenible*. Recuperado en marzo 2019 de <https://bit.ly/37K2vkj>
- Nahuelhual, L., Latorra, P., y Barrena, J. (2016). *Indicadores de servicios ecosistémicos: una revisión y análisis de su calidad*. Ministerio del Medio Ambiente de Chile. <https://bit.ly/35z5NWN>
- Oltra, Ch., y Marín, R. (2013). Los retos en la adaptación al cambio climático en entornos urbanos. *Revista de Sociología*, 98(2), 311-330. <http://dx.doi.org/10.5565/rev/papers/v98n2.498>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2016). *Agricultura urbana y periurbana en América Latina y el Caribe*. <https://bit.ly/32TU5nD>
- Organización de las Naciones Unidas. (2019). *Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (COP 25)*. <https://bit.ly/3f8roYW>
- Organización de Naciones Unidas. (1992). *Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático*. <https://bit.ly/2KUzf0W>
- Organización de Naciones Unidas. (2015). *Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible*. <https://bit.ly/2UE9uDX>
- Organización de Naciones Unidas. (2017). *Nueva Agenda Urbana, Hábitat III*. <https://bit.ly/33Hj1PE>

- Pérez, C. (2016). *Análisis de vulnerabilidad y planes de adaptación urbana para la reducción de los efectos del cambio climático en Medellín* [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia]. Repositorio Institucional UNC. <https://bit.ly/2LV0KYO>
- Robrecht, H. (2019, 10 de diciembre). *El cambio climático y las ciudades*. Agencia Europea del Medio Ambiente. <https://bit.ly/2LiRPE>
- Sánchez, R. (Ed.). (2013). *Respuestas urbanas al cambio climático en América Latina*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe-Instituto Interamericano para la Investigación del Cambio Global. <https://bit.ly/2UzFmcU>
- Sengupta, S. (2019, 26 de marzo). Copenhague, un ejemplo en el combate al cambio climático. *The New York Times*. <https://nyti.ms/3IDrmdl>
- Universidad Industrial de Santander. (2018). *Línea base para los Objetivos de Desarrollo Sostenible Santander*. Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente. <https://bit.ly/3nvXh0y>
- Veeduría Distrital. (2019). *Concretando la agenda de adaptación al cambio climático en Bogotá*. Alcaldía de Bogotá. <https://bit.ly/2IID6NR>



Revitalización del uso de plantas alimenticias en la *chakra* kichwa Centro de Turismo Comunitario Sinchi Warmi.*

Revitalization of the use of food plants in the chakra kichwa of Sinchi Warmi Community Tourist Centre.

Revitalização do uso das plantas alimentícias do kichwa chakra: Centro de Turismo Comunitário Sinchi Warmi.

María José Estupiñán Hernández / Universidad UTE, Ecuador/ mariajose.estupinan97@gmail.com

Recibido: 11/9/2020 **Aceptado:** 26/10/2020 **Publicado:** 30/12/2020

RESUMEN

La revitalización cultural ha permitido que los conocimientos, prácticas y saberes ancestrales, en riesgo de desaparecer, sean revalorizados y transmitidos a futuras generaciones para el manejo sustentable de sus recursos. En este contexto, la investigación tuvo como objetivo diseñar una propuesta para la revitalización del uso de plantas alimenticias en la *chakra kichwa* del Centro de Turismo Comunitario *Sinchi Warmi*, localizado en la parroquia Puerto Misahuallí, provincia Napo. Las metodologías implementadas para el levantamiento de la información fueron la etnografía y la etnobotánica, las cuales permitieron indagar sobre la interacción social histórica de esa comunidad dentro del sistema tradicional productivo agrícola *chakra* a partir del diálogo de saberes, con la finalidad de consolidar conocimientos científicos y tradicionales, y desarrollar acciones enfocadas al manejo y cultivo de plantas; teniendo en cuenta al patrimonio cultural inmaterial presente. Como resultados, se obtuvo el inventario de 60 especies vegetales con propiedades alimenticias y medicinales; y se elaboró con este una guía de plantas alimenticias y una aplicación móvil para el uso de ellas en la comunidad o por turistas y visitantes. Lo anterior ratifica a la revitalización cultural como una alternativa efectiva para la salvaguarda de los saberes ancestrales de estas comunidades.

Palabras clave: etnobotánica, etnografía, interpretación ambiental, patrimonio cultural y natural, saberes ancestrales

* Segundo lugar del I Taller Nacional Estudiantil sobre Medio Ambiente - Ecuador 2020

ABSTRACT

The cultural revitalization has allowed that knowledge, practices and ancestral knowledge that are at risk of disappearing, can be revalued and passed to future generations for the sustainable management of their resources, in this context, this investigation had the objective of designing a proposal of revitalization of the use of edible plants in the kichwa chakra of Sinchi Warmi Community Tourist Center, located in the parish of Misahuallí port, Napo province. The methodologies implemented to collect the information were ethnography and ethnobotany, which allowed to investigate the historical social interaction of the kichwa Sinchi Warmi community in traditional system of the agricultural productive *chakra*, from the knowledge dialogue in order to consolidate scientific and traditional knowledge, to develop actions focused on the management and cultivation of plants, taking into consideration the intangible cultural heritage present. As a result, a 60 medical and edible plant species inventory was elaborated. With this information, a guide of food plants and a mobile application for the use of the community, tourists and visitors were created. This exposes a cultural revitalization as an effective alternative to keep alive the ancestral knowledge of this community.

Keywords: ancestral knowledge, cultural and natural heritage, ethnobotany, ethnography, environmental interpretation

RESUMO

A revitalização cultural tem permitido que saberes, práticas e saberes ancestrais, em risco de desaparecimento, sejam reavaliados e transmitidos às gerações futuras para a gestão sustentável dos seus recursos. Neste contexto, o objetivo da pesquisa foi traçar uma proposta de revitalização do uso de plantas alimentícias no chakra kichwa do Centro de Turismo Comunitário Sinchi Warmi, localizado na freguesia de Puerto Misahuallí, província de Napo. As metodologias implementadas para a recolha de informação foram a etnografia e a etnobotânica, que permitiram indagar sobre a histórica interação social daquela comunidade no seio do sistema produtivo agrícola tradicional dos chakras a partir do diálogo de saberes, de forma a consolidar conhecimentos científicos e tradicional, e desenvolver ações voltadas ao manejo e cultivo de plantas; tendo em conta o atual patrimônio cultural imaterial. Como resultados, foi obtido um inventário de 60 espécies de plantas com propriedades nutricionais e medicinais; e com isso foram desenvolvidos um guia de plantas alimentícias e um aplicativo móvel para uso das mesmas na comunidade ou por turistas e visitantes. O exposto confirma a revitalização cultural como alternativa efetiva para a salvaguarda dos saberes ancestrais dessas comunidades.

Palavras chave: conhecimento ancestral, etnobotânica, etnografia, interpretação ambiental, patrimônio cultural e natural

INTRODUCCIÓN

Uno de los principales problemas que enfrenta hoy la conservación de las prácticas y saberes de las llamadas culturas originarias, es el saber motivar a las generaciones futuras para la salvaguarda de ese patrimonio inmaterial, debido a que la globalización ha impuesto una dinámica socioeconómica que desafía continuamente las costumbres y tradiciones de esos pueblos y nacionalidades.

La revitalización cultural como proceso que posibilita que «aquellas manifestaciones vigentes y que se encuentran en estado de vulnerabilidad puedan ser transmitidas de una generación a otra y sean recreadas constantemente, en tanto otorguen sentido de identidad y pertenencia a una comunidad» (Íñiguez, 2014, p. 5); ha demostrado su potencial para contrarrestar esa realidad, siempre que en ella participen aquellos individuos o grupos portadores de esos conocimientos, prácticas y saberes, con el fin de realizar acciones que generen su sostenibilidad.

El presente estudio tuvo como objetivo diseñar una propuesta para la revitalización del uso de plantas alimenticias en la *chakra kichwa* del Centro de Turismo Comunitario *Sinchi Warmi*, localizado en la parroquia Puerto Misahuallí, provincia Napo; pues en ella dicha práctica puede perderse ante el poco interés que muestran las generaciones más jóvenes hacia la aprehensión de esos conocimientos identitarios de su comunidad. Para dar cumplimiento a este propósito, se realizó un marco de referencias que permite el sustento teórico del estudio, un análisis metodológico que facilitó la contextualización de la propuesta a partir

de las características de la comunidad y que derivó en herramientas con un marcado carácter interpretativo e ilustrativo de esos saberes, en virtud de contribuir a la salvaguarda de los conocimientos ancestrales.

El Centro de Turismo Comunitario *Sinchi Warmi*, creado hace aproximadamente 11 años, ha propiciado ya la revitalización del papel de las mujeres *kichwas* en la producción de alimentos saludables y libres de agroquímicos en las *chakras*, los que se ofrecen en la actualidad a los turistas o visitantes que llegan a él (Granda, 2017).

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, «el proceso de revitalización sitúa a la comunidad como productora de conocimiento, identidad, valores y características de su herencia y se vuelve tomadora de decisiones respecto a los usos que le pueden dar al conocimiento de su patrimonio» (2003, p. 3).

En este sentido, la *chakra kichwa* constituye un valioso espacio de confluencias de saberes y prácticas culturales identitarias, al ser un sistema tradicional productivo agrícola caracterizado por el manejo sostenible y biodiverso de sus productos; es decir, que su producción agrícola no solo se maneja de manera orgánica, sino que también les permite a las comunidades amazónicas contribuir a la seguridad alimentaria, al bienestar social de sus miembros y a la conservación de la biodiversidad de la región (Lehmann y Rodríguez, 2013; Torres *et al.*, 2015; Jadán *et al.*, 2015 y Almeida, 2017).

Al respecto, Jadán *et al.* (2015) afirman que la *chakra* es considerada como el sistema productivo más importante de la región

por sus impactos sociocultural, económico y ecológico, los que le permiten adaptarse al cambio climático desde las distintas formas de usanza de la tierra y los elevados niveles de captura de carbono que posee la diversidad de árboles existentes en ella (Torres *et al.*, 2015).

MATERIALES Y MÉTODOS

En la presente investigación se empleó el enfoque cualitativo para realizar el levantamiento y recolección de la información primaria relacionada con el uso de los saberes ancestrales sobre las plantas en la *chakra kichwa*, lo que fue de gran importancia para la interpretación y comprensión de estos a través de la percepción y el significado producidos por la usanza de los actores de las plantas existentes en la *chakra*, desde lo específico a lo general (Hernández *et al.*, 2014).

A través de estudios exploratorios y descriptivos se lograron identificar las características de la comunidad *Sinchi Warmi* y su estrecha relación con la *chakra*

kichwa y sus productos, con la finalidad de comprender y explorar la problemática relacionada con la pérdida de saberes ancestrales, y generar así, la posibilidad de consumir distintas estrategias que aporten a la salvaguarda y la revitalización del patrimonio cultural inmaterial enfocado al uso de plantas de tipo alimenticio.

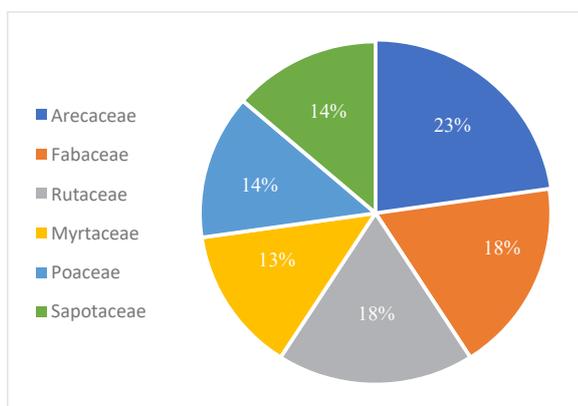
Se aplicó el método etnobotánico, que tiene sus antecedentes en la prehistoria del hombre, en el instante en que tomó conciencia de la gran importancia de las plantas para su subsistir (Levy y Aguirre, 1999); para el levantamiento de la información en la fase de campo, donde a su vez se emplearon los métodos propuestos por Kvist *et al.* (2001) en su artículo *Estudio de plantas medicinales en la amazonía peruana: una evaluación de ocho métodos etnobotánicos*. Estos métodos se adaptaron a la realidad de la presente investigación, enfocada en las plantas de tipo alimenticio, pero no medicinal; elaborándose una ficha etnobotánica donde se registró todo ese conocimiento.

Figura 1. Métodos de recolección de información.



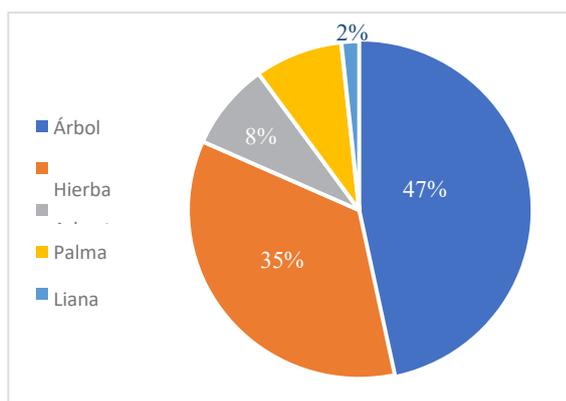
Fuente: Elaboración propia.

Figura 4. Familias taxonómicas más representativas por mayor número de especies.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5. Hábito por número de especies presentes en la chakra.

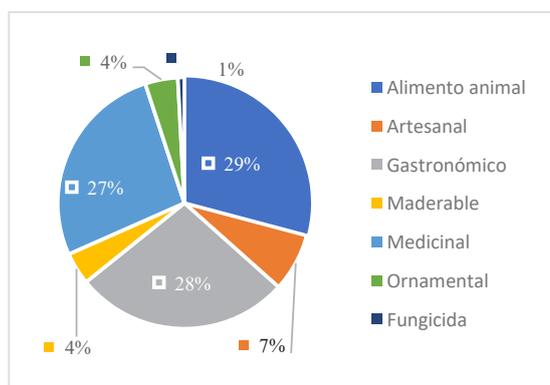


Fuente: Elaboración propia.

Por otra parte, mediante la aplicación de los métodos seleccionados se pudo comprobar que las 60 plantas identificadas son de uso alimenticio para el ser humano, lo cual representa el 100% del inventario registrado (*figura 6*). No obstante ello, puede decirse que las mismas cumplen diversas funciones dentro de la chakra kichwa, tales como garantizar el alimento animal: 34 especies, que representan el 29 %;

diversificar la oferta gastronómica: 32 especies, que representan 27 %; con fines terapéuticos medicinales: 31 especies, que representan el 26 %; como materia prima para la actividad artesanal: 10 especies, que representan el 9 %; consideradas maderables: 5 especies, que representan el 4 %; con valores ornamentales: 4 especies, que representan el 3 %; y como fungicida: una sola especie, que representa el 1 %.

Figura 6. Uso de plantas dentro de la *chakra* kichwa del Centro de Turismo Comunitario Sinchi Warmi.

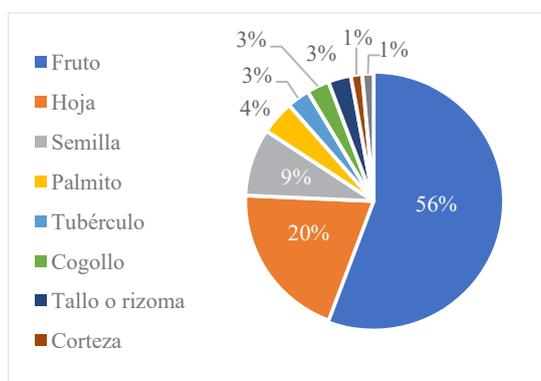


Fuente: Elaboración propia.

Luego de identificar aquellas que poseen un uso alimenticio exclusivo, se procedió a establecer qué parte de la planta es la empleada. Para realizar este análisis se

consideraron las siguientes categorías: hoja, cogollo, fruto, raíz, palmito, semilla, corteza, tallo o rizoma, tubérculo; los resultados se expresan en la *figura 7*.

Figura 7. Número de especies por parte empleada de la planta.



Fuente: Elaboración propia.

Propuesta de revitalización del uso de saberes ancestrales de plantas alimenticias de la *chakra* kichwa del Centro de Turismo Comunitario Sinchi Warmi

Luego del trabajo de campo en el Centro de Turismo Comunitario *Sinchi Warmi*, se evidenció la necesidad de tener un registro de información relacionado con el conocimiento del uso de las plantas

alimenticias que se encuentran en la *chakra kichwa*; por lo cual se propuso la elaboración de dos herramientas que permitan revitalizar el empleo de estos saberes ancestrales, con el fin de que varias generaciones actuales y futuras tengan acceso a dicho caudal, considerada patrimonio inmaterial de esa localidad.

Guía de plantas alimenticias de la chakra kichwa Sinchi Warmi

Esta guía se elabora con el objetivo de socializar las propiedades y empleos de las plantas alimenticias presentes en la *chakra kichwa* del Centro de Turismo Comunitario Sinchi Warmi, a partir de

su valor simbólico y utilitario, como un repositorio de los saberes ancestrales que forman parte de la identidad cultural de esa comunidad. Dentro de dicha guía se encuentran desarrolladas 31 de las 60 especies de plantas identificadas durante el inventario elaborado en la fase de campo (figuras 8, 9, 10 y 11).

Figura 8. Portada de la guía.

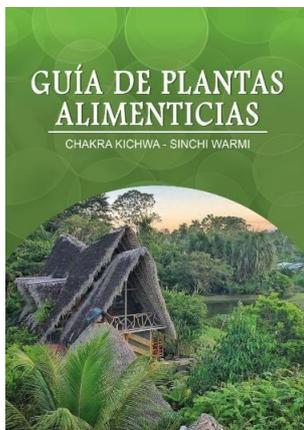


Figura 9. Introducción.

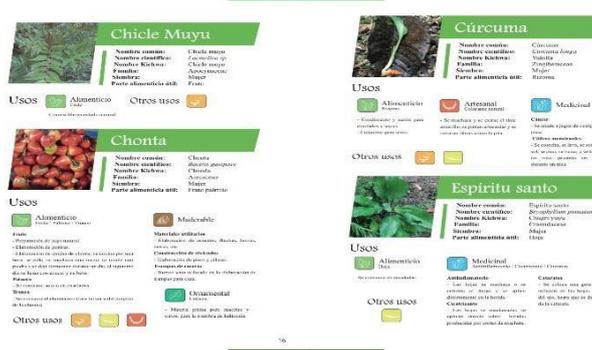


Figura 10. Índice de símbolos.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 11. Especies desarrolladas.



Fuente: Elaboración propia.

Aplicación móvil

La globalización ha permitido un avance inexorable de la tecnología en todas las sociedades; el Centro de Turismo Comunitario Sinchi Warmi no ha estado exento de ello,

por lo cual explotar los beneficios de la misma con el fin de preservar y socializar en un producto informático comunicativo los saberes ancestrales de su comunidad, posibilitó la creación de una aplicación móvil llamada *Guía de plantas alimenticias*

de la *chakra kichwa*, que fue elaborada con la información obtenida durante el trabajo de campo (figuras 12 y 13).

La plataforma que se utilizó para la elaboración de este producto fue *Mobincube*, que de manera gratuita permite crear apps móviles nativas para sistemas operativos como *Android* y *iOS*. Esta plataforma genera un alto nivel de personalización con el fin de que la app se adapte a las necesidades

requeridas. Asimismo, posibilita su publicación en los principales *stores* de cada sistema operativo, como son los casos de *Google Play* y *App store*. De las 60 especies vegetales obtenidas en el inventario durante la fase de campo, en la aplicación fueron incluidas las 16 especies más utilizadas por sus diversas propiedades dentro de la *chakra kichwa*.

Figura 12. Diseño de la interfaz gráfica.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 13. Especies desarrolladas.



Fuente: Elaboración propia.

CONCLUSIONES

La revisión bibliográfica realizada en la presente investigación ratificó el valor simbólico y la importancia socioeconómica que tiene la *chakra* para las comunidades amazónicas. El Centro de Turismo Comunitario *Sinchi Warmi* es un fiel exponente de dichos valores no solo por poseer una gran diversidad de especies vegetales que le permiten su adaptación al cambio climático, sino además por su arraigo cultural y la valorización del conocimiento ancestral transmitido por generaciones, basado en el interés de conservar la biodiversidad de la región.

