

UNA MIRADA INVESTIGATIVA A LA GESTIÓN AMBIENTAL Y PRODUCCIÓN AGROPECUARIA SOSTENIBLE

Alberto José Rincón Atuesta (Comp.)
Carmen Liceth García Quintero (Comp.)



Universidad Francisco
de Paula Santander
Ocaña - Colombia
Vigilada Mineducación

**UNA MIRADA
INVESTIGATIVA A LA
GESTIÓN AMBIENTAL
Y PRODUCCIÓN
AGROPECUARIA
SOSTENIBLE**

COMPILADORES:
ALBERTO JOSÉ RINCÓN ATUESTA
CARMEN LICETH GARCÍA QUINTERO

Rincón Atuesta, Alberto José, autor

Una mirada investigativa a la gestión ambiental y producción agropecuaria sostenible / Alberto José Rincón Atuesta, Carmen Liceth García Quintero. -- Primera edición. -- San José de Cúcuta : Universidad Francisco de Paula Santander ; Bogotá : Ecoe Ediciones, 2022.

105 páginas. -- (Producción animal y medio ambiente. Educación, desarrollo sostenible, producción agropecuaria)

Incluye datos curriculares de los autores -- Incluye referencias bibliográficas

ISBN 978-958-503-414-3 -- 978-958-503-415-0 (e-book)

1. Producción agropecuaria - Aspectos ambientales - Investigaciones - Colombia 2. Agricultura sostenible - Investigaciones - Colombia 3. Desarrollo sostenible - Investigaciones - Colombia I. García Quintero, Carmen Liceth, autor

CDD: 333.709861 ed. 23

CO-BoBN- a1096424



Área: Producción animal y medio ambiente

Subárea: Educación, desarrollo sostenible, producción agropecuaria



**Universidad Francisco
de Paula Santander**

Ocaña - Colombia
Vigilada Mineducación

© Alberto José Rincón Atuesta
© Carmen Liceth García Quintero

© Universidad Francisco
de Paula Santander
Vía Acolsure, Sede el Algodonal
Ocaña, Norte de Santander -
Colombia
Teléfono: 5690088

► Ecoe Ediciones S.A.S.
info@ecoediciones.com
www.ecoediciones.com
Carrera 19 # 63C 32, Tel.: 919 80 02
Bogotá, Colombia

Primera edición: Bogotá, agosto del 2022

ISBN: 978-958-503-414-3
e-ISBN: 978-958-503-415-0

Directora editorial: Claudia Garay Castro
Coordinadora editorial: Paula Bermúdez B.
Corrección de estilo: Tomás Collazos
Diagramación: Astrid Prieto
Carátula: Magda Rocío Barrero
Impresión: Xpress Estudio Gráfico y digital
Carrera 69 H # 77 - 40

*Prohibida la reproducción total o parcial por cualquier medio
sin la autorización escrita del titular de los derechos patrimoniales.*

Impreso y hecho en Colombia - Todos los derechos reservados



AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Francisco de Paula Santander seccional Ocaña por el apoyo y financiación de este libro y a cada uno de los autores que presentaron sus investigaciones en el marco del III Congreso Internacional Catatumbarí, cuyos aportes contribuyen significativamente a la gestión ambiental y producción agropecuaria sostenible, en búsqueda de un equilibrio en la producción y conservación de recursos naturales.

CONTENIDO

PRÓLOGO	XV
CAPÍTULO 1. ONTOLOGÍA DE LA PRÁCTICA ANIMAL EN LA FORMACIÓN DEL ZOOTECNISTA DE LA UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA.....	
Introducción.....	1
Metodología	3
Resultados.....	4
Discusión	5
Referencias.....	7
Anexos.....	8
CAPÍTULO 2. IMPLEMENTACIÓN DE BUENAS PRÁCTICAS EN TAMBOS DE LA PROVINCIA DE CÓRDOBA (ARGENTINA): MEJORA EN ASPECTOS VINCULADOS AL AMBIENTE.....	
Introducción.....	11
Metodología	13
Resultados y discusión	14
Conclusiones	15
Referencias.....	15
Anexos.....	17

CAPÍTULO 3. IMPORTANCIA DE MURCIÉLAGOS	
<i>STURNIRA SP</i> Y <i>ARTIBEUS SP</i> EN LA RESTAURACIÓN ECOLÓGICA	
DEL BOSQUE SUBANDINO COMO POTENCIAL SOLUCIÓN	
BASADA EN LA NATURALEZA	19
Introducción.....	19
Metodología	20
Resultados y discusión.....	21
Conclusiones	23
Referencias.....	24
Anexos.....	25
CAPÍTULO 4. EVALUACIÓN TÉCNICO-FINANCIERA DE UN SISTEMA DE	
GENERACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO PARA	
UNA EMPRESA DEL SECTOR AGROINDUSTRIAL, UBICADA EN EL	
DEPARTAMENTO DE SANTANDER, MUNICIPIO DE CURITÍ.....	29
Introducción.....	29
Metodología	30
Resultados y discusión.....	30
Curvas de irradiancia	30
Curvas de carga.....	31
Escenario de diseño.....	31
Análisis financiero	32
Conclusiones	32
Referencias.....	33
Anexos.....	34
CAPÍTULO 5. EVALUACIÓN DEL EFECTO DE UN OPTIMIZADOR	
DE LA MUCOSA INTESTINAL SOBRE LOS PARÁMETROS	
PRODUCTIVOS EN AVES DE LEVANTE EN LA UFPSO	37
Introducción.....	37
Metodología	39
Resultados y discusión.....	40
Conclusiones	42
Referencias.....	42
Anexos.....	44
CAPÍTULO 6. IMPACTOS AMBIENTALES POR EL USO DE PLAGUICIDAS:	
EL CASO DEL CORREGIMIENTO DE MARTÍNEZ, MUNICIPIO DE CERETÉ.....	45
Introducción.....	45
Metodología	46
Resultados y discusión.....	47
Área de estudio.....	47

Caracterización de los plaguicidas	47
Valoración de impactos ambientales	47
Propuesta de mitigación	48
Conclusiones	49
Referencias.....	49
Anexos.....	50
CAPÍTULO 7. DIAGNÓSTICO DE LAS CONDICIONES AMBIENTALES	
DE LA CIÉNAGA DE AYAPEL, DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA.....	55
Introducción.....	55
Metodología	56
Resultados y discusión	57
Área de estudio.....	57
Características físico-bióticas.....	57
Características socioeconómicas de Ayapel	57
Dinámica espacial y problemas ambientales del humedal	58
Modelo PER.....	58
Medidas de mitigación para el mejoramiento del humedal.....	58
Conclusiones	58
Referencias.....	59
Anexos.....	60
CAPÍTULO 8. HÁBITOS SOSTENIBLES EN	
ESTUDIANTES CENTRALISTAS, ENFOQUES Y RETOS	63
Introducción.....	63
Metodología	64
Resultados y discusión	64
Identificación de factores restrictivos y potenciadores de	
hábitos sostenibles en instituciones de educación superior IES.....	64
Análisis de hábitos sostenibles en estudiantes universitarios	65
Identificación de estrategias	66
Diseño de la estrategia.....	67
Conclusiones	67
Referencias.....	68
Anexos.....	70
CAPÍTULO 9. ACTIVIDADES CON MAYOR CONSUMO DEL	
SERVICIO DE AGUA PÚBLICA EN LOS HOGARES DE LA CIUDAD	
DE BOGOTÁ (COLOMBIA), DURANTE EL CONFINAMIENTO	
POR COVID-19.....	77
Introducción.....	77
Metodología	78

Resultados y discusión	78
Conclusiones	79
Referencias.....	80
Anexos.....	81

CAPÍTULO 10. EVALUACIÓN Y MODELACIÓN DE LA CALIDAD

DEL AGUA DE LA CIÉNAGA GRANDE DE SANTA MARTA,

MAGDALENA (COLOMBIA)..... 85

Introducción.....	85
Índices de Contaminación (ICO)	87
Metodología	87
Obtención de los parámetros fisicoquímicos y variables hidroclimatológicas	88
Cálculo y clasificación de los índices de contaminación.....	88
Análisis individual de parámetros indicadores de calidad de agua	89
Modelación matemática de los índices de contaminación.....	89
Resultados y discusión	89
Conclusiones	92
Referencias.....	94
Anexos.....	97

EPÍLOGO..... 103

GLOSARIO 105

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama codificación axial docente	9
Figura 2. Diagrama codificación axial estudiantes.....	9
Figura 3. Codificación axial docentes: estudiantes	9
Figura 4. Porcentaje de cumplimiento en tambos para los correspondientes seis capítulos de la Guía BPEL.....	17
Figura 5. Porcentaje de mejora del cumplimiento para las BPs de manejo y uso del agua, manejo de residuos y tratamientos de efluentes incluidos en ambiente.....	17
Figura 6. Resultado índice de Margalef	26
Figura 7. Resultado índice de Simpson.....	27
Figura 8. Resultados índices de Shannon Weiner	27
Figura 9. Resultados índices de Jaccard (similitud entre puntos de muestreo)	28
Figura 10. Resultado índice de Jaccard (similitud en preferencia alimenticia)	28
Figura 11. Esquema metodológico	34
Figura 12. Curva de irradiancia promedio	34
Figura 13. Curva de carga promedio.....	35

Figura 14. Curva de demanda vs curva de generación para escenario de diseño: bajas pérdidas en el limitador	35
Figura 15. Ubicación del área de estudio	50
Figura 16. Medidas de mitigación	52
Figura 17. Ubicación del área de estudio	60
Figura 18. Dinámica espacio temporal de la ciénaga	61
Figura 19. Modelo Presión – Estado – Repuesta de la ciénaga de Ayapel	61
Figura 20. Medidas de mitigación	62
Figura 21. Enfoque estratégico	75
Figura 22. Consumo mensual promedio de agua (Litros)	81
Figura 23. Consumo mensual promedio de agua (Litros) por estrato	82
Figura 24. Consumo promedio de agua (Litros/mes y Litros/persona/día) por actividad y por estrato ...	82
Figura 25. Porcentaje de consumo de agua por actividad	83
Figura 26. Mapa de localización de la Ciénaga Grande de Santa Marta (CGSM)	97
Figura 27. Progresión temporal del Índice de Contaminación por pH (ICOpH) de la CGSM	98
Figura 28. Progresión temporal del Índice de Contaminación por Sólidos Suspendidos (ICOSUS) de la CGSM	98
Figura 29. Progresión temporal de los valores de salinidad de la CGSM ...	98
Figura 30. Progresión temporal de los valores de precipitación y temperatura de la CGSM	99
Figura 31. Progresión temporal de los valores de clorofila en el agua de la CGSM	99
Figura 32. Progresión temporal de los valores de oxígeno disuelto en el agua de la CGSM	99
Figura 33. Probabilidad normal del modelo	100

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Codificación abierta estudiantes	8
Tabla 2.	Codificación abierta docentes	8
Tabla 3.	Cumplimiento al 2020 de las BPs de químicos de uso para el agro	18
Tabla 4.	Áreas de captura, nomenclatura y coordenadas de la ubicación de las redes de niebla	25
Tabla 5.	Registro de individuos con identificación taxonómica encontrados en predio La Colonia, vereda La Plata-Neiva	26
Tabla 6.	Parámetros generales para la elaboración del análisis financiero	35
Tabla 7.	Resultados del análisis financiero	36
Tabla 8.	Esquema de la investigación	44
Tabla 9.	Agroquímicos utilizados	51
Tabla 10.	Plaguicidas utilizados en las fincas estudiadas	51
Tabla 11.	Caracterización según toxicidad aguda.....	51
Tabla 12.	Propuesta de mitigación.....	53
Tabla 13.	Medidas de mejoramiento del humedal.....	62
Tabla 14.	Factores potenciadores y restrictivos.....	70
Tabla 15.	Referencias de factores potenciadores y restrictivos	71
Tabla 16.	Estadística descriptiva, hábitos en los estudiantes centralistas ..	72

Tabla 17. Estadística descriptiva, factores restrictivos en los estudiantes..	73
Tabla 18. Estadística descriptiva, actividades que potencian los hábitos en los estudiantes.....	74
Tabla 19. Pasos básicos para plantear la estrategia	75
Tabla 20. Matriz de enfoque estratégico	76
Tabla 21. Significancia de los índices de contaminación (ICO)	97
Tabla 22. Coeficientes de correlación de Pearson para las variables en la construcción del modelo.....	100
Tabla 23. Resultados de las medidas de bondad de ajuste del modelo	100



PRÓLOGO



En los informes publicados en los años 2013 y 2015 por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), un tercio de la tierra destinada a la agricultura está degradada, la diversidad genética de los cultivos se ha perdido en un 75 por ciento, el 22 por ciento de razas vacunas se encuentran en riesgo, más del 50 por ciento de la población de peces está plenamente explotadas y, en la última década, la Organización de las Naciones Unidas (ONU, 2017) argumenta que aproximadamente 13 millones de hectáreas de bosques fueron completamente transformadas para otros usos. Lo anterior podría estar relacionado con el factor cultural o las creencias establecidas en cada territorio, cuyas acciones generan efectos o se convierten en limitantes debido a que no se actúa bajo principios científicos, sino bajo antecedentes o conocimientos empíricos. Por otro lado, se destacan las actividades antrópicas basadas en la obtención de recursos individualistas sin tener por prioridad los efectos causados al medio.

Conscientes de la creciente preocupación que se vive en América Latina y en especial en Colombia por el deterioro ambiental y los nuevos modelos de desarrollo en los que se está orientando, se han estructurado diferentes enfoques para abordar esta problemática conociendo las propuestas que desarrollan investigadores nacionales e internacionales, que tienen la responsabilidad profesional, ética y moral de ser no un relámpago para el Catatumbo, sino una luz permanente que oriente la actividad agropecuaria de esta región, respetando y manteniendo la integridad de esos maravillosos ecosistemas que aún subsisten.

La difusión de la investigación realizada constituye la intencionalidad de este libro, a través del cual pretendemos la consolidación de los principios agroecológicos y la revalorización de las prácticas ancestrales, para la recuperación de la productividad bajo los preceptos del respeto por el medio ambiente. Las características de los trabajos presentados por los investigadores abordan a la Agroecología como un campo de conocimiento científico con un enfoque transdisciplinario donde se integra lo social, político, ecológico y ético, para resolver la problemática rural¹.

Carmen Liceth García Quintero

-
- 1 FAO. (2013). *El patrimonio genético mundial es crucial para la supervivencia de la humanidad*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <https://bit.ly/3Ig-fP0c>
 - FAO. (2015). *Los suelos están en peligro, pero la degradación puede revertirse*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <https://bit.ly/3upLaId>
 - ONU. (2017). *Hasta 13 millones de hectáreas de bosques desaparecen cada año por la acción del hombre*. Organización de las Naciones Unidas. <https://bit.ly/2Cw5lKq>

CAPÍTULO 1

ONTOLOGÍA DE LA PRÁCTICA ANIMAL EN LA FORMACIÓN DEL ZOOTECNISTA DE LA UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA

*Carmen Liceth García Quintero²
Claudia Marcela Duran Chinchilla³
Alveiro Alonso Rosado Gomez⁴.*

Introducción

El programa de Zootecnia de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña tiene como misión:

Formar profesionales idóneos, con altas calidades humanas, éticas, científicas y técnicas, a través de la implementación de estrategias pedagógicas innovadoras y el uso de tecnologías; capaces de generar competencias que les permitan resolver con pertinencia y responsabilidad social los problemas del entorno, relacionados con la producción pecuaria, la bioseguridad, la administración, la investigación y la proyección social, con el propósito de contribuir con el desarrollo nacional e internacional. (PEP, 2020)

Según la Oficina Internacional del Trabajo (OIT), en el documento Clasificación Internacional Uniforme de Ocupaciones, se incluye a la Zootecnia dentro del grupo 05: biólogos, agrónomos y afines. Hace referencia a profesionales que realizan investigaciones puras y aplicadas, que estudian las aplicaciones prácticas de los conocimientos científicos en el campo de las ciencias de la vida. El zootecnista

2 Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, GIADS, Ocaña, Colombia.

3 Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, GIFEAH, Ocaña, Colombia.

4 Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, GITYD, Ocaña, Colombia.

es un especialista en el estudio de animales domésticos y otros animales con potencialidades zootécnicas en los diferentes campos que permitan la cría en cautiverio.

El zootecnista se ve enfrentado al análisis de la producción en donde debe tomar decisiones de orden técnico (cómo alimentar o nutrir a un grupo de animales, cómo mejorar su producción en cantidad o en calidad), de orden económico y administrativo (cómo hacer más eficiente el uso de los recursos, planeación de la producción, análisis de costos y otros). Como se evidencia, se hace especial énfasis en el manejo técnico, pero muy poco en el deber de brindar bienestar al animal, del manejo desde el concepto humanístico y no cruento del objeto de estudio

Tal como se anuncia en la misión del programa de Zootecnia de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña (UFPSO), se pretende cumplir con uno de los objetivos de toda institución de educación superior, el cual es formar profesionales desde principios humanísticos (Pizzul, 2013; Esquivel, 2004).

Registros calificados, acreditaciones de calidad y otros procesos de control de calidad desde el Ministerio de Educación Nacional (MEN) hacen que las instituciones de educación superior, a través de sus comités curriculares de cada programa, realicen ajustes y actualizaciones que permitan llevar sus currículos a un nivel competitivo en el mercado de los programas de educación superior.

Frente a la globalización y la necesidad cada vez mayor de tomar las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) como instrumentos de formación, las universidades han puesto todo su empeño en la implementación y la formación para el uso intensivo de las mismas, incorporando prácticas virtuales para desarrollar competencias que permitan hacer frente a mercados emergentes; además de buscar la adopción de conceptos de excelencia y competitividad del mercado empresarial (Hoyos, 2009).

En tal sentido, Méndez (2012) menciona que la adaptación en general de la escuela a las nuevas tendencias de las TIC es una necesidad indiscutible en el marco de la nueva composición social de las relaciones entre formación y desarrollo humano con calidad de vida. Por tal motivo y dadas las características del programa de Zootecnia, vale la pena preguntar: ¿cómo se hace transversal la formación humanística en cada micro currículo de un programa con características especiales por su perfil profesional, donde se asume la responsabilidad en la seguridad alimentaria?, ¿cómo perciben los estudiantes de Zootecnia de la UFPSO su relación con el objeto de estudio del programa?

Ante el manifiesto de formación humanística que se plantea desde la misión del programa de Zootecnia, se debe plantear claramente lo que se entiende por la palabra humanística y las razones por las que se adopta esta postura en el

marco histórico actual (Arguello *et al.*, 2012; Giedelmann y Bohórquez, 2010). En la revisión contextual y filosófica del programa de Zootecnia de la UFPSO, se evidencia que además del compromiso institucional para manejar los aspectos curriculares, como el número de créditos de las asignaturas y titulaciones, la dirección del programa se ha preocupado por la reflexión desde el Proyecto Educativo Institucional (PEI) y el Proyecto Educativo del Programa (PEP), para hacer visible el fundamento humanístico con un carácter transversal, relacionado con la formación de los estudiantes y que coincide con la propuesta de cultivar lo humanístico; como lo propone Nussbaum (2005) citado en Cabeza y Hernández (2015) cuando afirma: “la conciencia de la diferencia cultural es esencial para promover el respeto hacia el otro, verdadero sustento de todo diálogo” (p. 23), o toda relación, en este caso zootecnista: animal.

A partir de allí, es importante preguntar desde una perspectiva crítica: ¿cómo se interpretan y visibilizan los principios humanistas en el ejercicio profesional y qué se entiende por humanismo entre los estudiantes del programa de Zootecnia?, ¿cuál es el nivel de apropiación de la comunidad educativa de ese enfoque humanista y cómo lo aplica en su cotidianidad? y ¿es relevante ontológicamente el componente de formación humanística en el desarrollo profesional de los estudiantes de Zootecnia de la UFPSO?

Metodología

Se planteó una investigación de tipo cualitativa, dando lugar a la interpretación del fenómeno social y académico en lo relacionado a los principios humanísticos en los profesionales zootecnistas (Polit y Hungler, 2006). Para la recolección de los datos se aplicó una entrevista individual focalizada. El instrumento fue validado desde la revisión documental y los miembros del comité curricular. Las entrevistas fueron registradas y transcritas en formato de texto. Para el manejo de los datos se desarrollaron tres codificaciones, según lo recomendado por Cabeza y Hernández (2015): codificación abierta, codificación axial y codificación selectiva.

Para el análisis se siguió el proceso de codificación abierta, axial y selectiva. Desde los planteamientos expuestos en el PEP del programa de Zootecnia, se plantea el argumento de una formación con un fuerte componente humanístico, que trasciende lo académico e instrumental.

La población de estudio fueron los estudiantes de Zootecnia desde el tercer semestre, ya que los estudiantes de Zootecnia de la UFPSO inician su interacción con los animales desde muy temprano. La muestra correspondió al 30% de los docentes de planta que sirven al programa y el 30% de los estudiantes distribuidos en los semestres de tercero a noveno, para tal caso se obtuvo un total de cuatro docentes y 67 estudiantes.

Resultados

Según Strauss y Corbin (2002), se recomienda seguir los siguientes pasos para construir el esquema.

Codificación abierta. En este caso se generaron categorías de información iniciales ancladas en los datos sobre la formación humanística en el programa de Zootecnia de la UFPSO. Con la información segmentada de cada categoría, se generaron subcategorías, maximizando las similitudes y minimizando las diferencias para explicar el hecho social inteligible. En la Tabla 1 se muestra la codificación para el interrogante: ¿cómo la formación humanística permea las prácticas de enseñanza-aprendizaje en el programa de Zootecnia de la UFPSO?

Igual manejo se hizo con la información generada en las entrevistas a los docentes, como se muestra en la Tabla 2, para el interrogante: ¿cómo la formación humanística permea las prácticas de enseñanza-aprendizaje en el programa de Zootecnia de la UFPSO?

Como se puede observar, la Tabla 1 y 2 simplifican la densidad de los datos obtenidos con los instrumentos de entrevista y encuesta y permite tener una visión global de la relevancia ontológica del componente de formación humanística.

Codificación axial. Esta codificación permite mostrar, mediante un diagrama lógico, el resultado obtenido. En este caso se toma cada categoría central y se articula con la teoría descrita. La Figura 1 resume la condición axial del docente; transversalidad de la formación humanística en el micro currículo-enfoque pedagógico. Se representa como transversalidad ya que el humanismo forma seres holísticos y se representan como seres holísticos. La formación humanística permite formar seres críticos con la realidad histórica y se representan como seres críticos. Además, trasciende la pedagogía cognitiva y se muestra como trasciende. Esto confirma el papel del zootecnista no solo desde el tecnicismo y utilitarismo en el manejo animal, sino desde el papel del zootecnista. Por último, la formación humanística es incluyente y se muestra como incluyente.

La Figura 2 resume la codificación axial del estudiante bajo unas palabras clave que representan las siguientes afirmaciones: el papel de la formación humanística en la formación del zootecnista y se muestra como formación del zootecnista; el humanismo forma seres holísticos y se muestra como humanismo; asume los derechos de los animales como básicos en el bienestar animal y se representa como bienestar animal; la formación humanística permite comprender la posición biológica del *Homo sapiens* como una especie más del reino animal y se muestra como posición biológica; la formación humanística conduce al zootecnista a tomar decisiones en favor del animal y no del consumismo y se muestra como favor del animal; por último, la formación humanística es incluyente y se resume como incluyente.

En la Figura 3 se hace una función de la codificación desde los ámbitos del docente y del estudiante.

Codificación selectiva. Con un fuerte componente subjetivo, finalmente se vincularon las teorías, la información colectada y la posición de los autores.

Discusión

Partiendo de la codificación selectiva, la cual presenta un componente subjetivo desde el individuo, se plasma la información colectada y la interpretación de los autores teniendo en cuenta la transversalidad de la formación humanística en los micro currículos del plan de estudios desde los primeros semestres. Sin embargo, principalmente el contacto que el estudiante tiene con los grupos animales en el manejo de las explotaciones en el campus universitario hace de la pedagogía una vivencia, una práctica permanente que sensibiliza al estudiante en su responsabilidad con el bienestar y la vida animal.

El primer concepto en común analizado es el de la formación holística, tanto docentes como estudiantes concuerdan en que la formación humanística aporta elementos antropológicos a los estudiantes. Sumando el componente cognitivo y la inteligencia emocional, se tiene una visión holística del ser humano.

Este es el punto fundamental de la formación humanística: retomar al ser humano como sujeto consciente que decide crear y recrear su entorno, no desde el utilitarismo, sino desde la responsabilidad social (Cabeza y Hernández, 2015). En tal sentido, la formación humanística no se logra exclusivamente desde el aula de clase, más bien se llega a ella desde la interacción constante con las comunidades y en este caso con los animales.

Este reconocimiento de valores y derechos en los otros y la identificación con el contexto social de labor académica permiten la construcción del espacio histórico que separa a los humanos del mundo animal, como lo plantea Freire (1985):

Si la vida del animal se da en un soporte atemporal, plano, igual, la existencia de los hombres se da en un mundo que ellos recrean y transforman incesantemente. Si en la vida de un animal el aquí no es más que un "hábitat" con el que entra en contacto, en la existencia de los hombres el aquí no es solamente un espacio físico, sino también un espacio histórico. (p. 22)

Desde la comprensión e interiorización de los principios de bienestar animal, una persona con una posición socio crítica puede llegar a oponerse ante prácticas que pongan en peligro a un ser vivo, además de tener la suficiente sensibilidad para decidirse a transformar y romper paradigmas que no se identifiquen con la humanización.

A partir de la publicación del libro *Animal Machines* (Ruth Harrison, 1964), se denuncia el maltrato animal que vincula directamente a la industria animal, revelando al público en general las principales prácticas ganaderas de mutilaciones como la castración, el corte del rabo, cuernos y picos, el añadido de antibióticos a los piensos, la explotación de gallinas ponedoras en jaula y la producción de terneros en jaulas. Desde entonces se ha promulgado por que se proclamen los derechos de los animales tal como sucedió el 15 de octubre de 1978, aprobado por la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), por la Organización de las Naciones Unidas (ONU) y la declaración universal para el bienestar animal de la Sociedad Mundial para la Protección Animal (WSPA), difundida en junio de 2000 (Ramírez, 2013).

Muchas prácticas crueles desarrolladas contra los animales han sido eliminadas o minimizadas, por ejemplo, las consideradas patrimonio cultural de algunas regiones como peleas con animales o corrida de toros, etc. Igualmente, se han eliminado prácticas de la industria animal que atenten contra la integridad y bienestar de los animales. De esta forma, se busca no apostar por una postura técnica y utilitarista, muy común en las carreras profesionales mecanicistas, evitando que el animal sea visto solo como un elemento de trabajo y tratando de alcanzar los mayores beneficios económicos.

El compromiso que el zootecnista tiene con el ejercicio de su labor garantiza el desarrollo de prácticas más humanizantes frente a los animales. Cuando el estudiante de Zootecnia se concientiza a través del conocimiento en el marco biológico de la posición real de la especie *Homo sapiens* en el reino animal, rompe el paradigma antropocentrista, llega a un punto de cambio en favor del humanismo y ve una manera diferente de cumplir con el objetivo de todo zootecnista, garantizar la seguridad alimentaria sin crueldad con el objeto de estudio.

Respecto al papel del docente, Nussbaum (2005), citado por Cabezas y Hernández (2015), plantea que el deber del pedagogo humanista está en:

Mostar a nuestros estudiantes la belleza y el interés de una vida abierta al mundo entero, (que) hay más alegría en el tipo de ciudadanía que cuestiona que en la que simplemente aplaude, más fascinación en el estudio de los seres humanos en su real variedad y complejidad que en la celosa búsqueda de estereotipos superficiales, que existe más amor y amistad verdaderos en la vida del cuestionamiento y de la autonomía que en la de la sumisión a la autoridad. Es mejor que les mostremos esto, o el futuro de la democracia en el mundo lucirá muy sombrío. (p. 115)

El futuro de la humanidad no está muy claro si se continua con las políticas extractivas y el manejo intensivo en la producción animal. Seguir enfocándose en el consumismo no es una alternativa viable. Las generaciones de profesionales que se forman bajo el marco humanístico de respeto por el otro, así haya sido

denominado despectivamente animal, marcará la diferencia hacia un sistema de producción sostenible.

Referencias

- Aluja, Aline S. de. (2011). Bienestar animal en la enseñanza de Medicina Veterinaria y Zootecnia: ¿Por qué y para qué? *Veterinaria México*, 42(2), 137-147. <https://bit.ly/3HHDdUd>
- Argüello, A., Cabeza, O., Cardona, R., Hernández, M., y Rodríguez, D. (2012). Del modelo de desarrollo económico al paradigma del desarrollo humano: una apuesta al papel del arte y las humanidades en el pensamiento de Martha Nussbaum. *Revista Complutense de Educación*, 23(2), 401-425. <https://revistas.ucm.es/index.php/RCED/article/view/40035>
- Cabeza, O., y Hernández, G. (2015). Relevancia ontológica de la formación humanística en el desarrollo profesional de los estudiantes de Comunicación Social de la Universidad de Pamplona, sede de Villa del Rosario. *Revista TEMAS*, 3(9), 107-122.
- Clasificación Internacional Uniforme de Ocupaciones (CIUO). (s.f.). *Clasificación internacional uniforme de ocupaciones*. CIUO. <https://bit.ly/3tQM0gM>
- Esquivel, N. (2004). ¿Por qué y para qué la formación humanística en la educación superior? *Revista Ciencia Ergo Sum*, 10(3), 309-320. <https://www.redalyc.org/pdf/104/10410309.pdf>
- Freire, P. (1985). *Pedagogía del oprimido*. Siglo XXI Editores.
- Giedelmann, M., y Bohórquez, L. (2010). La formación humanística en la educación superior colombiana: el caso de la universidad Pontificia Bolivariana, seccional Bucaramanga. *Revista Historia De La Educación Colombiana*, 13(13), 255 - 278. <https://revistas.udenar.edu.co/index.php/rhec/article/view/726/891>
- Harrison, R. (1964). *Animal Machines*. Editorial Vincent Stuart Publishers Ltd. <https://bit.ly/3Nto8qn>
- Hoyos, G. (2009). Educación para un nuevo humanismo. Magis. *Revista Internacional de Investigación en Educación*. 1(2), 425-433. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=281021548016>
- Méndez, P. (2012). Mundos Cambiantes: La tecnología y la educación 3.0. *Revista Complutense de Educación*, 23(1), 11-22. <https://revistas.ucm.es/index.php/RCED/article/view/39099>
- PEP. (2020). *Misión del programa de Zootecnia*. Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña. <https://bit.ly/3HLbS3h>
- Pizzul, M. (2013). *La formación humanística, fin esencial de la universidad*. Universidad Fasta Ediciones. <https://bit.ly/3QFCWVT>

Polit, A, y Hungler, A. (2006). *Introducción a la investigación en ciencias de la salud* (6 ed.). McGraw-Hill Interamericana.

Ramírez N. L. (2013). Principios generales, básicos y científicos del bienestar animal en la producción ganadera. *Mundo Pecuario*, IX, (3), 149-157. <https://bit.ly/3Oe0TSz>

Strauss, A., y Corbin, J. (2002). *Bases de la investigación cualitativa. Técnicas y procedimientos para desarrollar la teoría fundamentada*. Editorial Universidad de Antioquia. <https://diversidadlocal.files.wordpress.com/2012/09/bases-investigacion-cualitativa.pdf>

Zootecnia UFPSO. (2013). *Documento maestro Registro calificado*. Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña. <https://ufpso.edu.co/ofertaufpso/zootecnia/Mision>

Anexos

Tabla 1. Codificación abierta estudiantes

Categorías	
La formación humanística es incluyente.	A1
La formación humanística permite formar seres holísticos.	A2
Permite entender la etología.	B1
Conocimiento de la realidad histórica.	C1
Comprensión de la posición biológica del <i>Homo sapiens</i> .	B2
Genera un mayor compromiso del estudiante con su carrera profesional.	D1
No enfocarse en el consumismo, sino en la sostenibilidad de los sistemas de producción.	F1

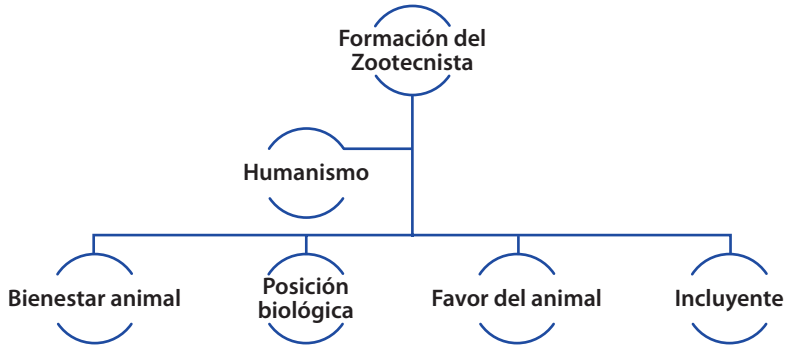
Fuente: elaboración propia.

Tabla 2. Codificación abierta docentes

Categorías	
Forma holísticamente a la persona.	A1
Aporta a la inclusión.	A2
Asume el objeto de estudio como un ser con valores y derechos.	A3
Trasciende la pedagogía cognitiva.	A4
Se propende por un manejo digno, justo y con bienestar para el animal.	B
Forma personas socio-críticas.	D1
Conduce al estudiante a no tomar una postura técnica y utilitarista.	F1

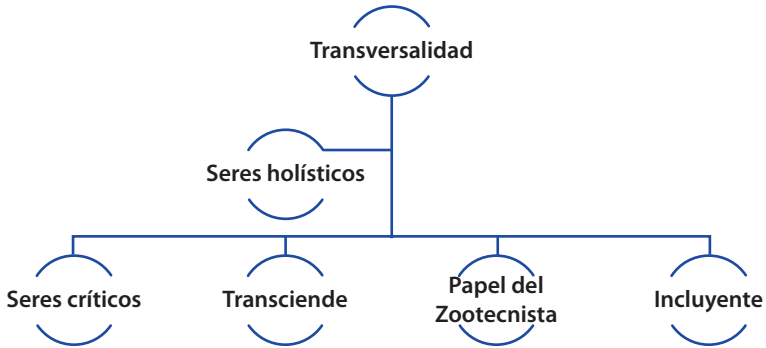
Fuente: elaboración propia.

Figura 1. Diagrama codificación axial docente



Fuente: elaboración propia.

Figura 2. Diagrama codificación axial estudiantes



Fuente: elaboración propia.

Figura 3. Codificación axial docentes: estudiantes



Fuente: elaboración propia.

CAPÍTULO 2

IMPLEMENTACIÓN DE BUENAS PRÁCTICAS EN TAMBOS DE LA PROVINCIA DE CÓRDOBA (ARGENTINA): MEJORA EN ASPECTOS VINCULADOS AL AMBIENTE

*Aimar, M.V.⁵, Ten tor, G⁶, Deza, C.⁷
Pedraza, M.B.⁸, Loza, P⁹, Negri. L.M.¹⁰*

Introducción

El mundo tiende a solicitar que los alimentos dispongan de avales de calidad de proceso y producto que demuestren el cumplimiento de normas o protocolos específicos.

Gracias a las normas alimentarias, los consumidores pueden confiar en la inocuidad, calidad y autenticidad de los alimentos, favoreciendo así el acceso de los productos en diferentes mercados, a los que se le debe sumar la salud de los animales y la preservación del ambiente a fin de que estas medidas no obstaculicen el comercio y faciliten el diálogo internacional, protegiendo la salud pública (FAO y OMC,

5 Universidad de Córdoba, programa de geografía y medio ambiente. Cra. 6#No. 77- 305, Montería, Colombia.

6 Ídem

7 Ídem

8 Ídem

9 Ídem

10 Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Instituto Tecnología de Alimentos, Argentina.

2018). Por ello, el acceso y permanencia de Argentina en los mercados locales y de exportación dependerá de la capacidad para satisfacer los requisitos planteados en un contexto de competitividad de las cadenas y equidad de distribución de beneficios.

El sector de producción de leche argentino, con una producción de más 10 millones de Tm anuales (FAO, 2020), no está exento a estas demandas del mercado.

En función de esto, se consideró estratégico aportar instrumentos consensuados de gestión para la obtención de productos de calidad integral, promoviendo la valorización y asegurando su calidad.

Según el informe de Perspectivas Agrícolas 2019-2028 (OCDE/FAO, 2019), se prevé que la demanda de productos agrícolas aumentará 15 % durante la próxima década. La manera de cubrir esta demanda determinará el impacto que el sector causará en la base de recursos naturales, sobre todo, la tierra, el agua y la biodiversidad. Ahora bien, ese aumento de la productividad de los sistemas ganaderos podría generar impactos ambientales significativos (FAO, 2006) amenazando la sustentabilidad de los sistemas. A ello se suma que los establecimientos lecheros están atravesando por un proceso de intensificación.

En ese contexto, el cuidado del ambiente cobra cada vez más importancia tanto a nivel de sistema de producción como de mercados consumidores.

Para Charlón *et al.* (2005), la relevancia del agua en el tambo puede analizarse desde tres ópticas diferentes: A) como el nutriente más consumido por los animales, B) como medio para la limpieza y C) como un recurso natural a preservar. En los dos primeros casos el agua debe cumplir requerimientos cualitativos y cuantitativos de calidad química, física y biológica para su uso. Para el tercero se debe reducir el consumo de agua y manejar correctamente los efluentes. A modo de ejemplo del impacto, se puede citar que en los tambos se generan 4-11 litros de efluentes/litro de leche producida, sin considerar agua de lluvia (Cañada *et al.*, 2018). Si se considera además que, según Badino *et al.* (2015), los contaminantes presentes en las excretas pueden ingresar a los cuerpos de agua superficiales y profundos, provenientes de distintos orígenes tales como corrales y terrenos fertilizados con estiércol, o por desborde de efluentes que pueden incrementar los niveles de nitratos, fósforo y microorganismos contaminantes de las capas que luego son reutilizadas, se explica que Salazar *et al.* (2003) indiquen la importancia de considerarlo en el manual de buenas prácticas agrícolas.

Es por ello que el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), la Universidad Nacional de Córdoba (FCA-UNC) y la Asociación Pro Calidad de Leche (APROCAL) trabajaron desde el año 2010 en un plan cuyo objetivo fue desarrollar una Guía de Buenas Prácticas para Establecimientos Lecheros (BPEL), consensuada por diferentes representantes del sector lechero y validada en sistemas

reales de producción. En ese proceso se desarrolló y validó a terreno la herramienta denominada Guía de Buenas Prácticas tamberas (Negri *et al.*, 2013). Con base en esta guía, se desarrolló una app para PC para procesar y analizar los datos, denominada CheqTambo (Negri y Aimar, 2017). Posteriormente, en el año 2018, la Guía fue adoptada como documento referente de la Red de BPA Argentina, generando así la Guía de BP para Establecimientos Lecheros (BPEL) (Negri *et al.*, 2019). Este documento de consenso interinstitucional se encuentra disponible para su uso en las páginas web de ministerios y asociaciones de productores. La Guía BPEL consta de seis capítulos que abarcan los diferentes procesos, incluidos ambiente y químicos de uso agropecuario.

Con la convicción de que las Guías de BP sirven para medir no solo el nivel de adopción de determinada práctica, sino la evolución de los establecimientos en el tiempo, el objetivo de este trabajo fue evaluar el cumplimiento (C) de las “BPs” de “Ambiente” (A) en establecimientos lecheros y su evolución en el tiempo.

Metodología

El trabajo se desarrolló entre los años 2016 a 2020 en un grupo de 13 tambos de la provincia de Córdoba, ubicada en el centro de la República Argentina, entre los 29° 30' y los 35° de latitud sur y los 61° 46' y 61° 46' de longitud oeste de Greenwich. Se llevó a cabo un plan de implementación de Buenas Prácticas utilizando la Guía BPEL (Negri *et al.*, 2019). El proceso fue conducido por profesionales formados y entrenados para tal fin.

La Guía BPEL se desarrolló sobre las directrices de la FAO (2012) y brinda recomendaciones de BPs para maximizar la producción y la calidad de leche en sistemas sustentables mediante un material claro y de fácil interpretación. Incluye 121 BPs, una lista de chequeo para auditorías, anexos y una aplicación CheqTambo (Negri y Aimar, 2017) para procesar y analizar los datos relevados. Esta prestación, de acceso libre y gratuito, permite visualizar gráficamente la situación global del establecimiento, identificar las posibles causas de problemas en el sistema de producción, una mejor visualización de los no cumplimientos y priorizar, en función de ello, las acciones de mejora. A fin de facilitar la priorización, cada BP fue asignada a una de las siguientes clases según su Impacto en el Proceso (IP) y Grado de Inversión (GI): siendo la clase 1 (75 % de las BP) de alto IP y bajo GI, la clase 2 (17 % de las BP) IP y GI medios y la clase 3 (8 % de las BP) bajo IP y alto GI.

Una vez acordado el trabajo a realizar con los productores y operarios del tambo, en el año 2016 se realizó el primer relevamiento del grado de cumplimiento de las BPEL. Esta etapa se denominó “Diagnóstico”. Se relevaron 121 BPs de las cuales 20 se relacionan con ambiente (manejo y uso eficiente del agua, manejo de residuos y tratamientos de efluentes, químicos de uso agropecuarios). Se repitió el relevamiento al 2020 y para cada BP se calculó la mejora de cumplimiento (MC)

como $MC=C2020-C2016$, donde C2020 es el % de C al 2020 y C2016, el % de C al 2016.

Una vez obtenido el “Diagnóstico” y el listado de “no cumplimientos”, el equipo de cada establecimiento fue consensuando y realizando acciones de mejoras. Se realizó una auditoría anual como metodología para ver el avance en la implementación del plan y de la mejora del proceso. Esto implicó varias visitas del profesional auditor, capacitaciones a los recursos humanos y adecuación de instalaciones o de prácticas de manejo, varias de las cuales tenían impacto económico en las inversiones.

Resultados y discusión

Al finalizar el proyecto de implementación, todos los capítulos relevados con la Guía BPEL lograron una MC de las BPs. Solo ambiente obtuvo valores inferiores al 90 % de cumplimiento (Figura 4). Las BPs de ambiente presentaron uno de los menores porcentajes de cumplimiento al momento del diagnóstico (56 %) y el valor más bajo (88 %) al 2020.

El resultado del diagnóstico inicial es coincidente con lo encontrado en otros trabajos del país. Litwin *et al.* (2016, p. 20), en un trabajo de la cuenca pampeana, determinaron la falta de planificación en el manejo de efluentes. En este mismo sentido, Gastaldi *et al.* (2020) mencionan que el manejo adecuado y el uso de efluentes es materia pendiente para muchos tambos, existiendo un manejo parcial y no sistemático de los efluentes.

La MC global de ambiente resultó del 32 %, con un rango de 8 a 100 % para las 11 BPs de agua y efluentes. Siete de estas BPs lograron el 100 % de C al 2020. La BP “Minimizar residuos” tuvo el valor más alto de MC (69 %) (Figura 5). Las BPs que no llegaron al 100 % de C fueron: 9.d.- cuantificación de consumos y reutilización; 10.b.- disposición y traslado de residuos sólidos inorgánicos; 10.c.- sistema de manejo y tratamiento de efluentes; 10.e.- derivación de agua pluvial, siendo todas estas BP clase 3 (bajo impacto – alta inversión). A pesar de ello, todas estas BPs tuvieron una MC considerable de 47, 29, 33 y 49 % respectivamente.

El trabajo de implementación de mejoras implicó visitas mensuales del profesional asesor, capacitaciones a los recursos humanos involucrados en los establecimientos lecheros e inversiones de infraestructura, como por ejemplo la construcción de tres piletas de tratamiento de efluentes en algunos tambos, nuevas perforaciones para extraer agua (por mala calidad del pozo existente) y estructuras para recolección y almacenamiento de agua de lluvia.

Conclusiones

La implementación y seguimiento de las directrices de las BPs de la Guía BPEL redundaron en la mejora de los procesos en los establecimientos lecheros y facilitó la adopción de mejoras en aspectos de ambiente, posibilitando también conocer la situación actual en los establecimientos.

A través del uso de las herramientas Guía BPEL y el CheqTambo, se generó información útil para la toma de decisiones tanto a nivel del establecimiento lechero como para los organismos que dictan políticas públicas.

Se identificaron necesidades de inversión vinculadas a aspectos de ambiente, lo cual permitió visualizar la dificultad para lograr el total cumplimiento de esta área.

Estas necesidades podrían ser tomadas y visualizadas por organismos públicos y gestores de políticas públicas, con el fin de generar estrategias que apoyen y faciliten la adopción de BPs, como créditos, buenas prácticas estatales, bonos verdes, reducciones de impuestos, entre otras.

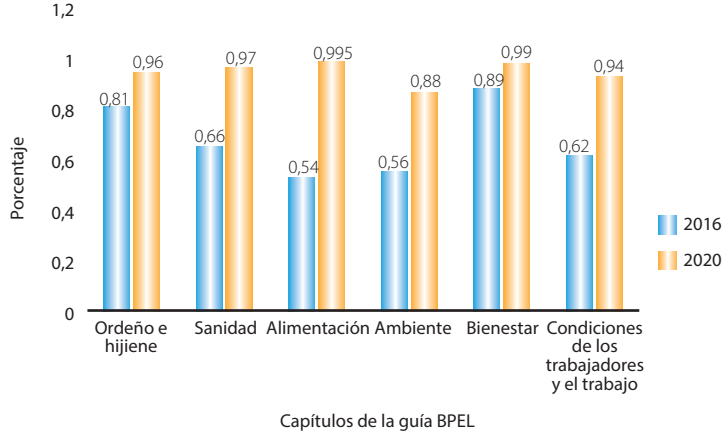
Referencias

- Badino, O., Schmidt, E., Ramos, E., Herrero, M.A., Weidmann, R. y Giraudó, F. (2015). Uso del agua, manejo de efluentes y residuos en tambos del noreste de la provincia de santa fe (argentina) *Revista FAVE-Ciencias Agrarias* 14 (1). <https://bit.ly/3xQCdZc>
- Cañada, P., Herrero M.A., Dejtiar A. y Vankeirsblick I. (2018). Guía de Buenas Prácticas para el manejo de purines en Tambo. <https://www.crea.org.ar/wp-content/uploads/2019/02/GBP-Gesti%C3%B3n-de-Purines-en-Tambo.-Dic2018.pdf>
- Charlón, V., Taverna, M.A. y Herrero, M.A. (2005). *El agua en el tambo. Manual de referencias técnicas para el logro de leche de calidad*. 2da (ed). 17 p. INTA. <https://bit.ly/3HJSq7h>
- Código de prácticas de higiene para la leche y los productos lácteos cac/rcp 57-2004, Leche y Productos Lácteos (2da edición), enmienda 2009.
- FAO. (2006). *Livestock's long shadow: environmental issues and options*. <https://bit.ly/3tUGs4M>
- FAO y FIL. (2012). *Guía de buenas prácticas en explotaciones lecheras. Directrices FAO: Producción y Sanidad Animal N°8*. Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la Agricultura.
- FAO y OMC. (2018). *Comercio y Normas Alimentarias*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura y la Organización Mundial del Comercio. <https://bit.ly/3HLIBWg>

- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2020). *FAOSTAT statistical database*. Rome FAO. <https://bit.ly/3yedRdv>
- Gastaldi L., Litwin G., Maekawa M., Moretto M., Marino M., Engler P., Cuatrín, P., Centeno, A. y Galetto, A. (2020). *Encuesta Sectorial Lechera del INTA. Resultados del ejercicio productivo 2018-2019*. Informe Técnico. Publicación Miscelánea Año VIII N° 2. <https://bit.ly/3N9V0Vf>
- Litwin, G., Giménez, G., Alvarez, H., Esnaola, I., Centeno, A., Moretto, M., Maekawa, M., Butarrelli, S., Engler, P., Spilj, G., Almada, G., Ferrer, J., Tieri, M. P. y Charlón, V. (2016). *Indicadores de sustentabilidad en tambos comerciales de la cuenca lechera pampeana argentina*. Asociación Argentina de Economía Agraria. <https://bit.ly/3QK8pq0>
- Negri L. y Aimar V. (Comps). Rampone, A., Abdala, A., González Pereira, A., Leiva, A. (2013). *Guía de Buenas Prácticas en el Tambo*. 1ed. <https://bit.ly/3QGRkx5>
- Negri L. y Aimar V. (Comps). Callieri, C., Herrero, M. A., Charlón, V., Leiva, A. (2016). *Guía de buenas prácticas para Establecimientos lecheros* (1a ed). Ediciones INTA. ISBN 978-987-521-758-4
- Negri, L. y Aimar, V. (2017). *CheqTambo. Aplicación para procesar datos del sistema productivo de leche generados con la utilización guía BPT*. Registro propiedad RE-2017-16575947. INTA.
- Negri L. y Aimar V. (Comps). Callieri, C., Herrero, M. A., Charlón, V., Leiva, A. (2019). *Guía de buenas prácticas para Establecimientos lecheros. Material de referencia de la Red de BPA* (1a ed). Ediciones INTA, 2019. <https://bit.ly/3QGRkx5>
- OCDE/FAO. (2019). *OCDE-FAO Perspectivas Agrícolas 2019-2028*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). <https://bit.ly/3HJ8ENX>
- Salazar, F. J., Dumont J.C., Santana M. A., Pain B. F., Chadwick D. R., y Owen E. (2003). Prospección del manejo y utilización de efluentes de lecherías en el sur de Chile. *Archivos de medicina veterinaria*, 35(2), 215-225. <https://bit.ly/3Ne2mag>

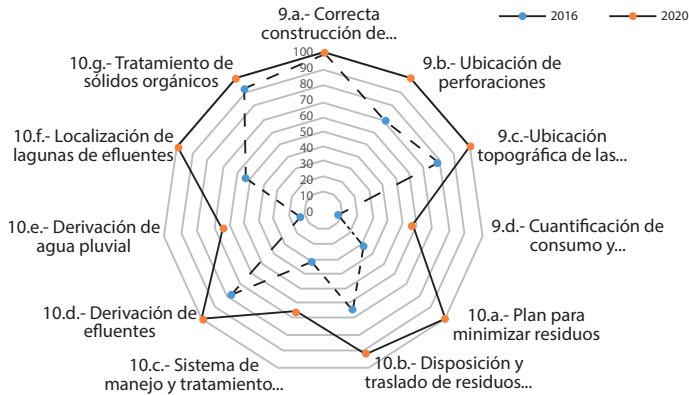
Anexos

Figura 4. Porcentaje de cumplimiento en tambos para los correspondientes seis capítulos de la Guía BPEL



Fuente: elaboración propia.

Figura 5. Porcentaje de mejora del cumplimiento para las BPs de manejo y uso del agua, manejo de residuos y tratamientos de efluentes incluidos en ambiente



Nota: El C global de las 9 BPs de Químicos de uso para el agro fue del 100 % al año 2020 (Tabla 3).

La BP "Uso de productos de baja toxicidad" logró la mayor MC (85 %).

Fuente: elaboración propia.

Tabla 3. Cumplimiento al 2020 de las BPs de químicos de uso para el agro

8. QUA	clase	%C
8.a.- Uso de productos baja toxicidad	1	100
8.b.- Personal capacitado y que cuente con los elementos de protección personal necesarios	1	100
8.c.- Uso de productos registrados y recetados	1	100
8.d.- Almacenamiento de productos	1	100
8.e.- Registro de aplicaciones	1	100
8.f.- Respetar tiempos de carencia	1	100
8.g.- Disposición de envases de productos	1	100
8.h.- Depósito para envases	1	100
8.i.- Boca de servicio separada del tambo	1	100

CAPÍTULO 3

IMPORTANCIA DE MURCIÉLAGOS *STURNIRA SP* Y *ARTIBEUS SP* EN LA RESTAURACIÓN ECOLÓGICA DEL BOSQUE SUBANDINO COMO POTENCIAL SOLUCIÓN BASADA EN LA NATURALEZA

Lizeth Fernanda Hoyos Díaz¹¹

Daniela Barón Cruz¹²

Luis Alexander Carvajal Pinilla¹³

Introducción

En el predio La Colonia, ubicado en la vereda La Plata del municipio de Neiva, desde el año 2010 los funcionarios de la Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena (CAM) dispusieron un área denominada zona de restauración, con el objetivo de establecer un laboratorio natural y comprender el proceso de restauración en el ecosistema de bosque subandino. En este predio se realizó la siembra de *Smallanthus pyramidalis*, especie forestal de rápido crecimiento, que alcanzó estrato de sub-dosel favoreciendo la estructura de cobertura vegetal y de *Retrophyllum rospigliosii*, árbol endémico, considerado especie sombrilla (Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena [CAM], 2020) la cual evidencia gran cantidad de semillas en el sustrato y plántulas presentes en la zona de restauración, correspondientes a semillas dispersadas de árboles parentales *R. rospigliosii* sembrados hace décadas a pocos metros de esta zona. Esto indica procesos de sucesión natural de dispersión debido a que algunas semillas presentan

11 Corporación Universitaria del Huila, Corhuila, Grupo de Investigación Efecto ambiental Calle 21 No.6-01, Neiva, Colombia

12 Ídem

13 Ídem

trazos, posiblemente producto de mordeduras por fauna, y podría considerarse que son de los murciélagos frugívoros, debido a que sus adaptaciones morfológicas en la dentadura coinciden en el tamaño y forma del trazo presentados en los frutos (Carranza *et al.*, 2020).

El proyecto busca identificar la importancia de las interacciones de murciélagos y plantas en torno a la sucesión natural del bosque subandino secundario con perturbación antrópica, determinando si estos mutualismos contribuyen al aumento de cobertura vegetal, disponibilidad de hábitats, disminución de los parches de bosques, fortalecimiento de la oferta de bienes y servicios ecosistémicos y al mantenimiento de la conectividad entre fragmentos de bosque; condiciones clave para la persistencia de la biodiversidad y requisito ecológico indispensable en las prácticas adecuadas de conservación que promueve estas interacciones como soluciones basadas en la naturaleza (Seddon *et al.*, 2020).

Metodología

El estudio fue realizado en el predio La Colonia, vereda La Plata en el municipio de Neiva, departamento del Huila-Colombia, cerca de la zona alta de la cuenca hidrográfica del Río las Ceibas, con coordenadas 2° 45' 10" N y 75° 04' 33" W. Esta zona se encuentra dentro del Parque Nacional Regional Siberia Ceibas, a una altura de 2100 msnm, cuenta con un ecosistema de bosque subandino donde se presentan precipitaciones de 1400 a 1600 mm al año en promedio y presenta temperaturas promedio que están entre 12 y 18 °C (Borbón *et al.*, 2007).

Para la caracterización e identificación de murciélagos, se realizaron capturas con tres redes de niebla de 12 m x 6 m, con apertura de redes desde las 19:00 hasta las 23:59 por dos noches consecutivas quincenalmente durante seis meses. Las capturas fueron realizadas en lugares de percha o descanso, áreas de conectividad y zona de restauración. En la Tabla 4 se evidencian los puntos de muestreo junto a su descripción y coordenadas.

Cada murciélago capturado en la red de niebla se mantuvo en una bolsa de tela durante un lapso de tiempo entre 45 a 60 minutos, tiempo necesario para que finalicen su proceso de digestión y realicen la deposición de muestra fecal (Ríos y Pérez, 2015). Previo a la liberación de cada individuo capturado en la red, se tomaron medidas morfométricas de longitud del antebrazo (LA), longitud de cola (LC), longitud de pata (LP), longitud de oreja (LO), longitud de hoja nasal (LHN), longitud del fémur (LF) y longitud total (LT) (Dietz y Von Helversen, 2005). Finalmente, para identificar la preferencia alimenticia de los individuos capturados se revisaron en estereoscopio las muestras de materia fecal depositadas por los individuos.

Se calculó el esfuerzo, el éxito de captura y se utilizaron índices ecológicos para la interpretación de los datos dentro de los puntos de muestreo. Se utilizó el índice de Margalef para la riqueza específica, el índice de Simpson para la dominancia de especies, el índice de Shannon Wiener para la equidad y uniformidad de las especies y el índice de Jaccard para la similitud y solapamiento de especies en los sitios de muestreo (Aguilar *et al.*, 2014).

Resultados y discusión

Durante 24 noches, con un total de 144 horas de muestreo, esfuerzo de captura de 18 h/red y un éxito de captura de 1,22; se recolectaron 20 individuos de murciélagos pertenecientes a familias *Phyllostomidae* y *Vespertilionidae*, identificando cuatro géneros y nueve posibles morfoespecies, siendo el gremio predominante frugívoro con un 75 %, seguido por el insectívoro que corresponde al 25 %. De los individuos capturados, el 55 % son hembras y el 45 % fueron machos (Tabla 5).

Los índices ecológicos y los resultados muestran mayor abundancia relativa para los géneros *Sturnira* y *Artibeus*, lo que sugiere su adaptabilidad al medio. Los resultados de diversidad del índice de Margalef fueron bajos en la mayoría de los puntos de muestreo, probablemente porque la zona de estudio corresponde a bosque subandino de sucesión vegetal secundaria con procesos de regeneración, considerado un fragmento no consolidado con ausencia de conectividad ecosistémica, que además presenta perturbación antrópica y muchas especies de murciélagos son asociadas al interior del bosque o a zonas de amortiguamiento, por lo que no se adaptarían a un alto grado de perturbación y por la limitada cantidad y variedad de recursos (Casallas *et al.*, 2017; Moreno 2011). Por ende, la presencia de las especies de murciélagos en el actual estudio es de gran relevancia para la dispersión ecosistémica; resaltando a los géneros *Sturnira* que realizan endozoocoria con especies arbustivas colonizadoras primarias y el género *Artibeus* por sus adaptaciones morfológicas craneales, dentarias, de tamaño y digestibilidad (Dumont, 1999; Trujillo, 2013), para dispersar frutos de gran tamaño de especies forestales; como en el caso del mutualismo que estableció con la especie forestal endémica *Retrophyllum rospigliosii*, donde la especie vegetal le brinda hábitat y frutos y los individuos de murciélago realizan zoocoria muy efectiva, proceso evidenciado en la zona de restauración dispuesta. Adicionalmente, este mutualismo resalta por el potencial de *R. rospigliosii* en la consolidación de la estructura y función del bosque subandino por su amplio rango altitudinal y geográfico, condiciones de adaptabilidad para la competencia frente a las angiospermas en el bosque tropical; además de su categorización de especie sombrilla y nucleación que favorecen el establecimiento de otras especies vegetales (Cueva *et al.*, 2010).

La dominancia fue alta derivado de la baja diversidad presentada en los puntos de muestreo y se determinó que en zonas con alto grado de perturbación antrópica

P2, P3 y P4 fue mayor en *Sturnira sp* y *Eptesicus sp*. Por otro lado, la zona P1, sótano abandonado, reporta dos morfoespecies del mismo género, lo que podría generar competencia por el recurso y ZR4 reportan individuos de *Artibeus sp* y *Sturnira sp*. Las zonas CZR1 y CZR2 obtuvieron valores de dominancia baja por ser la zona con mayor diversidad, indicando que la mayor variedad de especies se encuentra en el paso de entrada para el predio La Colonia con alta influencia antrópica, de lo que se puede inferir que los murciélagos se adaptaron a la zona perturbada por la limitada oferta de recursos en la zona, mostrando gran adaptabilidad al hábitat.