El método etnobotánico permitió utilizar varios parámetros en el levantamiento y registro de 60 especies vegetales de uso alimenticio; y facilitó reconocer a aquellas con propiedades medicinales. Se comprobó que las especies *Manihot esculenta* (yuca) y *Musa ensete* (plátano) son las más consumidas y con mayor diversidad de usos por esa comunidad; así como que la chicha que se consume en ella tiene diferentes ingredientes base, tales como: *Ipomoea batatas* (camote), *Zea mays* (maíz), *Artocarpus altilis* (frutipan) y *Manihot esculenta* (yuca), a diferencia de la elaborada a base de chonta, que constituye una de las bebidas más representativas en

la gastronomía de la Amazonía ecuatoriana.

Durante la fase de campo se ratificó la necesidad y el interés del Centro de Turismo Comunitario en registrar de manera interpretativa los distintos usos de las plantas alimenticias en conjunto con sus saberes ancestrales, con el fin de conservarlos y no perderlos a través del tiempo, como ya ha sucedido con otras especies. Cabe mencionar que la presente investigación permitió identificar a las personas claves portadoras de este conocimiento ancestral.

En base a las 31 de las 60 especies de las plantas alimenticias identificadas, se elaboró una guía de plantas alimenticias y una aplicación móvil que permite conocer sus propiedades, cuyo acceso es libre para las personas que se encuentren en el Centro de Turismo Comunitario.

Todo lo expuesto anteriormente ratifica a la revitalización cultural como un proceso necesario y efectivo para la salvaguarda de los saberes ancestrales de estas comunidades.

RECOMENDACIONES

Realizar investigaciones en las que se amplíe el número de especies, con el fin de generar y alimentar una base de datos consolidada, enfocada al uso y saberes de plantas alimenticias de la *chakra kichwa* del Centro de Turismo Comunitario *Sinchi Warmi*.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Almeida, A.E. (2017). *La reproducción de la vida: entre la autonomía de la chakra y la dependencia del mercado. Análisis de género en el contexto de la economía social y solidaria en Comunidades Kichwas de Napo* [Tesis de maestría, Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales, Ecuador] Repositorio Institucional FLACSO. <http://hdl.handle.net/10469/11660>

- Bernal, C.A. (2010). *Metodología de la investigación: administración, economía, humanidades y ciencias sociales* (3ra ed.). Pearson Educación. <https://bit.ly/3gi18vu>
- Granda, E.C. (2017). *El Trabajo Social en el fortalecimiento de la práctica ancestral: chacras como medio de identidad y subsistencia familiar de la mujer indígena amazónica en la Asociación Sinchi Warmi de la Comunidad Ancestral Puerto Santa Ana, Pastaza-Puyo*. [Tesis de licenciatura, Universidad Central del Ecuador]. Repositorio Institucional UCE. <https://bit.ly/3qwgCdj>
- Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, P. (2014). *Metodología de la Investigación* (6ta ed.). McGraw-Hill. <https://bit.ly/3lNh3TY>
- Íñiguez, V. (2014). La revitalización del Patrimonio Cultural Inmaterial. *Patrimonio Cultural Inmaterial*, 4(13), 5. <https://bit.ly/39PMHh9>
- Jadán, O.G., Günter, S., Torres, B., y Selesi, D. (2015). Riqueza y potencial maderable en sistemas agroforestales tradicionales como alternativa al uso del bosque nativo, Amazonia del Ecuador. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, 12(28), 13-22. <https://bit.ly/3qHvkFs>
- Jorgensen, P.M., & León-Yáñez, S. (Eds.) (1999). *Catalogue of the vascular plants of Ecuador* (Vol. 75). Missouri Botanical Garden Press.
- Kvist, L.P., Oré, I., Gonzales, A., y Llapapasca, C. (2001). Estudio de plantas medicinales en la Amazonía Peruana: Una evaluación de ocho métodos etnobotánicos. *Folia amazónica*, 12(1-2), 53-77. <https://bit.ly/39KMxYl>
- Lehmann, S., y Rodríguez, J. (Coor.) (2013). *La Chakra Kichwa: Criterios para la conservación y fomento de un sistema de producción sostenible en la asociación Kallari y sus organizaciones sociales*. Serie de sistematizaciones. Fascículo 7. GIZ – Cooperación Alemana. <https://bit.ly/3lMyWIM>
- Levy, T.S., y Aguirre, J.R. (1999). Conceptuación etnobotánica: experiencia de un estudio en la Lacandona. *Revista de Geografía Agrícola*, 29, 83-114.
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. (2003). *Convención para la salvaguardia del patrimonio cultural inmaterial*. <https://bit.ly/33MjuzX>
- Royal Botanic Gardens Kew. (2020). *Plants of the world on line*. <http://www.plantsoftheworldonline.org>
- Torres, B., Maza, O., Aguirre, P., Hinojosa, L., & Günter, S. (2015). The Contribution of Traditional Agroforestry to Climate Change Adaptation in the Ecuadorian Amazon: The Chakra System. In W. Leal Filho (Eds.), *Handbook of Climate Change Adaptation*. (pp. 1973-1994). SpringerReference. <https://bit.ly/33OZ0q9>

ANEXO 1

Tabla 1. Inventario de plantas alimenticias de la *chakra* kichwa del Centro de Turismo Comunitario Sinchi Warmi.

N	Nombre común	Nombre Kichwa	Nombre científico	Familia
1	Achiote	Manduru	<i>Bixa orellana</i>	Bixaceae
2	Achira	Achira	<i>Canna indica</i>	Cannaceae
3	Achokcha	Achokcha	<i>Cyclanthera pedata</i>	Cucurbitaceae
4	Achotillo	Achotillo yura	<i>Nephelium lappaceum</i>	Sapindaceae
5	Aguacate	Palta	<i>Persea americana</i>	Lauraceae
6	Ají	Uchu	<i>Capsicum annuum</i>	Solanaceae
7	Ajo de monte	Sacha aju	<i>Mansoa standleyi</i>	Bignoniaceae
8	Albahaca	Asnaj panga	<i>Ocimum basilicum</i>	Lamiaceae
9	Arazá	Araza	<i>Eugenia stipitata</i>	Myrtaceae
10	Arroz	Arrus	<i>Oryza sativa</i>	Poaceae
11	Avío	Avio	<i>Pouteria caimito</i>	Sapotaceae
12	Borojó	Borojo	<i>Alibertia patinoi</i>	Rubiaceae
13	Cacao	Killu Kakau	<i>Theobroma cacao</i>	Malvaceae
14	Cacao blanco	Patas muyu	<i>Theobroma bicolor</i>	Malvaceae
15	Café	Kafia	<i>Coffea arabica</i>	Rubiaceae
16	Caimito	Kalmitu muyu	<i>Chrysophyllum venezuelanense</i>	Sapotaceae
17	Camote	Kumal	<i>Ipomoea batatas</i>	Convolvulaceae
18	Caña de azúcar	Iru	<i>Saccharum officinarum</i>	Poaceae
19	Cebollín	Suni cebolla	<i>Allium</i> sp.	Amaryllidaceae
20	Chicle muyu	Chicle muyu	<i>Lacmellea</i> sp.	Apocynaceae
21	Chirimoya	Ananas	<i>Annona cherimola</i>	Annonaceae
22	Chonta	Chunda	<i>Bactris gasipaes</i>	Arecaceae
23	Coco	Coco muyu	<i>Cocos nucifera</i>	Arecaceae
24	Culantro	Sacha Kulantru	<i>Coriandrum sativum</i>	Apiaceae
25	Cúrcuma	Yukilla	<i>Curcuma longa</i>	Zingiberaceae
26	Espíritu santo	Chugri yuyu	<i>Bryophyllum pinnatum</i>	Crassulaceae
27	Fréjol	Purutu	<i>Phaseolus vulgaris</i>	Fabaceae
28	Frutipan	Paparu	<i>Artocarpus altilis</i>	Moraceae
29	Guaba bejuco	Pakai	<i>Inga edulis</i>	Fabaceae
30	Guaba machetona	Machetona	<i>Inga spectabilis</i>	Fabaceae
31	Guanábana	Guanabana	<i>Annona muricata</i>	Annonaceae
32	Guayaba	Guayaba	<i>Psidium guajava</i>	Myrtaceae
33	Guayusa	Waisa	<i>Ilex guayusa</i>	Aquifoliaceae
34	Ishpingo	Ishpingu	<i>Ocotea quixos</i>	Lauraceae
35	Jengibre	Ajiringi	<i>Zingiber officinale</i>	Zingiberaceae
36	Lima	Llanpun	<i>Citrus</i> sp.	Rutaceae
37	Limón	Limun	<i>Citrus medica</i>	Rutaceae
38	Maíz	Sara	<i>Zea mays</i>	Poaceae
39	Mandarina	Mandarina	<i>Citrus reticulata</i>	Rutaceae
40	Maní	Inzhij	<i>Arachis hypogaea</i>	Fabaceae
41	Manzana de agua	Manzana de agua	<i>Syzygium malaccense</i>	Myrtaceae
42	Morete	Muriti	<i>Mauritia flexuosa</i>	Arecaceae

Nota: El nombre común de las plantas fue obtenido en el trabajo de campo con la colaboración de Nelly Chimbo (comunicación personal, marzo, 2020).

Fuente: Los nombres científicos y las familias fueron tomados de Jorgensen & León-Yáñez (1999) y Royal Botanic Gardens Kew (2020).



Educación ambiental para el manejo apropiado de agrotóxicos en comunidades rurales de Manabí.*

Environmental education for the proper management of agrototoxic in rural communities of Manabí.

Educação ambiental para o manejo adequado de agrotóxicos nas comunidades rurais de Manabí.

María Isabel Delgado Moreira / ESPAM Manuel Félix López, Ecuador / mariai.delgado@espam.edu.ec

María Virginia Moreira Macías / ESPAM Manuel Félix López, Ecuador / mariavi.moreira@espam.edu.ec

Diana Beatriz Vidal Zambrano / ESPAM Manuel Félix López, Ecuador / diana.vidal@espam.edu.ec

Yomaly Melissa Andrade Macías / ESPAM Manuel Félix López, Ecuador / yomaly.andrade@espam.edu.ec

Enrique Richard / Universidad Andina Simón Bolívar, Ecuador / chelonos@gmail.com

Recibido: 31/7/2020 **Aceptado:** 9/12/2020 **Publicado:** 30/12/2020

RESUMEN

Los agrotóxicos se utilizan mundialmente para aumentar la producción de alimentos. El objetivo de esta investigación fue aplicar una estrategia de educación ambiental para el manejo adecuado de agrotóxicos en la Escuela Miguel Solórzano. La metodología empleada tuvo un enfoque cualitativo. La investigación se desarrolló en tres fases: *diagnóstico*, *diseño e implementación* de la estrategia y *evaluación* de los resultados. Acorde a las características de la población, se trabajó con dos grupos: *niños y adultos*. La evaluación reveló que el desconocimiento sobre los agrotóxicos se redujo en un 23% y la comprensión sobre el daño que estos productos pueden causar a la salud se incrementó en un 40%; el grado de preocupación por el efecto de los plaguicidas aumentó en un 44%, por lo que el porcentaje de uso de equipos de protección aumentó en un 44%. En la disposición final de envases de plaguicidas, la entrega de envases vacíos al centro de acopio pasó de 0% a 80%. Luego de aplicar la estrategia de educación ambiental se evidencia un cambio de perspectiva acerca del manejo de agrotóxicos, lo cual muestra la pertinencia de las intervenciones de este tipo en comunidades rurales.

Palabras clave: ambiente, capacitación, contaminación, estrategia de educación

* Mención especial del I Taller Nacional Estudiantil sobre Medio Ambiente - Ecuador 2020

ABSTRACT

Agrotoxics are used worldwide to increase food production. The objective of this research was to apply a strategy through environmental education for the proper management of agrotoxics at Miguel Solórzano School. A qualitative methodology was used. The research was developed in three phases: *the diagnosis, design and implementation* of the strategy and *evaluation of results*. According to the characteristics of the population, we worked with two groups: children and adults. The evaluation of the strategy revealed that ignorance about pesticides decreased by 23% and understanding about the damage that these products can cause to health increased by 40%; the degree of concern about the effect of agrotoxics increased by 44%, so that the percentage of use of protective equipment increased by 44%. In the final disposal of agrotoxics containers, the delivery of empty containers to the collection center went from 0% to 80%. After applying the environmental education strategy, there is evidence of a change in perspective regarding the management of agrotoxics.

Keywords: education strategy, environment, pollution, training

RESUMO

Os agrotóxicos são usados em todo o mundo para aumentar a produção de alimentos. O objetivo desta pesquisa foi aplicar uma estratégia por meio da educação ambiental para o manejo adequado de agrotóxicos na escola Miguel Solórzano. Utilizou-se a metodologia qualitativa e, por meio de métodos empíricos, foi desenhada a estratégia de educação ambiental aplicada, foram estabelecidas três fases que incluíram o diagnóstico, a aplicação da estratégia e sua avaliação. De acordo com as características da população, trabalhamos com dois grupos: crianças e adultos. A avaliação da estratégia revelou que o desconhecimento sobre os agrotóxicos diminuiu 23% e o conhecimento sobre os danos que esses produtos podem causar à saúde aumentou em 40%; o grau de preocupação com o efeito dos agrotóxicos aumentou 44%, de modo que o percentual de uso de equipamentos de proteção aumentou 44%. Na destinação final das embalagens de agrotóxicos, a entrega das embalagens vazias na central de coleta passou de 0% para 80%. Após a aplicação da estratégia de educação ambiental, constatou-se uma mudança de perspectiva quanto ao manejo de agrotóxicos.

Palavras chave: estratégia educacional, meio ambiente, poluição, treinamento

INTRODUCCIÓN

Los agrotóxicos son sustancias químicas que se utilizan para influir en el proceso de producción de alimentos con la finalidad de aumentarla. En la actualidad existen más de 1000 ingredientes activos que se

distribuyen entre insecticidas, herbicidas y fungicidas. Contradictoriamente, aunque son considerados a nivel mundial como uno de los principales factores involucrados en la contaminación ambiental, constituyen también una de las pocas sustancias tóxicas

también una de las pocas sustancias tóxicas que están disponibles deliberadamente para su uso en el control de plagas y vectores de enfermedades. Por tal razón, la formulación de nuevos y potentes agrotóxicos está aumentando debido a la aparición de plagas resistentes o controles sanitarios; además de la creciente necesidad de producción de alimentos vinculada al crecimiento de la población mundial (Pacheco y Barbona, 2017).

En la última década, América Latina se ha convertido en una de las principales regiones asociadas al consumo mundial de dichos productos. En esta región, los habitantes de las zonas rurales corren el riesgo de exponerse a ellos. Si bien la mayoría de los agrotóxicos identificados como fuertemente dañinos han sido prohibidos en varias regiones del mundo, a raíz de la posibilidad de generar un deterioro crónico en la salud de las personas, aún se utilizan: atrazina, paraquat, glifosato herbicida (GBH), clorpirifos (CPF), mancozeb e imidacloprid (Rossetti *et al.*, 2020).

En tal sentido, los agrotóxicos provocan numerosos conflictos en la salud humana, animal y vegetal, pues estos son propagados en el ambiente y su modo de acción involucra destruir los sistemas o enzimas de plagas que pueden ser similares o idénticos a los sistemas o enzimas de los seres humanos; por ejemplo, algunos pesticidas son inmunomoduladores que pueden incrementar enfermedades infecciosas en los seres vivos, o son disruptores endócrinos de humanos con efectos potenciales sobre la inmunidad (Rohr *et al.*, 2019).

En Ecuador, el 71% de las intoxicaciones se deben a organofosforados y carbamatos,

los cuales causan la muerte en un 4% de los casos. En este país, el 49.20% de quienes aplican agroquímicos (agrotóxicos y fertilizantes) son productores o agricultores, seguidos por los jornaleros o peones en un 34.16%, y apenas un 3.91% son técnicos especializados; en el 12.70% restante, la aplicación se realiza por un miembro de la familia (Instituto Nacional de Estadística y Censos [INEC], 2016). Sin embargo, son precisamente los trabajadores agrícolas quienes presentan mayor vulnerabilidad a los riesgos producidos por agrotóxicos, pues manipulan estas sustancias sin las medidas de higiene y seguridad adecuadas (Naranjo, 2017).

Por otra parte, Hyland & Laribi (2017) señalan que los niños de comunidades rurales son los más expuestos a estos productos, a través de diversos patrones que incluyen el almacenamiento de dichas sustancias en sus hogares. Por lo que, tal como indican Decnovk *et al.* (2019), los efectos por el uso de agrotóxicos reflejados en la salud de los usuarios directos, de la población expuesta indirectamente y los daños al ambiente, han planteado la urgente necesidad de formular programas y medidas preventivas que garanticen el manejo seguro de ellas.

A nivel nacional el uso de agrotóxicos sigue en aumento, pues entre 2006 y 2010 se cuadruplicaron las toneladas de pesticidas por cada mil hectáreas, es decir, que para el 2010 la correlación de kilogramos de plaguicidas por individuo fue de 6.35 kg (INEC, 2016; Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca, 2016).

Desde finales de 2017, la Asamblea General de las Naciones Unidas adoptó por consenso la resolución: *Educación para el Desarrollo*

Sostenible en el marco de la Agenda 2030, donde se resalta que la educación ambiental (educación para el desarrollo sostenible), es reconocida como una herramienta principal y transversal, con importancia crítica para promover el desarrollo sostenible y aumentar la capacidad de las poblaciones para abordar cuestiones ambientales y de desarrollo. En tal sentido, la *Estrategia Nacional de Educación Ambiental para el Desarrollo Sostenible 2017–2030*, de Ecuador, especifica que: «La Educación Ambiental constituye una estrategia para la difusión, sensibilización y capacitación de la ciudadanía; de esta manera apoya y fortalece el concepto de desarrollo sostenible, considerando las necesidades de las futuras generaciones» (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2018, p. 4).

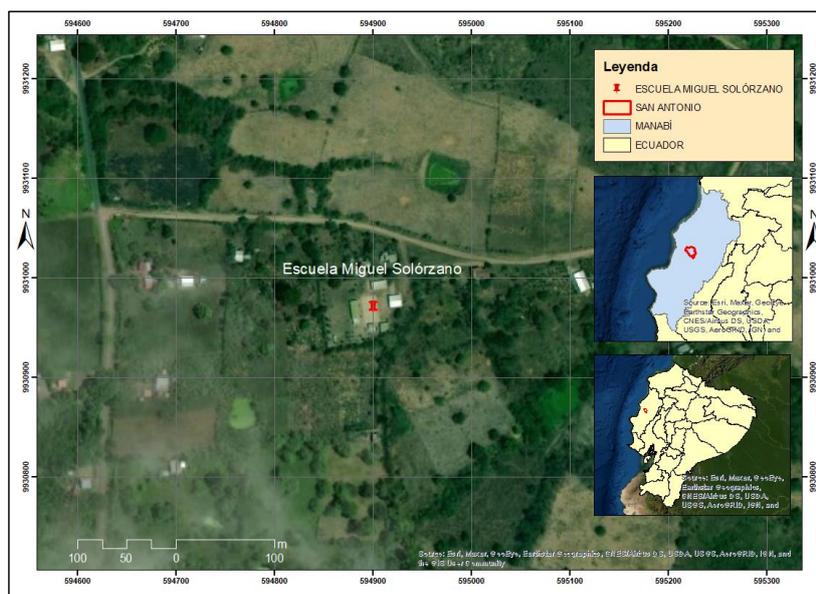
Por su parte, Bravo *et al.* (2020) indican que el uso de agrotóxicos en la actividad agrícola es predominante en la provincia ecuatoriana de Manabí. Asimismo, en las comunidades rurales, donde básicamente

se realiza la producción de alimentos, las intervenciones de educación ambiental son escasas; por tanto, la presente investigación tuvo como objetivo aplicar una estrategia de educación ambiental para el manejo adecuado de agrotóxicos en la Escuela Miguel Solórzano. El aporte de la presente investigación es contribuir al mejoramiento de la calidad de vida de los moradores de comunidades rurales en Manabí, e impulsar futuros trabajos sobre el tema en estudio.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en la Escuela Miguel Solórzano del sitio Bravos Grandes, en las coordenadas 594903.10 E y 9930968.93 S (parroquia San Antonio, Manabí, Ecuador). En esta zona rural, la actividad agrícola es predominante, destacándose los cultivos de maíz, plátano, yuca y maracuyá (*figura 1*); la aplicación de agrotóxicos se realiza durante la época lluviosa en la fase inicial (siembra) y la fase intermedia (floración).