El índice de Shannon Wiener indicó que los sitios de muestreo P2, P3 y P4 se encuentran representados por una morfoespecie; los sitios P1, CZR1, CZR2 y ZR4 indican mayor diversidad y la cantidad de individuos se encuentra de manera proporcional compartiendo un mismo hábitat.

Sin embargo, aún hay alta equidad y, según Scanlon y Petit (2015), la consolidación de un ecosistema se establece por las relaciones de heterogeneidad a nivel de paisaje y una alta riqueza de especies, por lo que se considera que el ecosistema requiere mayor nivel de consolidación para generar mayor disponibilidad de hábitat y nichos.

El índice de Jaccard expresa la similitud de los sitios de muestreo, obteniendo valores del 50 % entre ZR4 y CZR1 con la presencia común de las morfoespecies *Artibeus sp1* y *Sturnira sp2*, posiblemente debido a su cercanía entre los dos puntos (aproximadamente 170 m) y condiciones similares de perturbación. Se registra similitud entre varios sitios de muestreo para la morfoespecie *Sturnira sp2*, mostrando una transición que involucra el paso de potrero hasta zona con poca cobertura vegetal, igual que en el caso de *Sturnira sp1* y *Artibeus sp 1*.

Con respecto a la preferencia alimenticia, se recolectaron nueve muestras de materia fecal en total: evidenciando presencia de semillas arbustivas *Saurauia sp* y *Piper sp* en las morfoespecies de murciélagos *Sturnira sp1*, *Sturnira sp2* y *Sturnira sp3*; el género *Artibeus* fue asociado con zoocoria con semillas de *R. rospigliosii* dentro de la zona de restauración, hallazgo evidenciado al capturar dos individuos junto con la semilla *Artibeus sp 1* y *Artibeus sp 3*; el género *Micronycteris* en su muestra de guano contenía restos de fibras de frutas y exoesqueletos (Ramos *et al.*, 2017), por lo que se categorizó como omnívoro; del género *Eptesicus* se obtuvo muestra de guano con exoesqueletos (Sánchez *et al.*, 2019).

En el índice de Jaccard se evidencia que la semilla de género *Saurauia*, *Piper* y la semilla morfotipo 1 presentan similitud del 100 % entre ellas, ya que estas semillas son consumidas por todas las morfoespecies del género *Sturnira*. La semilla más distante con 0 % de similitud respecto a todas las semillas es *R. rospigliosii*, por ser la única semilla asociada con las morfoespecies de murciélago *Artibeus sp1* y *Artibeus sp3*. Esto indica que este género por sus características morfológicas y de comportamiento pueden ser de gran importancia ecológica para la dispersión de

especies forestales del área de estudio y probablemente pueden influir positivamente en la regeneración del bosque subandino de la zona de estudio.

Se puede inferir que no existe exclusión competitiva entre las especies estudiadas, es decir, que no existe solapamiento de nicho ni competencia por recursos, como afirma Pellón (2019) y Ríos y Pérez (2015).

Conclusiones

Los murciélagos del área de estudio fueron clasificados taxonómicamente en los géneros *Sturnira*, *Artibeus*, *Micronycteris* y *Eptesicus*; *Sturnira sp.*, de estrategia sedentaria, se especializa en especies arbustivas, pioneras clave para la transición en estratos vegetales como *Saurauia sp* y *Piper sp.*; *Artibeus sp.*, de estrategia nómada, con mayor abundancia y es de suma importancia para la dispersión de especies forestales, además sobresale el mutualismo de zoocoria con gran efectividad que estableció con la especie forestal *Retrophyllum rospigliosii*, clave para la consolidación de la estructura y función del ecosistema de bosque subandino. Adicionalmente, se obtuvo una alta tolerancia a perturbaciones antrópicas en la mayoría de los géneros, resaltando *Artibeus sp.* por su tamaño y por su consiguiente facilidad de adaptación, excepto en el género *Micronycteris* que fue muestreado en un sótano abandonado sin perturbación antrópica directa. No obstante, este género presenta gran adaptabilidad debido a que generalmente habita en bosque maduro, lo que sugiere que se adaptó a este sitio por la ausencia de perturbaciones antrópicas y la sucesión natural arbustiva. Por ende, los murciélagos hallados en el estudio son de gran importancia para la eliminación de barreras de dispersión en la restauración ecosistémica del bosque subandino, facilitando la dispersión de especies pioneras arbustivas y especies endémicas forestales. Sumado a esto, se resalta la importancia de la especie *Retrophyllum rospigliosii* como ingeniero ecosistémico y especie clave, especialmente por el mutualismo producido entre los murciélagos del género *Artibeus* y *R. rospigliosii*, esencial para la consolidación del ecosistema, su estructura y funcionalidad mediante la restauración; produciendo nuevos hábitats y nichos para otras especies y para la generación de servicios y bienes ecosistémicos, que podrían ser aplicados a las soluciones basadas en la naturaleza.

Referencias

- Aguilar, M., Renjifo, L., y Pérez, J. (2014). Dispersión de semillas por murciélagos a través de cuatro estados sucesionales de un paisaje subandino. *Biota Colombiana*, 87-101.
- Borbón, R. A., Hoyos, A., Cortés, E., Aldana, C., Vega, E., y Soraya, L. (2007). *Caracterización, delimitación, zonificación y formulación del plan de manejo para la declaratoria de la siberia como área natural protegida*.
- Carranza, J., Castaño, J., y Pérez, J. (2020). Bat-fruit networks structure resist habitat modification but species roles change in the most transformed habitats. *Acta ecológica*.
- Casallas, D., Calvo, N., y Rojas, R. (2017). Murciélagos dispersores de semillas en gradientes sucesionales de la Orinoquia (San Martín, Meta, Colombia). *Acta Biológica Colombiana*, 22(3), 348-358.
- Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena (CAM). (2020). *Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena*. <https://bit.ly/39QfAvZ>
- Cueva, N., Barrios, A., Nieto, V., y Vélez, D. (2010). *Pino Romeron: Retrophyllum rospigliosii [Pilger] C.C Page], especie nativa potencial para la restauración en zonas altoandinas*. Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal (CONIF), Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Colegio Integrado Nacional Oriente de Caldas (CINOC). <https://bit.ly/3HNGod1>
- Dietz, C., y Von Helversen, O. (2005). *Claves de identificación ilustradas de los murciélagos de Europa*. Tuebingen y Erlangen.
- Dumont, E. (1999). The effect of food hardness on feeding behaviour in frugivorous bats (Phyllostomidae): an experimental study. *Journal of Zoology*, 248, 219-229.
- Moreno, E. (2011). *Papel de los murciélagos frugívoros como dispersores de semillas en la reserva forestal natural de Yotoco, municipio de Yotoco, Colombia*. Universidad nacional de Colombia.
- Pellón, J. (2019). *Relaciones tróficas del ensamblaje de murciélagos frugívoros en el bosque secundario del Fundo Santa Teresa, Satipo-Perú* [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Ramos, M., Cevillano, S., Aquino, R., Zárate, R., y Tirado, E. (2017). Diversidad de murciélagos en bosques de colina del río Itaya, Loreto. *Folia Amazónica*, 26(2), 139-152.
- Ríos, M. C., y Pérez, J. (2015). Dieta de las especies dominantes del ensamblaje de murciélagos frugívoros en un bosque seco tropical (Colombia). *Mastozoología Neotropical*.
- Sánchez, T., Montani, E., Tomasco, I., Díaz, M., y Barquez, R. (2019). A new species of *Eptesicus* (Chiroptera, Vespertilionidae) from Argentina. *Journal of Mammalogy*, 100(1), 118-129.

Scanlon, A., y Petit, S. (2015). Capture success of Fijian bats (Pteropodidae) and their evaluation as umbrella species for conservation. *Pacific Conservation Biology*, 21, 315-326.

Seddon, N., Chausson, A., Berry, P., Girardin, C., Smith, A., y Turner, B. (2020). Understanding the value and limits of nature-based solutions to climate change and other global challenges. *The royal society publishing*, 1-22.

Trujillo, A. (2013). *Análisis de nicho trófico de la comunidad de murciélagos (mammalia: chiroptera) del parque nacional laguna Lachuá: un enfoque morfológico* [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional Autónoma de México.

Anexos

Tabla 4. Áreas de captura, nomenclatura y coordenadas de la ubicación de las redes de niebla

No.	Nombre del área de captura	Nomenclatura	Ubicación de la red de niebla	Latitud	Longitud
1	Zonas de perchamiento	P1	Sótano a 3 Km de la Colonia	2°46'26"	75°04'43"
2		P2	Casa a 1 Km de la Colonia	2°45'41"	75°04'28"
3		P3	Casa la Colonia	2°45'10"	75°04'32"
4		P4	Centro de estudio en la Colonia	2°45'11"	75°04'33"
5	Lugares de conectividad	CZR1	Corredor natural, transición entre potrero y bosque subandino	2°45'10"	75°04'36"
6		CZR2	Margen derecho, entrada la Colonia	2°45'12"	75°04'38"
7		CZR3	Margen izquierdo, entrada la Colonia	2°45'11"	75°04'38"
8	Zonas de restauración – sobre el sendero	ZR1	A 5 m del inicio del sendero	2°45'19"	75°04'37"
9		ZR2	A 30 m del inicio del sendero	2°45'18"	75°04'37"
10		ZR3	A 106 m del inicio del sendero	2°45'18"	75°04'39"
11		ZR4	A 2 m del final de la zona de restauración	2°45'14"	75°04'39"

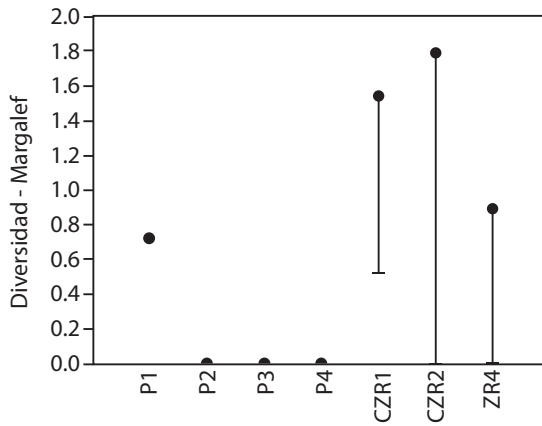
Fuente: elaboración propia.

Tabla 5. Registro de individuos con identificación taxonómica encontrados en predio La Colonia, vereda La Plata-Neiva

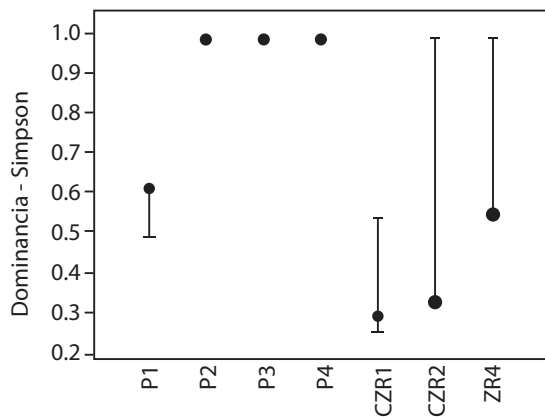
Familia	Género	Especie	# Ind	Gremio	Registro	AR	Sexo	
							H	M
Phyllostomidae	Sturnira	sp1	2	F	P2, CZR2	10%	2	
		sp2	3	F	P3, ZR4, CZR1	15%	2	1
		sp3	3	F	CZR1	15%	1	2
	Artibeus	sp1	5	F	ZR4, CZR2, CZR1	25%	1	4
		sp2	1	F	CZR1	5%		1
		sp3	1	F	CZR2	5%		1
	Micronycteris	sp1	3	F	P1	15%	3	
		sp2	1	F	P1	5%	1	
Vespertilionidae	Eptesicus	sp1	1	I	P4	5%	1	
TOTAL	20			100%	11	9		

Fuente: elaboración propia.

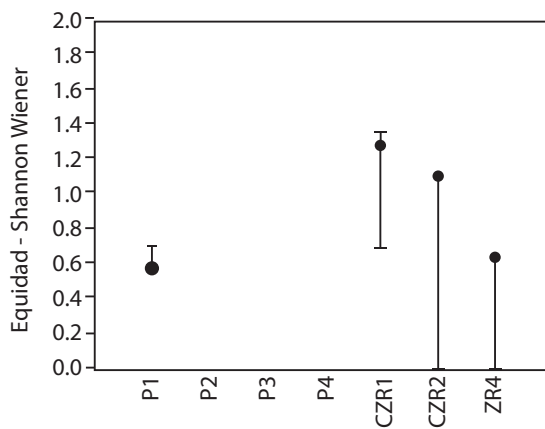
Figura 6. Resultado índice de Margalef



Fuente: elaboración propia.

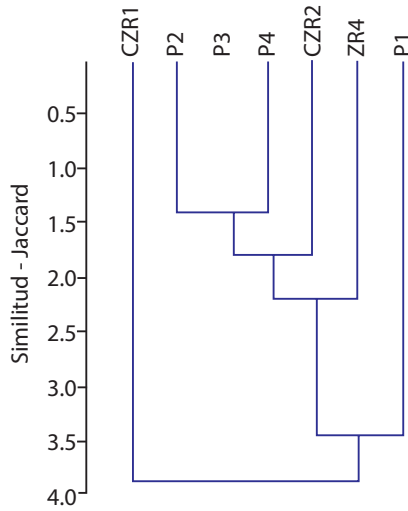
Figura 7. Resultado índice de Simpson

Fuente: elaboración propia.

Figura 8. Resultados índices de Shannon Wiener

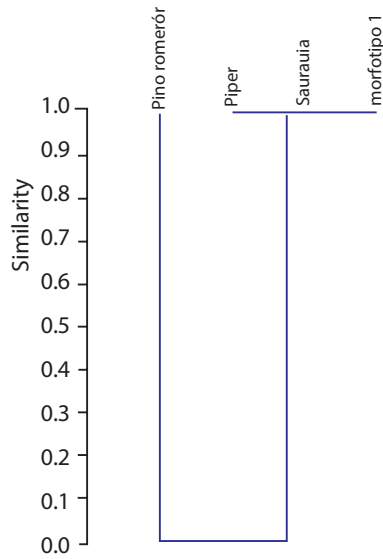
Fuente: elaboración propia.

Figura 9. Resultados índices de Jaccard (similitud entre puntos de muestreo)



Fuente: elaboración propia.

Figura 10. Resultado índice de Jaccard (similitud en preferencia alimenticia)



Fuente: elaboración propia.

CAPÍTULO 4

EVALUACIÓN TÉCNICO-FINANCIERA DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA DE AUTOCONSUMO PARA UNA EMPRESA DEL SECTOR AGROINDUSTRIAL, UBICADA EN EL DEPARTAMENTO DE SANTANDER, MUNICIPIO DE CURITÍ

Yecid Alfonso Muñoz Maldonado¹⁴

Jorge Leonardo Gómez López¹⁵

Daniel Camilo Mayorga Arias¹⁶

Introducción

Dándole un vistazo a la matriz de generación alrededor del mundo, tan solo el 19 % de la generación de energía se realiza a partir de fuentes renovables (Unidad de Planeación Minero-Energética [UPME], 2015), siendo cada vez más frecuente la producción de materia prima (biomasa) para producción específica de energía (Fundación Aquae, 2020). Partiendo de que, en el panorama nacional, el 70 % de la generación de energía eléctrica se produce a partir de fuentes de energías renovables y que únicamente el 0.2 % de estas pertenece a fuentes no convencionales de energías renovables, como pueden llegar a ser la energía solar con 9.8 MW instalados y la eólica con 18.4 MW instalados (Acolgen, 2020), se evalúa el sistema de generación solar como una posible solución a esta situación.

La situación planteada anteriormente abre una necesidad naciente de implementación de proyectos de generación de energía eléctrica a partir de fuentes

14 Universidad Autónoma de Bucaramanga, GIREs, Avenida 42 No. 48 – 11, Bucaramanga, Colombia

15 Ídem

16 Ídem

no convencionales, con miras a la diversificación de la matriz de generación colombiana. Con el fin de hacer más atractivos los proyectos de implementación de energías renovables no convencionales, el gobierno ofrece beneficios para que los empresarios obtengan mejores márgenes de utilidad a través de rebajas en el valor de la declaración de renta, exención del IVA y depreciación acelerada de los activos. En la Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME) se han inscrito una cifra cercana a los 250 proyectos, los cuales van desde proyectos de interacción de las FNCER hasta la implementación de modelos URE (Uso Racional y Eficiente de la energía) (CIDET, 2020).

Para fines de desarrollo de este proyecto, se realizó un estudio de consumos de energía para la planta de producción de la empresa Molinos Guanentá S.A.S., donde se encontró que la empresa presenta unos costos de energía asociados a la producción de la planta que son relativamente altos. Partiendo de una base de consumo estimada, se inicia la etapa de caracterización del consumo, siendo esta la etapa que da lugar al inicio del proceso de diseño e ingeniería del proyecto. Terminando todo el diseño de la planta, se procede a elaborar un presupuesto de esta. Posteriormente, se realiza un análisis y una evaluación financiera del proyecto, lo que finalmente lleva al diligenciamiento de todos los formularios solicitados por la UPME para la inscripción del proyecto.

Metodología

Para dar cumplimiento a los objetivos planteados en el desarrollo del proyecto, se han planteado cuatro etapas para tal fin. Inicialmente, se ha planteado la realización de una caracterización de los recursos de energía solar disponible en emplazamiento y la demanda energética que tiene la empresa. Posteriormente, se realiza un diseño de ingeniería y una evaluación financiera al proyecto propuesto, lo anterior con el fin de otorgar información a la persona que realizará la inversión y se presenten unas expectativas financieras respecto a la rentabilidad del proyecto. En este paso se revisan los requerimientos para el acceso a los beneficios financieros otorgados por la ley nacional. Esta metodología se puede demostrar en la Figura 11.

Resultados y discusión

Curvas de irradiancia

Basado en los datos obtenidos de la página Global Solar Atlas (Solargis, s.f.), se procede a obtener los diferentes perfiles de irradiancia promedio a temporadas mensuales a lo largo de todo el año; paso siguiente se elabora una curva con los datos promedio de radiación anual. Estas tablas se pueden observar en la Figura 12. Tales curvas permiten caracterizar los recursos energéticos disponibles en el emplazamiento, identificando y tratando de predecir el comportamiento basado en el tiempo que pueda presentar el sistema en funcionamiento.

Curvas de carga

Para realizar los procedimientos de determinación en la curva de carga y caracterización del consumo en las instalaciones de Molinos Guanentá S.A.S., se emplearon los resultados obtenidos después de un estudio *in situ* ejercido por una firma de ingeniería externa – grupo de energía e inspecciones eléctricas, quienes fueron los encargados de realizar el análisis de redes. Tal estudio realizado generó un informe ingenieril en el cual obtuvieron las curvas de carga/consumo a lo largo de cuatro diferentes días. Estas mediciones fueron realizadas durante las 24 horas de los días y a lo largo de los días martes, miércoles, jueves y viernes. La información y los datos de informe fueron organizados y de esta manera se pudieron determinar los valores de las curvas de carga diaria, promedio máxima y mínima del emplazamiento. En la Figura 13 se puede observar el comportamiento promedio de la carga en el molino a lo largo de la semana. Posterior a este paso, se puede realizar la elaboración de los sistemas de generación propuestos para el proyecto.

Escenario de diseño

Para el diseño se ha planteado una variedad de casos o escenarios y se ha elegido la instalación que presenta una tasa de pérdidas en el limitador de inyección, necesario para el desarrollo de este. Lo anterior debido a la limitación creada por la CREG en la cual se plantea que la instalación fotovoltaica no puede exceder el 15 % de la capacidad nominal del transformador.

De este modo, se ha elegido una potencia a instalar de 76.8 kWp. Las curvas con la información del comportamiento del sistema fueron generadas y se pueden observar en la Figura 14.

Debido a las características del proyecto y de acuerdo con lo estipulado por la CREG, es de obligado cumplimiento la instalación de un limitador de inyección de energía a la red eléctrica. Este escenario logra suplir con el 59.64 % de la demanda energética. Paralelamente, este escenario genera unas pérdidas en el limitador con un valor de 511 kWh/mes.

Se tomaron valores del factor de emisión del Sistema Interconectado Nacional (SIN), el cual fue establecido por la Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME) en su resolución 642 del año 2019, en la cual se determinó un valor de 0.318 ton CO₂/MWh (UPME, 2019). Esto significa que se evita la emisión de un total de 48.73 toneladas CO₂ equivalente al año, producto de la implementación de la alternativa de generación eléctrica con fuente fotovoltaica.

Análisis financiero

El desarrollo del análisis financiero tuvo en cuenta que la disposición de los valores de cálculo fuera constante. Se aplicaron los incentivos señalados por la Ley 1715 y se realizó un estudio financiero para un horizonte de 10 años, en los cuales no se deberá realizar cambio de equipos alguno, dado que estos aún se encuentran dentro del marco de su vida útil.

Para el costo de desmantelamiento del proyecto, se consideró el 5 % de los valores determinados a partir de la investigación en el libro de la agencia internacional de energía, costos proyectados de generar electricidad (Minambiente, 2018). De otro modo, un componente fijo de mantenimiento fue considerado de acuerdo con los datos obtenidos de la revisión de la Annual Technology Baseline (ABT), base de datos del laboratorio nacional de energías renovables de los Estados Unidos (NREL). En dicha base de datos se plasman los valores de los datos de proyectos en ejecución y proyecciones de los costos de centrales generación energética con fuentes convencionales y no convencionales. Dicha investigación entregó un costo fijo correspondiente al 2.5 % de la inversión total del proyecto (International Energy Agency, Nuclear Energy Agency And Organisation For Economic Co-Operation And Development, 2010). Los costos de inversión y todos los costos considerados en el análisis son presentados en la Tabla 6.

Para finalizar, se ha realizado un flujo de caja que permite observar el comportamiento operacional del proyecto, además de que permite ver las ganancias en operación de este y las ganancias gravables (que deben pagar el impuesto de renta). Para poder analizar el escenario que incluye los beneficios tributarios a los cuales puede aplicar el proyecto, se debe realizar el cálculo de la renta líquida del proyecto y a este valor se le realiza las deducciones de ley. Una vez calculada la ganancia operativa gravable, se puede descontar el gasto financiero como el pago del impuesto de renta y al finalizar este cálculo se obtienen las ganancias netas contables. Finalmente, se suman los costos de depreciación y las deducciones de renta, ya que estas fueron tomadas como un egreso efectivo del proyecto. Sin embargo, solo han sido tomadas como egreso por efectos tributarios. Con este resultado se puede determinar el flujo de los fondos netos, la tasa interna de retorno, el valor presente neto y las relaciones costo beneficio. Estos datos pueden ser observados en la Tabla 7.

Conclusiones

Se llegó a la conclusión de que, debido al marco legal colombiano, el plantear un sistema de generación solar fotovoltaico que supla el 100 % de la demanda energética de las instalaciones de la empresa Molinos Guanentá S.A.S. implica superar el límite de los 100 kW establecido por la CREG 030 para establecerse a través de un esquema de conexión simplificado. Por ende, apoyándonos en lo que dice la resolución 030 de la CREG, se propone una planta solar fotovoltaica que

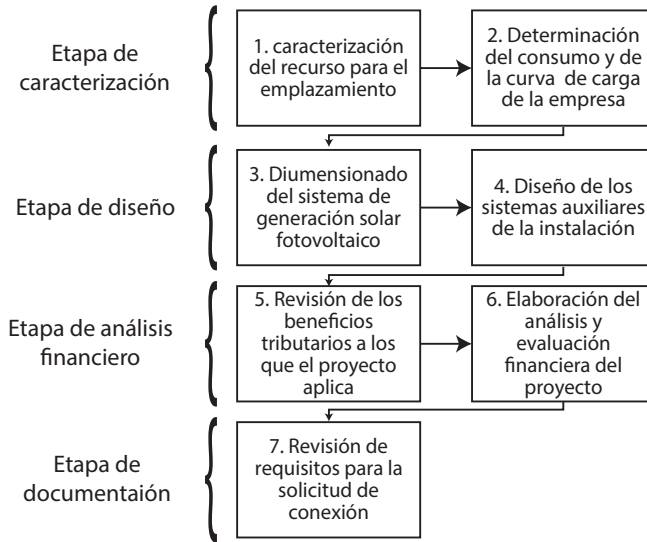
implemente la tecnología de limitadores de inyección, lo que permite pasar de una capacidad a instalar de 16.8 kWp a 76.8 kWp, siendo la nueva capacidad de la planta un 357 % mayor a la que se pretendía instalar en una primera instancia. Partiendo del análisis financiero realizado en este trabajo, se obtuvieron unos parámetros de evaluación financiera que lo hacen más llamativo, tales como el valor presente neto de 105'419,958.31 pesos colombianos, indicando la rentabilidad del proyecto para un horizonte de análisis de 10 años. Por otro lado, se cumple el criterio de la tasa interna de retorno donde su valor (21.23 %) ha de ser mayor que el valor de la tasa de oportunidad del inversionista (10 %). Además, se obtiene que la inversión tendrá un retorno de 5.19 años, lo que es un valor que entra dentro del promedio para este tipo de proyectos.

Referencias

- Acolgen. (2020, 20 de abril). *Acolgen web oficial*. <https://bit.ly/3tVWBHw>
- CIDET. (2020, 20 de abril). *El boom de las energías renovables*. CIDET. <https://bit.ly/3OxyerX>
- Fundacion Aquae. (2020, 20 de abril). *Fundacion Aquae web oficial*. <https://bit.ly/2GuCh99>
- International Energy Agency, Nuclear Energy Agency and Organisation for Economic Co-operation and Development. (2010). *Projected Costs of Generating Electricity*. OECD Publishing.
- Minambiente. (2018, 10 de septiembre). *Nueva reglamentación para acceder a beneficios tributarios*. Portal ANLA. <https://bit.ly/3xPvrTB>
- Solargis. (s.f.). *Global Solar Atlas*. Globalsolaratlas. Info. <https://bit.ly/3NJ7rHX>
- Unidad de Planeación Minero Energética. (UPME). (2015). *Integración de las energías renovables no convencionales en Colombia*. La Imprenta Editores S.A.
- Unidad de Planeación Minero Energética. (UPME). (2019). *Resolución 642*. UPME.
- J. L. Gómez y D. C. Mayorga (2020) *Estudio para la implementación de un sistema de autogeneración a partir de energía solar fotovoltaica en las instalaciones del molino Guanentá, ubicado en el municipio de Curití, Santander*. <https://bit.ly/3nuO0YJ>

Anexos

Figura 11. Esquema metodológico



Fuente: J. L. Gómez y D.C. Mayorga, 2020.

Figura 12. Curva de irradiancia promedio

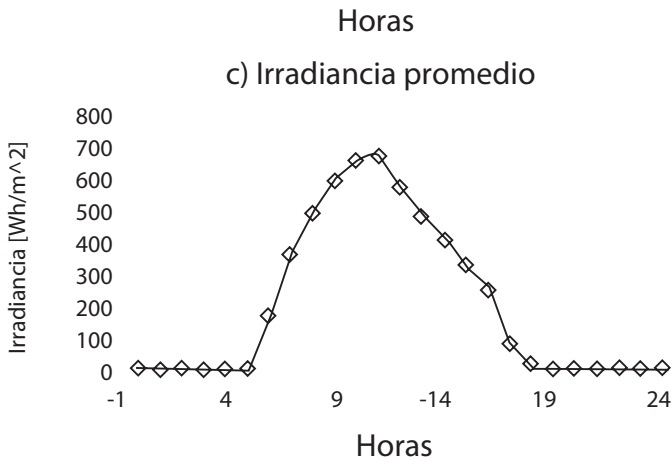
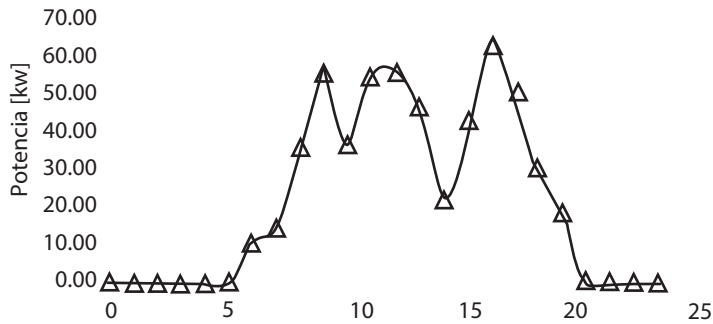
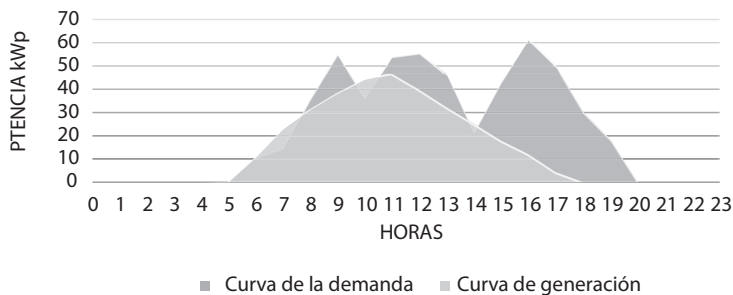


Figura 13. Curva de carga promedio**b) Curva promedio****Figura 14. Curva de demanda vs curva de generación para escenario de diseño: bajas pérdidas en el limitador**

Escenario de bajas pérdidas en el limitador



Fuente: J. L. Gómez y D.C. Mayorga, 2020.

Tabla 6. Parámetros generales para la elaboración del análisis financiero

Parámetros generales		
Concepto	Valor	Unidad
Capacidad de la central	76,8	kWp
Costo por depreciar	\$ 156.660.781	COP
Costo inversión	\$ 211.228.023	COP
Componente fijo de mantenimiento	\$ 5.422.749	COP/Año
Precio energía	\$ 528,15	COP/Año
Factor de planta	19%	%
Energía generada	127.893	MWh/Año
IVA	19%	%

Parámetros generales		
Concepto	Valor	Unidad
Imp. Renta	32 %	%
Tasa de descuento	10 %	%
Periodo de depreciación	5	Años
Deducción sobre la renta	50 %	%
Horizonte del análisis	10	Años
Valor desmantelamiento	\$ 10.561.401,1	COP

Fuente: J. L. Gómez y D.C. Mayorga, 2020.

Tabla 7. Resultados del análisis financiero

VPN	\$105,419,958.31
TIR	21.23 %
R B / C	1.5
DPB	5.19 años

Fuente: J. L. Gómez y D.C. Mayorga, 2020.

CAPÍTULO 5

EVALUACIÓN DEL EFECTO DE UN OPTIMIZADOR DE LA MUCOSA INTESTINAL SOBRE LOS PARÁMETROS PRODUCTIVOS EN AVES DE LEVANTE EN LA UFPSO

Meza-Quintero, M¹⁷

Introducción

Según Peralta *et al.* (2019), el sistema digestivo y el sistema inmune asociado al epitelio intestinal y a la microbiota interactúan desde el nacimiento y durante el desarrollo de la vida del ave, influyendo en la funcionalidad gastrointestinal de acuerdo al bienestar y la eficiencia productiva de las aves criadas de forma intensiva.

Factores como la nutrición, el estado inmunológico, el manejo y el ambiente donde se desarrollan las aves, así como la selección genética que se hace de ellas, influyen negativa o positivamente en el desempeño gastrointestinal de las aves (Peralta *et al.*, 2019).

Estudios realizados por Giannenas *et al.* (2012) y Korver (2012) afirman que, a través de los alimentos consumidos, los animales permanentemente se encuentran expuestos a agentes patógenos, los cuales pueden causar reacciones inmunológicas. Es allí donde el epitelio intestinal hace las veces de barrera natural contra los agentes patógenos y sustancias tóxicas presentes en los alimentos y el lumen intestinal. Factores que alteran la microflora y el epitelio intestinal, causando alteraciones en la permeabilidad intestinal, invasión de microorganismos patógenos, disminución

17 Docente. Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, grupo de investigación GI@DS, mmezaq@ufpso.edu.co, Ocaña, Colombia

del proceso de digestión y mala absorción de nutrientes debido a la disminución en las vellosidades intestinales, como lo exponen Lodemann (2010), Chambers (2011), Plaza *et al.* (2014) en sus investigaciones.

Es así como a partir de 1940 se comienzan a utilizar los antimicrobianos como promotores de crecimiento en las dietas para aves, ya que favorecían el desarrollo de estas, mejorando sustancialmente sus parámetros productivos. Aunque existía la preocupación por la resistencia bacteriana, se autorizó su uso, dado a que se creía que esta era de carácter genético y que no presentaba un riesgo utilizarlos (Dibner y Richards, 2005).

La administración de alimentos y medicamentos de los Estados Unidos (FDA), en el año 1951, autorizó la utilización libre de los antibióticos en la nutrición animal como promotores de crecimiento (Jones y Ricke, 2003).

Los antimicrobianos usados como promotores de crecimiento actúan manteniendo un adecuado equilibrio del microbiota intestinal. Cuando los antimicrobianos son utilizados excesiva e indebidamente en los animales, estos presentan resistencia a los consumidores. Dicha resistencia no se debe a los residuos que pudieran estar en los productos, sino al desarrollo de bacterias resistentes en los animales de donde vienen dichos productos, existiendo el riesgo de transferencia de dichas bacterias o de los genes portadores de ellas a los consumidores (Errecalde, 2004; Huyghebaert y Ducatelle, 2011; Král y Angelovičová, 2012).

En 1970 comienza en Europa el interés por la regulación de la utilización de los antimicrobianos como promotores de crecimiento en las raciones para animales, publicando la directiva 70/524 en donde se establece el uso de los antibióticos en pequeñas dosis, catalogándolos como aditivos (Diario Oficial de las Comunidades Europeas, 1970).

Suecia es el primer país europeo que prohíbe la utilización de los antimicrobianos como promotores de crecimiento en la alimentación animal. En el año 2003, se empieza a modificar lo contemplado en la Directiva 70/524 por parte del Parlamento Europeo (Errecalde, 2004).

Ante tal panorama, debía buscarse una alternativa de reemplazo, y es así como en la Conferencia de la 39ª periodo de Sesiones de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), se recomendó formar un equipo con la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE) para hallar una solución a la resistencia de los antimicrobianos (FAO, 2015).

A partir del 1 de enero del 2006, la Unión Europea prohíbe la utilización de antibióticos en la alimentación animal como promotores del crecimiento (Gaggia y Mattarelli, 2010).

La legislación actual en los diferentes países del mundo sobre la restricción de los antimicrobianos como promotores de crecimiento y la preferencia de los consumidores por los productos naturales han llevado a la búsqueda de nuevas alternativas de reemplazo, originando los llamados Promotores Naturales del Crecimiento (PNC), entre los que se pueden citar las enzimas exógenas, probióticos, prebióticos, acidificantes orgánicos, antioxidantes y los extractos vegetales (Prosdócimo *et al.*, 2010; Huyghebaert *et al.*, 2011).

Actualmente, se ha ido popularizando el uso de los aditivos de origen natural en producción animal, dado el potencial de mejora que presentan sobre los parámetros productivos de los animales en los cuales se usan. A pesar de que estos productos han mostrado eficiencia en la productividad y la funcionalidad gastrointestinal en las aves, además de tener buenas perspectivas para ser utilizados en la nutrición de estas, muchos de ellos se encuentran en etapa experimental (Peralta *et al.*, 2019).

La presente investigación pretende evaluar el efecto de un optimizador de la mucosa intestinal, cuyo mecanismo de acción es ser mejorador de la absorción de nutrientes, sobre los parámetros productivos en aves de postura en la fase de levante.

Los optimizadores de la mucosa intestinal son productos de origen natural que garantizan el desarrollo de un intestino más estructurado, donde se da una mayor asimilación de los nutrientes aportados en la dieta.

Metodología

La investigación se llevó a cabo en las instalaciones del proyecto avícola de la granja experimental de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña; ubicada al margen derecho del río Algodonal, dentro del campus universitario, a una altura de 1150 msnm, con una temperatura promedio de 23 °C y una humedad relativa del 70 %; siendo una investigación aplicada, con un método experimental, de tipo exploratorio-correlacional, con un enfoque cuantitativo y un nivel descriptivo.

Para el desarrollo de la investigación se utilizó un optimizador de la mucosa intestinal a base de extracto de granada (*Púnica granatum*) y aceites esenciales de tomillo (*Thymus vulgaris*) y romero (*Rosmarinus officinalise*).

Los tratamientos o niveles experimentales fueron de 0.5 y 1.0 gramo de optimizador de la mucosa intestinal/litro de agua, respectivamente, contando con un grupo control o testigo (0 % de optimizador de la mucosa intestinal /litro de agua).

Se utilizaron noventa pollas de levante de la línea *Babcock brown* de siete semanas de edad, manejadas de acuerdo con las recomendaciones hechas por la línea en cuanto a requerimientos nutricionales, sanitarios y de manejo. En la fase pre-ensayo de la investigación (periodo de acostumbamiento, correspondiente a una semana, de la séptima a la octava semana de vida de las aves) y la fase experimental (ocho

semanas, de la octava a la dieciseisava semana de edad de las aves), estas fueron ubicadas en 18 cubículos de 2 m² de área, cada uno, los cuales contaban con un sobre piso en cascarilla de arroz con 10 cm de profundidad, con un bebedero automático, un comedero de tolva y un nidal, donde se albergaron cinco aves, es decir 2.5 aves por m².

La investigación comprendió tres fases: la fase uno o de pre-ensayo, periodo en el cual se buscaba que las aves utilizadas en el ensayo se acostumbraran a la adición del optimizador de la mucosa intestinal y lugar de alojamiento; la fase dos o experimental, periodo de suministro del optimizador intestinal en el agua de bebida a las aves, según lo establecido en la investigación; así mismo toma de datos de campo. Durante estas dos fases, el suministro de alimento se hizo cumpliendo los requerimientos nutricionales y la cantidad a suministrar de acuerdo con la edad y a la línea genética de las aves; en cuanto al suministro de agua de bebida, fue ofrecida a voluntad adicionándose el optimizador de acuerdo con lo planteado en la investigación (0 %, 0.5 % y 1.0 % g/litro de agua). Semanalmente, fueron evaluados los parámetros productivos (consumo de alimento, peso corporal, ganancia de peso, conversión alimenticia, % uniformidad y % mortalidad) de las aves a través de la recolección de datos de campo, siendo registrados en tablas diseñadas para ello (registros). La fase tres correspondió al análisis e interpretación de datos a través del *software* estadístico SPSS versión 26. Para la investigación se aplicó un diseño completamente al azar, el cual contaba con un grupo control (GC), dos tratamientos (T1 y T2), seis repeticiones por cada uno de los grupos, para un total de dieciocho unidades experimentales con cinco aves para cada una de ellas. La muestra correspondió a 90 aves en el ensayo. Estadísticamente, se utilizó un análisis de varianza ($p \leq 0.05$), usándose las pruebas de Tukey HSD (Diferencia Honestamente Significativa) y la de DMS (Diferencia Mínima Significativa) para mirar la diferencia entre cada uno de los tratamientos utilizados.

Resultados y discusión

Los resultados se realizan teniendo en cuenta la evaluación de los parámetros productivos tales como consumo de alimento, peso corporal, ganancia de peso, conversión alimenticia, % uniformidad y % mortalidad, realizado durante nueve semanas de experimentación (una semana de acostumbramiento y ocho de ensayo); para la evaluación de los datos se utilizó la ayuda de Microsoft Excel 2013 y el *software* estadístico SPSS versión 26 para los análisis estadísticos y diferencias significativas.

En cuanto a las variables de consumo de alimento, peso corporal, ganancia de peso, conversión alimenticia y uniformidad, el tratamiento 2 obtuvo los mejores resultados, seguido del tratamiento 1 y por último el grupo control. El análisis estadístico de las ocho semanas de ensayo mostró que existen diferencias significativas ($p < 0.05$) entre el grupo control con respecto a los tratamientos 1 y 2 en todas las variables

estudiadas a excepción de la mortalidad, donde no se presentaron decesos ni en el grupo control ni en los tratamientos durante toda la investigación, mostrando así el adecuado manejo de la misma.

Para todas las variables evaluadas y que presentaron diferencias estadísticas significativas (consumo de alimento, peso corporal, ganancia de peso, conversión alimenticia y % uniformidad), entre el grupo control y los tratamientos se utilizó la prueba de Tukey HSD (Diferencia Honestamente Significativa) y la DMS (Diferencia Mínima Significativa) para mirar la diferencia entre cada uno de los grupos utilizados, presentándose diferencias para todas las variables con ambas pruebas.

A pesar de que los grupos tratados presentaron diferencias en las variables estudiadas, no fueron estadísticamente significativas, mostrando que las diferencias presentadas pueden deberse a otros factores y no a la concentración del optimizador utilizada (0,5 y 1.0 gr del producto/ litro de agua).

Los resultados, en cuanto a consumo, fueron de 4287,43 g para el grupo control, seguido del tratamiento 1 (3611,98 g) y por último el tratamiento 2 (3548,86 g). El mejor peso corporal se presentó en el tratamiento 2 (1510 g), seguido del tratamiento 1 (1430 g) y por último el grupo control (1340 g). La mayor ganancia de peso fue en el tratamiento 2 (1030 g), seguido por el tratamiento 1 (940 g) y por último el grupo control (775 g). En cuanto a conversión alimenticia, la mejor fue igualmente en el tratamiento 2 (3,44), seguido del tratamiento 1 (3,84) y por último el grupo control (5,53). En cuanto al % de uniformidad los tratamientos 2 y 1 fueron los de mejor resultado (93 y 92 %) respectivamente y por último el grupo control (89 %).

Los resultados obtenidos en la investigación demuestran que el uso del optimizador de la mucosa intestinal a base de extracto de granada (*Púnica granatum*) y aceites esenciales de tomillo (*Thymus vulgaris*) y romero (*Rosmarinus officinalise*), en aves de postura en la fase de levante, mejoran los parámetros productivos, coincidiendo con lo reportado por Quigley (2010), quien afirma que estos podrían mejorar los parámetros productivos, fisiológicos y nutricionales en algunas especies animales; así mismo Gamarra (2003) reportó ganancia de peso con el suplemento de ácidos orgánicos en dietas para pollo de engorde.

El optimizador de la mucosa intestinal utilizado en la presente investigación corresponde a un mejorador de la absorción de nutrientes. Como se pudo observar en los resultados obtenidos en el ensayo, las aves que recibieron el optimizador tuvieron un mejor aprovechamiento de los nutrientes aportados en la dieta que el grupo que no lo recibió; corroborando lo afirmado por Nahara (2011), quien plantea que el mecanismo de acción de los Promotores de Crecimiento Natural (PNA) varía de acuerdo al principio activo que lo constituya; actuando unos como bactericida para los microorganismos intestinales, otros como mejoradores de la absorción de

nutrientes y vitaminas, otros como antioxidantes, o estimuladores enzimáticos, o mejoradores de la palatabilidad del alimento o estimulantes del sistema inmune.

Con el uso del optimizador de la mucosa intestinal (PNA), se obtuvieron resultados satisfactorios, similares a los obtenidos con los antimicrobianos, coincidiendo con lo afirmado por Peña-Torres (2019); quien dice que los promotores de crecimiento de origen natural son muy similares a los compuestos sintéticos como los antimicrobianos, pero con la ventaja de no causar problemas de resistencia a los animales, consumidor o deterioro de la calidad de los productos.

Conclusiones

En la presente investigación se observó que los datos obtenidos con el uso del optimizador de la mucosa intestinal a base de extracto de granada (*Púnica granatum*) y aceites esenciales de tomillo (*Thymus vulgaris*) y romero (*Rosmarinus officinalise*) como aditivo en aves de levante tiene un efecto positivo sobre los parámetros productivos, comparable al que se obtiene con el uso de antimicrobianos en la alimentación animal; lo que respalda la utilización de estas alternativas biológicas que permiten disminuir el uso de antibióticos en sistemas de producción avícola, evitando la resistencia y su efecto sobre la salud pública.

Así mismo, los resultados obtenidos de las aves tratadas con el optimizador revelaron una mejor condición a nivel intestinal reflejada en una mayor absorción de nutrientes y mejor respuesta inmunitaria frente a los desafíos sanitarios (enfermedades) y de manejo (despique). Esto es gracias a que el uso de productos naturales como los extractos vegetales y los aceites esenciales benefician la vellosidad encargada de la absorción de nutrientes y mejoran la producción de moco a nivel intestinal, el cual actúa como mecanismo de defensa ante microorganismos patógenos.

Referencias

- Chambers, J. A. (2011). The intestinal microbiota and its modulation for salmonella control in chickens. *Food Res Int*, 44, 3149-3159.
- Diario Oficial de las Comunidades Europeas. (1970). *Directiva del Consejo 70/524 sobre aditivos en la alimentación animal*. 82-98. <https://bit.ly/3zY9hRP>
- Dibner, J.J. y Richards, J.D. (2005). Promotores del crecimiento de antibióticos en la agricultura: historia y modo de acción. *Ciencias avícolas*. 84 (4), 634-643.
- Errecalde, J.O. (2004). Uso de antimicrobianos en animales de consumo: incidencia del desarrollo de resistencias en salud pública. FAO Producción y Sanidad Animal N° 162. <https://bit.ly/3ydPcpb>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2015). *Informe de situación sobre la resistencia a los antimicrobianos* [sesión de conferencia].

- Conferencia 39° período de sesiones, Roma, 6-13 de junio de 2015. <https://bit.ly/3HN7LUw>
- Gaggia, F., y Mattarelli, P. a. (2010). Probiotics and prebiotics in animal feeding for safe food production. *Int J Food Microbiol*, 141, Suppl: S15-28.
- Giannenas, I., Papadopoulos, E., Tsalie, E., Triantafyllou, E., Henikl, S., y Teichmann, K. A. (2012). Assessment of dietary supplementation with probiotics on performance, intestinal morphology and microflora of chickens infected with *Eimeria tenella*. *Vet Parasitol*, 188, 31-40.
- Huyghebaert, G., Ducatelle, R. y Van Immerseel, F. (2011). An update on alternatives to antimicrobial growth promoters for broilers. *The Veterinary Journal* 187,182–188. <https://bit.ly/3QHB3rJ>
- Jones, F. y Ricke, S. (2003). Observations on the history of the development of antimicrobials and their use in Poultry Feeds. *Poultry Science* 82, 613–617. <https://bit.ly/3OjAd2H>
- Korver, D. (2012). Implications of changing immune function through nutrition in poultry. *Anim Feed Sci Technol*, 173, 54-64.
- Král, M., y Angelovičová, M. A. (2012). Application of probiotics in poultry production. *Anim Sci Biotechnol*, 45, 55-58.
- Lodemann, U. (2010). Effects of probiotics on intestinal transport and epithelial barrier function. En: R.R. Watson and V. Preedy (Eds.) *Bioactive foods in promoting health: probiotics and prebiotics*(1st ed). 303-333.
- Nahara, F. (2011). *Experiencias latinoamericanas en el uso de polifenoles como mejoradores de la productividad avícola*. AMEVEA.
- Peña-Torres, E. F., González-Ríos, H., Avendaño-Reyes, L., Valenzuela-Grijalva, N. V., Pinelli-Saavedra, A., Muhlia-Almazán, A., y Peña-Ramos, E. A. (2019). Ácidos hidroxycinámicos en producción animal: farmacocinética, farmacodinamia y sus efectos como promotor de crecimiento. Revisión. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 10(2), 391-415.
- Peralta, M. F., Nilson, A. J., y Miazzo, R. D. (2019). Nutrición aviar: alternativas naturales para optimizar la funcionalidad gastrointestinal. *Ab Intus*, 2(4), 103-109.
- Plaza-Díaz, J., Gomez-Llorente, C., Fontana, L., y Gil, A. (2014). Modulation of immunity and inflammatory gene expression in the gut, in inflammatory diseases of the gut and in the liver by probiotics. *World journal of gastroenterology*, 20(42), 15632–15649. <https://doi.org/10.3748/wjg.v20.i42.15632>
- Prosdócimo, F., Batallé, M., Sosa, N., De Franceschi, M. y Barrios, H. (2010). Determinación in vitro del efecto antibacteriano de un extracto obtenido de quebracho colorado, *Schinopsis lorentzii*. *In Vet*. 12 (2), 139-143.
- Quigley, E. (2010). Prebiotics and probiotics; modifying and mining the microbiota. *Pharmacol Res*, 61, 213-218.

Anexos

Tabla 8. Esquema de la investigación

Tratamiento	Replicas	Tamaño unidad experimental	Cantidad de aves por tratamiento
T0	6	5	30
T1	6	5	30
T2	6	5	30
Total	18		90

Fuente: elaboración propia.

CAPÍTULO 6

IMPACTOS AMBIENTALES POR EL USO DE PLAGUICIDAS: EL CASO DEL CORREGIMIENTO DE MARTÍNEZ, MUNICIPIO DE CERETÉ

*Jorge Villadiego Lorduy¹⁸, Teonila Aguilar Jimenez¹⁹,
Daniel José Franco Sosa²⁰, Luz Andrea Padilla Núñez²¹,
Fernando Ramírez Muñoz²², Hugo Villadiego Martínez²³*

Introducción

A nivel mundial, la expansión agrícola se ha producido debido a las necesidades de una creciente población que reclama seguridad alimentaria (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2020). Esta situación se enfatiza en países donde la economía depende fundamentalmente de la agricultura, reflejándose en el uso de diferentes tipos de plaguicidas para controlar las plagas y alcanzar un alto grado de eficiencia en la productividad y

18 Environment y Technology Foundation, grupo de investigación Ambiente y Tecnología. Cra 28 calle 13B-26, Cereté, Colombia.

19 Universidad de Córdoba, Programa de Geografía y Medio Ambiente. Cra. 6 #No. 77-305, Montería, Colombia.

20 Environment y Technology Foundation, grupo de investigación Ambiente y Tecnología. Cra 28 calle 13B-26, Cereté, Colombia.

21 Ídem

22 Instituto Regional de Estudios en Sustancias Tóxicas, Universidad Nacional. Campus Omar Dengo, Apdo 86-3000, Heredia, Costa Rica.

23 Environment y Technology Foundation, grupo de investigación Sostenibilidad y Competitividad Cra 28 calle 13B-26, Cereté, Colombia. *Autor de correspondencia: jvilladiegol@environment-technologyfoundation.org

el rendimiento de los cultivos (FAO, 2016); causando en muchos casos impactos directamente sobre el medio ambiente, por el uso de compuestos como el DDT, un insecticida organoclorado que causa toxicidad relativamente aguda (Zaragoza *et al.*, 2016; Devine *et al.*, 2008).

En Colombia una de las principales actividades económicas es la agricultura de arroz, maíz, soya, sorgo, algodón y papa, entre otras (Perfetti *et al.*, 2013; FAO, 2016; Balcázar, 2003). Estas actividades requieren insumos agrícolas que son peligrosos y se convierten en riesgosos al utilizarlos por sus afectaciones en la salud, específicamente en el aparato respiratorio y el sistema cardiovascular, que en casos extremos puede conllevar a la muerte (Jiménez *et al.*, 2016).

El departamento de Córdoba actualmente cuenta con una población aproximada de 1.813.046 de habitantes, de los cuales el 53,2 % se encuentran en zona urbana y el 46,8 % en la zona rural, estos últimos dedicados principalmente a las actividades agrícolas (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo [PNUD], 2019). Un estudio de Marrugo *et al.* (2008) demostraron cómo algunos pesticidas se encuentran en las aguas de la Ciénaga Grande del Bajo Sinú por encima del límite permitido que establece la ley colombiana. En el Valle del Sinú Medio, Hanna y Orozco (2014) concluyeron que la intoxicación por plaguicida puede presentarse en forma aguda o crónica, en relación con la inhibición de la colinesterasa. El presente estudio se enfocó en el corregimiento de Martínez, municipio de Cereté, Córdoba, que fundamenta su economía en actividades agropecuarias utilizando diversos productos químicos como insecticidas, fungicidas y herbicidas que alteran los ecosistemas y traen consecuencias a la salud humana. Por lo tanto, el proyecto buscó establecer los posibles impactos ambientales generados por el uso de agroquímicos en esa zona.

Metodología

La tipología de estudio empleada en la investigación fue de carácter analítico descriptiva. El método que se utilizó se basó en el análisis de información primaria y secundaria. En términos de información secundaria, se recopilaron reportes de estudios ambientales relacionados con el impacto de los pesticidas al ambiente (Hanna y Orozco, 2014; FAO, 2020; Zaragoza *et al.*, 2016). Para el caso del estudio de la información primaria, se diseñó, validó y aplicó un cuestionario para la caracterización de los agroquímicos utilizados en las fincas vecinas del corregimiento de Martínez, ocho en total; además de entrevistas semiestructuradas a las personas del sector que tenían conocimiento sobre estos, sin omitir a especialistas (ingenieros agrónomos) en el tema a nivel local.

Así mismo, se construyó una matriz de impactos ambientales donde se registraron aspectos como la ecotoxicidad de la sustancia, efectos básicos y consumo, entre otros. Se implementó un análisis de contenido (ADC) para la organización y

categorización de la información primaria y secundaria. Los datos obtenidos con el cuestionario se procesaron usando estadística descriptiva que permitió la construcción de tablas y gráficos para consolidar la información.

Por último, se construyó una matriz donde se consignó la propuesta para la mitigación de los posibles efectos de las sustancias al ambiente. Las visitas de campo a la zona se realizaron en febrero de 2020. El *software* estadístico con que se trabajó fue R 3.6.1.

Resultados y discusión

Área de estudio

El área de estudio de la investigación fue el corregimiento de Martínez, ubicado en el municipio de Cereté, Córdoba (8°52'28" N y 75°46'04" O). Este limita al norte con el corregimiento de San José de los Campanos (Rabolargo) y la cabecera municipal. Al sur, con el municipio de San Carlos y el corregimiento de Campanito (Cereté). Al este, con el municipio de Ciénaga de Oro y al oeste con el corregimiento del Retiro de los Indios (Figura 15).

Caracterización de los plaguicidas

Con base en las encuestas hechas en campo a los pobladores, se determinaron los agroquímicos más utilizados en las áreas de estudio (Tabla 9), donde se observa que en el 100 % de las fincas se utilizan herbicidas, y estos, junto con los insecticidas, son las sustancias más usadas con un porcentaje de uso del 61,5 % y 23,1 %, respectivamente. La mayoría de las fincas mantiene ganado en pastos, por lo que usan varios herbicidas para controlar malezas de hoja ancha e insecticidas para el baño del ganado (Tabla 9).

Valoración de impactos ambientales

En el presente trabajo se evaluó el impacto ambiental total de los ocho plaguicidas más usados por los agropecuarios de la zona para el control de plagas en los cultivos y en el ganado (Tabla 10). Analizando los grupos de pesticidas más usados, se halló que el 50 % corresponde a productos del grupo herbicidas y el otro 50 % corresponde a productos del grupo insecticidas.

Para la valoración de los impactos se analizó el ingrediente activo presente en la formulación comercial, lo que permitió conocer el grado de toxicidad y otras características asociadas a estos agroquímicos. Los resultados obtenidos en la matriz de valoración de impactos ambientales totales demuestran que para las actividades agropecuarias se utilizan tres grupos de plaguicidas, según la categoría toxicológica aguda: altamente tóxico (un producto, 12,5% del total de productos),

moderadamente tóxico (cuatro productos, 50 %) y ligeramente tóxico (tres productos, 37,5 %) (Tabla 11).

La gran mayoría de sustancias usadas se consideran plaguicidas altamente peligrosos según la normativa de FAO/OMS/PAN (PAN, 2021), pues presentan efectos negativos de forma aguda o crónica.

Se determinó que el 62,5 % de los plaguicidas se ubican dentro de rango de Impacto Ambiental Total [IAT] BAJO (Campero 304 SL, Glifofed 480 SL, Ganathion, Trilla 800 SC, Pastar 360 SL) y el 37,5 % restante se ubica en rango de IAT MEDIO (Alfa Point 10 EC, Cipermetrina 20 % EC Oliagro y Lorsban 4 EC).

Por otra parte, la Cipermetrina es uno de los compuestos principales de dos de los agroquímicos más usados en el área de estudio, con efectos nocivos para las abejas, los peces y otras especies acuáticas, además de que su uso prolongado puede provocar efectos crónicos en la salud. El Clorpirifos, conocido comercialmente como Lorsban, tiene impactos negativos sobre las abejas y provoca alteraciones en las características físicas, químicas y biológicas del suelo. El Glifosato y el Diuron son los ingredientes principales de los plaguicidas Glifofed 48 y Trilla 800 respectivamente, provocan afectaciones en los humanos como la probabilidad de producir cáncer y en el ambiente pueden ocasionar pérdida en la fertilidad del suelo y contaminación de los recursos hídricos. Otro herbicida usado en la localidad y distinguido comercialmente como Campero 304 contiene Picloram, conocido por ser disruptor endocrino; además, el Ganathion, cuyo ingrediente activo es el insecticida organofosforado Etion, y de la misma forma la Cipermetrina son extremadamente tóxicos para organismos acuáticos y abejas; el Pastar 368 SL (2,4-D + aminopyralid) puede contaminar los recursos hídricos, el ambiente acuático y el suelo. Estos plaguicidas se utilizan en la actividad ganadera, en la aplicación de pastos y en el baño para el ganado (Etion). Un efecto indirecto de los herbicidas es la reducción en las poblaciones de plantas que sirven de alimento a polinizadores e insectos benéficos como las abejas.

Propuesta de mitigación

La propuesta de mitigación contempló líneas de acción a partir de la caracterización de los pesticidas de mayor uso en la zona y de la evaluación de los impactos ambientales derivados de los mismos, señalándose: a) procesos de formación a comunidades sobre el tema de manejo de agroquímicos, b) implementación de tecnologías agropecuarias para una producción más limpia y c) evaluación y manejo de los impactos ambientales. A partir de dichas líneas, se establecieron los programas. Cada programa establece una población beneficiada, objetivos, metas, estrategias e indicadores que contribuyen a minimizar los riesgos que se puedan derivar del uso de los agroquímicos en el sector de Martínez (Figura 16 y Tabla 12).

Conclusiones

Los agroquímicos más utilizados en el corregimiento de Martínez se consideran plaguicidas altamente peligrosos. La mayoría pueden producir impactos muy negativos sobre organismos acuáticos (Etion, Cipermetrina) y abejas (Cipermetrina, Clorpirifos), tanto de forma directa como indirecta, además de contaminar el suelo y reducir la biodiversidad (herbicidas).

En la evaluación de los impactos ambientales totales de los ocho plaguicidas, se determinó que el 62,5 % de las sustancias se ubican en rango de Impacto Ambiental Total BAJO, pero algunos poseen toxicidad crónica, como probabilidad de producir cáncer en humanos (Diuron y Glifosfato) o ser disruptor endocrino (Picloram).

La valoración de impactos ambientales señala la importancia del cuidado que se debe tener a la hora de manipular los agroquímicos y se resalta el poco conocimiento que tienen los pobladores de la zona de estudio acerca de estos para el correcto manejo de los agroquímicos en sus labores diarias.

Es necesario implementar programas para el mejoramiento en el manejo de los agroquímicos, debido a que, aun siguiendo las instrucciones dadas por los fabricantes, el ambiente de la zona puede verse afectado de forma negativa, al igual que la salud de los pobladores.

Es prioritaria la generación de procesos de producción utilizando tecnologías más limpias, como agroecología, así como la evaluación continua de los impactos ambientales que se pueden presentar.