Figura 1. Ubicación satelital Escuela Miguel Solórzano.



Fuente: Elaboración propia.

La metodología empleada fue cualitativa y mediante los métodos teóricos y empíricos se estableció la estrategia de educación ambiental aplicada en la Escuela Miguel Solórzano (principal institución de la comunidad Bravos Grandes). Como parte de la misma se realizaron charlas los días martes y jueves durante los meses de diciembre de 2019, enero y febrero de 2020. A continuación, se detallan las fases de la investigación:

Diagnóstico e inventario del uso de agrotóxicos en el sitio Bravos Grandes

Para la recolección de los datos se emplearon técnicas como la entrevista grupal semiestructurada y la observación estructurada directa grupal, a partir de las características de la población, a las reuniones grupales que se realizaban por notificación del líder comunitario.

La muestra (n) se determinó utilizando la ecuación propuesta por Herrera (2011):

$$n = \frac{N * Z_{\alpha}^2 * p * q}{d^2 * (N - 1) + Z_{\alpha}^2 * p * q}$$

Donde:

N = Total de la población

Z α = 1.96 al cuadrado (si la seguridad es del 95%)

p = proporción esperada (en este caso 5% = 0.05)

q = 1 – p (en este caso 1-0.05 = 0.95)

d = precisión (5%)

Ejecución de la estrategia de educación ambiental para un manejo adecuado de agrotóxicos, sus envases y residuos en el sitio Bravos Grandes

Acorde a las características de la población, se trabajó con dos grupos: niños y adultos. La estrategia de educación ambiental se

diseñó teniendo en cuenta las edades de los grupos y se adaptaron las actividades empleadas por Shattuck (2019), las que se detallan a continuación:

Programa para niños

- Obra: *El burro y sus envases*

Síntesis: La obra representa la intoxicación de Juanito cuando en su familia se usan envases vacíos de agrotóxicos para consumir alimentos. Además, se incluye una explicación médica de lo sucedido y de cómo los niños pueden ser los más afectados por estas sustancias. Se incluyeron reflexiones de los niños en la obra y, debido al afecto que los alumnos mostraron por los títeres, estos se entregaron a los docentes para que sean parte del material didáctico de la escuela.

- Canción: *Cuidado con los agrotóxicos*

Hay un planeta por recuperar,
una mentalidad hay que cambiar,
para que producir sin preocupación,
cuidar el ambiente es nuestra misión.

Tenemos problemas de actitud,
debemos cuidar nuestra salud,
los desechos tóxicos vendrán,
a contaminar el agua y nuestro hogar.

Si reutilizamos está bien,
pero deberíamos de aprender,
que con los químicos no hay que jugar,
sus desechos nos pueden matar.

Niños, si hago un vaso con un envase de
veneno ¿estará bien?

(CORO)

Si dice veneno me puede enfermar,
si dice cuidado no debo tocar,
si dice peligro me debo cuidar,
o terminaré en el hospital.

Los envases hay que depositar,
en los centros de acopio de nuestra ciudad
y debemos siempre recordar,
que a los ríos no hay que tirar.

Niños, y si me baño con estos envases
¿me puedo enfermar?

(CORO)

Si dice veneno me puede enfermar,
si dice cuidado no debo tocar,
si dice peligro me debo cuidar,
o terminaré en el hospital,

(BIS)

Los envases hay que depositar,
en los centros de acopio de nuestra ciudad
y debemos siempre recordar
que a los ríos no hay que tirar.

Programa para adultos

- Presentación: uso del Equipo de Protección Personal (EPP)

En la presentación realizada se hizo énfasis en el uso de EPP para el manejo adecuado de agrotóxicos, por lo que se detalló la funcionalidad de cada uno de ellos. También se proyectaron dos videos explicativos sobre cómo debe utilizarse el EPP y el orden en el que deben colocarse las prendas. Además, se detalló la manera en la que debe efectuarse la disposición final de los envases

vacíos. Se dio a conocer que en la parroquia San Antonio existe un centro de acopio de estos, mediante el cual se pueden gestionar de manera adecuada esos desechos.

Evaluación de la estrategia aplicada

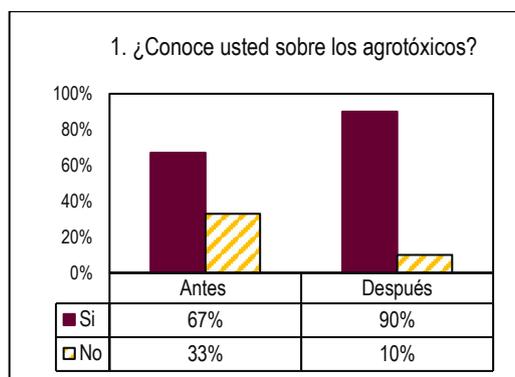
El cuestionario de diagnóstico se aplicó nuevamente luego de ejecutarse la estrategia de educación ambiental, los datos se tabularon y contrastaron mediante gráficos con el empleo del software *Microsoft Excel* 2016.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como evaluación, luego de aplicar las actividades de *El burro y sus envases y Cuidado con los agrotóxicos*, se tomaron las reflexiones de los niños sobre el uso de esas sustancias en su comunidad y se evidenció un cambio de conducta hacia las mismas y su manejo. Con respecto a los adultos, se aplicó la encuesta a una muestra de 57 personas (población total: 252 habitantes).

De acuerdo a la segunda aplicación del cuestionario, se logró reducir de 33% a 10% el desconocimiento sobre los agrotóxicos (*figura 2*), lo cual reafirma los criterios de Mantecón (2015) al decir que la educación ambiental permite informar a las personas sobre los graves efectos que provocan estos productos y es factible explicar la situación en la que está sumida una localidad.

Figura 2. Incremento en el conocimiento sobre agrotóxicos.

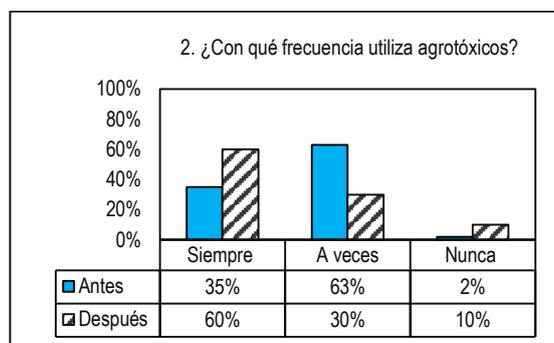


Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a la frecuencia de uso, después de aplicarse la estrategia de educación ambiental, el 60% de los participantes respondió que siempre utiliza agrotóxicos, el 30% (5% menos) afirma que a veces lo utiliza y el 10% que nunca lo hace (figura 3). Estos resultados se relacionan con el estudio

realizado por García (2012) en el cual se detalla que un 67% de los agricultores utilizan agrotóxicos dos veces al año, hecho vinculado a su empleo en la producción de alimentos que se obtienen en la comunidad de estudio.

Figura 3. Frecuencia de uso de agrotóxicos.

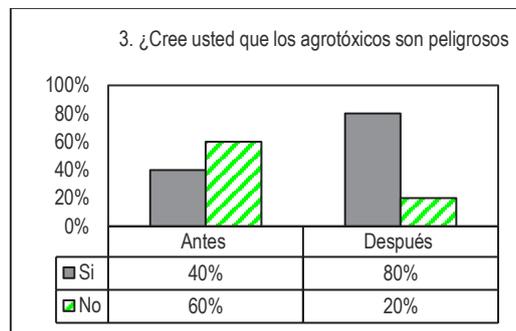


Fuente: Elaboración propia.

Antes de aplicar la estrategia, el 40% de los encuestados desconocía los daños que los agrotóxicos pueden causar a la salud. Después de ejecutar la estrategia el 80% aseguró que sí pueden provocar efectos nocivos (figura 4). Tal como sugieren Elahi *et al.* (2019), la producción social de riqueza

va acompañada sistemáticamente por la producción social de riesgos, por lo cual, la sociedad del riesgo comienza donde falla la seguridad en los sistemas de normas sociales, en relación con los peligros desatados por los riesgos sociales, ecológicos, políticos e individuales.

Figura 4. Incremento en el conocimiento sobre agrotóxicos.

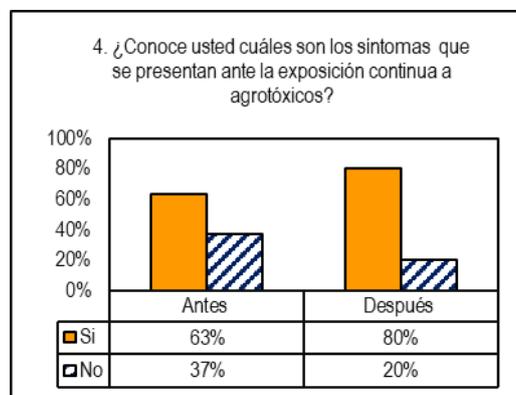


Fuente: Elaboración propia.

De manera similar, después de la aplicación de la estrategia, se incrementó en un 17% (de 63% a 80%) el conocimiento de los síntomas que se presentan ante la exposición continua a agrotóxicos (figura 5). Según el estudio realizado por Yanggen *et al.* (2003), investigadores del Centro Internacional de la

Papa, es preocupante que entre las personas que reconocen los síntomas o signos de intoxicación por agrotóxicos, el mayor porcentaje indica haberlos experimentado él mismo, por lo que se destaca la importancia de fomentar la percepción sobre los efectos de los agrotóxicos en la salud.

Figura 5. Concepciones sobre la exposición continua a agrotóxicos.



Fuente: Elaboración propia.

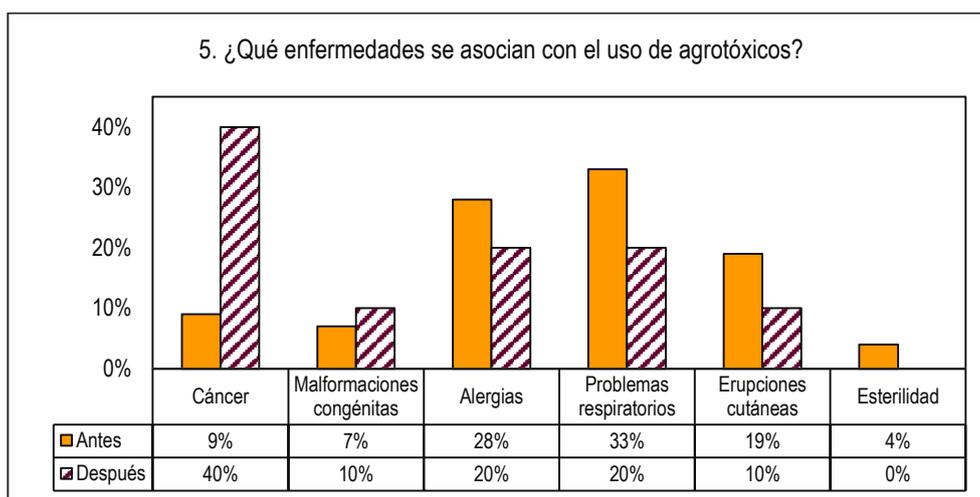
Después de aplicarse la estrategia, se evidenció un cambio de percepción en cuanto a las enfermedades que pueden provocar los agrotóxicos, pues del 9% de las personas que consideraban que los agrotóxicos pueden provocar cáncer, aumentó a un 40%. Con respecto a las malformaciones congénitas, el 7% consideraba que estos

productos tienen incidencia en esa enfermedad, pero en la actualidad el 10% lo afirma. En cuanto a las demás enfermedades consideradas en esta pregunta, las cifras bajaron considerablemente debido a que la mayoría de las personas encuestadas mencionaron la relación de esas sustancias con el cáncer (figura 6).

Tal como mencionan Ferreira *et al.* (2015), aunque algunos agrotóxicos pueden clasificarse como moderadamente o ligeramente tóxicos en función de sus efectos agudos, no se pueden perder de vista los efectos crónicos que pueden ocurrir meses, años o incluso décadas después de la exposición, manifestándose en diversas enfermedades, tales como el cáncer, las malformaciones congénitas, los trastornos endocrinos, neurológicos y mentales. Además, Bhandari (2014) recalca que el empleo de dichas sustancias entraña una

marcada conciencia del riesgo ambiental y de salud, donde las enfermedades prevalentes son las respiratorias, metabólicas, cardiovasculares, de piel y neoplásicas. Elahi *et al.* (2019) encontraron que la ocurrencia de irritación ocular, mareos y náusea se relaciona significativamente con la aplicación de agrotóxicos. Por su parte, García (2012) encontró que todos los agricultores, después de usar agrotóxicos con frecuencia, mencionan presentar dolores de cabeza o estómago.

Figura 6. Enfermedades asociadas con el uso de agrotóxicos.

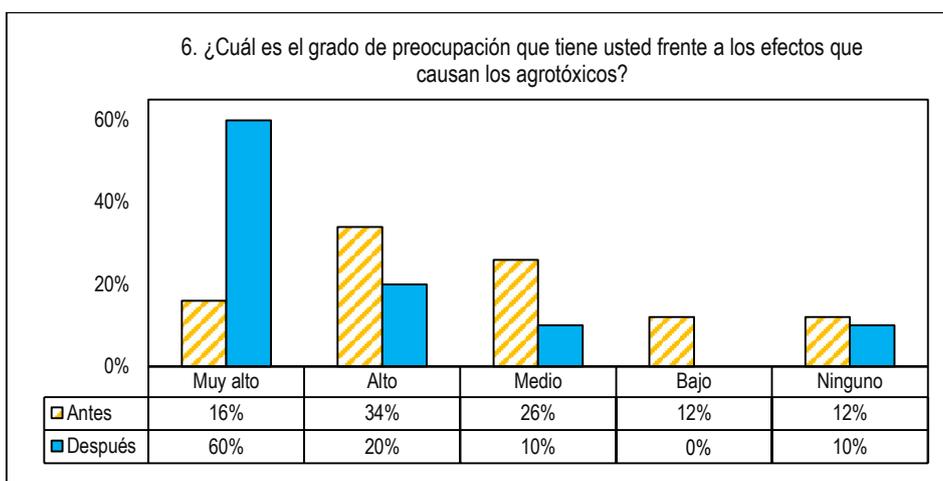


Fuente: Elaboración propia.

Antes de aplicar la estrategia solo un 16% de los encuestados presentaba un grado de preocupación muy alto frente al efecto de los agrotóxicos; sin embargo, después de ejecutar la estrategia este porcentaje subió al 60%. No obstante, un 10% de los encuestados afirmó no tener ninguna preocupación sobre dicho efecto a pesar

de que los agricultores mencionaron que se han dado varios casos de intoxicaciones (figura 7). Aunque ya existe evidencia del vínculo de ciertos agrotóxicos con diversas enfermedades, resulta prácticamente imposible aseverar los padecimientos específicos que se deban al uso o contacto con estas sustancias (Hidalgo *et al.*, 2016).

Figura 7. Grado de preocupación referente a los efectos del uso de agrotóxicos.

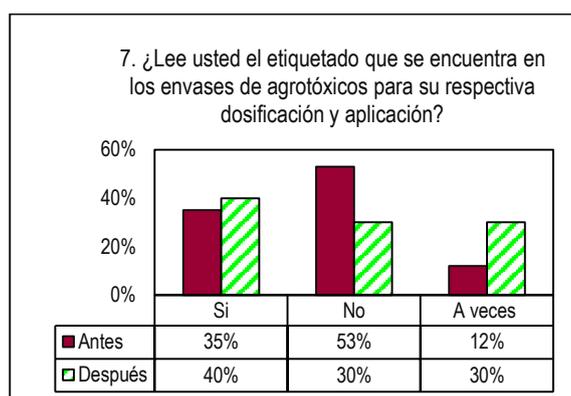


Fuente: Elaboración propia.

Actualmente, el 40% de los encuestados leen las etiquetas (5% más que antes). Es importante señalar que el 30% de los moradores leen el etiquetado a veces; pues lo consideran innecesario (figura 8). García (2012) afirma que, en su gran mayoría, los agricultores no leen las indicaciones al

utilizar agrotóxicos y, en caso de hacerlo, no aplican lo sugerido en las etiquetas, pues sus prácticas agrícolas se basan en los resultados que esperan obtener y para esto suelen pensar que, a mayor cantidad de agrotóxico, mejor será el efecto de estos.

Figura 8. Lectura del etiquetado en envases de agrotóxicos.



Fuente: Elaboración propia.

Respecto al uso de EPP, después de la aplicación de la estrategia un 72% de los encuestados afirmó usarlos; sin embargo, el 30% respondió que no lo utiliza. Varios agricultores mencionaron dicha negligencia porque esos equipos les causan molestias al

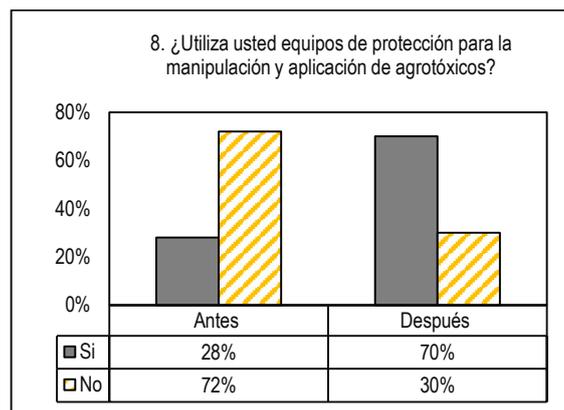
realizar la fumigación (figura 9). Elahi *et al.* (2019) encontraron que el uso de protección durante la aplicación de agrotóxicos reduce significativamente el riesgo a la salud humana. No obstante, García (2012) menciona que los agricultores consideran

innecesario el uso de equipos de protección y que un 49% de ellos considera que bañarse luego de tener contacto con cualquier agrotóxico es la mejor protección que existe. Aunque se reconoce esta práctica como algo positivo, es transcendental que los agricultores conozcan sobre la importancia del uso de equipos de protección al manipular agrotóxicos.

Según la Federación Nacional de Cacaoteros (2011), en el etiquetado de los agrotóxicos se especifica qué equipo de protección

individual debe usar para preparar y aplicar el producto, y cuáles son los pasos de primeros auxilios a seguir en caso de que ocurra un accidente; pues como indica Gavilanes (2014), la protección física de los usuarios, la reducción de la cantidad de producto usado en los cultivos, la minimización de daños al ambiente, el acopio y la disposición de envases, residuos y productos caducos son algunas de las medidas que se consideran prioritarias a nivel mundial.

Figura 9. Uso de EPP para la manipulación de agrotóxicos.



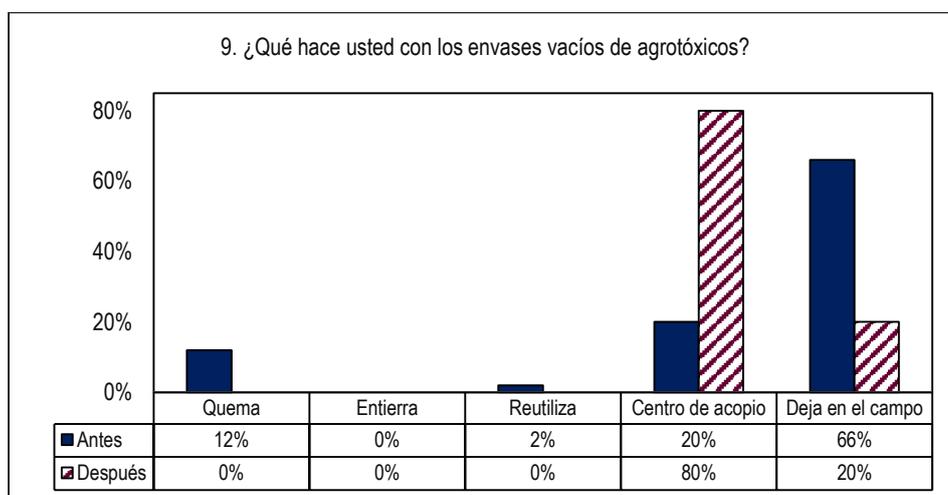
Fuente: Elaboración propia.