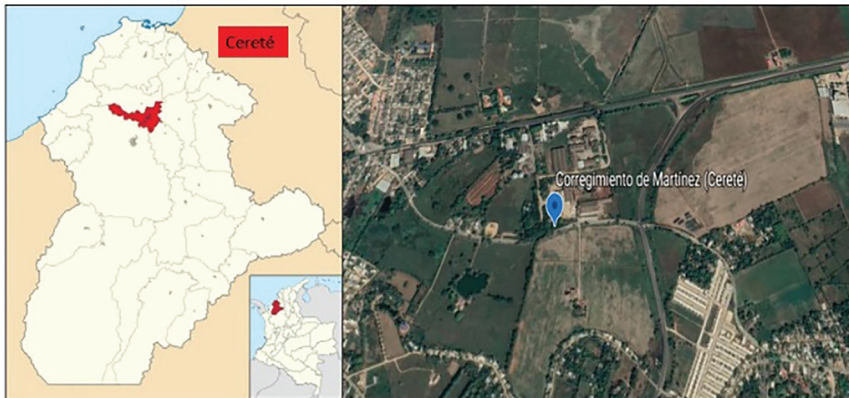
Referencias

- Balcázar, Á. (2003). Transformaciones en la agricultura colombiana entre 1990 y 2002. *Revista de Economía Institucional*, 5 (9), 128-145. <https://bit.ly/3NgfWd2>
- Devine, G., Eza, D., Oigusuku, E., y Furlong, M. (2008). Uso de insecticidas: contexto y consecuencias ecológicas. *Scielo*, 25(1), 1-29. <https://bit.ly/2COUk7h>
- Hanna, M., y Orozco, M. (2014). Exposición laboral por plaguicidas en cultivadores de algodón: valle del sinú medio. *Económicas CUC*, 35 (2), 65-74. <https://bit.ly/3QHlsIy>
- Jiménez, C., Pantoja, A., y Ferney, H. (2016). Riesgos en la salud de agricultores por uso y manejo de plaguicidas, microcuenca “La Pila”. *Rev Univ. Salud*, 18(3), 417-431. <https://bit.ly/3yoRiTd>
- Marrugo, J., Diaz, B., y Lans, E. (2008). Estudio de la contaminación por pesticidas organoclorados en aguas de la Ciénaga Grande del Valle Bajo del Río Sinú. *Temas Agrarios* 13(1), 49-56. <https://bit.ly/39QREsn>

- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2020). *La seguridad alimentaria futura del mundo pelagra debido a múltiples desafíos*. <https://bit.ly/3NaDdx2>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2016). *El estado mundial de la agricultura y la alimentación*. <https://bit.ly/3QMJ3Ia>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2016). *Economía, agricultura y seguridad alimentaria*. <https://bit.ly/3Ng4a2q>
- Perfetti, Balcázar, Hernández y Leibovich. (2013). Políticas para el desarrollo de la agricultura en Colombia. *Fedesarrollo*, (1), 1-247. <https://bit.ly/2U7MOti>
- Pesticide Action Network International (PAN). (2021). *PAN International List of Highly Hazardous Pesticides (PAN List of HHPs)*. Pesticide Action Network International. <https://bit.ly/3IfROX6>
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). (2019). *Córdoba Retos y desafíos para el Desarrollo Sostenible*. <https://bit.ly/3bocKi9>
- Zaragoza, A., Valladares, B., Ortega, C., Zamora, J., Velázquez, V., y Aparicio, J. (2016). Repercusiones del uso de los organoclorados sobre el ambiente y salud pública. *Scielo*, 6 (1), 1-9. <https://bit.ly/3zZSePt>

Anexos

Figura 15. Ubicación del área de estudio



Fuente: elaboración propia.

Tabla 9. Agroquímicos utilizados

		Respuestas		Porcentaje de casos
		N	Porcentaje	
Pesticida	Insecticida	3	23.1%	37.5%
	Herbicida	8	61.5%	100.0%
	Fungicida	1	7.7%	12.5%
	Acaricida	1	7.7%	12.5%

Fuente: elaboración propia.

Tabla 10. Plaguicidas utilizados en las fincas estudiadas

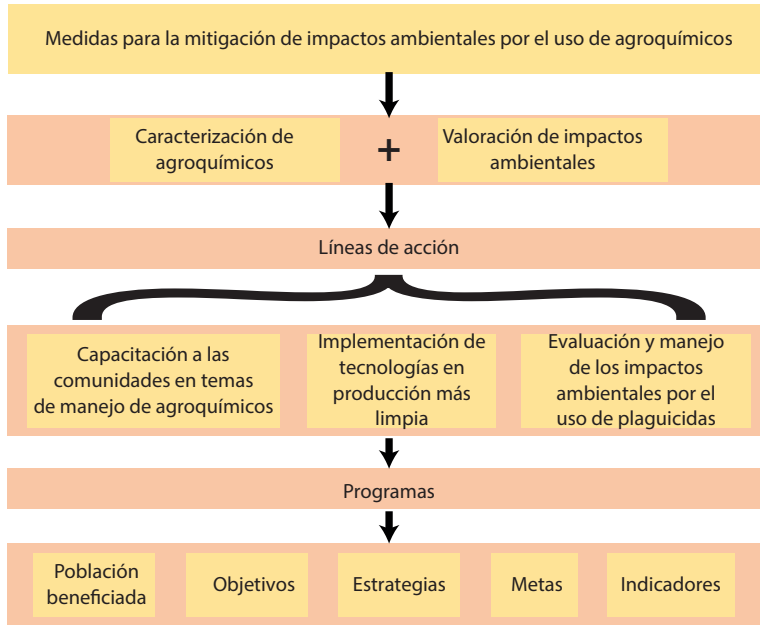
Insecticidas	Plagas	Herbicida	Malezas
Alfa Point 10 EC	Gusano cogollero (Spodoptera frugiperda)	Campero 304 SL	Alcanforada (Hyptis suaveolens)
Cipermetrina 20% EC Oliagro	Gusano bollotero (Heliothis virescens)	Glifofed 480 SL	Coquito (Cyperus rotundus)
Lorsban 4EC	Gusano tigre (Spodoptera)	Trilla 800 SC	Pasto Argentina (Cyperus rotundus)
Ganathion	Moscas y Garrapatas	Pastar 368 SL	Bicho, Chilinchil (Cassia tora)

Fuente: elaboración propia.

Tabla 11. Caracterización según toxicidad aguda

Grupos de plaguicidas según efectos tóxicos			
Porcentaje	Categoría toxicológica	Nombre comercial	Ingredientes Activos
12.50%	Altamente tóxico	Ganathion	Ethion
50%	Moderadamente tóxicos	Cipermetrina 20% EC oliagro, Campero 304 SL, Trilla 80.0 SC, Pastar 360 SL	Cipermetrina, 2,4-D, picloram, diuron, aminopyralid
37,50%	Ligeramente tóxico	Alfa point 10 ec, Glifofed 480 s.L, Loesban 4 ec	Alfacipermetrina, glifosato, clorpirifos

Fuente: elaboración propia.

Figura 16. Medidas de mitigación

Fuente: elaboración propia.

Tabla 12. Propuesta de mitigación

Programa	Población	Objetivos	Metas (M) - Estrategias (E)	Indicadores
Programa de capacitación comunitaria	Comunidad asociada actividades de uso y manejo de agroquímicos (corregimiento de Martínez)	Caracterizar a la población potencialmente expuesta	(M) Formar al menos un 40% de personas de la localidad en temas de uso de agroquímicos (E) Creación de grupos ambientalista para el fomento de mecanismos de producción más limpia	Número de personas calificadas y empoderadas en el tema de uso y manejo de agroquímicos
		Cualificar a la población potencialmente expuesta		
Programa de tecnologías de producción más limpia	Comunidad asociada actividades de uso y manejo de agroquímicos (corregimiento de Martínez)	Dar a conocer a la población de la localidad tecnológicas de producción más limpia	(M) Creación de por lo menos dos redes de producción más limpia para el sector agropecuario del corregimiento (E) Generación de alianzas estado, universidad, comunidad	Número de tecnologías limpe Martínezias implementadas en el sector agropecuario de la localidad
Programa de evaluación y manejo de impactos ambientales por uso de agroquímicos		Desarrollar seguimiento a las actividades de uso de agroquímicos en la localidad	(M) Implementación a nivel local de matrices cualitativas para la evaluación de posibles impactos al ambiente por el uso de agroquímicos (E) Generación de alianzas con universidades para procesos de transferencia tecnológica	Número de evaluaciones realizadas por año

Fuente: elaboración propia.

CAPÍTULO 7

DIAGNÓSTICO DE LAS CONDICIONES AMBIENTALES DE LA CIÉNAGA DE AYAPEL, DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA

*Jorge Villadiego Lorduy²⁴, Yonier Perez Cuadrado²⁵,
Melissa Garnica Ortega²⁶, Jaime Rivera Hernández²⁷,
Pedro Payares Ramos²⁸, Arnulfo Gómez Ramos²⁹*

Introducción

Los problemas ambientales han aumentado a nivel global debido a factores que impactan directamente en el medio, derivados estos de actividades antrópicas (Angulo, 2010). Como consecuencia, se ha acelerado el cambio climático y se han causado daños irreversibles al planeta (Organización de las Naciones Unidas [ONU], 2016). Los ecosistemas tipo humedal, al disminuir sus extensiones geográficas, reducen sus servicios ecosistémicos (Bárbaro *et al.*, 2005), afectándose una amplia variedad de flora, fauna y microorganismos (Castellanos, 2006).

24 Environment y Technology Foundation, Grupo de Investigación Ambiente y Tecnología Cra 28 calle 13B-26, Cereté, Colombia.

25 Ídem

26 Ídem

27 Ídem

28 Ídem

29 Universidad de Córdoba, programa de geografía y medio ambiente. Cra. 6#No. 77- 305, Montería, Colombia.

*Autor de correspondencia: jvilladiegol@environmenttechnologyfoundation.org

Colombia a nivel mundial es uno de los cuatro países que tiene mayor disponibilidad de recurso hídrico, conformado principalmente por humedales de amplia diversidad biológica (Castellanos, 2006). Por lo tanto, dicha condición se ha visto afectada en diferentes regiones del país por la falta de implementación de las políticas de protección hacia los humedales (Ramírez y Roja, 2012). En el departamento de Córdoba, los humedales no han sido ajenos de sufrir alteraciones por las actividades antrópicas. Estudios realizados por Villadiego *et al.* (2018) sobre el humedal de Corralito y por Anaya *et al.* (2019) sobre el humedal de Betancí evidencian cómo los humedales del departamento se han visto impactados negativamente por factores como: a) ausencia de cultura ambiental, b) construcción de terraplenes, c) ganadería intensiva y d), por último, los problemas socio – económicos de la región, lo que ha conllevado a la desecación y a la pérdida de su biodiversidad en diferentes regiones del departamento.

Algunos estudios sobre la ciénaga de Ayapel en el departamento de Córdoba evidencian problemas de degradación de suelo, contaminación de aguas, falta de servicios básicos y construcción de terraplenes, entre otros problemas (Aguilera, 2011). Con el presente estudio se buscó diagnosticar las condiciones ambientales existentes y las presiones ambientales que están contribuyendo en su degradación. Lo anterior, con el fin de proponer alternativas de mitigación frente a la actual situación de deterioro ambiental.

Metodología

La tipología de estudio empleada en la investigación fue de carácter analítico-descriptiva. El método que se utilizó en el estudio se soportó en el análisis de información primaria y secundaria. En términos de información secundaria se recopilaron reportes de proyectos ambientales desarrollados en el área de estudio (Aguilera, 2011; Corporación ambiental de los Valles del Sinú y San Jorge [CVS], 2009; Alcaldía de Ayapel, 2002). Además, se realizó el respectivo análisis de imágenes de satélites tipo Landsat para los meses de agosto de 2000, enero de 2010 y marzo de 2020, mediante el *software* ArcGIS 10.5, con el fin de conocer la dinámica espacio temporal que ha sufrido la ciénaga.

Para el caso del estudio de la información primaria, se diseñó una matriz de problemas ambientales de corte cualitativo la cual se implementó en el área de estudio. Se realizaron entrevistas semiestructuradas a líderes comunales vecinos del humedal. Así mismo, se verificó en campo la problemática ambiental identificada en las imágenes satelitales Landsat para los años arriba mencionados. Se implementó un análisis de contenido (ADC) para la organización y categorización de la información recolectada. Se aplicó la matriz Presión, Estado, Respuesta (PER) utilizando la información primaria y secundaria analizada, a fin de determinar los factores que han incidido en su deterioro. Por último, se construyó una matriz

donde se consignó la propuesta con los programas respectivos para la mitigación de los impactos ambientales sobre el humedal. Las visitas de campo a la zona se realizaron en el mes de marzo de 2020.

Resultados y discusión

Área de estudio

El área de estudio de la presente investigación estuvo delimitada por la ciénaga de Ayapel, ubicada en el departamento de Córdoba, Colombia, entre las coordenadas 8°21'53.3" N y 75°04'24.5" W, la cual limita por el norte con San Marcos, San Benito y Majagual, por el oriente con Guaranda y Achi, por el occidente con Buenavista, La Apartada, Pueblo Nuevo y por el sur con el departamento de Antioquia (Figura 17) (Aguilera, 2011).

Características físico-bióticas

El área de la cuenca de la ciénaga de Ayapel tiene una extensión aproximadamente de 10.462.26 km² y una topografía que varía entre los 20 y los 150 m.s.n.m. Sus valores medios climáticos rondan entre 25,4 y 27° C, las precipitaciones varían entre 4.800 mm/año y 2.500 mm/año; igualmente la dinámica hidrológica de la ciénaga cuenta con redes ramificadas hacia los lagos y embalses (CVS, 2009).

En términos de geología, el relieve de Ayapel está constituido por zonas planas inundables y algunas colinas de escasa altura, con terrenos acumulativos. Sus suelos corresponden a suelos de planicie en clima cálido húmedo con cuatro tipos de variedades: a) suelos en sitios inundados orgánicos, b) suelos de sitios inundados moderadamente orgánicos, c) suelos de sitios inundables temporalmente y d) suelos de sitios de tierra firme (CVS, 2009).

Características socioeconómicas de Ayapel

El municipio de Ayapel cuenta con una extensión territorial de 1929 km² y una población de 27729 habitantes de cabecera y 19518 habitantes en centros poblados y área rural dispersa (Alcaldía de Ayapel, 2015). Los corregimientos del Cedro (2415 habitantes), Las Delicias (2600 habitantes aproximadamente) y Sincelejito (1296 habitantes) impactan directamente en el humedal debido a que no cuentan con un sistema de saneamiento básico. Las actividades económicas del municipio se concentran principalmente en a) ganadería extensiva, b) la minería y c) la agricultura. Igualmente, las poblaciones existentes en estos centros poblados presentan bajos ingresos económicos (Alcaldía de Ayapel, 2002).

Dinámica espacial y problemas ambientales del humedal

El humedal históricamente ha presentado una serie de problemas socioambientales, destacándose: a) la minería ilegal, b) la construcción de terraplenes y c) el manejo irracional de los recursos naturales existentes. Lo anterior ha conllevado a que en los últimos 20 años su espejo de agua se redujera, pasando de 13.604 ha en el año 2000 a 7.291 en 2020 (Figura 18). Dicho espejo se ha ido desecando y fragmentando, trayendo como consecuencia el deterioro del ecosistema, aun cuando el humedal se declaró área protegida bajo el acuerdo Ramsar en 2018. La poca regulación de la pesca y los vertimientos de mercurio derivados de la minería, entre otros factores, amenazan con el equilibrio ecológico del ecosistema.

Modelo PER

Con la aplicación de modelo PER se establecieron los factores y/o presiones que han incidido en el deterioro del humedal y el estado en que se encuentra el ecosistema, así como las respuestas que se le dieron a tales presiones. La minería artesanal, los procesos agropecuarios no controlados, los vertimientos de residuos sólidos y líquidos y la sobre explotación de los recursos han sido los principales factores de presión para el humedal. Como resultado de tales presiones se han generado procesos de contaminación hídrica, conflictos de uso del suelo y pérdida de la biodiversidad. Como respuestas, se plantearon acciones encaminadas a: 1) recolección de residuos, 2) planes de reforestación, 3) programas de educación ambiental y 4) medidas de saneamiento básico en zonas rurales (Figura 19).

Medidas de mitigación para el mejoramiento del humedal

Para establecer medidas de mitigación que contribuyeran a mejorar las condiciones ambientales del humedal, se partió de la línea o diagnóstico del humedal, analizando los problemas ambientales y el perfil socioeconómico de las poblaciones vecinas. Una vez realizado el respectivo análisis, se establecieron los componentes constitutivos de la propuesta: a) social, b) económica, c) infraestructura y d) medio ambiente. Lo anterior con el fin de establecer programas para cada componente, considerando: 1) población beneficiada, 2) objetivos, 3) estrategias, 4) metas y por último 5) indicadores (Figura 20 y Tabla 13).

Conclusiones

La ciénaga de Ayapel ha disminuido su espejo de agua por actividades antrópicas que son realizadas en su territorio, causando que esta pierda diversas funciones ecosistémicas y parte de la biodiversidad que conforman al humedal.

La fragmentación del ecosistema por la construcción de terraplenes ha sido una de las principales causas que han contribuido a la degradación del humedal de Ayapel.

Lo anterior ha derivado en la interrupción de corredores biológicos naturales, impactando de forma negativa en su flora y fauna.

La principal actividad económica de la ciénaga de Ayapel es la minería artesanal, siendo uno de los factores de mayor contaminación del recurso hídrico debido a los vertimientos de metales pesados, como es el mercurio, además de la generación de diversos problemas de salud a las personas de la región y afectaciones a toda la fauna y flora que conforman dicho ecosistema.

La implementación de programas que se enfoquen en la protección de la ciénaga de Ayapel puede mitigar esos impactos que ha venido sufriendo el humedal por las actividades antrópicas realizadas en dicha región y por los mismos pobladores de la zona, lo que ha conllevado a la pérdida de biodiversidad y conflictos en el uso del suelo.

Agradecimientos: a la Asociación de Geógrafos del Caribe Colombiano, en especial al geógrafo Dany Páez Castro, por su aporte a la cartografía temática de la ciénaga de Ayapel.

Referencias

- Aguilera, M. (2011). Ciénaga de Ayapel: riqueza en biodiversidad y recursos hídricos. *Banco de la Republica*, (4), 136-197.
- Alcaldía de Ayapel. (2002). *Plan Básico de Ordenamiento Territorial, PBOT-Diagnostico técnico de Ayapel – Córdoba*.
- Alcaldía de Ayapel. (2015). *plan de desarrollo municipal de Ayapel*. <https://bit.ly/39Kul3J>
- Anaya, J., Londoño, D., Villadiego, J., Sepúlveda, R., De Los Reyes, I., y Díaz, O. (2019). Dinámica espacial e impactos ambientales: caso Ciénaga Betancí. *CESPO*, 1(3), 49-58.
- Angulo, A. (2010). Relación entre crecimiento económico y medio ambiente. *Desarrollo local Sostenible*, 3(8), 1-10.
- Bárbaro, V., Hernández, A., y Borrell, H. (2005). Los humedales ante el cambio climático. *Investigaciones Geográficas*, (37), 127-132.
- Castellanos, C. (2006). *Los ecosistemas de humedales en Colombia*. Universidad de Caldas. <https://bit.ly/39TfYtH>
- Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y del San Jorge (CVS). (2009). *propuesta técnica para la declaratoria del complejo de humedales de Ayapel en categoría de distrito de manejo integrado de los recursos naturales renovables*.
- Google Earth. (2020). [Imagen satelital de Ayapel]. Recuperado en 2020.
- López Duarte, L. S., Baltodano Peña, O., Villadiego Lorduy, J., Sepúlveda Vargas, R. D., Diaz Hernández, Ó., y Espinosa Corrales, D. E. (2020). *Autogestión para*

el uso colectivo del agua con sistemas de riego de la economía agrícola en San Juanillo y las Delicias, Nicaragua. <https://bit.ly/3AoFQbJ>

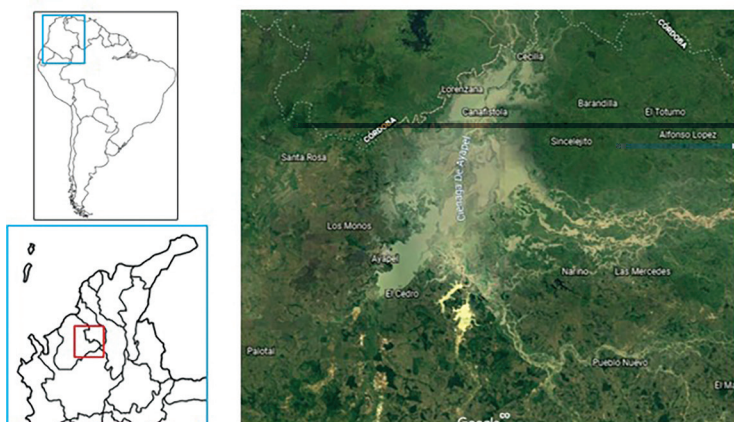
Organización de las Naciones Unidas (ONU). (2016). *Informe de los Objetivos de Desarrollo Sostenible.* <https://bit.ly/2GBvrdE>

Ramírez, L., y Roja, L. (2012). *Evaluación de la implementación de la política nacional para humedales interiores de Colombia: caso de estudio complejo de humedales de Fúquene, Cucunubáy palacio* (Tesis de maestría). Pontificia Universidad Javeriana, Colombia.

Villadiego, J., Piedra, L., Tapia, H., Méndez, Y., y Díaz, O. (2018). Corralito un humedal en vía de extinción en el corregimiento de Severá, Municipio de Cereté, Colombia. *Revista Geográfica*, (61), 263-284.

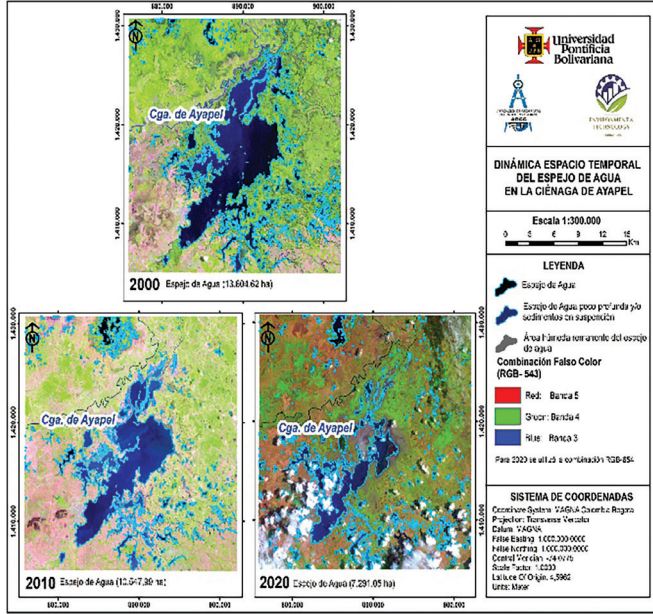
Anexos

Figura 17. Ubicación del área de estudio



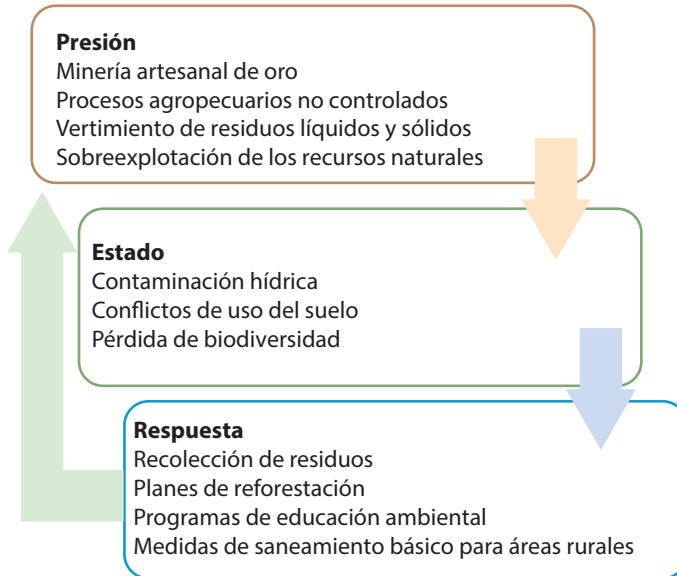
Fuente: Google Earth (2020).

Figura 18. Dinámica espacio temporal de la ciénaga



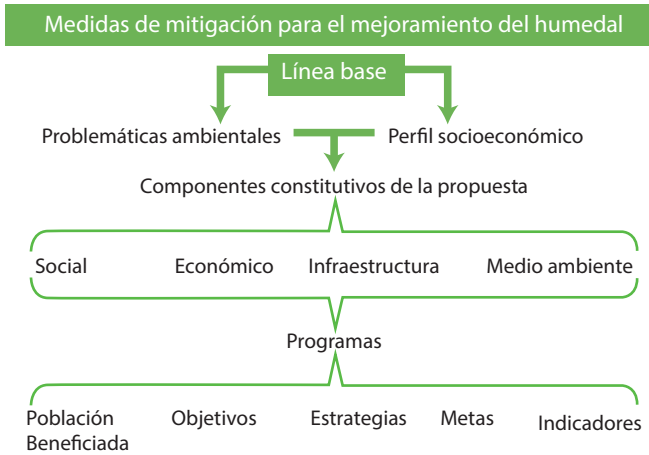
Fuente: elaboración propia.

Figura 19. Modelo Presión – Estado – Respuesta de la ciénaga de Ayapel



Fuente: elaboración propia.

Figura 20. Medidas de mitigación



Fuente: adaptado de López *et al.* (2020).

Tabla 13. Medidas de mejoramiento del humedal

Programas	Objetivos	Población beneficiada	Metas-Estratégicas	Indicadores
Programa social	Diseñar proyectos que favorezcan a la comunidad en el ámbito educativo	El Cedro Las Delicias, Sincejito, Casco urbano Ayapel	Aumento en el nivel de cualificación de la población	Número de personas cualificadas por nivel de educación
Programa económico	Generar proyectos económicos amigables con el ambiente		Generación de pequeñas y medianas empresas	Número de emprendimientos y puestos de empleo
Programa de infraestructura	Generar proyectos de saneamiento básico comunitario		Mejoramiento de las condiciones de saneamiento básico	Volumen reducido de residuos sólidos y líquidos arrojados al humedal
Programa de medio ambiente	Establecer lineamientos para el uso racional de los recursos presentes en el humedal		Implementación de mecanismos para uso racional del recurso	Número de personas apropiadas y empoderadas del territorio

Fuente: elaboración propia.

CAPÍTULO 8

HÁBITOS SOSTENIBLES EN ESTUDIANTES CENTRALISTAS, ENFOQUES Y RETOS

*Erika Alexandra Torrado Briceño³⁰, Sandra Cecilia Bautista Rodríguez³¹,
Alexandra Reyes Hernández³², Dairo Alejandro Bohórquez Mahecha³³*

Introducción

La comprensión de la forma en que se manifiesta un hábito se liga a las motivaciones, valores y percepciones, siendo estudiado desde la psicología social y la educación ambiental. Desde la psicología social, es posible entender la esencia del comportamiento de los individuos hacia la naturaleza y por qué los humanos se motivan a cuidar su entorno natural (Schwartz, 2005; Clayton, 2015). Así mismo, según la UNESCO (2003), la educación ambiental (EA) es pilar de un desarrollo sostenible y la vida en común en el siglo XXI, “siendo el proceso que permite a una persona desarrollar aptitudes, actitudes y otras formas de conducta que se valoran en la sociedad en la que vive; cuando se trata de educación no formal, puede hablarse también de realización personal” (p. 35). Por tanto, en el contexto de la psicología social y la EA, los hábitos de vida se asocian a las

30 Msc. En Economía ambiental y de recursos naturales, Universidad Central, Bogotá Colombia. etorrado@ucentral.edu.co

31 Ph.D. En Ingeniería. Universidad Central, Bogotá Colombia. sbautistar2@ucentral.edu.co

32 Ing. En Ingeniería Ambiental, Universidad Central, Bogotá Colombia. lreyesh1@ucentral.edu.co

33 Ing. En Ingeniería Ambiental, Universidad Central, Bogotá Colombia. dbohórquezm2@ucentral.edu.co

actividades realizadas diariamente, comportamientos ordinarios o costumbres, en ese caso asociados con el entorno socioambiental en que se encuentra la persona. En un entorno urbanizado paulatinamente los hábitos como pasear, consumir alimentos producidos localmente y hacer ejercicio al aire libre, entre otros, son menos habituales. Cada vez más los habitantes urbanos se alejan de las fuentes naturales y son cada vez menos conscientes del origen de los recursos naturales que sustentan sus vidas (Álvarez, 2009). Tales percepciones de los habitantes urbanos se observan en la población de estudiantes de educación superior, quienes, a pesar de encontrarse en un entorno académico, no siempre su entorno de formación incluye temáticas vinculadas con la educación ambiental. Es así como se encuentra una deficiencia en la comprensión de los factores que pueden potenciar o limitar las motivaciones de los estudiantes universitarios a tener hábitos que sean sostenibles, tomando como estudio de caso la Universidad Central. Al no tener claridad sobre los factores potenciadores o limitantes para la generación de hábitos sostenibles, se restringe la posibilidad de establecer estrategias efectivas que logren generar cambios en el manejo de los recursos como el agua y la energía, así como la reducción o aprovechamiento de los residuos sólidos.

Metodología

Paso 1: se realiza un diagnóstico de los hábitos sostenibles en la comunidad estudiantil con el propósito de identificar factores restrictivos o potenciadores de tales hábitos. Se diseña una encuesta tomando como base para las preguntas una revisión sistemática de literatura y el método correlacional o selectivo, que se enmarca en la planificación y diseños de investigación con encuestas.

Paso 2: se aplican indicadores de estadística descriptiva para el análisis de los resultados de la encuesta, indicadores como varianza, análisis de dispersión y desviación estándar.

Paso 3: basado en los resultados de los pasos previos, se seleccionan las estrategias para fomentar hábitos sostenibles en torno al manejo de residuos sólidos y su potencial aprovechamiento.

Paso 4: se propone un enfoque estratégico de implementación de las estrategias seleccionadas basadas en la teoría del cambio.

Resultados y discusión

Identificación de factores restrictivos y potenciadores de hábitos sostenibles en instituciones de educación superior IES

Como resultado de la revisión de literatura, se identificaron 98 artículos de los cuales finalmente se seleccionaron 27 que cumplen con los parámetros definidos en

la Tabla 14. Al realizar un análisis de estos, se establecieron factores potenciadores y restrictivos para la generación de hábitos sostenibles, específicamente en las instituciones de educación superior IES. Es de resaltar que los 71 artículos no considerados fueron descartados principalmente porque su espacio de estudio eran instituciones de niveles de educación media. En la Tabla 15 se describen los factores potenciadores y restrictivos identificados en los documentos analizados y en la Tabla 16 se detalla su relación con los artículos que los diferenciaron.

Se observó que los factores potenciadores más influyentes son los que tienen como base la realización de actividades participativas que involucran específicamente a los estudiantes dentro y fuera de las aulas de clase, como la investigación formativa y el análisis de experiencias tanto documental como vivencial, para incentivar la cultura ambiental. Se destacó que a las instituciones que cuentan con espacios verdes se les facilita la realización de dichas actividades y el aprovechamiento de los residuos generados en las mismas. En cuanto a la formulación de cuestionarios que posteriormente son calificados en asignaturas, se acentúa que dichos resultados son de gran importancia en la mejora de los comportamientos pro-ambientales. Por otro lado, se encuentran los factores restrictivos, en los cuales se identifica que, a pesar de realizar actividades participativas, los estudiantes no se sienten involucrados. Además, se observa que en algunas IES son deficientes los recursos y la baja incorporación de temáticas sobre educación ambiental en sus programas educativos. Es por esto por lo que se considera que el cambio en las actitudes y comportamientos de los estudiantes debe promoverse desde iniciativas definidas desde las propias IES, en espacios de construcción en común entre estudiantes, docentes, administrativos y en general todos los actores de la comunidad universitaria, para generar espacios que permitan a los estudiantes problematizar y proponer proyectos en los que puedan intervenir en problemas ambientales concretos de su entorno (García, 2011).

Análisis de hábitos sostenibles en estudiantes universitarios

En cuanto a los resultados de la encuesta a estudiantes de la Universidad Central sobre hábitos sostenibles, se obtuvieron 386 respuestas; en la encuesta realizada se categorizaron las variables como variables Dummy (sí o no). En la Tabla 16 se jerarquizan los hábitos debido a la cantidad de estudiantes que implementan el hábito. Por ejemplo, el ahorro de agua es realizado por 330 de los 386 encuestados, siendo el 85 % del total de estudiantes. La varianza indica la dispersión en las respuestas, teniendo una muy baja dispersión en los hábitos “ahorro agua, reduzco el consumo de energía y tengo un huerto en casa”. Y una dispersión mayor en los hábitos “reutilizo los envases o empaques y utilizo más bicicleta, menos carro”. En cuanto a la desviación estándar es un indicador de variabilidad de los datos, teniendo el mismo comportamiento los hábitos identificados con baja varianza.

Referente a los factores restrictivos, estos son jerarquizados en el Tabla 17, donde se observa que el factor restrictivo más significativo para el aprovechamiento de residuos es que no hay recipientes adecuados para la separación, con un total de 308 encuestados que representa el 80 % de estudiantes. Por otro lado, los factores con menor influencia son: “está de moda e interés de mi familia” con 26 % de encuestados.

De igual manera, en la Tabla 18 se encuentran jerarquizadas las actividades que favorecen la realización de hábitos según la encuesta. En esta se observa que todas las actividades mencionadas superan el 85 % de estudiantes, siendo “más puntos ecológicos” la actividad que más potencia al hábito de disponer mejor los residuos. De acuerdo con la varianza, los datos tienen poca dispersión.

Identificación de estrategias

Se identificaron las siguientes estrategias como base para fomentar hábitos sostenibles en la comunidad estudiantil centralista:

- Gestión institucional de residuos: conjunto de operaciones y disposiciones encaminadas a dar a los residuos producidos el destino más adecuado desde el punto de vista ambiental, de acuerdo con sus características, volumen, procedencia, costos de tratamiento, posibilidades de recuperación, comercialización y disposición final (Corporación Autónoma Regional del Sur de Bolívar, 2019).
- Política de reducción, tratamiento y aprovechamiento de residuos: establecer una política formal para reducir el consumo y generar el adecuado manejo de residuos en la Universidad Central (Navarra, 2017).
- Huerta urbana: espacio cubierto o no destinado para el cultivo de flores, plantas aromáticas, hortalizas, hierbas medicinales y frutales a escala doméstica que permite el aprovechamiento de residuos reciclables y orgánicos.
- Manual de buenas prácticas: se definen como aquellas acciones que pretenden reducir el impacto ambiental negativo que causan los procesos productivos a través de cambios en la organización de los procesos y las actividades (Torrelavega, 2019).
- Aula virtual: es una plataforma de enseñanza virtual (*e-learning*) mediante la cual los estudiantes disponen de diversas herramientas telemáticas que facilitan el desarrollo de los procesos de enseñanza y aprendizaje. A su vez, proporciona otras herramientas de carácter general que facilitan una comunicación más flexible y permiten el acceso a la información y los recursos digitales de las asignaturas (Murcia, 2019).

Diseño de la estrategia

En el diseño de la estrategia se utilizó la teoría del cambio que, según Eguren (2018), es un proceso continuo de reflexión para explorar el cambio y cómo sucede, y lo que esto significa para el papel que desempeñamos en un contexto particular, sector y/o grupo de personas. En la Tabla 19 se muestran los pasos básicos para plantear la estrategia.

A continuación, se determina el enfoque de la estrategia y se orienta la huerta urbana hacia cuatro ámbitos principales: academia, investigación, hogar de los estudiantes y ciudad, buscando generar efectos en cada uno de estos como se observa en la Figura 21. En la Tabla 20 se observa la matriz de enfoque estratégico, en esta se encuentran planteadas las actividades a realizar para llevar a cabo la estrategia, tomando como referencia focos estratégicos y elementos de gestión transversal.

Conclusiones

Los principales factores potenciadores de hábitos sostenibles son: actividades que sean lideradas e involucren activamente a los estudiantes dentro y fuera de las aulas. Los principales factores restrictivos se asocian a la falta de conciencia y la indiferencia con los problemas ambientales que perciben los estudiantes. Además, se observa que en algunas IES son deficientes los recursos y la baja incorporación de temáticas sobre educación ambiental en sus programas educativos.

En el estudio, los hábitos que realizan los estudiantes centralistas son el ahorro de agua, consumo de energía, reducción del consumo de plástico y separación de residuos sólidos. Como factores restrictivos, la falta de elementos como puntos ecológicos dificulta la separación de residuos, además de falta de compromiso ambiental de la universidad, la familia y los amigos. Se halló que los estudiantes de últimos semestres tienen menor probabilidad de generar el hábito de tener una huerta en casa, al igual que la edad: a mayor edad, disminuye la probabilidad. Según los modelos, algunas actividades, como regalar semillas y participar en cursos de educación ambiental, no garantizan que los estudiantes generen hábitos sostenibles. Se eligió como estrategia la huerta urbana debido a su potencial para aportar en la realización de actividades participativas, la utilización de zonas verdes y la capacidad de involucrar a los estudiantes con las problemáticas ambientales en su entorno, además de incentivar a la cultura ambiental.

Referencias

- Aller, V. D. (2019, 11 de enero). *Institución de educación superior Valle de Aller*. <https://bit.ly/3I2fz57>
- Álvarez, P. (2009). Actitudes ambientales y conductas. *Revista de Psico didáctica*, 14(2), 245-260. <https://bit.ly/3xSLDDP>
- Anacio, D. (2017). Designing Sustainable Consumption and Production Systems in Higher Education Institutions: The Case of Solid Waste Management. En. *Handbook of Theory and Practice of Sustainable Development in Higher Education* (p. 3-25). <https://bit.ly/3NgfETA>
- Gómez, C., y Botero, C. M. (2012). La ambientalización de la educación superior: estudio de caso en tres instituciones de Medellín, Colombia. *Gestión y Ambiente*, 15(3), 77-88. <https://bit.ly/3HOhIBh>
- Bringhenti, E. A. (2018). Compostaje de residuos orgánicos y vermicompostaje como práctica sostenible en instituciones de educación superior. *Springer*.
- Camacho, G. (2018). *Definición de una estrategia para fortalecer el reciclaje en la Universidad Católica de Colombia* [tesis de grado]. Universidad católica de Colombia. <https://bit.ly/3Ag2Utt>
- Caneda, E. A. (2011, junio). *Educación para la sostenibilidad: el caso del IES La Granja (Heras)* [tesis de maestría]. Universidad de Cantabria. <https://bit.ly/3xSpq8z>
- Castillo, E. A. (2010). *La importancia de la ambientalización de los planes de estudio impartidos en la universidad: el caso de la Universidad Politécnica de Valencia*. Congreso Nacional de Medio Ambiente. <https://bit.ly/3bmMNzE>
- Clayton, E. A. (2015). Expanding the role for psychology in addressing environmental challenges. *American Psychologist*, 199-215.
- Eguren, I. (2018, mayo). *Teoría de Cambio, una brújula para orientarse en el camino*. <https://bit.ly/3Og5xPS>
- Espinosa, E. A. (2018). Espinosa, G.A., Aguirre, S.D., y Godínez, C.L. (2018). Propuesta metodológica para la comprensión del contexto de la Universidad Técnica de Manabí, como contribución a la mejora de su desempeño ambiental. *Semantic scholar*.
- Espinosa, V. (2013). La gestión ambiental en una institución de educación superior asociada a las prácticas de separación y recuperación de residuos. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, vol. 29.
- García, N. (2011). Qué piensan y cómo dicen que actúan los alumnos. *Revista de investigación y experiencias didácticas*, 74.
- Gozalbo, E. A. (2018). Huertos ecodidácticos y educación para la sostenibilidad. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación*, 1.

- Guzmán-Miranda, O., y Caballero-Rodríguez, T. (2016). Los factores de la educación ambiental y su conocimiento pertinente en la Universidad de Oriente. *Santiago*, 237-262. <https://bit.ly/3Nvvn1n>
- Ishola, T. M., y Ishola, E. T. (2019). Composting and Sustainable Development. *Encyclopedia of Sustainability in Higher Education*, 8.
- Montes, M., González, E. y Ladrera, R. (2015). La Gestión de Residuos en los Centros de Educación Secundaria de Navarra: Propuesta de Protocolo. *IKASTORRATZA. e-Revista de Didáctica*, 15, 75-98. <https://bit.ly/3QVz4jR>
- Murcia, U. D. (2019). *Ayuda del aula virtual*. Universidad de Murcia. <https://bit.ly/2Q4CHHv>
- Murillo, L. M. (2014). Cultura ambiental: un estudio desde las dimensiones de valor, creencias, actitudes y comportamientos ambientales. *Producción+ limpia*, 8.
- Navarra, U. D. (2017). Guía UI GreenMetric World University Ranking 2017. *Universitas Indonesia*, 32.
- Ojeda-Barceló, E. A. (2011). TIC y Sostenibilidad: obstáculos y posibilidades para los educadores ambientales. *Revista de Currículum y Formación de Profesorado*, 263-313.
- Pelinco, R. A. (2018). *Conciencia ambiental en los estudiantes de la zona rural de la IES*. <https://bit.ly/3nb1nwG>
- Ramísio, E. A. (2019). Sustainability Strategy in Higher Education Institutions: Lessons learned from a nine-year case study. *Journal of Cleaner Production*, 300-309.
- Corporacion Autónoma Regional del Sur de Bolívar. (2019, agosto). *Glosario*. <https://bit.ly/3boEDXn>
- Rivera, E. A. (2009). Actitudes y comportamientos ambientales en estudiantes de enfermería de una universidad pública del norte del Perú. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 338-342.
- Schutte, N. S. (2017). Approaching Environmental Sustainability: Perceptions of Self-Efficacy and Changeability. *The Journal of Psychology*, 151(3), 321-333: <https://bit.ly/3OEhwX8>
- Schwartz, S. (2005). Basic human values: their content and structure across countries. *Valores e comportamento nas organizacoes*, 21-55.
- Shawe, E. A. (2019). Mapping of sustainability policies and initiatives in higher education institutes. *Wlsevier*, 80-88.
- Silva y García. (2016). Análisis a las problemáticas ambientales de las instituciones de educación superior IES en Colombia desde la inteligencia emocional y el trabajo social. *Revista Educación y Desarrollo Social*, 134.
- Teixeira, E. A. (2019). Sustainable Practices for the Organic Waste Management Generated in an Educational Institution Restaurant. *Universities as Living Labs for Sustainable Development*, 803-820.

- Torrelavega. (2019). *Guías de buenas prácticas sobre medio ambiente introducción a buenas prácticas ambientales*. Ayuntamiento Torrelavega. <https://bit.ly/2Dbd5Ru>
- UNESCO (2003). La Educación ambiental: pilar de un desarrollo sostenible. *Perspectivas: revista trimestral de educación comparada*. p. 263-337. <https://bit.ly/3ym20Jj>
- Vargas Ramos, E. A. (2011). Actitudes ambientales en los estudiantes de nivel superior en México. *Revista luna azul*, 33. <https://bit.ly/2K0EJpb>
- Yáñez, E. A. (2019). The sustainability report as an essential tool for the holistic and strategic vision of higher education institutions. *Journal of Cleaner Production*, 57-66.

Anexos

Tabla 14. Factores potenciadores y restrictivos

	Factores potenciadores		Factores restrictivos
1	Instituciones con profesionales ambientales en desarrollo humano capacitan, proponen y ejecutan acciones responsables para el manejo de residuos.	12	Las actividades realizadas por las instituciones no son identificadas por más de la mitad de la comunidad estudiantil.
2	Realizar análisis e investigación de revisión documental con los estudiantes para incentivar la cultura ambiental.	13	Los estudiantes no se sienten involucrados con las actividades ambientales.
3	Las actitudes ambientales generadas a través de metodologías de enseñanza y aprendizaje son determinantes directas de la predisposición hacia acciones a favor del medio.	14	Los programas que las universidades ofrecen en carreras diferentes a las ambientales son deficientes en temáticas sobre educación ambiental.
4	La incorporación de metodologías lúdicas y de interacción, para la formación ambiental en los alumnos en las asignaturas.	15	Los recursos materiales y económicos que las instituciones disponen para la generación de hábitos sostenibles son limitados.
5	La formulación de cuestionarios adaptados a comportamientos ambientales y posteriormente calificados para una asignatura mejoran la consideración de actitudes y comportamientos ambientales.	16	Falta de tiempo, equipos, programación, protocolos de reciclaje y dificultades en la implantación de programas de gestión de residuos en los procesos educativos.
6	Las instituciones con zonas verdes extensas permiten realizar actividades de educación ambiental llamativas para los estudiantes.	17	Los estudiantes no tienen conciencia ambiental y son indiferentes a los problemas ambientales que se generan en su entorno.
7	Los residuos orgánicos generados en las universidades son aprovechados en huertas.	18	Los Institutos de Educación Superior carecen de enfoque sistémico.

Referencia	País	Factores potenciadores										Factores restrictivos						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
(Anacio, 2017)	Filipinas						1			1								
(Camacho, 2018)	Colombia								1								1	
(Pelinco, 2018)	Perú							1						1			1	
(Bringhenti, 2018)	Brasil	1	1					1										
(Espinosa e. a., 2018)	Ecuador			1														
(Shawe, 2019)	Irlanda																	1
(Ramísio, 2019)	Portugal	1								1		1						
(Teixeira, 2019)	Brasil	1			1		1											
(Yáñez, 2019)	España			1										1		1	1	
(Aller, 2019)	España	1	1			1	1	1			1							
(Ishola, 2019)	Nigeria				1		1		1									
Sumatoria	5	6	5	6	5	2	4	7	5	3	5	2	2	3	2	1	6	3

Fuente: elaboración propia.

Tabla 16. Estadística descriptiva, hábitos en los estudiantes centralistas

Hábito	Símbolo	N	Suma	% de estudiantes con el hábito	Desviación	Varianza
Ahorro agua	AA	386	330	85	0,353	0,124
Reduzco el consumo de energía	RCE	386	311	81	0,396	0,157
Apago las luces cuando no las utilizo	ALCU	386	305	79	0,408	0,166
Reduzco el consumo de plástico	RCP	386	286	74	0,439	0,192
Separo la basura	SB	386	284	74	0,442	0,195
Reutilizo el agua	RA	386	260	67	0,470	0,220

Hábito	Símbolo	N	Suma	% de estudiantes con el hábito	Desviación	Varianza
Consumo responsable, compro lo que necesito	CRCN	385	257	67	0,472	0,223
Reutilizo los envases o empaques	REOE	386	238	62	0,487	0,237
Más bicicleta y menos carro	MBMC	386	223	58	0,495	0,245
Consumo menos carne	CMC	386	146	38	0,486	0,236
Tengo un huerto en casa	THC	386	64	17	0,372	0,139

Fuente: elaboración propia.

Tabla 17. Estadística descriptiva, factores restrictivos en los estudiantes

Factores restrictivos para realizar hábitos	Símbolo	N	Suma	% de estudiantes influenciados por el factor	Desv. Desviación	Varianza
No hay recipientes adecuados	NRA	386	308	80	0,402	0,162
Tiempo	T	386	286	74	0,439	0,192
Factores económicos	FE	386	277	72	0,451	0,203
Más información sobre el hábito	MIH	386	261	68	0,469	0,220
Tengo restricción de espacio en mi vivienda	TREV	386	231	60	0,491	0,241
Pereza	P	386	134	35	0,477	0,227
Interés de la universidad y profesores	IUYP	386	131	34	0,474	0,225
Interés de mi familia	IF	386	128	33	0,471	0,222
Está de moda	EM	386	99	26	0,437	0,191

Factores restrictivos para realizar hábitos	Símbolo	N	Suma	% de estudiantes influenciados por el factor	Desv. Desviación	Varianza
Interés de mis amigos	IA	386	99	26	0,437	0,191
Interés de mi pareja	IP	386	97	25	0,434	0,189

Fuente: elaboración propia.

Tabla 18. Estadística descriptiva, actividades que potencian los hábitos en los estudiantes

Actividad	Símbolo	N	Suma	% de estudiantes influenciados por la actividad	Desviación	Varianza
Más puntos ecológicos	MPE	386	371	96	0.194	0.037
Puntos ecológicos en CC	PECC	386	362	94	0.242	0.058
Puntos ecológicos cerca de mi hogar	PECH	386	360	93	0.251	0.063
Regalar bolsas	RB	386	352	91	0.284	0.081
Participar en cursos de educación ambiental	PECUE	386	345	89	0.309	0.095
Regalar semillas	RS	385	342	89	0.315	0.099
Participar en un semillero	PS	386	331	86	0.350	0.123
Incentivos	I	386	331	86	0.350	0.123
Participar en un módulo virtual	PMV	386	327	85	0.360	0.130

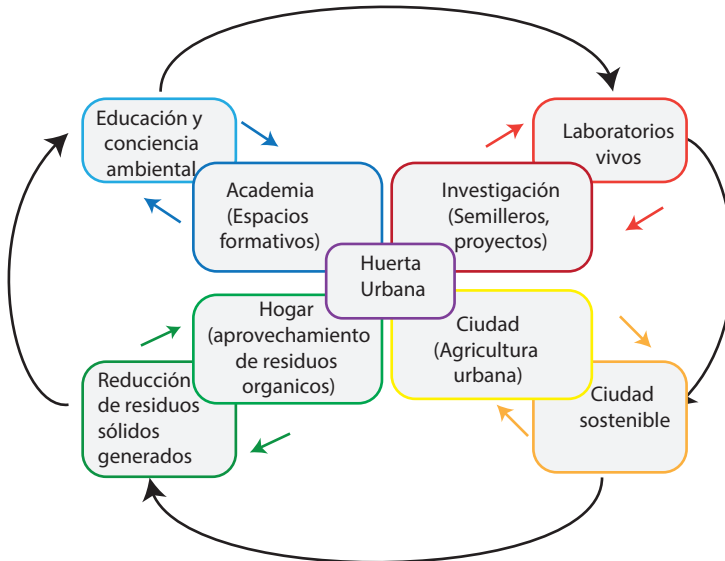
Fuente: elaboración propia.

Tabla 19. Pasos básicos para plantear la estrategia

Pasos	Actividades
Cambio deseado y análisis del ecosistema	Se busca a través de una huerta urbana fomentar hábitos sostenibles en estudiantes centralistas que permitan el aprovechamiento de residuos orgánicos generados en sus hogares.
Condiciones para el cambio	Los estudiantes deben estar informados, involucrados y comprometidos con el adecuado manejo de los residuos y su aprovechamiento, permitiendo que estas actividades generen comportamientos pro-ambientales.
Contribución a la condición	A través de actividades participativas como un concurso de fotografía, semana ambiental, semana de ingeniería y encuestas, se buscan fomentar hábitos sostenibles y mejorar las actitudes y comportamientos ambientales mediante la construcción de una huerta urbana.
Actores involucrados	Aproximadamente 10,492 estudiantes centralistas en 2019.
Indicadores de cambio:	Los residuos sólidos generados por los estudiantes Centralistas deben disminuir en las siguientes caracterizaciones realizadas.
Estrategias	Utilizar la huerta urbana para aprovechar los residuos orgánicos generados por los estudiantes centralistas
Gestión de supuestos	Identificar qué factores iniciales debemos considerar y cuáles no, y en cuáles se basa nuestra hipótesis.

Fuente: elaboración propia a partir de Eguren (2018).

Figura 21. Enfoque estratégico.



Fuente: elaboración propia.

Tabla 20. Matriz de enfoque estratégico

	A. Educación y conciencia ambiental	B. Laboratorios vivos	C. Reducción de residuos sólidos	D. Ciudad sostenible	
Elementos de gestión transversal	1. Política ambiental de la UC, enfocada al aprovechamiento de residuos sólidos.	Ampliación de la oferta de asignaturas en los programas académicos que utilicen la huerta urbana en su proceso pedagógico.	Promover la generación de productos y procesos innovadores, a nivel de prototipo que den solución a las problemáticas complejas entorno al aprovechamiento de residuos orgánicos en una huerta urbana.	Mejorar las acciones de adecuado manejo de residuos antes de llegar al cuarto de almacenamiento.	Actividades realizadas en los hogares de los estudiantes para la construcción de huertas.
	2. Actividades académicas encaminadas al desarrollo sostenible	Crear programas de EA enfocados a todas las facultades y área administrativa.	Creación conjunta, exploración, experimentación y evaluación de ideas innovadoras para la creación de huertas urbanas.	Complementar los programas de aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos con la construcción de huertas urbanas.	Producción de alimentos o insumos orgánicos para los hogares de los estudiantes centralistas.
	3. Fomentar hábitos sostenibles en la comunidad centralista.	Enfoque conceptual y operativo centrado en la experiencia de los estudiantes buscando incentivar a la construcción de huertas urbanas.	Trabajo en la problematización, observación, interacción e intervención de situaciones del contexto dirigido a aprovechar residuos orgánicos en casa.	Búsqueda de métodos de reducción de residuos con miras a la evolución de la cultura interna.	Conexión de las huertas de los hogares de los estudiantes y la huerta de la UC con las redes de huertas urbanas comunales de la ciudad.
		Actividades para la educación a través de nuevas tecnologías.	Promover la investigación sobre comportamientos proambientales, al igual que la producción agroecológica de alimentos.	Mejoramiento en los elementos necesarios para hacer una adecuada disposición de residuos.	Involucrar a las familias de los estudiantes con la huerta, en las estrategias de educación a través de nuevas tecnologías.

Fuente: elaboración propia.

CAPÍTULO 9

ACTIVIDADES CON MAYOR CONSUMO DEL SERVICIO DE AGUA PÚBLICA EN LOS HOGARES DE LA CIUDAD DE BOGOTÁ (COLOMBIA), DURANTE EL CONFINAMIENTO POR COVID-19

*Angela María Jaramillo-Londoño³⁴, Ana María Parrado Ocampo³⁵,
Mariana Roza Molano³⁶, María de los Ángeles Ángel Urán³⁷,
Shary Xulay Martínez Corredor³⁸*

Introducción

A comienzos del año 2020, el mundo entero se enfrentó a una emergencia sanitaria inesperada que obligó al confinamiento de las personas en sus hogares, esta situación probablemente tuvo un impacto en el consumo de agua potable suministrada a través de la red de acueducto. Este recurso hace parte de los servicios públicos domiciliarios, los cuales son aquellos productos o servicios que se consumen masivamente por la población y son prestados por el Estado o por los particulares a través de redes de aprovisionamiento, bajo la regulación, control y vigilancia de este, a cambio del pago de una tarifa previamente establecida. En el caso de Colombia, estas tarifas son

34 Universidad Santo Tomás, Docente Universidad Santo Tomas. Cra. 9 #51-11, Bogotá D.C., Colombia–angelajaramillo@usantotomas.edu.co

35 Universidad Santo Tomas, Semillero de Investigación Ordenamiento Ambiental del Territorio–anaparradoo@usantotomas.edu.co Cra. 9 #51-11, Bogotá D.C., Colombia.

36 Universidad Santo Tomas, Semillero de Investigación Ordenamiento Ambiental del Territorio–marianarozo@usantotomas.edu.co Cra. 9 #51-11, Bogotá D.C., Colombia.

37 Universidad Santo Tomas, Semillero de Investigación Ordenamiento Ambiental del Territorio–mariaangelu@usantotomas.edu.co Cra. 9 #51-11, Bogotá D.C., Colombia.

38 Universidad Santo Tomas, Semillero de Investigación Ordenamiento Ambiental del Territorio–sharymartinez@usantotomas.edu.co Cra. 9 #51-11, Bogotá D.C., Colombia.

diferenciadas y están basadas en un esquema tarifario por estratos socioeconómicos, en el cual se subsidia los hogares con menores ingresos (Uribe y Valencia, 2005; Alzate, 2006; Parra, 2009; IDEAM, 2010). Dado que un posible aumento en el consumo de este recurso podría tener un impacto en la economía de los hogares, este trabajo busca cuantificar el consumo de agua potable en época de confinamiento a causa de la pandemia por COVID-19 e identificar si el patrón de uso se ve modificado por esta situación.

Metodología

Este trabajo es el resultado de un ejercicio académico en el cual se cuantificó el consumo de agua en 30 hogares de la ciudad de Bogotá, con el fin de evaluar el patrón de consumo de los servicios públicos domiciliarios en época de emergencia sanitaria a causa del COVID-19, en la cual las personas se encontraban confinadas en sus hogares las 24 horas del día. Para ello, se hicieron mediciones a lo largo de diez días en 30 hogares.

Medición de agua: se cuantificó cada una de las actividades que se realizan normalmente en el hogar y que requieran el uso de agua (cocina, baños, lavado de ropa, etc.). Se estimaron volúmenes y tiempos con el fin de obtener litros/habitante/día, para ello se utilizó un recipiente graduado (una jarra o cualquier recipiente que le permita calcular con precisión el volumen) y un cronómetro. Esta estimación se hizo en todas las llaves (grifos) de la vivienda (lavaplatos, lavadero, lavamanos, duchas, etc.) a fin de calcular el caudal en litros por segundo (L/s) y, cada vez que esta llave (grifo) se usó, se contabilizó el tiempo de uso para poder calcular finalmente el volumen total de agua utilizada. Esta medición se hizo a lo largo de diez días con el fin de obtener un promedio por actividad, por habitante y por día. Los consumos, como los de la lavadora o la cisterna del inodoro, fueron a partir de fuentes secundarias (de acuerdo con la marca, el modelo y las fichas técnicas) o bien a partir de la medición directa del registro de agua de la vivienda.

Análisis de la información: una vez obtenidos los datos diarios y haber realizados los respectivos promedios de cada una de las viviendas, se realizó el análisis de estos en función del número de habitantes por vivienda y del estrato socioeconómico. Con ayuda del *software* PAST, se realizó un análisis comparativo mediante un análisis de varianza (ANOVA) con el objetivo de identificar si había diferencias significativas en el consumo, de acuerdo con el estrato de la vivienda. Finalmente, los resultados fueron contrastados con la bibliografía y la normativa disponible.

Resultados y discusión

El consumo promedio mensual por vivienda fue de 10126,49 litros y por persona/día fue en promedio de 88,35 litros. La actividad con mayor consumo de agua fue el lavado de platos y actividades en la cocina (31 %), seguido de la ducha (28,5 %),

la cisterna (18,4%), el lavamanos (13,3%) y por último el lavado de ropa con un porcentaje de (8,8%) (Figura 22).

El consumo por estratos se puede observar en la Figura 23. El estrato con el menor consumo es el 2, aun cuando presenta una gran dispersión de los datos. Los estratos 3 y 4 reportaron un consumo similar entre sí. Luego de realizar un análisis estadístico de varianza ANOVA, no se encontraron diferencias significativas en el consumo entre estratos ($F_{2,12} = 0,2998$ $p > 0,05$).

De acuerdo con el tipo de actividad, se encontró que en el estrato 2 la ducha tiene el mayor consumo con un promedio de 4229,42 litros/mes, esto es debido a un mayor número de personas por vivienda (en promedio cinco personas por vivienda) que en los estratos 3 y 4 (en promedio tres a cuatro personas por vivienda). Sin embargo, en los estratos 3 y 4 la ducha también es una de las actividades con mayor consumo, seguida del lavado de loza, lavado de manos y uso del sanitario (Figura 24).