Respecto de la disposición final de envases de agrotóxicos (figura 10), el 80% de las personas afirma entregar los envases vacíos en un centro de acopio, también se pudo constatar que del 66% que los dejaba en el terreno, aún hay un 20% que lo hace; por otro lado, también se redujo la quema de estos (de 12% a 0%).

Según la Federación Nacional de Cacaoteros (2011) y Hernández (2014), las actividades

relacionadas con el manejo adecuado de agrotóxicos están reguladas por la legislación ambiental existente, y su descripción busca a través del conocimiento reducir el riesgo de exposición a estas sustancias. Por lo cual, Guzmán *et al.* (2016) recalcan que el riesgo a sufrir intoxicaciones agudas por agrotóxicos está relacionado a la ausencia de conocimientos técnicos.

Figura 10. Disposición final de envases vacíos de agrotóxicos.



Fuente: Elaboración propia.

Es preciso mencionar que del Puerto *et al.* (2014) reiteran que el uso cotidiano de agrotóxicos contribuye a la crisis de la agricultura, lo que dificulta la preservación de los ecosistemas, los recursos naturales y afecta la salud de las comunidades rurales y de los consumidores urbanos. Por su parte, Ferreira *et al.* (2015) expresan que la búsqueda de la productividad a corto plazo por encima de la sustentabilidad ecológica, practicada en las últimas décadas, ha dejado un saldo a nivel mundial de contaminación y envenenamiento donde el pretendido remedio universal ha resultado ser peor que la enfermedad.

Los resultados obtenidos en esta investigación ponen en evidencia la necesidad de realizar intervenciones de educación ambiental en comunidades rurales, donde cada aporte de la academia puede significar la mejora en las condiciones de producción e incluso de la calidad de vida de las personas de este sector. Aunque este ha sido un primer acercamiento con la comunidad Bravos Grandes, se ha

decido continuar su sensibilización con estos temas mediante la elaboración de materiales informativos virtuales, debido a la actual emergencia sanitaria. Este trabajo podría fomentar la divulgación de campañas de educación ambiental y promover un manejo adecuado de agrotóxicos en toda comunidad rural donde el uso de estas sustancias es cotidiano.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las técnicas de investigación cualitativa revelaron que el uso de agrotóxicos es frecuente entre los agricultores de Bravos Grandes. En efecto, los resultados de esta investigación comprueban la necesidad de mejorar la disposición final de los envases de agrotóxicos y promover buenas prácticas ambientales en dicha comunidad, pues después de aplicar la estrategia de educación ambiental se evidenció un cambio de perspectiva acerca de su manejo, lo cual muestra la pertinencia de las intervenciones de este tipo en comunidades rurales.

Gracias a la colaboración e interés de los moradores por participar en este programa, se logró aumentar el porcentaje de conocimiento sobre los agrotóxicos del 67% al 90%. Así mismo, se mejoró la disposición final de envases vacíos, pues luego de aplicarse la estrategia, el 80% de los moradores utilizan el centro de acopio.

Dada la naturaleza de esta investigación resulta difícil indicar cuál fue el grado exacto de mejora en cuanto al manejo de agrotóxicos. No obstante, la sinergia lograda en el corto tiempo de capacitaciones constituye un aspecto clave a considerar en cuanto a las actividades de vinculación que cada institución de educación superior debe realizar.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bhandari, G. (2014). An Overview of Agrochemicals and Their Effects on Environment in Nepal. *Applied Ecology and Environmental Sciences*, 2(2), 66-73. <http://doi.org/10.12691/aees-2-2-5>
- Bravo, R., Zamora, Villafuerte, A., Peñarrieta, S., Santana, F., Zambrano, F., y Fimia, R. (2020). Diagnóstico de uso e impactos de plaguicidas en el cultivo de tomate (*Solanumly copersicum* L.) en la parroquia Riochico, cantón Portoviejo, provincia de Manabí, Ecuador. *The Biologist*, 18(1), 105-118. <http://dx.doi.org/10.24039/rtb2020181476>
- Decnovk, A., de Troyer, N., Houbraken, M., Dominguez, L., Nolivos, I., Van, W., Eurie, M.A., Spanoghe, P. & Goethals, P. (2019). Distribution of agricultural pesticides in the freshwater environment of the Guayas river basin (Ecuador). *Science of the Total Environment*, 646, 996–1008. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.07.185>
- del Puerto, A., Suárez, S., y Palacio, D. (2014). Efectos de los plaguicidas sobre el ambiente y la salud. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*, 52(3), 372-387. <https://bit.ly/3hqmk3i>
- Elahi, E., Weijun, C., Zhang, H., & Nazeer, M. (2019). Agricultural intensification and damages to human health in relation to agrochemicals: Application of artificial intelligence. *Land Use Policy*, 83, 461-474. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.02.023>
- Federación Nacional de Cacaoteros. (2011). *Uso y manejo seguro de plaguicidas en el cultivo del cacao 2011*. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural-Fondo Nacional del Cacao. <https://bit.ly/34n8WYf>
- Ferreira, F., da Silva, L.G., Rigotto, R.M., Friedrich, K., & Campos, A. (Coord). (2015). Dossiê ABRASCO: *Um alerta sobre os impactos dos agrotóxicos na saúde*. Escola Politécnica de Saúde Joaquim Venâncio-Associação Brasileira de Saúde Coletiva. Editora Expressão Popular. <https://bit.ly/3nyieZ4>

- García, A. (2012). *Conocimiento y uso de medidas preventivas por los agricultores en el manejo de agroquímicos en la comunidad Mojanda Mirador, cantón Otavalo, periodo enero 2012 -octubre 2012* [Tesis de grado, Universidad Técnica del Norte]. Repositorio Institucional UTN. <https://bit.ly/2KxiKrA>
- Gavilanes, G. (2014). *La acumulación de envases de plaguicidas y su incidencia en la contaminación ambiental en el cantón Quero* [Tesis de grado, Universidad Técnica de Ambato]. Repositorio Institucional UTA. <https://bit.ly/2WjWQLf>
- Guzmán, P., Guevara, R., Olgúin, J., y Mancilla, O. (2016). Perspectiva campesina, intoxicaciones por plaguicidas y uso de agroquímicos. *Idesia*, 34(3), 67-78. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292016000300009>
- Hernández, E. (2014). *Propuesta de un programa y centro de educación ambiental en la región de Coatepec Harinas, Estado de México* [Tesis de grado, Universidad Autónoma del Estado de México]. Repositorio Institucional UAEM. <https://bit.ly/37oAC0I>
- Herrera, M. (2011). *Fórmula para cálculo de la muestra de poblaciones finitas*. Investigación en Pediatría. <https://bit.ly/3h2kDsy>
- Hidalgo, A., Romero, P., y Martínez, C. (2016). Estrategia de intervención comunitaria ambiental aplicada a la comunidad rural La Reforma en la Isla de la Juventud. *Revista Novedades en población*, 12(24), 94-103. <https://bit.ly/2WniWfM>
- Hyland, C., & Laribi, O. (2017). Review of take-home pesticide exposure pathway in children living in agricultural areas. *Environmental Research*, 156, 559-570. <http://doi.org/10.1016/j.envres.2017.04.017>
- Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2016). *Información Ambiental en la Agricultura 2016*. <https://bit.ly/3nx48qJ>
- Mantecón, C. (2015). *Environmental education resources in Cantabria for preschool education* [Tesis de grado, Universidad de Cantabria]. Repositorio Institucional UC. <https://bit.ly/3mrwyRE>
- Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca. (2016). *La política agropecuaria ecuatoriana: hacia el desarrollo territorial rural sostenible 2015-2025 (I Parte)*. <https://bit.ly/37y2Bv4>
- Ministerio del Ambiente del Ecuador. (2018). *Estrategia Nacional de Educación Ambiental para el Desarrollo Sostenible 2017–2030*. <https://bit.ly/2WsFSu5>
- Naranjo, A. (2017). *La otra guerra: la situación de los plaguicidas en el Ecuador*. Acción Ecológica. <https://bit.ly/38gSkTI>
- Pacheco, R.M., y Barbona, E.I. (2017). *Manual de uso seguro y responsable de agroquímicos en cultivos frutihortícolas*. Ediciones INTA. <https://bit.ly/2KEO8o0>

- Rohr, J.R., Barrett, Ch.B., Civitello, D.J., Craft, M.E., Delius, B., DeLeo, G.A., Hudson, P.J., Jouanard, N., Nguyen, K.H., Ostfeld, R.S., Remais, J.V., Riveau, G., Sokolow, S.H., & Tilman, D. (2019). Emerging human infectious diseases and the links to global food production. *Nature Sustainability*, 2, 445–456. <https://doi.org/10.1038/s41893-019-0293-3>
- Rossetti, M.F., Stoker, C., & Ramos, J.G. (2020). Agrochemicals and neurogenesis. *Molecular and Cellular Endocrinology*, 510. <https://doi.org/10.1016/j.mce.2020.110820>
- Shattuck, A. (2019). Risky subjects: Embodiment and partial knowledges in the safe use of pesticide. *Geoforum*. <https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2019.04.029>
- Yanggen, D., Crissman, C.C. y Espinosa, P. (2003). *Los plaguicidas: impactos en producción, salud y medio ambiente en Carchi, Ecuador*. Centro Internacional de la Papa, Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias. Editorial Abya Yala.



Plantas útiles del páramo y su potencial en la sostenibilidad ambiental: caracterización etnobotánica, Sumapaz Colombia.

Useful plants of the paramo and their potential for environmental sustainability: ethnobotanical characterization Sumapaz Colombia.

Plantas úteis do páramo e seu potencial na sustentabilidade ambiental: caracterização etnobotânica Sumapaz Colombia.

Uriel Rodríguez Espinosa/Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Colombia/uriel.rodriguez@unad.edu.co

John Carlos Ruíz Caicedo/Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Colombia/john.ruiz@unad.edu.co

Denisse Viviana Cortés Castillo/Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Colombia/denisse.cortes@unad.edu.co

Hugo Caballero Díaz/Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Colombia/hcaballerod@unadvirtual.edu.co

Recibido: 1/9/2020 **Aceptado:** 7/12/2020 **Publicado:** 30/12/2020

RESUMEN

En Colombia el aprovechamiento insostenible de la biodiversidad se debe al desconocimiento que existe sobre su potencial estratégico. El estudio etnobotánico que se presenta, desarrollado en la cuenca alta de la Quebrada Honda, tuvo como objetivo caracterizar el manejo de la flora local por parte de la comunidad y proponer alternativas de producción más sostenibles mediante sistemas agroforestales. Para ello, se realizaron entrevistas semiestructuradas y caminatas etnobotánicas, estas últimas con conocedores locales. Se encontraron 98 especies útiles, correspondientes a 47 familias y 86 géneros. La familia Asteraceae presentó el mayor número de especies con 14. Los géneros con mayor diversidad fueron *Passiflora* y *Rubus*. Del total de las especies identificadas, 51 tienen un uso agropecuario, 29 un uso medicinal y 28 utilizadas en servicios ambientales. Los resultados permitieron un acercamiento al conocimiento etnobotánico en zonas de amortiguación del páramo de Sumapaz, así como reconocer el conocimiento rural asociado a la biodiversidad y el agroecosistema local. Se reafirma la necesidad de incrementar el conocimiento de la comunidad sobre el potencial estratégico de las especies locales mediante la implementación de sistemas agroforestales que combinen las especies nativas con cultivos y producción pecuaria, en los que se equilibren la conservación y la producción.

Palabras clave: conocimientos tradicionales, conservación de la flora, sistemas agroforestales, usos potenciales

ABSTRACT

The unsustainable use of Colombia's biodiversity is due to the lack of knowledge about its strategic potential. An ethnobotanical study in the high basin of Quebrada Honda river was developed, in order to characterize the uses of the flora species in the area by the community and to propose a more sustainable production alternatives through agroforestry systems. To collect the information, semi-structured interviews were conducted and ethnobotanical walks were made with local experts. Ninety eight useful species corresponding to 47 families and 86 genders were reported. The Asteraceae family presented the highest number of species with 14. *Passiflora* and *Rubus* were the highest population regarding genders. From all species studies, 51 had agricultural use, 29 medicinal use and 28 environmental services. The results obtained allowed to have an approach to the ethnobotanical knowledge in the buffer zone of the Sumapaz paramo and to recognize the rural knowledge associated to the local agroecosystem biodiversity. We empowered on the community knowledge increase regarding the strategic potential of local species trough the implementation of agroforestry systems that combine native species with a balance between conservation and production.

Keywords: agroforestry systems, flora conservation, potential uses, traditional knowledge

RESUMO

Na Colômbia, o uso insustentável da biodiversidade se deve à falta de conhecimento que existe sobre seu potencial estratégico. O estudo etnobotânico apresentado, desenvolvido na bacia alta da Quebrada Honda, objetivou caracterizar o manejo da flora local pela comunidade e propor alternativas de produção mais sustentáveis por meio de sistemas agroflorestais. Para isso, foram realizadas entrevistas semiestruturadas e passeios etnobotânicos, estes últimos com especialistas locais. Foram encontradas 98 espécies úteis, correspondendo a 47 famílias e 86 gêneros. A família Asteraceae apresentou o maior número de espécies com 14. Os gêneros com maior diversidade foram *Passiflora* e *Rubus*. Do total das espécies identificadas, 51 têm uso agrícola, 29 uso medicinal e 28 são utilizadas em serviços ambientais. Os resultados permitiram uma aproximação ao conhecimento etnobotânico em zonas de amortecimento do páramo de Sumapaz, bem como reconhecer o conhecimento rural associado à biodiversidade e ao agroecossistema local. A necessidade de aumentar o conhecimento da comunidade sobre o potencial estratégico das espécies locais é reafirmada por meio da implantação de sistemas agroflorestais que combinem as espécies nativas com a lavoura e a pecuária, nos quais se equilibra conservação e produção.

Palavras chave: conhecimento tradicional, conservação da flora, sistemas agroflorestais, usos potenciales

INTRODUCCIÓN

Al poseer un elevado índice de biodiversidad, Colombia comparte la categoría de país megadiverso (Bello *et al.*, 2014) junto a Argentina, Bolivia, Brasil, China, Costa Rica, Ecuador, India, Indonesia, Kenia, México, Perú, Sudáfrica y Venezuela (Andrade-C, 2011). A la vez, presenta un alto número de especies amenazadas: de las 35 476 especies de fauna, 395 poseen un alto riesgo de desaparecer, al igual que 1178 de las 27 881 especies de plantas. Se entiende por *amenaza*, la situación de sobrevivencia desfavorable para una especie o ecosistema (Kapelle, 2004). De acuerdo con Andrade-C (2011), cuando se pierde algún elemento de la biodiversidad, los ecosistemas pierden la capacidad de recuperación y los servicios que prestan se ven vulnerables.

En Colombia, la pérdida de la biodiversidad se relaciona con los cambios en el uso del territorio, la introducción y trasplante de especies, el cambio climático, disminución, pérdida o degradación de elementos de los ecosistemas nativos y agroecosistemas. Un aspecto frecuentemente subestimado respecto a este fenómeno es el uso inadecuado y la extracción de productos derivados en forma de fibras, leña, plantas medicinales, frutos y plantas ornamentales sin seguir criterios ecológicos, por citar solo algunos ejemplos.

Se suman a esta lista causal, el desconocimiento del potencial estratégico de la biodiversidad o su aprovechamiento insostenible (Andrade-C, 2011; Bello *et al.*, 2014; Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2011); lo que provoca que

los ecosistemas estratégicos, como los páramos, se vean afectados en su gran mayoría por estas problemáticas, aun cuando se sabe que son ecosistemas frágiles y de alta importancia al acumular y regular el flujo del agua que suple las necesidades del ser humano y de la naturaleza (Guhl *et al.*, 1998).

La cuenca alta de la Quebrada Honda, que abastece el recurso hídrico para 1720 hogares rurales de los municipios de Soacha, Sibaté y Granada por medio del acueducto Aguasiso E.S.P., muestra una preocupante deforestación y la pérdida del bosque primario a causa de la expansión agropecuaria (cultivos de papa, fresa y ganadería de leche), la cual ha conducido al territorio a unas condiciones de inviabilidad ambiental (Consejo Municipal de Sibaté, 2016). Ello ha generado amenazas para las especies nativas presentes en la zona, pues la comunidad hace uso de esas plantas, pero desconoce otros usos potenciales que podrían llevar a armonizar la conservación y el aprovechamiento de la flora local.

Sobre esta problemática se han realizado estudios desde la etnobotánica en las zonas de páramo de Colombia, tales como los desarrollados por Pérez y Matiz-Guerra (2017), en comunidades campesinas de Bogotá, y los de Rodríguez *et al.* (2018), llevado a cabo en la Sierra Nevada del Cocuy; ambos con la intención de registrar el conocimiento tradicional relacionado con la vegetación de esas áreas.

De acuerdo con lo anterior, este proyecto consiste en un estudio etnobotánico desarrollado en la cuenca alta de la Quebrada

Honda, con el objetivo de caracterizar el manejo de la flora local por parte de su comunidad y proponer alternativas de producción más sostenibles mediante sistemas agroforestales.

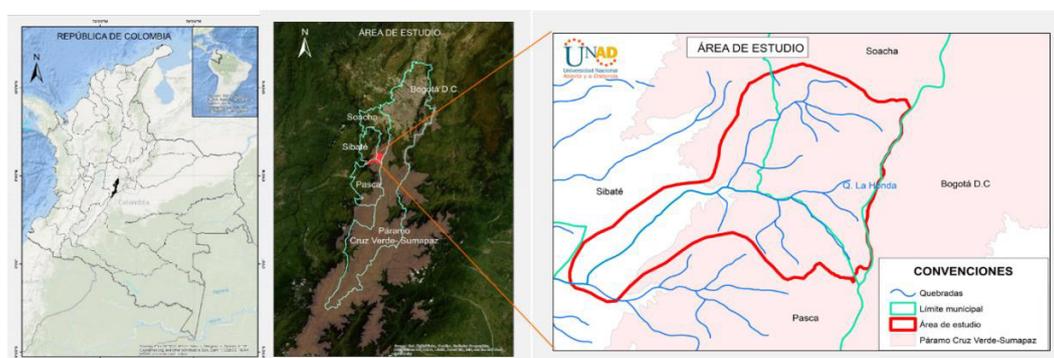
MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El estudio se desarrolló en la vereda Romeral, que forma parte de la cuenca

alta de la Quebrada Honda, en jurisdicción del municipio Sibaté, Cundinamarca. Esta zona se ubica en la vertiente occidental de la cordillera Oriental a una altitud cercana a los 3000 msnm. Este sector se encuentra dentro del radio de influencia del páramo de Sumapaz y presenta en sus inmediaciones vegetación de tipo subpáramo y páramo propiamente dicho.

Figura 1. Ubicación del área de estudio.



Fuente: Elaboración propia (2020).

Enfoque metodológico

Para desarrollar la investigación se siguió el enfoque metodológico de la etnobotánica, debido a la importancia científica que ha adquirido por su interdisciplinariedad y aplicabilidad, especialmente en el desarrollo de procesos investigativos y productivos en los campos del conocimiento, uso, manejo y conservación de los recursos vegetales (Witte *et al.*, 2011).

El estudio fue de carácter descriptivo teniendo en cuenta el objetivo que buscaba. En cuanto a la naturaleza de la información a recolectar, se trató de una investigación mixta que aplicó instrumentos cualitativos –entrevista semiestructurada, entrevista con lista de control y registro de relatos- e

instrumentos cuantitativos –inventarios de especies vegetales en campo- (Hernández *et al.*, 2017).

Fase de campo

Con el fin de recopilar la información sobre las formas de uso, apropiación de los recursos e iniciativas de manejo de la flora local por parte de la comunidad, así como el registro de nombres populares en el sector de estudio; se realizaron entrevistas semiestructuradas a un total de 20 familias, las cuales fueron seleccionadas bajo el criterio de vivir sobre la ronda de la Quebrada Honda y que se corresponde con el 100% de los habitantes de la misma. Además, se estableció contacto con dos sabedores locales, los cuales fueron reconocidos y recomendados por la misma

comunidad. La fase de campo para el trabajo etnobotánico se desarrolló en 12 recorridos entre octubre de 2019 y febrero de 2020.

Dicha labor se complementó con caminatas etnobotánicas en compañía de los conocedores locales, en las cuales se recolectó el material vegetal y se anotó la información mencionada por ellos sobre el uso de las plantas. Dicha información se registró mediante grabadora y en la libreta de campo. El material botánico recolectado se cruzó con la información proveniente de los levantamientos de vegetación desarrollados en la zona. La validez taxonómica de las especies identificadas se revisó en línea a través de la herramienta *Taxonomic Name Resolution Service* (Iplant Collaborative, 2020).

Análisis de la información

El análisis de la información se hizo categorizando las plantas de acuerdo a los usos e importancia relativa que reportaron los entrevistados. Para los usos se siguió la metodología propuesta por Estupiñán y Jiménez (2010), la cual permite clasificar el empleo de las plantas de acuerdo con las siguientes categorías: *construcción, medicinal, comestible, tecnológica, leña, servicios ambientales, agropecuario, artesanal, cerca viva, ornamental y lúdico*. Para identificar la importancia relativa se siguió la metodología propuesta por Aranguren (2005), la cual permite identificar qué tan importantes son las especies para los entrevistados, de acuerdo con los siguientes criterios de calificación: *muy importante*, cuando una especie fue mencionada por más de 10 personas (50% de las

entrevistadas); *importante*, cuando la planta fue mencionada por entre tres y nueve personas diferentes; y la categoría *rara*, para las especies que fueron mencionadas por dos o menos personas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización florística

Se reportaron 98 especies útiles para la comunidad de la cuenca alta de la Quebrada Honda. Estas especies corresponden a 47 familias y 86 géneros. La familia Asteraceae presentó el mayor número de especies con 14, seguida por Poaceae con ocho, Melastomataceae y Rosaceae con cinco, y Lamiaceae con cuatro. Los géneros con mayor número de especies fueron *Passiflora* y *Rubus* con tres cada una. Otros géneros como *Baccharis*, *Diplostephium*, *Escallonia*, *Hypericum*, *Mentha*, *Miconia*, *Morella* y *Rumex* presentaron dos especies respectivamente. Los demás géneros estuvieron representados por una sola.

Estos datos coinciden con los estudios realizados por Galvis y Torres (2017) en comunidades rurales de Sogamoso; y de Rodríguez *et al.* (2018) en el ecosistema de páramo en la Sierra Nevada del Cocuy, donde la Asteraceae es la familia más importante, debido al uso medicinal que se da por parte de la comunidad, lo cual demuestra la relevancia de esta familia para las comunidades rurales que habitan las zonas de amortiguación del páramo. Igualmente, en cuanto a la representatividad por género, se destacan *Diplostephium*, *Hypericum* y *Miconia*, situación que coincide con el patrón de riqueza de este ecosistema

en Colombia, descrito por Rangel (2018).

Se analizó el origen de las especies reportadas y se encontró que el 57% de las utilizadas por los habitantes del área son nativas, el 20% cultivadas y el 14% naturalizadas. También se evidenció que el 5% de las especies se consideran endémicas en el país; dichas especies son: *Hesperomeles goudotiana* (Decne), Killip, *Ageratina aristeei* (B.L. Rob.) R.M. King & H. Rob., *Greigia stenolepis* L.B. Sm. y *Blakea quadrangularis* Triana. El porcentaje de especies nativas reportadas en las entrevistas es inusual, dado que, de acuerdo con Rodríguez *et al.* (2018), la

proporción de plantas nativas usadas es inferior al de las especies introducidas; este estudio demuestra que hay un acervo de conocimiento en relación con la biodiversidad propia de la zona.

En cuanto al estado de conservación, 11 especies se encuentran en la categoría de *preocupación menor* (LC), una en *vulnerable* (VU) y una *casi amenazada* (NT) (Bernal *et al.*, 2019). Su estado de conservación no se ha evaluado; sin embargo, los usos reportados para las mismas están relacionados con la protección de la cuenca, de manera que no se espera afectación sobre las poblaciones locales (*tabla 1*).

Tabla 1. Estado de conservación de las plantas de acuerdo con la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, UICN.

Nombre científico	Nombre común	Categoría UICN*
<i>Sambucus nigra</i> L.	Sauco	LC
<i>Baccharis latifolia</i> (Ruiz & Pav.) Pers.	Chilco paramuno	LC
<i>Phytolacca bogotensis</i> Kunth.	Guaba o Guava	LC
<i>Chenopodium ambrosioides</i> L.	Paico	LC
<i>Passiflora mixta</i> L. f.	Curubo montaño	LC
<i>Quercus humboldtii</i> L.	Roble	VU
<i>Ambrosia peruviana</i> All.	Artemisa	LC
<i>Niphogeton ternata</i> (Willd. ex Schltr.) Mathias & Constance.	Apio de monte	LC
<i>Plantago major</i> L.	Llantén	LC
<i>Greigia stenolepis</i> L.B. Sm.	Piñuela	NT
<i>Passiflora tripartita</i> (Juss.) Poir.	Curuba	LC
<i>Clinopodium brownei</i> (Sw.) Kuntze	Poleo	LC
<i>Clusia multiflora</i> Kunth	Gaque	LC

Nota: *LC: Preocupación menor; VU: Vulnerable; NT: Casi amenazada

Fuente: Elaboración propia (2020).

Categorías de uso

Con respecto a los usos reportados (figura 2), se encontró que el mayor de ellos está asociado a la categoría de uso agropecuario con 51 especies, seguido por medicinal con 29 y servicios ambientales con 28 especies.

La categoría de uso agropecuario es la de mayor relevancia en el estudio y esto viene dado por las actividades propias de la zona, donde las actividades económicas son las agrícolas y las pecuarias, principalmente.

Figura 2. Número de plantas por categoría de usos.



Fuente: Elaboración propia (2020).

Dentro de los usos agropecuarios se encuentran especies utilizadas para la alimentación en sistemas productivos pecuarios de mediana y pequeña escala, destacándose herbáceas como *Lolium sp. L.*, *Holcus lanatus L.*, *Avena sativa L.* y otras especies leñosas como *Sambucus nigra L.* y *Hesperomeles goudotiana* (Decne.) Killip las cuales se usan en ramoneo para bovinos. Otro uso agropecuario está relacionado con la salud animal. Los entrevistados mencionan el uso de *Diplostephium rosmarinifolium* (Benth.) Wedd, y *Phytolacca bogotensis* Kunth para aliviar afecciones en la ubre de los bovinos.

La categoría de usos medicinales es la segunda en importancia para los pobladores de la cuenca. Las plantas cultivadas en los

huertos tienen ese fin para las familias. En este sentido, la *Mentha piperita L.*, *M. arvensis L.* y *Sonchus oleraceus L.* son usadas para aliviar dolores estomacales; *Borago officinalis L.* para aliviar afecciones respiratorias; *Seneciosp L.*, para sanar heridas y *H. goudotiana L.* es utilizada para aliviar problemas respiratorios causados por gripe. Al comparar estos resultados con otros estudios etnobotánicos se encuentra que la categoría medicinal se reporta como la más importante, según Rodríguez *et al.* (2018) y Galvis y Torres (2017); sin embargo, en la presente investigación ella se ubica en segundo lugar, debido a la tradición agropecuaria de la zona.

Es importante resaltar que, del total de especies reportadas, el 28.6% se asocian a

la categoría de uso en servicios ambientales, más específicamente en la conservación de la cuenca, lo cual es altamente positivo si se compara con estudios realizados en otros ecosistemas, tales como los de Estupiñán y Jiménez (2010), y Pérez y Matiz-Guerra (2017), donde esta categoría no sobrepasa el 14%. No obstante, lo que se observa en la zona analizada es que, con la ampliación de la frontera agrícola, por medio de los arados y la preparación del suelo para el cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.), los árboles allí presentes son poco valorados y por lo tanto desaparecen quedando los suelos limpios para el cultivo, realidad que se repite en la mayoría de los páramos del país (Garavito, 2015).

Esta situación permite inferir que no necesariamente el conocimiento del uso que se da a una especie significa su conservación, lo cual tributaría a que la misma no sea expuesta a situaciones de amenaza. Las comunidades pueden conocer para qué sirve una planta, pero si la conservación de esta se enfrenta a la posibilidad de establecer un cultivo de alta rentabilidad, son pocas las posibilidades de conservarla. Dicho escenario enfrenta la producción a la conservación en una ruralidad carente de las oportunidades que permitan elevar sus ingresos económicos.

Esa realidad afianza la necesidad de establecer líneas de acción que lleven a la comunidad a dimensionar el valor estratégico de estas especies, de manera que se genere una cultura donde la necesidad no justifique las presiones y amenazas a aquellas que cumplen un papel clave en el ecosistema, y que aseguran recursos como el hídrico,

tan importante para el propio desarrollo socioeconómico de la comunidad.

Con respecto a las especies que presentan mayor empleo se destacó el mortiño (*H. goudotiana* L.). Esta especie registró cinco categorías de uso: agropecuaria (ramoneo), comestible (consumo del fruto), medicinal (tratamiento de la tos), ornamental y servicios ambientales (protección de cuencas). El chilco paramuno *Baccharis latifolia* (Ruiz & Pav.) Pers., y la uva camarona *Macleania rupestris* (Kunth) A.C. Sm., presentaron también cinco categorías de uso: agropecuaria (ramoneo), ornamental, servicios ambientales (protección de cuencas), medicinal (tratamiento de la tos) y comestible (consumo del fruto), respectivamente. Por otra parte, el sauco (*Sambucus nigra* L.) presentó tres categorías de uso: agropecuaria (ramoneo), cercas vivas y medicinal (tratamiento de la tos).

Por otra parte, los recorridos etnobotánicos evidenciaron que existen otros empleos de las plantas poco expresados por los entrevistados. Es el caso del uso de árboles talados como leña o para la construcción de cercas. Es evidente que, en las fincas del sector, el principal combustible para cocer los alimentos es la leña, situación que no se aleja de la realidad continental (Food and Agriculture Organization [FAO], 2008); además, se comprobó que las divisiones entre fincas, potreros y bordes de carreteras se hacen con cercas de púas soportadas en postes de madera. En ambos casos, la materia prima son árboles de la zona que se talan para estos fines.

En ambos hallazgos se estiman dos posibles razones. Por una parte, que estos usos están

altamente arraigados a la tradición y al día a día de los habitantes de manera que ya no se dimensionan como usos claves e importantes para ellos; por la otra, que las restricciones de las autoridades ambientales han llevado a que la comunidad no exprese abiertamente el empleo de árboles para tales fines, ni siquiera frente a estudios investigativos. Sendos casos ponen de manifiesto la necesidad de aceptar estos usos, medir sus impactos y dimensionar la urgencia de encontrar alternativas que integren árboles que puedan utilizarse como leña y madera en los sistemas productivos, sin amenazar la conservación de las especies.

De acuerdo con lo anterior, en cuanto a la necesidad de encontrar estrategias que permitan la conservación de las especies que cumplen un papel clave en este ecosistema, integrándolas a los sistemas productivos de manera que se puedan aprovechar sin amenazar la estructura ecológica y la biodiversidad local, se perfilan los sistemas agroforestales como una de las alternativas más acertadas, pues como lo indica la FAO (2018), si los sistemas agroforestales se diseñan y se gestionan de manera adecuada pueden contribuir a la conservación de la biodiversidad. Además, es evidente la necesidad de transformar las formas de producción enfocadas a las propuestas en los Objetivos de Desarrollo Sostenible, donde la conservación de los recursos, y al mismo tiempo, el aumento de la producción, pueden aportar a minimizar el hambre y mejorar los medios de subsistencia (FAO, 2019).

En ese sentido, de acuerdo con las especies caracterizadas, se consideran

pertinentes los sistemas agroforestales tipo silvopastoril, combinando especies frutales como *H. goudotiana* (Decne.) Killip y *M. rupestris* (Kunth) A.C. Sm., que pueden aportar alimento para la familia y la avifauna; y especies leñosas como *S. nigra* L., *A. acuminata* Kunth y *B. latifolia* (Ruiz & Pav.) Pers., que pueden aportar sombra, leña y forraje. También es posible reforzar la siembra de especies medicinales en las huertas de las viviendas, como alternativa para la conservación del conocimiento, las tradiciones de la comunidad y los recursos que pueden servir para atender necesidades como las medicinales, como lo son las especies *Mentha piperita* L., *M. arvensis* L., *Sonchus oleraceus* L.

Sin duda se requiere utilizar las especies a fin de solventar necesidades, pero haciendo un aprovechamiento sostenible de las mismas, a lo cual puede aportar su cultivo, aun cuando esto exige una labor y esfuerzo adicional para la comunidad, diferente al obtenerlas directamente del bosque.

Valor de importancia

De acuerdo con los criterios establecidos por Aranguren (2005), la información mostró 70 especies raras (71%), 26 importantes (26%) y dos muy importantes. El sauco (*S. nigra* L.) es la especie con mayor importancia relativa con 14 menciones, seguida por *Lolium sp.* L. con 10 menciones. Dentro de las especies importantes se destacaron *H. lanatus* L., *A. sativa* L., y las especies protectoras de la cuenca como el *Alnus acuminata* Kunt, *B. latifolia* (Ruiz & Pav.) Pers., *H. goudotiana* (Decne.) Killip y *Weinmannia tomentosa* L. f., las cuales son nativas de la zona.

Tabla 2. Especies importantes y muy importantes según número de menciones.

Nombre científico	Nombre común	Menciones	Valor relativo
<i>Sambucus nigra</i> L.	Sauco	14	Muy importante
<i>Lolium sp.</i> L.	Pasto Ray Grass	10	Muy importante
<i>Holcus lanatus</i> L.	Pasto Poa	9	Importante
<i>Alnus acuminata</i> Kunth	Aliso	8	Importante
<i>Avena sativa</i> L.	Avena	8	Importante
<i>Baccharis latifolia</i> (Ruiz & Pav.) Pers.	Chilco paramuno	7	Importante
<i>Hesperomeles goudotiana</i> (Decne.) Killip	Mortiño	6	Importante
<i>Weinmannia tomentosa</i> L. f.	Encenillo	6	Importante
<i>Diplostegium rosmarinifolium</i> (Benth.) Wedd.	Romero	5	Importante
<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	Eucalipto	5	Importante
<i>Calendula officinalis</i> L.	Caléndula	4	Importante
<i>Mentha piperita</i> L.	Yerbabuena	4	Importante

Fuente: Elaboración propia (2020).

La *S. nigra* L. es la especie más nombrada por los entrevistados y gana importancia por los usos medicinales y pecuarios que posee. Si bien no es una especie nativa (Bernal *et al.*, 2019), se ha adaptado bien a estos lugares y la comunidad la identifica con facilidad, de allí que su empleo se evidencie en gran parte de la cuenca. Los pastos como *Lolium sp.* L. y el *H. lanatus* L. son el principal alimento de los animales en las fincas, de allí la importancia que representa para la comunidad.

Las especies *A. acuminata* Kunth, *B. latifolia* (Ruiz & Pav.) Pers., *H. goudotiana* (Decne.) Killip, y *W. tomentosa* L.f., se encuentran principalmente en las zonas de reserva, en las inmediaciones al páramo de Sumapaz, y son reconocidas por la comunidad como especies para el cuidado de la cuenca. Por su parte, el *Eucalyptus globulus* Labill. es

importante por sus características de fácil adaptación y rápido crecimiento, pero con restricción de siembra al ser una especie introducida. Dentro del criterio de especies importantes también se encuentran algunas relacionadas al uso medicinal, propagadas en huertos alrededor de las viviendas, tales como: *D. rosmarinifolium* (Benth.) Wedd., *M. piperita* L., *Calendula officinalis* L.

Los resultados anteriormente presentados evidencian que la importancia de las especies para la comunidad del área de estudio está en función de los usos que pueden hacer de estas, específicamente, los usos inmediatos como medicina o alimento para los animales. Si bien se reportaron 98 especies como reconocidas, 70 de estas son raras, según criterio de importancia; lo que sugiere un desconocimiento sobre su potencial por parte de la comunidad,

de lo que pueden significar en su entorno inmediato y en sus unidades productivas. Por otra parte, las especies identificadas como muy importantes e importantes se pueden implementar en sistemas agroforestales, con distintos arreglos, de manera que se genere un aprovechamiento sostenible y se preserve la biodiversidad de la zona.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Este estudio permitió un acercamiento al conocimiento etnobotánico de especies en la zona de amortiguación del páramo de Sumapaz, específicamente en la cuenca alta de la Quebrada Honda; y muestra la importancia del conocimiento rural asociado a la biodiversidad y el agroecosistema local como insumo estratégico para la conservación y aprovechamiento sostenible de las especies propias del territorio.

De manera general, las familias que participaron en el estudio dan uso a las especies vegetales de acuerdo con su actividad agropecuaria tradicional, principalmente, de

acuerdo con las necesidades medicinales y alimenticias. El conocimiento de las formas de uso se evidencia más en las personas adultas que en las jóvenes, por lo que este conocimiento local debe ser tenido en cuenta en el momento de definir las estrategias que permitan continuar usando las especies nativas de una forma adecuada y sostenible.

Lo anterior reafirma la necesidad de incrementar el conocimiento que la comunidad tiene en cuanto al potencial de uso de las especies de la zona; pero no limitándolas solamente al uso, pues esto generaría mayores problemas de deforestación y amenaza para las especies, sino reorientándola hacia su conservación mediante el incremento de su cultivo y el aprovechamiento sostenible de las mismas, lo cual se puede obtener mediante la implementación de sistemas agroforestales que combinen especies nativas con los cultivos y la producción pecuaria en los que se equilibren la conservación y la producción.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andrade-C, M.G. (2011). Estado del conocimiento de la biodiversidad en Colombia y sus amenazas. Consideraciones para fortalecer la interacción ciencia-política. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 35(137), 491-507. <https://bit.ly/3p6i3Ev>
- Aranguren, A. (2005). Plantas útiles empleadas por los campesinos de la región de Bailadores, Venezuela. *Boletín Antropológico*, 23(64), 139-165. <https://bit.ly/37JW14Q>
- Bello, J.C., Báez, M., Gómez, M.F., Orrego, O., y Nägele, L. (Eds.). (2014). *Biodiversidad 2014. Reporte de estado y tendencias de la biodiversidad continental en Colombia*. Instituto Alexander von Humboldt. <https://bit.ly/2K4Rh0L>
- Bernal, R., Gradstein, S.R., y Celis, M. (Eds.). (2019). *Catálogo de plantas y líquenes de Colombia*. Instituto de Ciencias Naturales-Universidad Nacional de Colombia. <https://bit.ly/3aGoBG7>

- Consejo Municipal de Sibaté. (2016). *Plan de Desarrollo Municipal 2016-2019*. Departamento de Cundinamarca, Colombia. <https://bit.ly/38dxPqy>
- Estupiñán, A., y Jiménez, N. (2010). Uso de las plantas por grupos campesinos en la franja tropical del Parque Nacional Natural Paramillo (Córdoba, Colombia). *Caldasia*, 32(1), 21-38. <https://bit.ly/3nOoBro>
- Food and Agriculture Organization. (2008). *Bosques y energía: cuestiones claves*. <https://bit.ly/3gZTruE>
- Food and Agriculture Organization. (2018). *Conjunto de herramientas para la Gestión Forestal Sostenible*. <https://bit.ly/2KfOb9Z>
- Food and Agriculture Organization. (2019). *Transformar la alimentación y la agricultura para alcanzar los ODS*. <https://bit.ly/3rOPvy6>
- Galvis, M., y Torres, M. (2017). Etnobotánica y usos de las plantas de la comunidad rural de Sogamoso, Boyacá, Colombia. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 8(2), 187-206. <https://doi.org/10.22490/21456453.2045>
- Garavito, L.N. (2015). Los páramos en Colombia, un ecosistema en riesgo. *Ingeniare*, (19), 127-136. <https://doi.org/10.18041/1909-2458/ingeniare.19.530>
- Guhl, E., Wills, E., Macías, L.F., Boada, A., y Capera, C. (1998). *Guía para la gestión ambiental regional y local*. FONADE-Departamento de Planeación Nacional-Quinaxi. <https://bit.ly/34nvVmd>
- Iplant Collaborative. (2020, 30 de agosto). *Taxonomic Name Resolution Service v4.1* [en línea]. <https://bit.ly/3hfwZh3>
- Kapelle, M. (2004). *Diccionario de la Biodiversidad*. Instituto Nacional de Biodiversidad y Cooperación Española. INBio Press. <https://bit.ly/2WpUA55>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2011). *Política nacional para la gestión integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos*. Instituto Alexander von Humboldt. <https://bit.ly/37MigeE>
- Pérez, D. y Matiz-Guerra, L. (2017). Uso de las plantas por comunidades campesinas en la ruralidad de Bogotá D.C., Colombia. *Caldasia*, 39(1), 68-78. <https://doi.org/10.15446/caldasia.v39n1.59932>
- Rangel, J.O. (2018). Las plantas con flores del páramo colombiano. *En Colombia diversidad biótica XVI. Patrones de riqueza y de diversidad de las plantas con flores en el bioma de páramo*. Universidad Nacional de Colombia. <https://bit.ly/37swgFP>
- Rodríguez, M., Angueyra, A., Cleef, A., & Van Andel, T. (2018). Ethnobotany of the Sierra Nevada del Cocuy-Güican: climate change and conservation strategies in the Colombian Andes. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 14, 34. <https://doi.org/10.1186/s13002-018-0227-6>

Hernández, R., Mendoza, Ch.P., Méndez, S. y Cuevas, A. (2017). *Fundamentos de investigación*. McGraw-Hill.