No obstante, al realizar el cálculo por persona se observa que en los tres estratos el lavado de loza es la actividad de mayor consumo, con un promedio de 28,3 L/persona/día, seguido de la ducha (25,3 L/persona/día), sanitario (15,3 L/persona/día), lavado de manos (10,5 L/persona/día) y finalmente el lavado de ropa y otras actividades (6,4 L/persona/día). En el estrato 2 el consumo de agua de una persona en las actividades de ducha y lavado de loza corresponde a más del 70% del consumo total de agua en un día, mientras que en los estratos 3 y 4 este porcentaje es menor del 60%.

En la Figura 25 se observa la distribución del consumo de agua de acuerdo con las actividades que a diario se realizan en el hogar. El promedio mensual por vivienda fue de 10,1 m³, que corresponde a un promedio de 88,35 litros por persona al día. Según la comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico de Colombia (CRA) (2018), para ciudades de clima frío se calcula que el consumo promedio está entre 0 y 11 m³/vivienda/mes, por lo que no hay evidencia de un aumento en el consumo de agua potable domiciliar debido al confinamiento por la pandemia causada por el virus COVID-19. El mayor consumo de agua correspondió al lavado de platos y prácticas realizadas en la cocina con 26,5 litros/persona/día, seguido de la ducha (24,9 litros/persona/día), el sanitario (17,9 litros/persona/día), lavamanos (11,7 litros/persona/día) y finalmente el lavado de la ropa con 7,2 litros/persona/día.

Conclusiones

De acuerdo con los resultados obtenidos, no se evidencia un aumento elevado en el consumo de agua potable domiciliar debido al confinamiento por la pandemia causada por el virus COVID-19; según la comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico (CRA, 2018), para ciudades de clima frío se calcula que el

consumo promedio está entre 0 y 11000 L/vivienda/mes, lo cual indica que es un consumo mayor al resultado obtenido de la investigación con un promedio de 10126,49 L/vivienda/mes.

Sin embargo, al comparar con otros estudios se nota una variación en el patrón de consumo por actividad; es así como en el presente estudio la actividad con el mayor consumo por habitante al día es el del lavado de loza y actividades relacionadas con la preparación de alimentos, como un reflejo de la permanencia en la vivienda de todos los miembros de la familia las 24 horas del día.

En época normal hay diferentes autores que han encontrado que el mayor consumo es debido a la ducha (Lizcano *et al.*, 2020; Corral *et al.*, 2008), seguido por el lavado de platos. Por ejemplo, Baquero (2013) afirma que en esta actividad se gastan en promedio 100 litros de agua en diez minutos con el grifo abierto, llegando a representar un promedio de 6,2 % del consumo de agua diario por persona. En este estudio ambas actividades representaron alrededor del 30% del consumo diario de cada persona. Otra actividad que representó un aumento en el presente trabajo fue el del uso del sanitario, con un promedio de uso por persona de cinco veces por día, a diferencia de lo que afirman (Molina *et al.*, 2018) con un promedio de uso de 3,3 veces/día.

El uso de agua potable en época de confinamiento por COVID-19, si bien no aumenta, sí registra un cambio en las actividades que utilizan mayor cantidad de agua; de tal manera que el lavado de platos y uso de agua en la cocina pasa a ocupar el primer lugar en el consumo, como un reflejo de la permanencia en la vivienda durante todo el día, de todos los miembros de la familia. Se puede concluir que los estratos no influyen de forma radical en la investigación pues el consumo es equivalente a las necesidades de cada hogar, además es importante resaltar que el uso de agua potable en los hogares en tiempo de pandemia, aunque no incrementó, se evidenció un cambio significativo en las actividades que utilizan mayor cantidad de agua como lavado de platos, siendo un reflejo de la permanencia en la vivienda durante todo el día de todos los miembros de la familia.

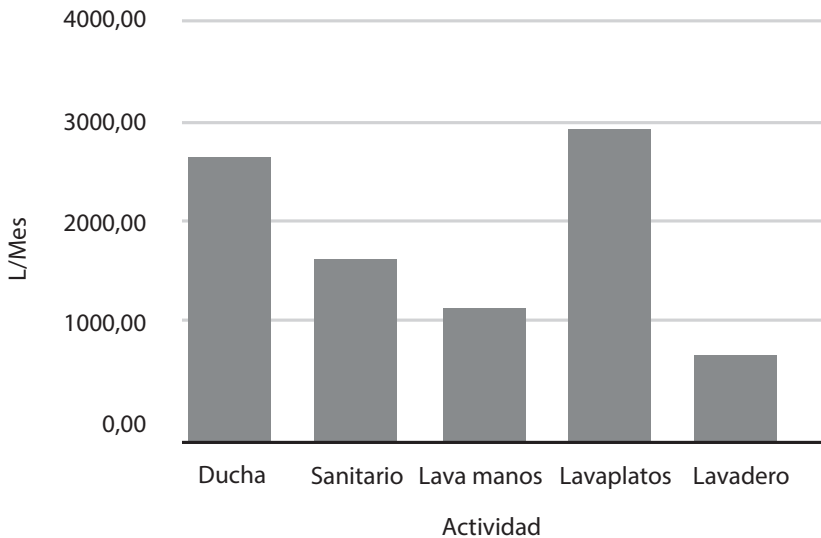
Referencias

- Alzate, M. C. (2006). *La estratificación socioeconómica para el cobro de los servicios públicos domiciliarios en Colombia: ¿Solidaridad o focalización?* Estudios y Perspectivas 14, CEPAL. <https://bit.ly/3Nfdtj5>
- Baquero, M. (2013). Ahorro de agua y reutilización en la edificación en la ciudad de la Cuenca, Ecuador. *Estoa* 3, 71-8.1 <https://bit.ly/3n9VgZR>
- Corral, V., Fraijo, B y Tapia, F. C. (2008). Un registro observacional del consumo individual de agua: aplicaciones a la investigación de la consulta sustentable. *Revista mexicana de análisis de la consulta*, 34(1), 79-96. <https://bit.ly/3ODxIrK>

- Comisión de Regulación de Agua Potable y saneamiento Básico (CRA). (2018). Seguimiento a la modificación del rango del consumo básico, mayo 2018- junio 2018. <https://bit.ly/3Oik3qq>
- IDEAM. (2010). Capítulo 5. Conceptualización de la demanda de agua. En: *Estudio nacional del agua*. IDEAM. <https://bit.ly/3nayAIT>
- Lizcano, G., Uscátegui, W y Romero, R. J. (2020). Evaluación de pérdidas de agua en la ducha por el uso de agua caliente. *Revista de la Escuela Colombiana de Ingeniería*, 114, 39-43. <https://bit.ly/3A3v3nc>
- Molina, E., Quesada, F., Calle, A. Ortiz, J y Orellana, D. (2018). Consumo sustentable de agua en viviendas de la ciudad de Cuenca. *Ingenius. Revista de ciencia y tecnología*, 20, 28-38. <https://bit.ly/2Ik2x4s>
- Parra, M. (2011). Infraestructura y pobreza: El caso de los servicios públicos en Colombia. *FEDESARROLLO*, Working Paper, N° 56.. [<https://bit.ly/39QVd1V>]
- Uribe, M. T. y Valencia, G. D. (2005). Tensiones y dilemas en la prestación de los servicios públicos domiciliarios en Colombia: entre lo público, lo privado y lo estatal. *Letras Jurídicas*, 10(1), 31-76. <https://bit.ly/3zW2wju>

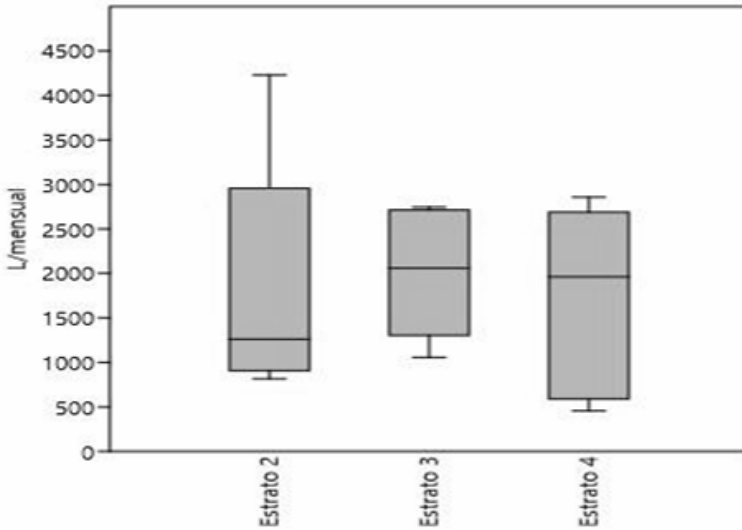
Anexos

Figura 22. Consumo mensual promedio de agua (Litros)



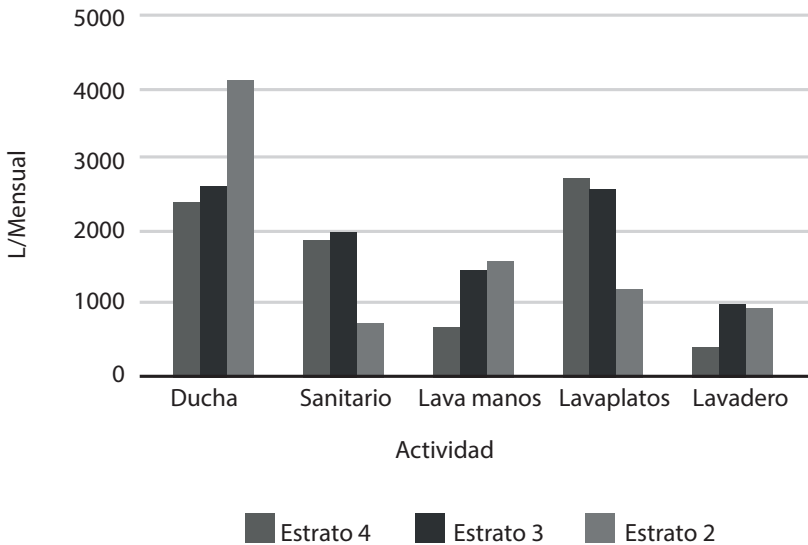
Fuente: elaboración propia.

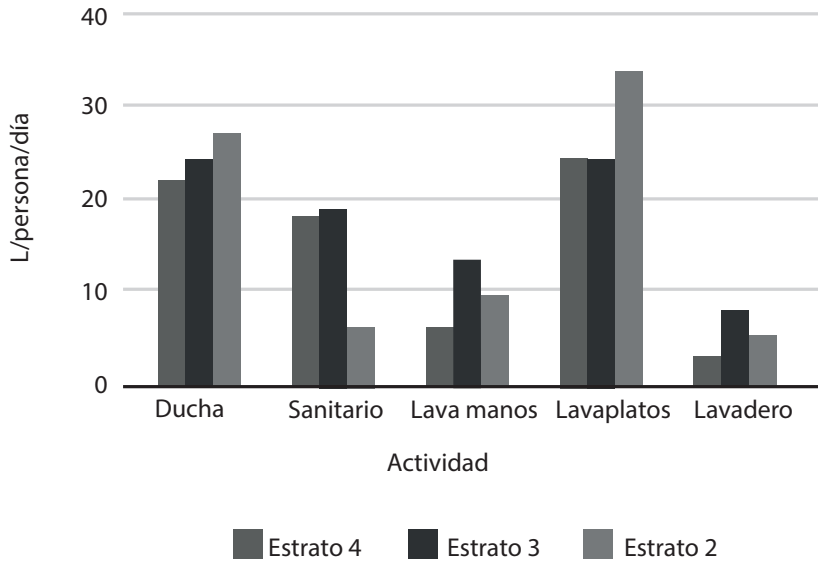
Figura 23. Consumo mensual promedio de agua (Litros) por estrato



Fuente: elaboración propia.

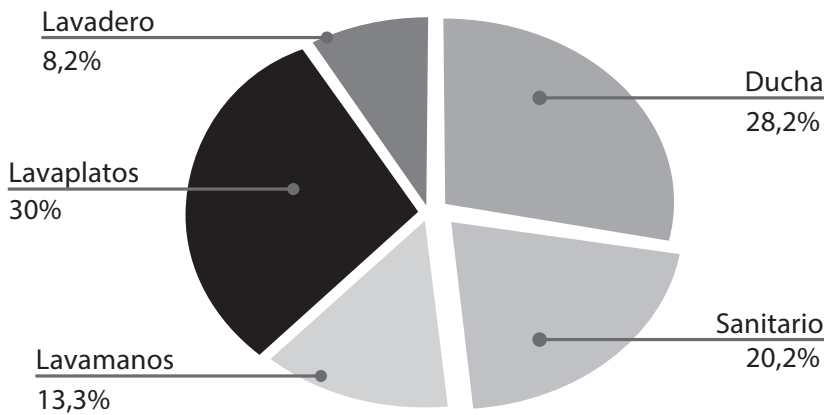
Figura 24. Consumo promedio de agua (Litros/mes y Litros/persona/día) por actividad y por estrato





Fuente: elaboración propia.

Figura 25. Porcentaje de consumo de agua por actividad



Fuente: elaboración propia.

CAPÍTULO 10

EVALUACIÓN Y MODELACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LA CIÉNAGA GRANDE DE SANTA MARTA, MAGDALENA (COLOMBIA)

*Ricardo Andrés Flórez Matute*³⁹

*María Esther Rivera*⁴⁰

*Jesús Ramón Delgado Rodríguez*⁴¹

Introducción

Toda aquella acción en pro de la protección de los recursos hídricos resulta ser positiva para todos los tipos de ecosistemas y la evolución de la salud del ser humano, por lo que se considera como parte de una serie de medidas conservacionistas que llevan al desarrollo sostenible. Además, es sabido el hecho de que la recuperación, conservación y preservación de las características fisicoquímicas, microbiológicas y biológicas de los cuerpos hídricos es fundamental para el mismo (Robledo *et al.*, 2014).

En la Figura 26 se muestra la Ciénaga Grande de Santa Marta (CGSM), la cual hace parte del complejo lagunar ubicado al noreste del departamento del Magdalena que lleva su mismo nombre y es uno de los cuerpos hídricos de tipo léntico más grandes e importantes del Caribe colombiano. Además, cuenta con una superficie aproximada de 430 Km², posee un volumen de agua estimado en 722 millones de m³ y se encuentra interconectada con varios cuerpos dulceacuícolas tales como las ciénagas Alfandoque, del Chino, La Auyama, de Tasajera, de Pajaral y el río

39 Universidad de Pamplona, Grupo de Investigación Ambientales Agua Aire y Suelo (GIAAS). Km 1 Vía Bucaramanga, Pamplona, Colombia.

40 Ídem

41 Ídem

Magdalena, por medio de caños como el caño Grande y Clarín, con los cuales se da el intercambio de agua y material. Al estar en cercanía del mar Caribe se infiere la presencia de salinidad dentro de la misma y en ella desembocan varios ríos que bajan de la vertiente occidental de la Sierra Nevada de Santa Marta (SNSM) como el Sevilla, Aracataca y Fundación (CORPAMAG, 2020; Botero y Botero, 1989; PROCIÉNAGA 1995b).

Por lo anterior, Múnera *et al.* (2003) indican que la conceptualización del modelo representado por la CGSM consiste básicamente en un sistema que integra elementos lineales, bien llamados canales, y elementos tipo embalse, los cuales se refieren a las ciénagas. En este sistema se da el intercambio de agua y sustancias disueltas entre sí y con las entidades físicas externas presentes, tales como la atmósfera, el río Magdalena, las cuencas que drenan la vertiente occidental de la SNSM y el mar Caribe, siendo parte del delta exterior del río Magdalena (PROCIÉNAGA, 1995b; INVEMAR, 2019b). Así mismo, es preciso resaltar que cualquier alteración o afectación dirigida a cualquiera de los componentes del sistema puede generar grandes afectaciones sobre toda la región, dada la condición de sistema interconectado entre sí (INVEMAR, 2016).

De acuerdo con PROCIÉNAGA (1995a), Rivera *et al.*, (2006) y el INVEMAR (2019a), es muy notable el cambio que ha presentado la CGSM a lo largo de los años, especialmente desde las alteraciones realizadas en los años 1956-1999, durante la construcción de la vía Ciénaga-Barranquilla, lo cual conllevó múltiples cambios en los componentes, destacándose la notable pérdida de alrededor de 25400 Ha de bosque de manglar. Esta laguna costera cuenta con un clima cálido y seco, con una temperatura media y precipitación media anual de 29°C 1000 mm, respectivamente, con periodos secos entre los meses de noviembre y abril y julio y agosto y los periodos lluviosos entre los meses de mayo y junio y septiembre y octubre, siendo febrero el mes en que se presenta la época más seca y octubre el mes donde se concentra la mayor cantidad de lluvias (COLPARQUES, 2020; Severiche *et al.*, 2013).

Por otro lado, en muchos países desarrollados y en vía de desarrollo se ha llevado a cabo el control de la calidad del agua en los diferentes cuerpos hídricos mediante la aplicación de alguno de los varios métodos de análisis de la misma (físicoquímicos, biológicos y microbiológicos) o ya sea por la combinación de estos entre sí (Álvarez, 2005). De manera general, la evaluación de la calidad del agua se ha venido realizando mediante los análisis físicoquímicos y estos son, hasta la actualidad, los únicos métodos que existen para llevar a cabo la identificación y cuantificación de contaminantes en los cuerpos de agua, proporcionando valores de calidad del agua respecto al momento de la toma de la muestra.

A partir de lo anterior, muchos de los Índices de Calidad de Agua (ICA) implementan los indicadores o parámetros físicoquímicos para llevar a cabo la

clasificación del agua en cuestión. Sin embargo, Ramírez *et al.* (1997) indican que la evaluación de la calidad del agua mediante el uso de los ICA presenta varias limitaciones en el proceso, por lo cual proceden a la formulación de los Índices de Contaminación (ICO).

Índices de Contaminación (ICO)

La determinación del estado del agua y sus características tanto positivas como negativas se lleva a cabo, generalmente, mediante el uso de los ICA y los ICO, de manera numérica (Coello *et al.*, 2013; citados por *et al.*, 2015).

La formulación y fundamentación de los ICO permite establecerlos como índices complementarios en un sentido ecológico, por lo cual permiten la precisión de problemas ambientales e identificación de especies potencialmente indicadoras, en el caso de la integración de evaluaciones biológicas. Además, los ICO sugieren otra vía de llevar a cabo la caracterización fisicoquímica de las aguas al tiempo que resultan ser más económicos, dado que requieren de una menor cantidad de variables y permiten relacionar de manera conjunta los parámetros fisicoquímicos y biológicos (Ramírez y Viña, 1998; Cañas, 2010).

Inicialmente, Ramírez *et al.* (1997) y Ramírez y Viña (1998) presentan los primeros cuatro índices de contaminación que son: Índice de Contaminación por Mineralización (ICOMI), Índice de Contaminación por Materia Orgánica (ICOMO), Índice de Contaminación por Sólidos Suspendidos (ICOSUS) e Índice de Contaminación Trófico (ICOTRO). Posteriormente, Ramírez *et al.* (1999) formulan dos nuevos índices para los parámetros de pH (ICOpH) y temperatura (ICOTEM).

Los ICO son calculados mediante una ecuación o conjunto de ecuaciones particular para cada índice. Sin embargo, para todos los casos, el valor varía entre 0 y 1, al igual que muchos ICA (Valverde *et al.*, 2015). La clasificación de estos índices, de acuerdo con el valor obtenido, se encuentra distribuida como se muestra en la Tabla 21.

De acuerdo con lo anterior, Chavarro y Gélvez (2016) indican que estos índices son el resultado de la práctica y la experiencia acumulada en diversos proyectos de monitoreo hidrobiológicos en diferentes fuentes hídricas (marinas, continentales, vertimientos, entre otros), basándose posteriormente en las legislaciones de varios países para su desarrollo, teniendo en cuenta principalmente las concentraciones de los diferentes parámetros y los usos potenciales de las aguas.

Metodología

La metodología utilizada en la presente investigación se describe a continuación:

Obtención de los parámetros fisicoquímicos y variables hidroclimatológicas

Los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos necesarios para la realización de este estudio fueron extraídos del Informe Técnico de la CGSM 2019 (INVEMAR, 2019b), de donde se tomó la información de nueve estaciones de monitoreo (frente a los ríos Sevilla, Aracataca y Fundación, en las bocas del Caño Grande y La Barra, el centro de la misma, Islas del Rosario, Tasajera y Rinconada). Sin embargo, algunos de estos parámetros presentaron datos faltantes en diferentes estaciones y meses de monitoreo, por lo cual se ingresaron al *software* estadístico SPSS (con licencia de prueba gratuita), en el cual se llevó a cabo el análisis de patrones de los mismos y el cálculo de datos faltantes o perdidos mediante el uso de regresiones lineales multivariantes, siguiendo las recomendaciones de Chamorro y Jurado (2018). Los parámetros analizados fueron pH, salinidad, oxígeno disuelto, clorofila-a, coliformes totales, sólidos suspendidos totales y temperatura del agua.

Por otro lado, la información hidro-meteorológica fue descargada de la plataforma gratuita NASA Giovanni, obteniendo así datos de variables que inciden sobre la calidad del agua, tales como temperatura, precipitación, radiación solar y velocidad y dirección de los vientos de acuerdo con lo expresado por Fricas y Martz (2007). Estos datos corresponden al área de la CGSM y comprenden el periodo de estudio de octubre de 2018 a septiembre de 2019.

Cálculo y clasificación de los índices de contaminación

Los índices de contaminación calculados durante el estudio fueron el ICOSUS e ICOpH a partir de los valores de Sólidos Suspendidos y pH, respectivamente. Este cálculo se llevó a cabo en Microsoft Office implementando las ecuaciones establecidas para cada índice.

El Índice de Contaminación por Sólidos Suspendidos (ICOSUS), propuesto por Ramírez *et al.* (1997), se obtuvo teniendo en cuenta los valores de concentraciones de sólidos suspendidos en el agua, mediante el uso de la Ecuación 1.

$$ICOSUS=0.02+0,003SSus \quad (1)$$

De acuerdo con Ramírez y Viña (1998), sólidos suspendidos mayores a 340 mg/L y menores a 10 mg/L, tienen ICOSUS de 1 y 0, respectivamente, indicando la máxima y mínima contaminación que el modelo soporta.

Por otro lado, el Índice de Contaminación por pH (ICOpH), formulado por Ramírez *et al.* (1999), identifica el grado de contaminación a partir del pH del agua en cuestión mediante la utilización de la Ecuación 2.

$$ICOpH=\frac{e^{-31.08+3.45pH}}{1+e^{-31.08+3.45pH}} \quad (2)$$

En el caso de que el pH sea menor a 7, entonces $pH' = 14 - pH$ y se reemplaza pH' en la fórmula anterior.

Análisis individual de parámetros indicadores de calidad de agua

Los parámetros tenidos en cuenta en la clasificación del agua, mediante los criterios de Knox (2001), OCDE (1982) y lo establecido por el Ministerio de Ambiente en el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible 1076 de 2015, fueron salinidad, clorofila-a y oxígeno disuelto.

Modelación matemática de los índices de contaminación

Para la modelación matemática del ICO obtenido de las condiciones ambientales de la CGSM, se utilizaron varios softwares como se muestra a continuación:

Inicialmente, se ingresaron las variables y parámetros considerados como potenciales indicadores del grado de contaminación del agua al *software* Infostat, con versión estudiantil, en el cual se llevó a cabo la correlación de las variables y se obtuvo diez posibles modelos matemáticos.

Posteriormente, a cada modelo se le calculó el coeficiente de ajuste (R^2) y la relación de dependencia dada por el estadístico de Durbin y Watson (1951). Además, se obtuvieron cinco criterios de calibración o medidas de bondad de ajuste de modelos matemáticos como son: Eficiencia de Nash-Sutcliffe (E_{NSE}), Raíz del error cuadrático medio (RMSE), Criterio de Schultz ($D_{Schultz}$), Desviación media acumulada (MAD) y Error de balance de masas (m) a un nivel de significancia del 0.5.

Por último, se seleccionó el modelo mejor calibrado y cuyas variables tuvieran mayor incidencia en el grado de contaminación del agua.

Resultados y discusión

En la Figura 27 se muestra el comportamiento temporal del Índice de Contaminación por pH (ICOPH) de las nueve estaciones de muestreo de la CGSM, del cual se establece un comportamiento homogéneo. Sin embargo, son notables los picos de incremento durante el mes de enero de 2019, dado que en cinco de las nueve estaciones sobrepasa el límite de la primera franja (0.2) de la clasificación dada por Ramírez *et al.* (1999). Así mismo, a partir de dicha clasificación, se observa que el 91.66 % de los muestreos reportaron nula o ninguna contaminación, el 5.55 % baja contaminación y el 2.77 % restante contaminación media. Además, se determinó que las estaciones que reportan menor grado de contaminación son Boca de La Barra, Islas del Rosario y Tasajera, siendo la primera de estas la que tuvo los valores más cercanos a 0 durante el periodo de muestreo.

Con respecto al Índice de Contaminación por Sólidos Suspendidos (ICOSUS), se observa que la mayoría de las estaciones lleva una misma línea de tendencia (Figura 29). Sin embargo, las estaciones Frente a río Sevilla, Boca del Caño Grande y Rinconada presentan valores de 0 durante los meses de diciembre de 2018, marzo, mayo y julio de 2019, respectivamente; esto debido a que los valores de SST fueron menores a 10 mg/L (valor dado de acuerdo con las recomendaciones de Ramírez y Viña, 1998); por lo tanto, sus concentraciones se consideran nulas y no hay riesgo de que generen afectaciones a la salud humana o las diferentes actividades que se lleven a cabo en la zona (Cañas, 2010, citado por Montero y Ramírez, 2018). Así mismo, se observa que la estación Frente a río Sevilla asciende su valor de 0, en diciembre de 2018, a 5.3, en enero de 2019, mes donde presenta un incremento en la concentración de sólidos suspendidos en todas las estaciones.

La clasificación cualitativa de la contaminación del agua de la CGSM por ICOSUS indica que el 66.66 % de las muestras clasifican con contaminación nula o ninguna contaminación, el 28.7 % reportan una contaminación baja y el 4.63 % restante reporta una contaminación media del agua (Ramírez *et al.*, 1999).

De la Figura 29 se infiere que la clasificación del agua CGSM de acuerdo al grado de salinidad es: 4.63 % de los valores de salinidad fluctuaron entre 0 y 0.37, el 56.48 % y el 38.88 %, entre 17.35 y 37.39, indicando aguas de tipo dulce, salobre y marinas, respectivamente, de acuerdo con la tabla de clasificación de Knox (2001). Además, es posible notar que durante el mes de febrero de 2019 todas las estaciones reportaron un incremento en el valor de salinidad, especialmente las estaciones Boca de La Barra e Islas del Rosario, con valores 37.39 y 32.83, respectivamente, hecho que se encuentra relacionado con el incremento de la temperatura del ambiente y la disminución de la precipitación en la zona (Figura 30).

Es importante mencionar que las estaciones Frente a río Aracataca, Frente a río Sevilla y Frente a río Fundación presentaron valores de 0 durante el mes de noviembre de 2018, el cual es precedido por una gran concentración de precipitaciones y, por lo tanto, el aumento de caudal que aporta agua dulce al sistema.

La Figura 31 muestra la clasificación del estado trófico del agua de la CGSM de acuerdo con la concentración de Clorofila-a en las diferentes estaciones a lo largo del periodo de monitoreo, obteniéndose que el 11.11 % son <2,5 µg Cla/L, el 24.07 % fluctúa entre los valores de 2.5 y 8 µg Cla/L, el 36.11 % se encuentra entre los 8 y 25 µg Cla/L y el 28.7 % restante fluctúa entre los valores de 25 a 75 µg Cla/L; por lo cual les corresponde las clasificaciones de ultraoligotróficos, oligotrófico, mesotrófico y eutrófico, respectivamente, según la OCDE (1982) y Chapra (1997, citado por López y Madroño, 2015).

En la Figura 32 se observa que el oxígeno disuelto (OD) del agua superficial de las estaciones Boca de La Barra, Islas del Rosario y Tasajera fue adecuado para

la preservación de flora y fauna, dado que supera los 4 mgO₂/L, límite mínimo establecido por el Ministerio de Ambiente en el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible 1076 de 2015 (línea roja en Figura 32).

Caso contrario ocurre con las estaciones Frente a río Aracataca, Frente a río Sevilla, Frente a río Fundación y Rinconada, que en varios de los meses de monitoreo presentaron valores inferiores a dicho límite establecido, hecho reiterativo y que está relacionado con procesos de descomposición continua de materia orgánica (INVEVAR, 2019b).

Además, en la Figura 32 se observa que varias estaciones presentaron valores que superan los 9 mgO₂/L, llegando a concentraciones de 14.53 mgO₂/L, las cuales no son consideradas como buenos indicadores de la preservación de flora y fauna, dado que indican condiciones de sobresaturación, lo cual es indicador de la elevada actividad fotosintética, proceso en el cual se consume CO₂ y se libera O₂ (INVEVAR, 2019b); tal como es el caso de las estaciones Frente a río Sevilla, Frente a río Fundación, Frente a río Aracataca, Boca del Caño Grande, Rinconada y Centro de CGSM, en uno y dos de los meses de muestreo, respectivamente.

En la Tabla 21 se muestra la correlación de Pearson entre las variables en análisis, estableciendo que el valor del ICO y los SST tienen una relación inversa (-0.69), lo que quiere decir que, si esta última aumenta, la primera disminuye y viceversa (Novales, 2010). Sin embargo, las variables de Tw, Cla y OD presentan una relación directa con respecto a ICO. Por el contrario, la variable con menor incidencia en el comportamiento del ICO es la Precipitación (P), indicando una relación baja (0,184).