Witte, S.L., Sanabria, O.L., Chacon, P., y García, R. (Eds.). (2011). *Manual de Herramientas Etnobotánicas relativas a la Conservación y el Uso Sostenible de los Recursos Vegetales. Una contribución de la Red Latinoamericana de Botánica a la Implementación de la Estrategia Global para la Conservación de las Especies Vegetales hacia el logro de las Metas 13 y 15*. OEA-FEMCIDI-RLB. <http://www.ibiologia.unam.mx/gela/manualetnobot.pdf>

AGRADECIMIENTOS

Expresamos nuestro sincero agradecimiento al acueducto Aguasiso E.S.P por el apoyo a esta investigación, así como a los habitantes y familias de la vereda Romeral, quienes nos compartieron sus conocimientos y prácticas culturales. También a la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD), por el decidido apoyo al desarrollo de este proyecto.



Procedimiento para la gestión ambiental en Hoteles Encanto. Aplicación en hotel Caballeriza de Holguín, Cuba.

Procedure for environmental management on Encanto Hotels. Its application in Caballeriza hotel, Holguín, Cuba.

Procedimento para gestão ambiental em Hoteles Encanto. Aplicação no hotel Caballeriza de Holguín, Cuba.

Gustavo Pelegrino Enamorado/Universidad de Holguín, Cuba/gustape@nauta.cu

Migdely Barbarita Ochoa Avila/Universidad de Holguín, Cuba/migdely@uho.edu.cu

Yunelsi Ortiz Chávez/Universidad de Holguín, Cuba/yunelsi@hol.canec.co.cu

Recibido: 15/8/2020 **Aceptado:** 21/10/2020 **Publicado:** 30/12/2020

RESUMEN

Los servicios hoteleros se esfuerzan por mantener una actitud responsable sobre los aspectos e impactos ambientales. El objetivo de la investigación fue implementar un procedimiento para la gestión ambiental que actúe transversalmente sobre las actividades que se ejecutan en los servicios de los *Hoteles Encanto*, enfocado hacia los componentes estratégico, operativo y de apoyo, para favorecer la protección ambiental en esa organización. Se utilizaron métodos teóricos, empíricos y estadísticos, así como instrumentos para el análisis e interpretación de los resultados, a partir de lo establecido en la norma cubana ISO 14001:2015 *Sistema de Gestión Ambiental. Requisitos con orientación para su uso; la Metodología para Reconocimiento Ambiental Nacional*; y las dimensiones y enfoques teóricos analizados. Como resultado principal se diseñó un procedimiento que consta de cuatro fases y 17 pasos, aplicado de forma parcial en el hotel Caballeriza, perteneciente al complejo de *Hoteles Encanto* de Holguín, en específico hasta su fase dos. Fue realizado el diagnóstico de cada componente, así como la propuesta de la política, los objetivos y las acciones estratégicas para lograr la transformación de las problemáticas identificadas. Como conclusiones, se logra fortalecer la gestión ambiental en el hotel y se trazan acciones estratégicas para mejorar sus servicios.

Palabras clave: alojamiento, gestión hotelera, hotelería, impacto ambiental

ABSTRACT

The hotel services strive to maintain a responsible attitude regarding environmental aspects and impacts. The objective of the research was to implement a procedure for environmental management that, in a transversal way, acts on the set of activities that are executed in the services of *Encanto Hotels*, focused on the strategic, operational and support components, so that favor environmental protection in the organization. Theoretical, empirical and statistical methods were used, as well as instruments for the analysis and interpretation of the results, based on the provisions of the Cuban standards ISO 14001:2015 *Environmental Management System. Requirements with guidance for its use; the Methodology for National Environmental Recognition* and the dimensions and theoretical approaches analyzed. As a main result, a procedure consisting of four phases and 17 steps was designed, which was partially applied in the Caballeriza hotel belonging to the Encanto Hotels complex in Holguín, specifically until phase two. The diagnosis of each component was carried out, as well as the proposal of the policy, the objectives and the strategic actions to achieve the transformation of the identified problems. As conclusions, it is possible to strengthen the environmental management in the hotel and strategic actions are drawn up to improve its services.

Keywords: accommodation, environmental impact, hospitality, hotel management

RESUMO

Os serviços do hotel procuram manter uma postura responsável em relação aos aspectos e impactos ambientais. O objetivo da pesquisa foi desenvolver um procedimento de gestão ambiental que, de forma transversal, atue sobre o conjunto de atividades que são executadas nos serviços dos Hotéis Encanto, com foco nos componentes estratégico, operacional e de suporte, para que favorecem a proteção ambiental na organização. Foram utilizados métodos teóricos, empíricos e estatísticos, bem como instrumentos de análise e interpretação dos resultados, com base nas disposições da norma cubana ISO 14001:2015 Sistemas de Gestão Ambiental. Requisitos com orientações para a sua utilização, a Metodologia de Reconhecimento Ambiental Nacional e as dimensões e abordagens teóricas analisadas. Como resultado principal, foi desenhado um procedimento composto por quatro fases e 17 etapas, o qual foi parcialmente aplicado no Hotel Caballeriza pertencente ao Complexo Hoteleiro Encanto de Holguín, especificamente até a fase dois. Foi realizado o diagnóstico de cada componente, bem como a proposição da política, os objetivos e as ações estratégicas para alcançar a transformação dos problemas identificados. Como conclusões, é possível fortalecer a gestão ambiental no hotel e traçar ações estratégicas para a melhoria de seus serviços.

Palavras chave: alojamento, gestão hoteleira, hospitalidade, impacto ambiental

INTRODUCCIÓN

La gestión ambiental en hoteles es fuente de ventajas, si se es capaz de crear una base sólida para cumplir con la responsabilidad

social y, a su vez, fomentar el desarrollo del entorno en beneficio mutuo de las partes interesadas (Rainforest Alliance, 2008). A tono con ello, en esta investigación se explica la importancia que posee la gestión

ambiental en las organizaciones dedicadas a los servicios hoteleros, en específico en la marca de *Hoteles Encanto*, cuya característica fundamental es el ser hoteles de ciudad.

En la concepción más actual de la gestión ambiental por componentes en organizaciones, aportada por (Reyes y Ochoa, 2019), resulta fundamental la contextualización de esta para los procesos hoteleros; tema investigado anteriormente por varios autores, entre ellos, Atencio *et al.* (2017), Azze y Ochoa (2017) y González *et al.* (2019), quienes realizaron su relevancia en ese escenario. Para los autores Leyva y Ochoa (2020), la gestión ambiental debe ser realizada en esas instalaciones por los componentes estratégico, operativo y de apoyo, según las tendencias del turismo sostenible hacia el 2030.

En Cuba, los aspectos relativos al medio ambiente son ampliamente considerados desde los documentos rectores del Estado y de la sociedad. En la actualidad se promueve el *turismo de ciudad* como una de las principales líneas de desarrollo del sector. Al respecto, el entonces ministro de Turismo expresó la necesidad de llegar a un escalón mucho más alto, a un turismo cultural y de recorrido masivo, con mucha fuerza, el que todavía necesita desarrollarse a plena capacidad. Por lo tanto, «seguirá siendo prioridad desarrollar el turismo de ciudad, cultural, histórico y patrimonial, algo que (...) permitirá contar con un turismo más integral» (Marrero, 2011, párr. 19).

El hotel Caballeriza de Holguín es una instalación de la marca *Hoteles Encanto*, del Grupo Hotelero Cubanacán S.A, que cuenta con la categoría *cuatro estrellas*. Debe su

nombre al ser erigido sobre lo que fuera, durante la etapa colonial del país, el cuartel de caballeriza del ejército español en ese territorio; y ostenta entre sus características más relevantes, el brindar sus servicios desde la atención personalizada a los clientes.

Sin embargo, en el intercambio con especialistas de la entidad y la observación directa de la instalación, se pudo corroborar la presencia de insuficiencias en la gestión ambiental que se lleva a cabo en ella; dentro de estas, la ausencia de una estrategia ambiental empresarial, la escasa comprensión de incluir la convivencia con el medio ambiente en la toma de decisiones del hotel, un bajo nivel de aplicación de la legislación ambiental vigente, y poca participación de los actores en la concepción y desarrollo de la gestión ambiental.

Al detectarse que dichas insuficiencias limitan la protección ambiental, se emprendió una investigación que permitiera implementar un procedimiento para la gestión ambiental, que actúe transversalmente sobre las actividades que se ejecutan en los servicios de los *Hoteles Encanto*, enfocado hacia los componentes estratégico, operativo y de apoyo, para favorecer la protección ambiental en la organización; lo cual constituye el objetivo fundamental del trabajo que se presenta.

Teniendo en cuenta que existen diferentes elementos para el diseño e implementación de sistemas de gestión ambiental, se respetó que el procedimiento diseñado tuviera un enfoque sistémico y participativo; que incluyera las dimensiones de la gestión ambiental con los componentes principales y las variables necesarias para lograr una concepción más pertinente y actual, y que

a su vez permitiera su integración a los retos propios que enfrenta la marca de *Hoteles Encanto*, la cual debe armonizar la gestión hotelera con la conservación de la infraestructura constructiva, la preservación del entorno donde se encuentren enclavadas sus instalaciones, y el cumplimiento de las exigencias ambientales a nivel de país; por ello resulta primordial la existencia de un procedimiento que facilite tal interacción.

Los autores de este estudio consideran que la gestión ambiental en hoteles es un factor crucial al influir en la imagen corporativa y la calidad de los servicios, en el costo, la competitividad, la seguridad y la diferenciación de estos frente a otros destinos turísticos. De ahí, la importancia de respetar al medio ambiente en estas organizaciones.

MATERIALES Y MÉTODOS

El objeto de estudio fue la gestión ambiental en servicios hoteleros, con el fin de poder realizar un análisis teórico-práctico contextualizado sobre la gestión del medio ambiente en los *Hoteles Encanto*. Los pasos a seguir fueron: la caracterización de la gestión ambiental en los servicios de hoteles de ciudad, la caracterización de la gestión ambiental en los servicios de los *Hoteles Encanto* para su determinación en los del hotel Caballeriza, de Holguín, debido a que dentro del Grupo Hotelero Cubanacán, dicha marca no cuenta actualmente con un sistema de gestión ambiental, adecuado a sus características y complejidades.

En la concepción y diseño teórico-metodológico de la investigación fue empleada la metodología del conocimiento científico, orientada de lo general a lo particular. La gestión ambiental en los

servicios de los Hoteles Encanto es sustentada por la norma cubana ISO 9001:2015 *Sistema de Gestión de la Calidad. Requisitos* (Oficina Nacional de Normalización [ONN], 2015a) y la norma cubana ISO 14001:2015 *Sistema de Gestión Ambiental. Requisitos con orientación para su uso* (ONN, 2015b), en lo referente al análisis del contexto organizacional, la identificación de las partes interesadas y de los riesgos y oportunidades; la *Metodología para el Reconocimiento Ambiental Nacional*, del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA) de Cuba; y el análisis de las dimensiones y enfoques establecidos por Ochoa *et al.* (2016), como valiosos instrumentos científicos para la valoración del medio ambiente en estos tipos de hoteles.

Se aplicaron como métodos teóricos al *análisis-síntesis*, para sintetizar la información recopilada sobre las principales premisas teórico-metodológicas relacionadas con la gestión ambiental en los servicios hoteleros, que influyen en el desempeño ambiental de los *Hoteles Encanto*; el *histórico-lógico*, para estudiar la concepción y evolución de la gestión ambiental en los servicios hoteleros; el *sistémico-estructural*, para desarrollar el análisis teórico de la gestión ambiental en el hotel Caballeriza de Holguín, así como de las causas de problemáticas que más inciden en este proceso.

Fueron utilizados como métodos empíricos: la observación directa (para identificar y diagnosticar los problemas ambientales por los componentes que están presentes en la instalación hotelera objeto de estudio); la entrevista y la encuesta, aplicadas al 25% del personal del hotel, incluidos directivos,

empleados y clientes, con el propósito de precisar sobre la gestión ambiental por los componentes estratégico, operativo y de apoyo; y la consulta a especialistas, utilizada para valorar el procedimiento propuesto, a partir de los resultados asociados al marco teórico práctico de la gestión ambiental de los servicios en los *Hoteles Encanto* y su contextualización en el hotel Caballeriza.

Fue aplicada la estadística descriptiva para la recopilación, procesamiento e interpretación de los resultados obtenidos, soportada en el uso del software *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS) versión 2.0, para el análisis de correlación en pos de establecer la relación existente entre las propuestas de los investigadores y los parámetros que se consideran en el procedimiento de gestión ambiental.

En cuanto a la muestra, puede decirse que su tamaño corresponde al 25% del personal que trabaja en los servicios del mencionado hotel. La recopilación de información comprendió el período de enero a junio de 2020. La principal limitación de la investigación fue la afectación provocada por la covid-19 que causó el cierre del hotel, por lo que no se pudieron evaluar los criterios de los clientes sobre la mejora en la gestión ambiental.

RESULTADOS

Los servicios de hoteles de ciudad y la gestión ambiental

Tradicionalmente, los servicios de los hoteles de ciudad han consumido cantidades considerables de energía, agua y alimentos, entre otros recursos; así como han emitido grandes cantidades de contaminantes en términos de residuos sólidos, aguas residuales,

humo, olor, ruidos y algunas sustancias químicas (Campbell, 2009), casi siempre por ser consumidores ineficientes de agua y combustibles fósiles, grandes consumidores de papel y de productos no amigables con el medio ambiente, como lo son, por ejemplo, los plásticos, envases y productos de limpiezas que se emplean en ellos.

La gestión ambiental en hoteles se realiza con el fin de fomentar un uso eficiente de todos los recursos que utiliza (energía, agua, materias primas, insumos y equipos en general), y se refleja en una operación más limpia como en servicios cada vez más armónicos con el entorno (González *et al.*, 2019). De forma general, dicho proceso adquiere relevancia y es concebido como la dirección, control y administración del uso de los sistemas ambientales, a través de determinados instrumentos, reglamentos, normas, financiamiento, disposiciones institucionales y jurídicas.

La gestión ambiental en los servicios de los hoteles de la marca Encanto

En Cuba, la evolución de la conciencia ambiental en los servicios hoteleros ha generado la necesidad de incorporar el enfoque ambiental en las estrategias de desarrollo de ese sector, en correspondencia con las exigencias establecidas a nivel de país (Ley 81 del 1997). El mantenimiento y renovación de la infraestructura turística y de apoyo ha incorporado como política la sostenibilidad en el desarrollo, y en tal sentido, implementan acciones encaminadas a la disminución de los índices de consumo de agua y de portadores energéticos, la utilización de fuentes de energías renovables, así como el reciclaje de los residuos que se generan en estos servicios (Martínez *et al.*, 2017).

La *Resolución 129 de 2017* del Ministerio de Turismo establece la implementación de instrucciones e indicaciones que obligan a las organizaciones turísticas a ejecutar acciones para proteger el medio ambiente; e indicaciones para implementar en el 100% de ellas la *Estrategia Ambiental Nacional*, a través de la aplicación de planes de acción. Sobre esta línea, en la gestión ambiental de los hoteles cubanos se aplican sistemas de gestión ambiental diseñados según los requisitos establecidos por la norma cubana ISO 14001:2015, el *Reconocimiento Ambiental Nacional*, el aval ambiental y los premios provinciales de medio ambiente que otorga el CITMA. Por otra parte, en el proceso de perfeccionamiento empresarial, desarrollado a partir de 2007, se integró la gestión ambiental como un subsistema de dicho proceso en el país.

Al respecto, los *Hoteles Encanto* son instalaciones de ciudad con categoría de *cuatro estrellas*, concebidas en establecimientos singulares para brindar una oferta diferenciada que responda a las nuevas tendencias del turismo, sobre todo del turismo cultural, y cuyos públicos meta principales son el segmento de empresarios y familias. Se caracterizan por su alto nivel de confort, ambiente íntimo y tratamiento personalizado a la clientela.

Estos hoteles operan en ciudades que se destacan por su importancia cultural y artística, o por su desarrollo industrial-económico, al tener como objetivo fundamental satisfacer el creciente interés de los turistas por los atractivos culturales y patrimoniales de una localidad o región; para lo cual es primordial que los actores de la gestión ambiental incrementen su

liderazgo y compromiso para favorecer la protección ambiental en la organización.

En este sentido, los *Hoteles Encanto* enfrentan el reto de armonizar la gestión hotelera con la conservación de la infraestructura constructiva y la preservación del entorno, donde se encuentre enclavado el mismo, sin dejar de cumplir con la política ambiental del país; de allí la continua necesidad de potenciar los estudios dirigidos a la implantación de sistemas de gestión ambiental que se integren a los procesos orgánicos del sector.

El Grupo Hotelero Cubanacán posee una encuesta para la actualización ambiental de aquellos hoteles que operan en la modalidad de sol y playa, lo cual no la hace viable para todas las instalaciones pertenecientes a él, además de que son insuficientes los indicadores ambientales que evalúa.

La gestión ambiental en los servicios del hotel Caballeriza de Holguín

El hotel Caballeriza, como corresponde a un hotel de ciudad, está enclavado en el corazón del centro histórico de la ciudad de Holguín, rodeado de algunos de sus sitios más emblemáticos. Tiene sus orígenes en una edificación cuya construcción data de 1810, que fuera el cuartel de caballería del ejército colonial en esa localidad. Su ambientación recrea la de una casa familiar del siglo XIX, adornada con elementos decorativos relacionados con la historia del edificio, el cual forma parte del complejo de *Hoteles Encanto*, de Holguín, perteneciente al Grupo Hotelero Cubanacán.

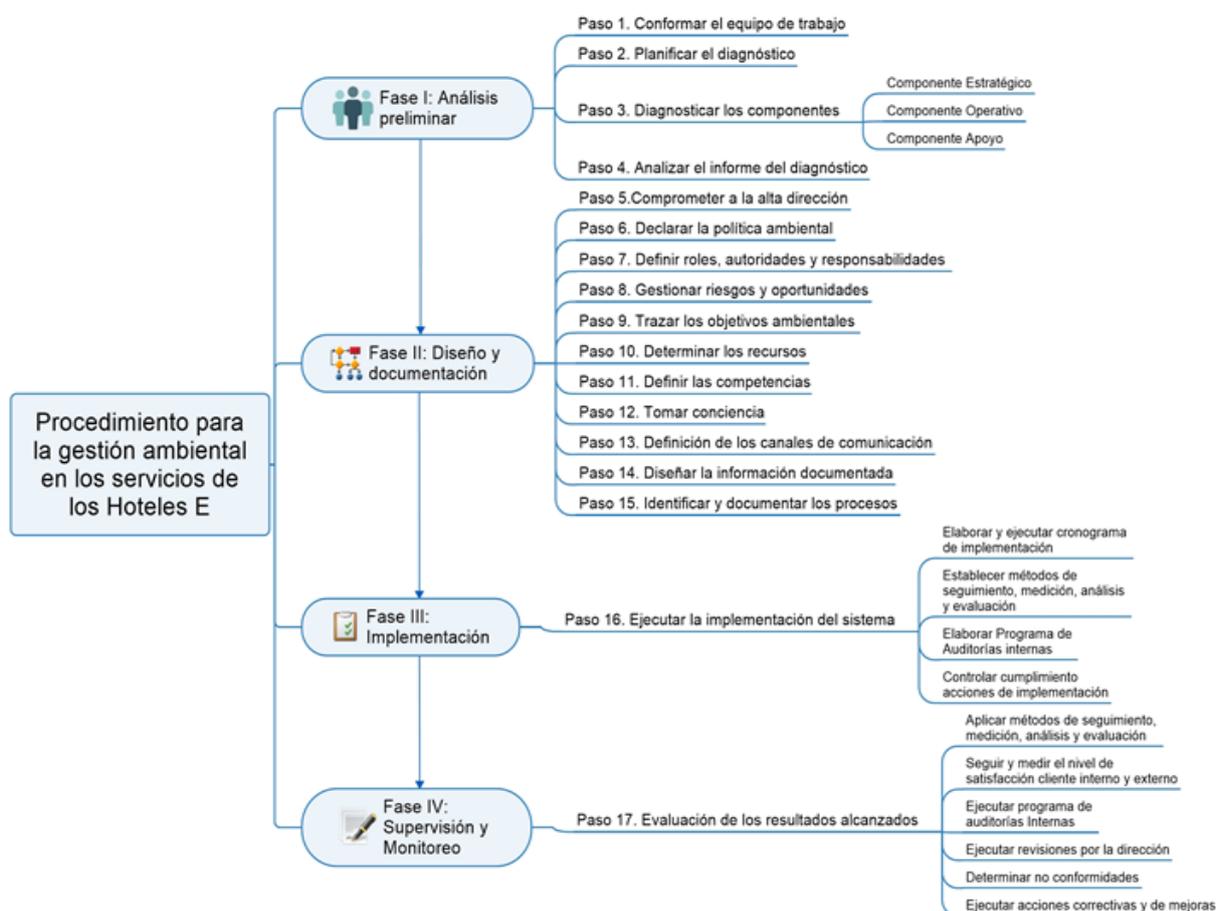
En el Caballeriza se identifican como principales fuentes de contaminación los productos químicos, desechos peligrosos

y los productos de limpieza y fregado. Actualmente persiste la falta de experiencia del personal, una escasa capacitación ambiental, así como ineffectividad en el cumplimiento de las legislaciones y regulaciones asociadas al manejo de los residuos sólidos, el tratamiento de los residuos líquidos, etc. Si bien se realizan

acciones para combatir los problemas identificados, estos aún no han sido erradicados, tanto por la existencia de factores externos como internos.

Para actuar sobre la situación problemática mencionada, se elaboró un procedimiento para la gestión ambiental en la instalación, tal y como se expresa en la *figura 1*.

Figura 1. Procedimiento para la gestión ambiental en Hoteles Encanto.



Fuente: Elaboración propia.

Fase I: Análisis preliminar

En esta fase se crearon las condiciones de partida para la identificación de los problemas asociados a la gestión ambiental. Los pasos son descritos a continuación:

Paso 1. Conformar el equipo de trabajo: El equipo quedó compuesto por la gerente de operaciones, la jefe de brigada de servicios gastronómicos y el jefe de aseguramiento, como una representación de los trabajadores del hotel; a todos se

les explicó el procedimiento a aplicar y los instrumentos propuestos.

Paso 2. Planificar el diagnóstico: Se definieron las diferentes actividades a realizar para la ejecución del diagnóstico, los responsables de cada tarea, los recursos materiales necesarios (papel, impresora, computadora, bolígrafos, etc.) y se establecieron 30 días hábiles como tiempo máximo para recopilar la información requerida.

Paso 3. Diagnosticar los componentes: Se realizó mediante instrumentos diseñados, según los componentes estratégico, operativo y de apoyo. Los resultados fueron:

- Comportamiento del componente estratégico:

- **Interno:** Solo el 46 % de los encuestados refirió tener conocimientos sobre la existencia de una política ambiental. En lo referente a la estrategia ambiental del hotel, el 68% de los encuestados no la conocen; además, la que está en vigor es la del Grupo Hotelero Cubanacán, orientada mayormente a hoteles de sol y playa.

- **Externo:** Se analizó la información existente sobre el contexto organizacional y se elaboró, a partir de ello, la Matriz DAFO (*figura 2*).

A partir del balance estratégico, mediante la aplicación de la matriz de ponderación, el resultado no fue positivo, aunque la diferencia es mínima, solo el 2%; el factor de oportunidad (fortalezas y oportunidades) obtuvo el 49% y el factor de debilidades y

amenazas alcanzó el 51%, lo que evidencia un elevado factor de riesgo. Esto significa que se deberá trabajar con intensidad en la disminución de las debilidades y en cómo hacerle frente a las amenazas, proponiéndose medidas a cumplir a corto plazo; con respecto a las fortalezas y oportunidades, se deberán generar acciones para no perderlas y aprovecharlas al máximo.

- Comportamiento del componente operativo:

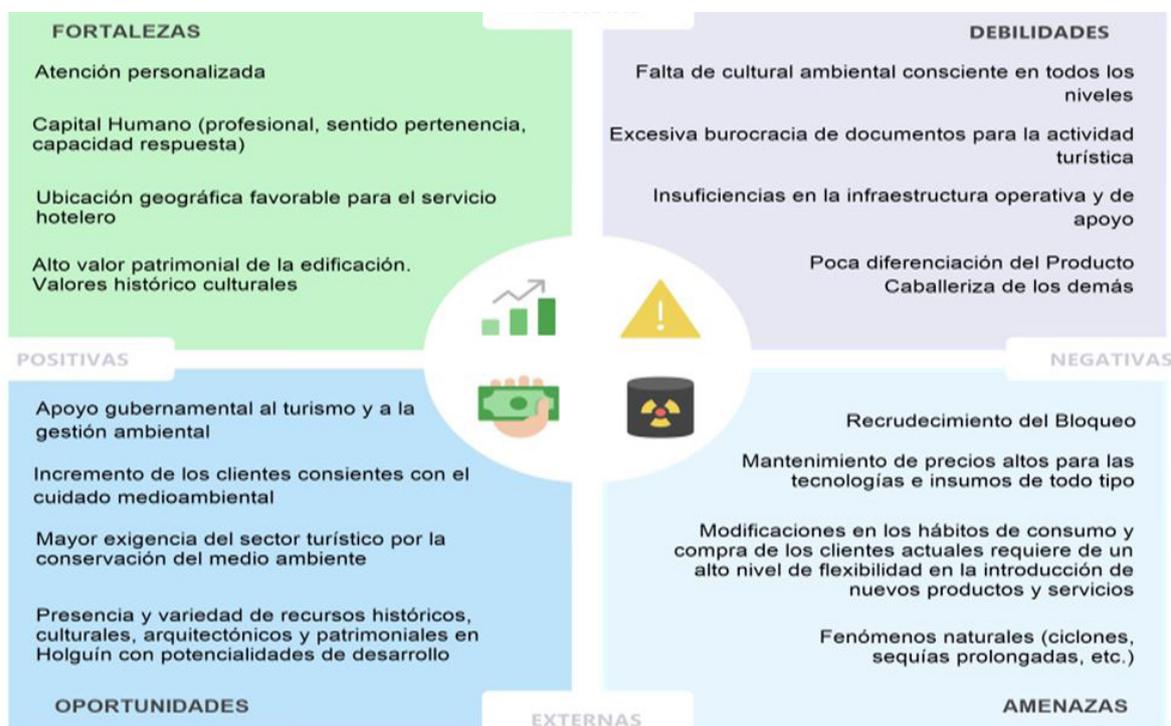
El 46% de los encuestados considera positiva la limpieza e higiene en todas las actividades, productos y servicios del hotel, el tratamiento brindado a los residuales sólidos, así como un adecuado nivel de ruido. La capacitación fue un aspecto considerado deficiente por la mayoría de los encuestados, así como el tratamiento a los residuales líquidos.

- Comportamiento del componente de apoyo:

Se cuenta con programas de ahorro de energía, agua, residuos sólidos y líquidos; y con planes de mantenimiento. Se constató además, que existe una insuficiente política de compra para la adquisición de tecnologías, productos, materias primas e insumos no contaminantes con el medio ambiente.

Paso 4. Analizar el informe de diagnóstico: Con el consejo de dirección se analizó y debatió el informe del diagnóstico realizado por el equipo de trabajo, y se confeccionó el plan de acciones, encaminado a minimizar las problemáticas detectadas.

Figura 2. Procedimiento para la gestión ambiental en Hoteles Encanto.



Fuente: Elaboración propia.

Fase II: Diseño y documentación

En el despliegue de esta fase se establecieron acciones para diseñar el sistema de gestión ambiental, definiéndose la política ambiental, los procedimientos ambientales, las instrucciones de trabajo, las responsabilidades y el procedimiento de las diferentes tareas; así como la realización del seguimiento y medición de la eficacia del sistema por la dirección.

Paso 5. Comprometer a la alta dirección del hotel: Esta debe demostrarse como líder y estar comprometida con la gestión ambiental. Debe asumir su responsabilidad con el cumplimiento de las normativas y rendir cuentas sobre la eficacia del sistema; también necesita establecer políticas y objetivos, acorde con su dirección estratégica y el contexto, de tal manera que

se garantice la integración de los requisitos ambientales en la organización.

Paso 6. Declarar la política ambiental: La alta dirección del hotel Caballeriza, empeñada en brindar servicios personalizados con un alto nivel profesional, asume su liderazgo y responsabilidad en la preservación, cuidado y respeto del medio ambiente y busca alternativas sostenibles e innovadoras para todas las actividades que desarrolla, en aras de favorecer los indicadores ambientales en los componentes estratégico, operativo y de apoyo.

Paso 7. Definir roles, autoridades y responsabilidades: El jefe del proceso operativo tiene la responsabilidad de garantizar la correcta planificación y control de cada servicio, cumplir los requisitos del cliente y gestionar las competencias

del personal para asegurar la calidad del servicio. Los especialistas y funcionarios en los procesos tienen la responsabilidad de realizar la actividad por la cual están responsabilizados y con la frecuencia indicada en los procedimientos, así como llevar los registros establecidos. Los trabajadores tienen la responsabilidad de realizar su trabajo conforme a lo señalado en los estándares físicos de imagen y documentos de operaciones del servicio, así como en los documentos legales aplicables.

Paso 8. Gestionar riesgos y oportunidades: Se definieron las acciones para enfrentar los riesgos (debilidades y amenazas) asociados al medio ambiente de la organización, así como las acciones para aprovechar las fortalezas y oportunidades identificadas durante el análisis del contexto organizacional.

Paso 9. Trazar objetivos ambientales: Se trazaron como objetivos ambientales la mejora de la gestión de dirección en la entidad; fortalecer la formación y desarrollo profesional y medio ambiental de los directivos y empleados; mejorar el cumplimiento de buenas prácticas ambientales, higiénicas sanitarias, estándares físicos y de imagen en los servicios hoteleros; y lograr el uso racional de recursos en las operaciones.

Paso 10. Determinar los recursos: La planificación de las necesidades de recursos, incluidos los relacionados con el sistema de gestión ambiental, se realiza anualmente en correspondencia con las disposiciones del Ministerio de Economía y Planificación, el Ministerio de Turismo y el Grupo Hotelero Cubanacán, para la elaboración del presupuesto de gastos y del plan técnico económico.

Paso 11. Definir las competencias: La competencia y formación de los recursos humanos se regula en el proceso de gestión del capital humano, al aplicar los procedimientos y registros considerados en él.

Paso 12. Tomar conciencia: Además de las actividades de formación, se ejecuta un programa de acciones dirigidas a proporcionar la toma de conciencia del personal en el cuidado y protección del medio ambiente, para lograr su contribución al sistema de gestión ambiental.

Paso 13. Establecer canales de comunicación: Las vías más utilizadas para la comunicación interna son la página web, correos electrónicos, videos, las asambleas de trabajadores y la propaganda gráfica mediante plegables, carteles, boletines, entre otros.

Paso 14. Documentar: Fueron estructurados documentos como el *Manual del sistema integrado de gestión* (SIG), así como disímiles documentos (política, objetivos, partes interesadas), procedimientos, fichas de proceso, reglamentos, instrucciones de trabajo, información documentada de origen externo y registros.

Paso 15. Elaborar el mapa de procesos: Mediante el trabajo en equipo se identificaron los procesos pertenecientes a los componentes estratégico, operativo y de apoyo, y se confeccionó el mapa de procesos.

DISCUSIÓN

Los procedimientos propuestos por Campbell (2009), Azze y Ochoa (2017), Martínez *et al.* (2017) y Leyva y Ochoa (2020) fueron contrastados con la norma cubana ISO 14001:2015, a partir de la construcción de una matriz binaria con las etapas o fases y las variables predominantes de mayor

importancia, analizadas en cada uno de ellos; mediante el uso del *software* SPSS versión 2.0 para el análisis de grupos o conglomerados.

Se pudo evidenciar que, en los procedimientos estudiados, resulta insuficiente el número de variables que utilizan para el diagnóstico, diseño e implementación del sistema de gestión ambiental, así como las técnicas y herramientas declaradas para ejecutar los diferentes pasos de los procedimientos propuestos. Además, se consideró necesario en el componente estratégico, introducir el análisis del contexto organizacional, la identificación de las necesidades y expectativas de las partes interesadas, la determinación de los riesgos y oportunidades (por ser elementos esenciales para trazar la estrategia), los objetivos, la política ambiental y su despliegue a todos los niveles de la organización; con el fin de lograr la integración del componente estratégico con el operativo y el de apoyo.

El procedimiento para la gestión ambiental propuesto fue evaluado a través del criterio de siete especialistas, a quienes se les aplicó un test para garantizar la retroalimentación necesaria. Para evaluar la relevancia de las fases y la estructuración de los pasos que lo conforman, así como sobre los aspectos teóricos que fundamentan al mismo, se definieron una serie de indicadores relacionados con la gestión ambiental en los servicios del hotel; a cada elemento se le otorgó una calificación del 1 al 5 (escala de Likert), donde 1 es el de menor valor y 5 el de mayor valor.

Se conformó la matriz de evaluación de los especialistas con el programa *Microsoft Excel* 2016, y se introdujeron los valores dados por

ellos. En el procesamiento de la información se utilizó una medida de tendencia central (media), con el objetivo de obtener el valor medio del conjunto de evaluaciones dadas, definido como *índice de evaluación* (Graña, 2017).

Los resultados de este análisis le confirmaron una puntuación de 4.42 a la forma de abordar la gestión ambiental en el procedimiento, a partir de dimensiones por los componentes estratégico, operativo y de apoyo, y los respectivos indicadores propuestos; 4.28 a la significación que recoge que el procedimiento se basa en una concepción sistémica, participativa y por proceso para la gestión ambiental, como a su actuación transversal en toda la organización; y se alcanzó una puntuación de 4.28 en el ítem relacionado con la necesidad de profundizarse en el análisis del contexto organizacional y en la determinación de los riesgos y oportunidades del entorno; por lo que los aspectos teóricos abordados en el procedimiento se evalúan de *muy bien*.

El procedimiento diseñado contribuye al desarrollo de acciones metodológicas que benefician la gestión ambiental, el cumplimiento de las legislaciones vigentes, el uso eficiente del financiamiento, la aplicación de las tecnologías compatibles con el medio ambiente, la responsabilidad ante el uso de los recursos, la creación de capacidades para el intercambio con el entorno y el fortalecimiento del impacto ambiental positivo de los actores; lo que favorece al logro de los objetivos estratégicos de la organización, la mejora del medio ambiente en ella y el cumplimiento de su misión.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El procedimiento para la gestión ambiental en los servicios de la marca *Hoteles Encanto* aborda desde el enfoque sistémico, participativo y por proceso, su actuación transversal en toda la organización, a través de los componentes estratégico, operativo y de apoyo; e introduce variables, técnicas y herramientas necesarias para lograr una concepción más pertinente, actual e integral, que favorece la disminución de los impactos ambientales en la organización.

La aplicación parcial del procedimiento en el hotel Caballeriza permitió demostrar la

pertinencia, capacidad y flexibilidad del mismo, determinándose las limitaciones existentes en la gestión ambiental de ese hotel y las acciones necesarias para erradicarlas; así como permitió constatar su capacidad real para implantar estrategias efectivas de mejora ambiental en la instalación, esencialmente al proponérsele al consejo de dirección las herramientas metodológicas, tácticas y estratégicas acertadas para conducir el proceso. Se recomienda su generalización en otros hoteles de la misma marca y con igual destino turístico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Atencio, R.R., Ochoa, M.B, y Rodríguez, R. (2017). El Sistema de Gestión Ambiental en la Empresa Inmobiliaria del Turismo Holguín. *Ciencias Holguín*, 23(2), 1-17. <https://bit.ly/3kcOWwo>
- Azze, A.M, y Ochoa, M.B. (2017). La gestión ambiental del turismo de naturaleza en la Villa Mirador de Mayabe, Cuba. *Revista Interamericana de Ambiente y Turismo*, 13(1), 52-67. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-235X2017000100052>
- Campbell, A (2009). Propuesta de un programa de gestión ambiental en el hotel villa La Granjita Hostal Mascotte, de Villa Clara [Tesis de maestría, Universidad Central «Marta Abreu» de Las Villas]. Repositorio Institucional UCV. <https://bit.ly/2LXYHmO>
- González, B., Ochoa, M.B., y Quesada, G.M. (2019). La gestión ambiental integral en el hotel Brisas Covarrubias de Las Tunas. *Ciencias Holguín*, 25(1), 69-83. <https://bit.ly/3lfW1Oq>
- Graña, G. (2017). Diseño de los servicios del Hotel E Bahía del Almirante en Gibara [Tesis de grado, Universidad de Holguín]. Repositorio Institucional UHo. <https://bit.ly/32tPAQq>
- Ley 81 del 1997. *Ley del Medio Ambiente. 11 de julio de 1997*. Gaceta Oficial de la República de Cuba, Edición Extraordinaria Año 95, No. 7. <https://bit.ly/38qNVyS>
- Leyva, D., y Ochoa, M.B. (2020). Reformas en la gestión ambiental del hotel Iberostar Ordoño del destino turístico de Gibara, Cuba. *Revista Estudios Turísticos*, (219), 95-112. <https://bit.ly/2GG1X40>
- Marrero, M. (21 de enero de 2011). *Entrevista a Manuela Marreo, Ministro de Turismo de Cuba*. Caribbean News Digital. <https://bit.ly/2U8lqwk>

- Martínez, M., Huerta, F., y Hernández, M.L. (2017, enero 10). Procedimiento para sistemas de gestión ambiental en hoteles de Varadero, Cuba. *Gestiopolis*. <https://bit.ly/36heHqv>
- Ochoa, M.B., Gallardo, O.A., Pérez, R.F., y Ávila, R.M. (2016). Tecnología para la gestión ambiental integral en instituciones escolares. Aplicación en Holguín. *Ciencias Holguín*, 22(1), 69-84. <https://bit.ly/38nTEFr>
- Oficina Nacional de Normalización. (2015a). *Sistema de Gestión de la Calidad-Requisitos*. (Norma Cubana ISO 9001:2015)
- Oficina Nacional de Normalización. (2015b). *Sistema de Gestión Ambiental*.(Norma Cubana ISO 14001:2015)
- Rainforest Alliance. (2008). *Buenas prácticas para turismo sostenible*. Rainforest Alliance.
- Resolución 129 de 2017 [Ministerio de Turismo]. *Estrategia Ambiental del Ministerio del Turismo*. Gaceta Oficial de la República de Cuba No. 10 Ordinaria de 2018. <https://bit.ly/32tbltY>
- Reyes, B., y Ochoa, M. B. (2019). Procedimiento sobre gestión ambiental para el Centro de Información y Gestión Tecnológica. *Ciencias Holguín*, 25(2), 83-96. <https://bit.ly/32peFvR>