De acuerdo con Amat (2016), se obtuvo un modelo matemático lineal multivariable o múltiple del Índice de Contaminación (ICO) en función de una variable hidrometeorológica y siete parámetros fisicoquímicos, tal como se muestra en la Ecuación 3.

$$\begin{aligned} \text{ICO} = & 4.557 \times 10^{-5} P + 0.126 \text{pH} \\ & - 0.0004 \text{SST} + 0.007 T_w - 0.004 S \\ & - 0.018 \text{OD} + 0.0003 \text{Cla} - 0.003 \text{CT} \\ & - 0.967 \end{aligned}$$

Donde P es la Precipitación en mm, **pH** es el potencial Hidrógeno, **SST** es la Concentración de Sólidos Suspendidos Totales en g/m³ o mg/L, **Tw** es la Temperatura del agua en °C, **S** es el grado de Salinidad del agua, **OD** es la concentración de Oxígeno Disuelto en mgO₂/L, **Cla** es la concentración de Clorofila a en µg/L y **CT** es la concentración de Coliformes Totales en LOG₁₀(CTT/100mL).

A partir de lo anterior, se determinaron los residuos que presentan una tendencia a 0 ($1,65146 \times 10^{-15} \approx 0$), por lo cual se infiere que los valores simulados son muy similares a los observados (Moreno *et al.*, 2018; Flórez, 2012). Además, el coeficiente de determinación (R^2) arrojado durante la regresión es de 1, lo que indica que la varianza residual es nula, es decir, que el ajuste es perfecto, por lo que puede utilizarse con confianza para efectuar evaluaciones e inferencias acerca de la cuestión conceptual que lo motivó inicialmente (Novales, 2010). Así mismo, mediante el estadístico de Durbin-Watson, se tiene que existe una relación de independencia con una correlación positiva, de manera que D (0.313) es menor que DL (1.492), para un tamaño de muestra de 96 con nueve términos en la ecuación, incluida la intercepción (Durbin y Watson, 1951; Savin y White, 1977; Quiroga, 2016).

Además, en la Figura 33 se observa que los valores siguen un patrón acorde con la línea de tendencia, cuyo comportamiento de normalidad de los errores permite la estimación por intervalos de confianza para la predicción de valores (Flórez, 2012).

Por último, en la Tabla 23 se muestran los resultados de la aplicación de cinco medidas de bondad de ajuste o criterios de calibración de modelos, utilizando la Eficiencia de Nash-Sutcliffe (E_{NSE}), la Raíz del error cuadrático medio (RMSE), el Criterio de Schultz ($D_{Schultz}$), la Desviación media acumulada (MAD) y el Error de balance de masas (m); el primero con un valor de uno (1) y los otros cuatro tendentes a cero (≈ 0), indicando una simulación perfecta del modelo, conllevando a un ajuste perfecto del mismo, dado que la desviación de los valores simulados con respecto a los observados es mínima (Molnar, 2011; Finger, 2011; Zappa, 2011).

Es preciso resaltar que, aunque el valor del coeficiente de relación entre el ICO y la Precipitación es bajo, en la simulación y calibración del modelo se pudo determinar que esta es de vital importancia para este, de manera que los cambios inducidos son muy notorios en el valor del ICO.

Conclusiones

Los Índices de Contaminación del agua (ICO) aplicados indican que esta no se encuentra contaminada o que en ella hay poca contaminación. Sin embargo, se puede afirmar que el ICOPH presenta menor sensibilidad a los cambios ocurridos que el ICOSUS, el cual puede variar de una clasificación a otra con el más mínimo de los cambios de los valores. Así mismo, se concluye que los ICO indican que el agua de la CGSM es de buena calidad.

Por otro lado, la clasificación por salinidad y clorofila-a indican que el agua se encuentra medianamente contaminada, con altos valores de sal en estaciones tales como Frente a río Fundación, Centro de la CGSM y Rinconada; las cuales se encuentran ubicadas a 32,52 Km, 19,04 Km y 22,66 Km, respectivamente, del punto de conexión entre la CGSM y el mar Caribe, siendo la estación de

Rinconada el punto por medio del cual el caño Clarín conecta a la CGSM con el río Magdalena, un aporte de agua dulce, así como el río Fundación. Esto se debe a las concentraciones de sales aportadas por la geología que atraviesan estos ríos y las diferentes actividades de los sectores productivos, como la agricultura y ganadería, entre otros, en los cuales se utilizan diferentes tipos de sustancias que pueden aportar sales a estas corrientes de agua. Mientras tanto, las concentraciones de clorofila-a muestran eutrofización en el agua para las condiciones propias de la toma de la muestra.

En cuanto a las concentraciones de oxígeno disuelto, se puede inferir que estas revelan un ambiente acuático generalmente óptimo para la preservación y conservación de la flora y la fauna, a partir de lo cual se concluye un agua de buena calidad. Sin embargo, en el caso de las estaciones con concentraciones por debajo del límite mínimo permisible, se debe a la intervención antrópica en las diferentes actividades del desarrollo, tal como ocurre frente a los cuerpos de los ríos Aracataca, Fundación y Sevilla y en la conexión con el caño Clarín.

Así mismo, el comportamiento de los valores de salinidad corresponde al aumento o disminución de la precipitación a lo largo del periodo de monitoreo, al igual que los índices más altos de contaminación tanto por pH como por sólidos suspendidos y el estado eutrófico del agua, que se evidencian, generalmente, en los meses con menor precipitación y/o aporte de agua dulce al sistema.

A partir de lo anterior, se determinó que la calidad del agua de la ciénaga grande de Santa Marta es clasificada como buena, basándose en los diferentes análisis realizados que son indicadores del grado de contaminación en el agua y las aptitudes para preservar y conservar la flora y fauna. Sin embargo, es preciso anotar que varias de las metodologías son muy sensibles a los cambios mínimos en algunos valores de los parámetros fisicoquímicos, por lo cual fue muy acertado realizar un análisis multivariado de los diferentes indicadores de la calidad del agua con lo que se contaba información de la CGSM.

El modelo obtenido del Índice de Contaminación en función de la precipitación y siete parámetros fisicoquímicos (pH, SST, Cla, OD, S, Tw y CT), además del punto de intersección, es óptimo, funcional y confiable, con un ajuste perfecto, lo cual indica que la desviación o diferencia entre lo observado y lo simulado no es muy significativa, por lo cual se infiere que este es adecuado para la determinación de tal índice en las condiciones de la CGSM.

Referencias

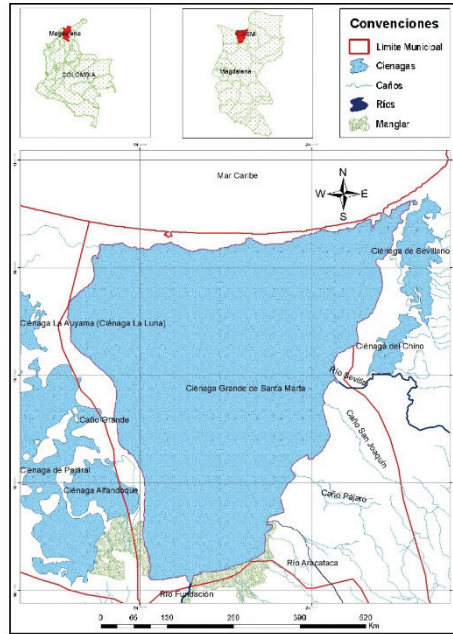
- Álvarez Arango, L. F. (2005). *Metodología para la utilización de los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua. Desarrollar una metodología para la evaluación de los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de los recursos hidrobiológicos – Proyecto Andes*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Amat, R. J. (2016). *Introducción a la regresión lineal múltiple*. Ciencia de Datos. <https://bit.ly/3NfnHjt>
- Botero, J. E. y Botero, L. (1989). Problemática del sistema Ciénaga Grande de Santa Marta, Delta exterior del río Magdalena. En: *Colombia y el Agua: tres aspectos*. Fescol 5, 11-28.
- Cañas, J. S. (2010). *Determinación y evaluación de índices de contaminación (ICOS) en cuerpos de agua*. Universidad Militar Nueva Granada. <https://bit.ly/3xS6Ygm>
- Chamorro Vallejo, C. F. y Jurado Castro, J. C. (2018). Modelación de la concentración de coliformes fecales en el río Bermúdez, municipio de Chachagüí, Nariño. *Boletín Informativo CEL*, 5(3), 81-86.
- Chapra, S. (1997). *Surface Water – Quality Modeling*. McGraw-Hill.
- Chavarro, A. G. y Gélvez B., E. J. (2016). Caracterización de la calidad de las aguas de la quebrada Fucha utilizando los índices de contaminación ICO con respecto a la precipitación y usos del suelo. *MUTIS, Journal of the Faculty of Sciences and Engineering, Jorge Tadeo Lozano University*. 6(2), 19-31.
- Coello, J. R., Ormaza, R. M., Déley, Á. R., Recalde, C. G. y Ríos, A. C. (2013). Aplicación del ICA-NSF para determinar la calidad del agua de los Ríos Ozogoché, Pichahuiña y Pomacocho-Parque Nacional Sangay-Ecuador. *Rev del Instituto de Investigación (RIIGEO). FIG-MMG-UNMSM*. 15(30), 66-71.
- COLPARQUES. (2020). *Ciénaga Grande de Santa Marta: Santuario de Fauna y Flora*. <https://bit.ly/3NIHBJE>
- Corporación Autónoma Regional del Magdalena [CORPAMAG]. (2020). *Cuerpos de Agua del Departamento del Magdalena. Información Ambiental: Recurso Hídrico*. <https://bit.ly/3bpgpwo>
- Durbin, J. y Watson, G. S. (1951). Testing for serial correlation in least squares regression II. *Biometrika*. 38(1/2), 159-177. doi:10.1093/biomet/38.1-2.159
- Finger, D. (2011). *Calibration of Hydrological Models. Hydrological Processes and Modelling*. Swiss Federal Research Institute WSL.
- Flórez, A. J. (2012). *Modelo de regresión lineal: supuestos del modelo*. Escuela de Estadística. Facultad de Ingenierías.
- Fricas, J. y Martz, T. (2007). Los efectos del cambio climático en el agua, el saneamiento y las enfermedades diarreicas en América Latina y el Caribe. <https://bit.ly/3Ogkt0h>

- Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras, «José Benito Vives de Andreis» [INVEMAR]. (2016). *Concepto Técnico: Estado Actual y efectos de la Doble Calzada Ciénaga-Barranquilla sobre la ecorregión Ciénaga Grande de Santa Marta* (CGSM). CPT-CAM-011-16. 43 pp.
- Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras, «José Benito Vives de Andreis» [INVEMAR] (2019a). *Ciénaga Grande de Santa Marta: La historia de un humedal resistente y de características especiales*. <https://bit.ly/3QGrol7>
- Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras, «José Benito Vives de Andreis» [INVEMAR]. (2019b). *Monitoreo de las condiciones ambientales y los cambios estructurales y funcionales de las comunidades vegetales y de los recursos pesqueros durante la rehabilitación de la Ciénaga Grande de Santa Marta*. <https://bit.ly/3ncmHSF>
- Knox, G. A. (2001). *The ecology of seashore*. CRC Press. 557.
- López Martínez, M. L. y Madroñero Palacios, S. M. (2015). Estado trófico de un lago tropical de alta montaña: caso laguna de La Cocha. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 25(2), 21-42.
- Ministerio de Ambiente. (2015). Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible 1076 de 2015.
- Molnar, P. (2011). “Calibration”. *Watershed Modelling*. Institute of Environmental Engineering, Chair of Hydrology and Water Resources Management, ETH Zürich.
- Montero Murcia, V. y Ramírez Dalel, Y. (2018). *Análisis de la variabilidad en la calidad del agua, a partir del uso de índices de contaminación (ICO's) como aporte al POMCA de la cuenca del río Guayuriba*. [Tesis]. Universidad Santo Tomás, Facultad De Ingeniería Ambiental.
- Moreno, P., Rodríguez Poo, J. M. y Soberón, A. (2018). *Econometría I, Tema 2: El Modelo de Regresión Lineal Simple*. Departamento de Economía. Universidad de Cantabria. 1-42.
- Múnera, J., Vélez, J., Poveda, G., Posada, J. E. y Montoya, J. D. (2003). Taller de ciencias del mar: “Dinámica hidrológica de la Ciénaga Grande de Santa Marta mediante técnicas de sensores remotos”. *Avances en Recursos Hidráulicos*. 10, 47-62.
- NASA Giovanni. (2020). EARTHDATA. *Giovanni: The Bridge Between Data and Science v 4.34*. <https://go.nasa.gov/2w1EbJL>
- Novalés, A. (2010). *Análisis de regresión*. Departamento de Economía Cuantitativa. Universidad Complutense. 1-116. <https://bit.ly/3HP4Jix>
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE). (1982). *The OCDE Social Indicators*. <https://bit.ly/39MPyKh>

- PROCIÉNAGA. (1995a). *Plan de manejo ambiental de la subregión Ciénaga Grande de Santa Marta. 1995-1998. Proyecto de rehabilitación de la Ciénaga Grande de Santa Marta, PROCIÉNAGA (CORPAMAG-INVEMAR-CORPES-GTZ).*
- PROCIÉNAGA. (1995b). *Proyecto de rehabilitación de la Ciénaga Grande de Santa Marta. Plan de manejo ambiental de la Subregión Ciénaga Grande de Santa Marta 1995-1998.*
- Quiroga R., A. (2016). *Supuestos del modelo de regresión lineal. Prácticas de estadística.* Escuela Superior de Informática.
- Ramírez, A. y Viña, G. (1998). *Limnología Colombiana: Aportes a su conocimiento y estadísticas de análisis.* Universidad Jorge Tadeo Lozano – Bp, Exploration. ISBN 958-9029-06-x.
- Ramírez, A., Restrepo, R. y Cardeñoso, M. (1999). Índices de contaminación para caracterización de aguas continentales y vertimientos: Formulaciones. *CT&F-Ciencia, Tecnología y Futuro.* 1(5), 89-99.
- Ramírez, A., Restrepo, R. y Viña, G. (1997). Cuatro índices de contaminación para caracterización de aguas continentales: Formulaciones y aplicación. *CT&F-Ciencia, Tecnología y Futuro.* 1(3), 135-153.
- Rivera-Monroy, V. H., Twilley, R. R., Mancera, E., Alcántara-Eguren, A., Castañeda-Moya, E., Casas, O., Reyes, P., Restrepo, J., Perdomo, L., Campos, E., Cotes, G. y Vilorio, E. (2006). Aventuras y desventuras en Macondo: Rehabilitación de la Ciénaga Grande de Santa Marta, Colombia. *Ecotrópicos* 19(2), 72-93.
- Robledo, J., Vanegas Chacón, E. A. y García Álvarez, N. (2014). Aplicación del Sistema Holandés para la evaluación de la calidad del agua. Caso de estudio Lago de Izabal, Guatemala. *Revista Ingeniería Agrícola*, 4(2), 15-21. ISSN-2326-1545, RNPS-0622.
- Savin, N. E. y White, K. J. (1977). The Durbin-Watson test for serial correlation with extreme sample sizes or many regressors. *Econometrica.* 45(8), 1989- 1996.
- Severiche Sierra, C. A., Barreto Lezama, A. J. y Acevedo Barrios, R. L. (2013). Efecto de las Lluvias sobre la Calidad del Agua en La Ciénaga Grande de Santa Marta, Colombia. *AVANCES Investigación en Ingeniería.* 10(1), 58-67.
- Sistema de Información Geográfico para el Ordenamiento Territorial [SIG-OT]. (2018). *Explorador de capas.* <https://bit.ly/3A088tc>
- Valverde Solís, A., Moreno Tamayo, E. y Ortiz Palacios, N. Y. (2015). Análisis de la calidad de varios cuerpos de aguas superficiales en Bahía Solano utilizando índices de contaminación. *Investigación, Biodiversidad y Desarrollo*, 34(1), 14-21.
- Zappa, M. (2011). "PREVAH – Calibration and Verification". *Hydrological Processes and Modelling.* ETH Zürich.

Anexos

Figura 26. Mapa de localización de la Ciénaga Grande de Santa Marta (CGSM)



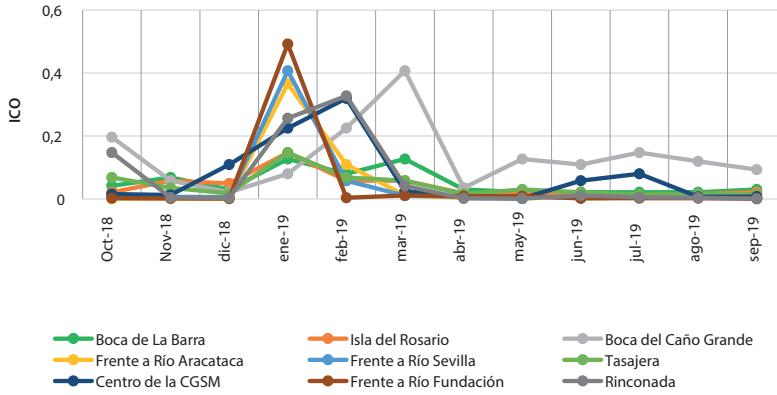
Fuente: elaborado en ArcGIS por esta investigación a partir de la información del SIG-OT (2018).

Tabla 21. Significancia de los índices de contaminación (ICO)

ICO	Contaminación	Color
0-0.2	Ninguna	Azul
>0.2-0.4	Baja	Verde
>0.4-0.6	Media	Amarillo
>0.6-0.8	Alta	Naranja
>0.8-0.9	Muy Alta	Rojo

Fuente: Ramírez *et al.* (1999).

Figura 27. Progresión temporal del Índice de Contaminación por pH (ICOpH) de la CGSM



Fuente: elaboración propia a partir de INVEMAR (2019b).

Figura 28. Progresión temporal del Índice de Contaminación por Sólidos Suspendedos (ICOSUS) de la CGSM

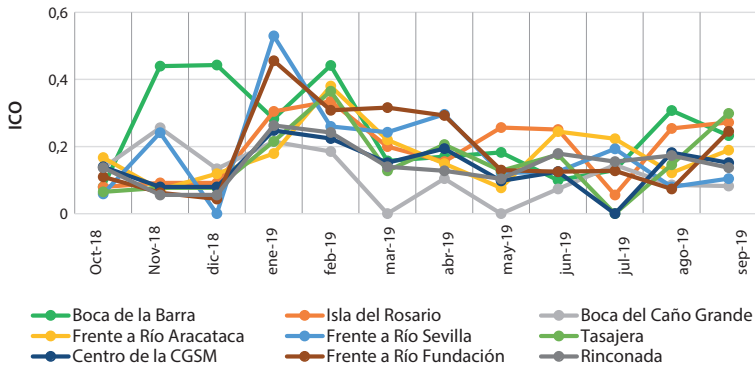


Figura 29. Progresión temporal de los valores de salinidad de la CGSM

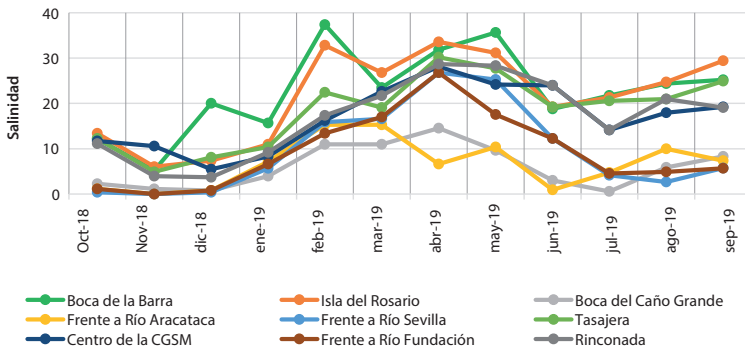


Figura 30. Progresión temporal de los valores de precipitación y temperatura de la CGSM

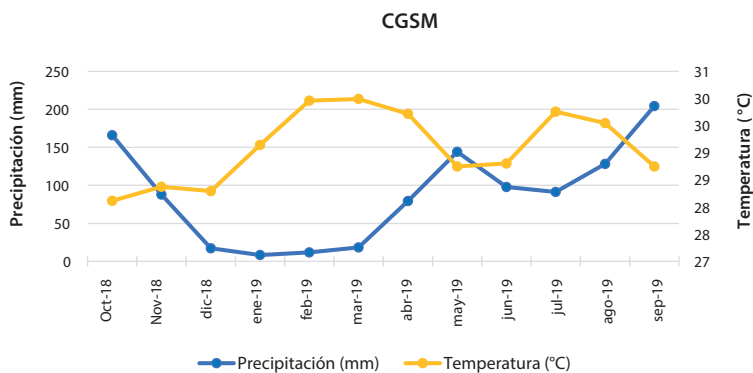


Figura 31. Progresión temporal de los valores de clorofila en el agua de la CGSM

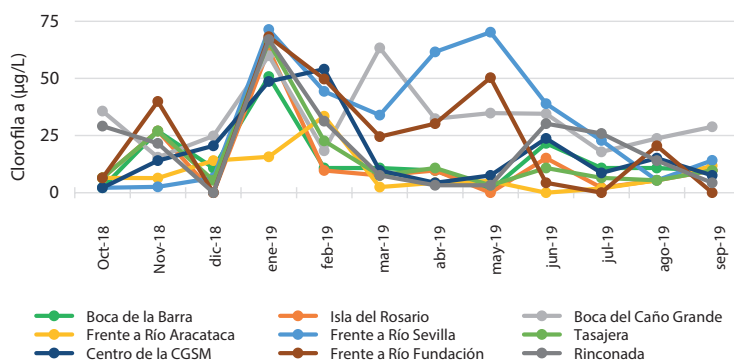
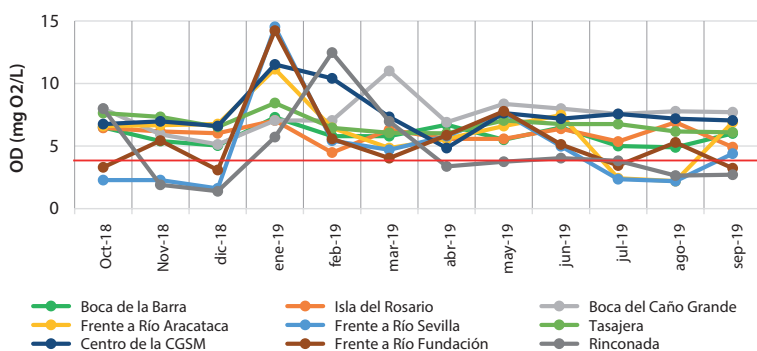


Figura 32. Progresión temporal de los valores de oxígeno disuelto en el agua de la CGSM



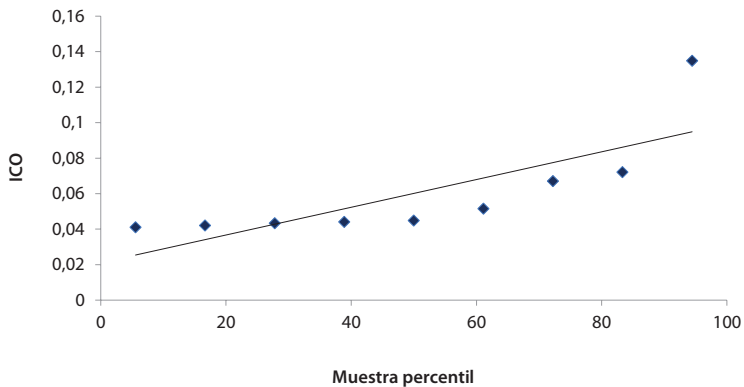
Fuente: elaboración propia a partir de INVEMAR (2019b).

Tabla 22. Coeficientes de correlación de Pearson para las variables en la construcción del modelo

Correlación de Pearson									
	ICO	P	PH	SST	T _w	S	OD	Cla	CT
ICO	1	0.184	0.391	-0.690	0.599	-0.372	0.547	0.567	-0.415
P	0.184	1	-0.619	0.029	0.241	-0.750	0.021	0.272	-0.796
pH	0.391	-0.619	1	-0.113	0.093	0.627	0.598	-0.236	0.447
SST	-0.690	0.029	-0.113	1	-0.728	0.337	-0.314	-0.741	0.321
T _w	0.599	0.241	0.093	-0.728	1	-0.232	0.376	0.469	-0.333
S	-0.372	-0.750	0.627	0.337	-0.232	1	-0.068	-0.517	0.865
OD	0.547	0.021	0.598	-0.314	0.376	-0.068	1	-0.038	-0.331
Cla	0.567	0.272	-0.236	-0.741	0.469	-0.517	-0.038	1	-0.487
CT	-0.415	-0.796	0.447	0.321	-0.333	0.865	-0.331	-0.487	1

ICO:Índice de contaminación, P: precipitación, pH: potencial hidrógeno, SST: sólidos suspendidos totales, T_w: temperatura del agua, S: salinidad, OD: oxígeno disuelto, Cla: clorofila a y CT: coliformes totales

Fuente: elaboración propia.

Figura 33. Probabilidad normal del modelo**Tabla 23. Resultados de las medidas de bondad de ajuste del modelo**

Criterio	Ajuste
E _{NSE}	1
RMSE	1.941x10 ⁻¹⁶
D _{Schultz}	1.203x10 ⁻¹³
MAD	1.834x10 ⁻¹⁶
m	3.051x10 ⁻¹³

Fuente: elaboración propia.

Agradecimientos: a la Corporación Autónoma Regional del Magdalena (CORPAMAG), al Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (INVEMAR) y a la plataforma NASA Giovanni por el suministro de información gratuita y disponible en línea que fueron la base para la realización del proyecto de grado titulado *Evaluación de la calidad del agua y usos del suelo en la Ciénaga Grande de Santa Marta, jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional del Magdalena*, del cual deriva este artículo.



EPÍLOGO



Cada vez se generan más impactos negativos causados por las acciones inconscientes del hombre, desconociendo lo determinante que podrían resultar en el cuidado y preservación de los recursos naturales. No obstante, el compromiso e inteligencia de una población humana limitada pueden servir para trabajar de manera conjunta, generando así una sinergia como el funcionamiento del organismo humano, que parte desde una unidad funcional conocida como célula hasta la formación de órganos e interacción de los mismos, o como la fluidez conjunta entre el chasis y el motor que permiten el desplazamiento de un vehículo.

Las investigaciones presentadas por los autores reflejan la necesidad de aportar significativamente a la gestión ambiental y producción agropecuaria sostenible. Sin embargo, el escrito no genera un fruto, sino que parte de la necesidad, de una lágrima desesperada, de las últimas balas que dibujan una madre tierra preservada y próspera.



GLOSARIO



Actividades antrópicas: acciones realizadas por el hombre que influyen en la modificación del estado de la naturaleza.

Ecotoxicidad: aquellos componentes químicos tóxicos que pueden causar efectos negativos sobre la salud humana y que a su vez causan daños en el medio ambiente.

Energía mareomotriz: energía adquirida de la marea, obtenida por los movimientos generados por el agua los cuales contienen energía y son transformados en electricidad.

Enzimas exógenas: moléculas proteicas de origen externo a la especie, usadas generalmente para un mayor aprovechamiento de nutrientes en el organismo.

Holística: manera de ver las cosas en su totalidad, detallando su complejidad e interacciones, que de tal manera no se perciben si se llegasen a estudiar individualmente.

Inocuidad: característica propia de alimentos cuyos componentes nutricionales o procesos de manufactura no atentan contra la integridad o salud del ser vivo.

Microbiota intestinal: conjunto de microorganismos tales como bacterias, arqueas, eucariotas y virus ubicados en el tracto del intestinal.

Morfoespecies: especie cuya taxonomía no es representativa para ser identificada, otorgándose así un nombre temporal, y de esta manera pueda ser diferenciada de especies semejantes.

Ontología: propiedades transcendentales del ser en general.

Tambos: instalaciones destinadas a ganado lechero, específicamente al ordeño y venta del producto.

UNA MIRADA INVESTIGATIVA A LA GESTIÓN AMBIENTAL Y PRODUCCIÓN AGROPECUARIA SOSTENIBLE

A través de este libro, los investigadores generan aportes significativos proyectados en el marco de las problemáticas presentadas por las actividades antrópicas y el deterioro ambiental, abordando así, diversos puntos de vistas que, bajo la ciencia y la academia, buscan dar soluciones e impactos innovadores, planteando cambios positivos en la gestión ambiental y producción agropecuaria.

Recopila temáticas basadas en la formación académica de profesionales en el área agropecuaria y ambiental; se reflejan temáticas que abordan la producción animal, ecología, desarrollo sostenible y medio ambiente, asimismo, se aportan soluciones a las problemáticas evidenciadas bajo un contexto sostenible.

Dirigido a estudiantes y profesionales que abordan las áreas de Zootecnia, Ingeniería ambiental, Biología, Ecología, Educación ambiental, Ingeniera Agronómica e Ingeniera Forestal.

Incluye

- ▶ Trabajos relacionados con la producción agropecuaria, medio ambiente y desarrollo sostenible.
- ▶ Aportes significativos enmarcados desde diversos puntos de vista por investigaciones realizadas en varias partes de Colombia.
- ▶ Información científica básica para consultas y estructuración de investigaciones.
- ▶ Implementación de bases científicas y tecnologías innovadoras que aportan significativamente a las áreas afines.

Alberto José Rincón Atuesta

Maestrante en Producción Animal, Zootecnista y técnico en Producción Animal. Investigador del grupo de investigación Gl@DS de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña (UFPSO).

Carmen Liceth García Quintero

Magíster en Práctica Pedagógica, magíster en Zoología Agrícola, especialista en Práctica Docente Universitaria y Zootecnista. Docente de planta e investigadora de los grupos Gl@DS Y GIPAB de la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña (UFPSO).



Universidad Francisco
de Paula Santander
Ocaña - Colombia
Vigilada Mineducación



Grupo de Investigación Ambiental
Agropecuaria y Desarrollo Sostenible



e-ISBN 978-958-503-415-0