**III CONGRESO IBEROAMERICANO SOBRE EDUCACIÓN
AMBIENTAL PARA LA SUSTENTABILIDAD**

Fecha: 25 al 29 de enero de 2021

Organiza: Universidad de Ciencias Pedagógicas “Enrique José Varona” (Cuba)

Inscripción de ponencias hasta el: 15 de diciembre del 2020

Ficha para la inscripción de ponencias: https://reima-ec.org/reima_eventos/iii-cieas/

**VII CONGRESO IBEROAMERICANO SOBRE USO SUSTENTABLE
DE LA BIODIVERSIDAD Y MANEJO DE ÁREAS PROTEGIDAS**

Fecha: 1 al 5 de marzo de 2021

Organiza: Universidad Centro Panamericano de Estudios Superiores (México)

Inscripción de ponencias hasta el: 15 de enero del 2021

Ficha para la inscripción de ponencias: <https://bit.ly/2ZHUh7N>

**VI CONGRESO IBEROAMERICANO SOBRE MANEJO SUSTENTABLE
DE TIERRAS Y SEGURIDAD ALIMENTARIA**

Fecha: 19 al 23 de abril de 2021

Organiza: Universidad Estatal del Sur de Manabí (Ecuador)

Inscripción de ponencias hasta el: 15 de febrero del 2021

Ficha para la inscripción de ponencias: https://reima-ec.org/reima_eventos/vi-cimst



CALENDARIO DE EVENTOS 2021

VII CONGRESO IBEROAMERICANO SOBRE AMBIENTE Y SUSTENTABILIDAD

Fecha: 31 de mayo al 4 de junio de 2021

Organiza: Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí (Ecuador)

Inscripción de ponencias hasta el: 15 de abril del 2021

Ficha para la inscripción de ponencias: https://reima-ec.org/reima_eventos/vii-cias

VI CONGRESO IBEROAMERICANO SOBRE TURISMO SUSTENTABLE

Fecha: 27 de septiembre al 1 de octubre de 2021

Organiza: Prefectura de Chimborazo (Ecuador)

Inscripción de ponencias hasta el: 15 de junio del 2021

Ficha para la inscripción de ponencias: https://reima-ec.org/reima_eventos/vi-cits

**VII SEMINARIO CIENTÍFICO INTERNACIONAL SOBRE COOPERACIÓN
UNIVERSITARIA PARA EL DESARROLLO SUSTENTABLE**

XI TALLER ESTUDIANTIL INTERNACIONAL SOBRE MEDIO AMBIENTE (TEIMA´2021)

Fecha: 13 al 17 de diciembre de 2021

Organiza: Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí “Manuel Félix López” (Ecuador)

Inscripción de ponencias hasta el: 15 de noviembre del 2021

Ficha para la inscripción de ponencias: https://reima-ec.org/reima_eventos/vii-scicuds





REVISTA IBEROAMERICANA AMBIENTE & SUSTENTABILIDAD

INSTRUCCIONES A LOS AUTORES PARA EL ENVÍO DE ARTÍCULOS

La *Revista Iberoamericana Ambiente & Sustentabilidad* es una publicación que abarca diversos temas desde diferentes áreas del conocimiento, los cuales tienen un impacto directo en la gestión ambiental. La misma asume cuatro categorías de trabajos científicos:

- a) Artículos de investigación científica
- b) Artículo de revisión
- c) Artículos de reflexión o ensayos
- d) Estudios de caso

Siempre que los mismos se contemplen como envíos originales y respondan a uno de los siguientes ejes temáticos:

- Uso sustentable de la biodiversidad y manejo de áreas protegidas
- Manejo sustentable de tierras y seguridad alimentaria
- Gestión de riesgos ambientales y cambio climático
- Gestión sustentable de recursos hídricos
- Gestión ambiental en asentamientos humanos
- Gestión sustentable de residuos sólidos urbanos
- Educación, cultura y comunicación ambiental
- Turismo sustentable
- Política y derecho ambiental
- Bases de datos, percepción remota y SIG aplicados a la gestión ambiental
- Cooperación universitaria para el desarrollo sustentable

La *Revista Iberoamericana Ambiente & Sustentabilidad* tiene sus antecedentes en el Boletín ECOTEMAS y las publicaciones que se han generado desde el año 2016 como resultado de las ponencias presentadas en los diferentes congresos que organiza la Red Iberoamericana de Medio Ambiente (REIMA, A.C.). En consecuencia, está dirigida fundamentalmente a profesionales, docentes, investigadores y estudiantes, principalmente de Iberoamérica, sean o no miembros de REIMA A.C., que tengan interés en publicar los resultados de sus investigaciones a través de la misma.

Los trabajos enviados deben ser originales e inéditos y no deben haber sido presentados o publicados en otra revista. *Ambiente & Sustentabilidad* recibe artículos en español, inglés y portugués. Independientemente del idioma, los artículos deben contener título, resumen y palabras clave en español, inglés y portugués. Los trabajos seleccionados serán revisados por los miembros del Equipo editorial mediante el proceso de «Revisión por pares doble ciego».

La *Revista Iberoamericana Ambiente & Sustentabilidad* no se responsabiliza de las opiniones y afirmaciones expresadas en los artículos, estas son responsabilidad exclusiva de los autores.

1. Tipos de trabajos

- **Artículos de investigación científica:** redactado a partir de resultados de investigaciones originales y rigurosas de carácter teórico o experimental. La extensión máxima será de 15 cuartillas



REVISTA IBEROAMERICANA AMBIENTE & SUSTENTABILIDAD

incluyendo resumen, tablas y figuras, con un mínimo de 10 referencias bibliográficas y un máximo de 40, todas ellas citadas en el artículo.

- **Artículo de revisión:** redactado a partir de investigaciones donde se analizan, sistematizan e integran los resultados de diversas investigaciones publicadas o no publicadas, sobre un tema específico con el fin de dar cuenta de los avances y las tendencias de desarrollo del mismo. La extensión máxima es de seis cuartillas incluyendo resumen (descriptivo), palabras clave, introducción y texto dividido en varios apartados (a consideración del autor), conclusiones y bibliografía. Puede ilustrarse con tablas y figuras. Debe contar con un mínimo de 10 referencias bibliográficas y un máximo de 40.
- **Artículos de reflexión o ensayos:** presenta resultados de una investigación, reflexión o experiencia académica determinada desde una perspectiva analítica, interpretativa o crítica del autor, sobre un tema específico, recurriendo a fuentes originales y aportando su tesis y razones. La extensión máxima es de cuatro cuartillas y un mínimo de 10 referencias bibliográficas.
- **Estudios de caso:** se centra en el estudio exhaustivo de un fenómeno o tema específico que permite descubrir nuevos aspectos de un tema específico o confirmar aquello que ya sabemos. Como resultado se obtendrá una descripción exhaustiva y cualitativa de un fenómeno,

experiencia, situación o condición específica. La extensión máxima es de seis cuartillas, con un mínimo de 10 referencias bibliográficas y un máximo de 40.

2. Formato del artículo

El formato del artículo se debe ceñir a las normas expuestas a continuación. Se recomienda el uso de la plantilla *Plantilla para el envío de artículos* para el envío del artículo, que se encuentra disponible en la web de la revista.

A. Título: aparecerá en español, inglés y portugués; debe ser explícito y preciso, no debe exceder las 15 palabras, reflejando sin lugar a equívocos su contenido. No pueden usarse fórmulas, abreviaturas o acrónimos.

B. Resumen: se redacta en un lenguaje preciso y conciso, en tiempo pasado; donde se incluyan los objetivos, metodología empleada, resultados más relevantes y principales conclusiones de la investigación. Se redacta en un solo párrafo en idioma español, inglés y portugués; con una extensión máxima de 200 palabras.

C. Palabras clave: entre tres y ocho palabras o grupos de palabras ordenadas alfabéticamente, separadas por comas y que no se encuentren en el título. Aparecerán en español, inglés y portugués. Deben estar relacionadas con el contenido del trabajo para una mejor inclusión en índices y bases de datos nacionales e internacionales. Puede



REVISTA IBEROAMERICANA AMBIENTE & SUSTENTABILIDAD

apoyarse para su selección en el tesoro de la UNESCO <http://vocabularies.unesco.org/browser/thesaurus/en/groups>

D. Texto de los artículos: la redacción debe ser clara y concisa, respetando la extensión máxima que se indicada en el apartado *Tipos de trabajos*. Todas las siglas citadas deben contar con su significado.

Para el caso de los *Artículos de investigación científica* y *Estudios de caso* se recomienda la siguiente estructura:

Introducción

- Se redacta en presente, con un estilo descriptivo-narrativo.
- Refiere el propósito del trabajo, alcance e importancia de este, así como el conocimiento actual del tema; citando las contribuciones más relevantes en la materia.
- Incluye el fundamento teórico y racional del estudio: el qué y el porqué de la investigación.
- Deben quedar explícitos los objetivos principales (generales) y secundarios (específicos).
- Se declara la hipótesis o pregunta de la investigación y el problema científico.
- Proporciona solo referencias estrictamente pertinentes y deben aparecer conclusiones del resultado científico que se informa.
- No debe existir exceso de citas bibliográficas, pues para un estudio detallado sobre el tema están los artículos de revisión.

- Para más información sobre la introducción según la norma APA 7ma edición consultar el enlace: <https://normas-apa.org/estructura/introduccion/>

Materiales y métodos

- Se redacta en pasado (midió, estudió, analizó, comprobó, etc.), con un estilo descriptivo.
- Aparecen los criterios utilizados para elegir el objeto de estudio y los pasos que se siguieron.
- Expresa claramente todos los protocolos, métodos y características relevantes de los materiales empleados para llegar a los resultados.
- Presenta los materiales evaluados (especificaciones técnicas, cantidades, procedencia o método de preparación, nombres genéricos o químicos, evitando los comerciales).
- Debe aparecer una descripción completa de los métodos utilizados para que el lector pueda evaluar la conveniencia de los métodos, la confiabilidad y la validez de sus resultados, facilitando que otro investigador pueda replicar la metodología y comparar los resultados.
- Debe declararse el tamaño de la muestra; el análisis estadístico debe realizarse mediante software especializado.
- Debe exponer el período de tiempo y escenarios estudiados, así como comentar las principales limitaciones de la investigación.



REVISTA IBEROAMERICANA AMBIENTE & SUSTENTABILIDAD

- Se declara, en caso de que se requiera, el uso de acrónimos, sistemas de medidas, etcétera.

Resultados

- Se escriben en pasado con estilo descriptivo-narrativo, de forma clara y concisa, sin uso excesivo de verbos.
- Deben resumir la información recopilada y el análisis realizado sobre los datos más relevantes mediante texto, tablas y figuras (solo hasta 8 tablas).
- Las tablas y figuras deben ser autoexplicativas, de tal manera que el lector no tenga que ir al texto para entender la información que se presenta.
- Se deben proporcionar resultados numéricos, no solo derivadas (por ejemplo, %) sino también los números absolutos a partir de los cuales se calcularon las derivadas y se deben especificar los métodos estadísticos utilizados.
- Se utilizará el sistema internacional de unidades.
- Se emplearán las expresiones estadísticas correctas y se evitarán las redundancias.
- Se expresan sin emitir juicios de valor ni sacar conclusiones.
- Para más información sobre los resultados según la norma APA 7ma edición consultar el enlace: <https://normas-apa.org/estructura/texto/>

Discusión

- Se escribe en presente, pero en pasado

cuando se comentan los resultados obtenidos.

- Se plantea lo realmente importante, enfatizando en los aspectos nuevos y esenciales del estudio, su importancia, implicaciones y limitaciones.
- No se deben repetir en detalle datos u otro material proporcionado en la sección Introducción o Resultados.
- Para estudios experimentales, es útil comenzar la discusión resumiendo los principales hallazgos, luego explicar posibles mecanismos o explicaciones para estos hallazgos.
- Se debe comparar y contrastar cómo la investigación es diferente de lo informado anteriormente y cómo las observaciones de los autores avanzarán significativamente el conocimiento actual del tema.
- Se deben evitar declaraciones no calificadas y criterios no respaldados por los datos.
- Se comentan las posibles aplicaciones de los resultados obtenidos.
- Debe sustentarse en el análisis estadístico y aportes de otros autores con estudios similares, más no en apreciaciones subjetivas.
- Pueden aparecer recomendaciones y sugerencias para investigaciones futuras.
- No debe compararse con demasiados estudios, pues puede distraer o confundir al lector.
- Las abreviaturas deben mantenerse al mínimo y definirse al primer uso en el texto.



REVISTA IBEROAMERICANA AMBIENTE & SUSTENTABILIDAD

En algunos casos se hace un apartado común: *Resultados y discusión*, en el que al mismo tiempo que se presentan los resultados se van discutiendo, comentando o comparando con otros estudios; en otros casos los resultados y la discusión pueden ser apartados independientes.

Conclusiones

- Se redactan de forma impersonal, utilizando un lenguaje referido a lo expuesto en el tema.
- Breve la recapitulación del contenido del artículo, con las contribuciones más importantes y posibles aplicaciones, evitando las decoraciones léxicas y expresándolas lo más directamente posible.
- Estarán regidas por lo propuesto en la introducción.
- No se trata de aportar nuevas ideas, sino recopilar lo indicado en los apartados de resultados y discusión.
- No deben aparecer citas de otro autor.
- Debe existir correspondencia con los objetivos planteados.
- No deben aparecer enumeradas, ni con viñetas.

Bibliografía

- Para citar fuentes bibliográficas en el texto y elaborar la lista de referencias se debe utilizar el estilo de la Asociación Americana de Psicología (APA), 7ma edición de 2019.
- Se debe indicar el DOI (*Digital Object Identifier*) de cada referencia, si lo tiene.

- Debe incluir exclusivamente las obras citadas dentro del artículo.
- Más del 75 % de la bibliografía citada debe haber sido publicada en los últimos cinco años, salvo que tengan una relevancia histórica o que el autor del mismo sean un referente en ese campo.
- Deben limitarse las referencias de recursos sin ISSN (resúmenes, tesinas, tesis, informes, etc.)
- La exactitud de las referencias bibliográficas es responsabilidad exclusiva del autor.

La estructura del artículo en el caso de *Artículos de reflexión o ensayos* y *Artículo de revisión* será la siguiente: título, datos del autor, resumen y palabras clave, quedando el resto de apartados a consideración de los autores.

E. Tablas

- Sirven para presentar datos que sean realmente relevantes en el estudio.
- El número de la tabla (por ejemplo, **Tabla 1**) es lo primero que aparece y debe usarse negrita.
- El título debe escribirse en cursiva, en una línea con interlineado sencillo y a continuación del número de la tabla; debe ser breve pero descriptivo.
- Todas deben incluir encabezados de columna; se sugiere centrar el texto de los encabezados.
- El cuerpo incluye todas las filas y columnas de una tabla (incluida la fila de encabezado); con interlineado sencillo y se recomienda centrar el texto en todas



REVISTA IBEROAMERICANA AMBIENTE & SUSTENTABILIDAD

las celdas de la tabla.

- Si se utilizan abreviaturas en la tabla, pueden especificarse en las notas.
- Las notas pueden utilizarse también para atribuir derechos de autor, explicaciones extras con asteriscos. No es un punto obligatorio, por lo tanto, inclúyase notas de tablas solo si son necesarias.
- Para más información sobre estilo de las tablas según la norma APA 7ma edición consultar el enlace: <https://normas-apa.org/estructura/tablas/>

F. Figuras

- Todos los tipos de elementos visuales que no sean tablas se consideran figuras en el estilo APA. Por ejemplo: ilustraciones, infografías, fotografías, gráficos de líneas o de barras, diagramas de flujo, dibujos, mapas, etc.
- Resolución mínima de 300 píxeles por pulgada (ppp) o 300 puntos por pulgada (dpi).
- Deben aparecer las necesarias y mostrándose atractivas y fáciles de entender.
- Se caracterizan por ser sencillas, claras y mostrar continuidad frente al tema del documento.
- El número (por ejemplo, **Figura 1**) es lo primero que aparece y debe ser en negrita.
- El título debe aparecer a continuación del número de la figura y se utiliza cursiva. Debe ser breve pero descriptivo.
- La leyenda debe colocarse dentro de los bordes de la figura y debe ser usada para

explicar los símbolos utilizados.

- Si se utilizan abreviaturas en la figura, pueden especificarse en las notas.
- Las notas pueden utilizarse también para atribuir derechos de autor, explicaciones extras con asteriscos. No es un punto obligatorio, por lo tanto, inclúyase notas de figuras solo si son necesarias.
- Para más información sobre estilo de las figuras según la norma APA 7ma edición consultar el enlace: <https://normas-apa.org/estructura/figuras/>

G. Notas al pie

- En las normas APA las notas al pie de página se utilizan solo para ampliar información e incluir definiciones.
- La fuente será Times New Roman, 10 puntos.
- Deberán enumerarse con números arábigos y no deben exceder las 40 palabras, de lo contrario estas deben ser incorporadas al texto general.
- En las normas APA no se emplea las notas al pie de página para referenciar o citar. Las citas deben hacerse las veces que sean necesarias dentro del texto, cita textual o parafraseada.

H. Fórmulas y expresiones matemáticas

- Deben aparecer con la máxima claridad de escritura, procurando emplear las formas más reducidas o que ocupen menos espacio.
- En el texto deben aparecer entre corchetes.
- La utilización de unidades de medida



REVISTA IBEROAMERICANA AMBIENTE & SUSTENTABILIDAD

debe seguir la normativa del Sistema Internacional de Medidas.

I. Citas y Referencias bibliográficas

- Las citas y referencias bibliográficas se ajustarán al estilo de la Asociación Americana de Psicología (APA), 7ma edición de 2019.
- La veracidad de las citas y referencias bibliográficas será responsabilidad exclusiva del autor o autores del artículo.
- Se deben utilizar como mínimo 10 fuentes, las cuales deben ser de los últimos cinco años, con excepción de los clásicos de esa área del conocimiento.
- En el caso de fuentes que sean artículos científicos se deben utilizar, preferentemente, aquellas que provengan de revistas científicas indexadas.
- Solo se incluirá el número de página en las citas textuales.
- Solo deben aparecer las obras citadas en el texto, ordenadas alfabéticamente con sangría francesa.
- Para más información sobre citas y referencias bibliográficas consultar el enlace: <https://normas-apa.org/introduccion/citas-vs-referencias-vs-bibliografia/>

Agradecimientos: es opcional y no debe extenderse más allá de 100 palabras. Se debe agradecer la ayuda técnica (persona, institución u organización) y financiera externa (subvenciones, proyectos y becas);

así como las colaboraciones; que deben ser reconocidas pero que no justifican la coautoría.

3. Envíos

Los trabajos originales se deben remitir a través de la página web: <http://www.ambiente-sustentabilidad.org/> en el apartado *Envío de artículos*. Aquellos que sean enviados a las direcciones de correo electrónico personal de los miembros del equipo editorial o a las cuentas de REIMA, A.C. no se considerarán como tal, y los autores no tendrán derecho a reclamación alguna.

Los trabajos deben enviarse en formato OpenOffice, Microsoft Word o WordPerfect para Windows, escritos en tipografía Calibri; puntaje 11; interlineado sencillo con espaciado anterior y posterior automático; tamaño Carta (*Letter*) 21.59 cm x 27.94 cm (equivalente a 8 1/2 x 11 pulgadas); y márgenes de 2.5 cm por cada lado. Las citas y referencias bibliográficas se realizarán según la *Norma APA Séptima Edición (2019)*. Las figuras que aparecerán en los artículos vendrán numeradas en un archivo comprimido aparte. Se debe enviar además una copia en formato PDF con las figuras insertadas en el lugar correspondiente y sin la información de los autores.

El fichero debe llevar como nombre el título del artículo y no deben aparecer los datos de los autores; como garantía para la revisión de pares ciegos.