

Volumen 10, Número 1, enero-junio 2020 ISSN 2711-4260



REVISTA
AGUNKUYÂA

Facultad de Ingeniería y Ciencias Básicas

AREANDINA

Fundación Universitaria del Área Andina
Facultad de Ingeniería y Ciencias Básicas



REVISTA
AGUNKUYÂA

Volumen 10, Número 1, enero-junio 2020

ISSN: 2711-4260



AREANDINA
Fundación Universitaria del Área Andina



Facultad de Ingeniería y Ciencias Básicas

Transversal 22 Bis, 4 - 105, Valledupar, Colombia

Correo electrónico: rev.agunkuyaa@areandina.edu.co

Editor

MSc. Hernando Hermida Castillo

Docente Investigador

Programa de Maestría en Gestión Ambiental

Fundación Universitaria del Área Andina

Comité Científico

Dr. Cristian Julián Díaz Álvarez

Fundación Universitaria del Área Andina.

MSc. Martha Cervantes Díaz

Docente Investigador

Universidad Santo Tomás – Seccional

Bucaramanga

MBA. Diego Andrés Molina Casallas

Director de calidad y Medio Ambiente

Procaps – Bogotá

Dra. Gabriela Arrita Loyo

Docente Investigador

Universidad Nacional de Colombia - Bogotá

MSc. Carlos Alberto Abreo Villamizar

Investigador

Universidad del País Vasco - España

Comité Editorial

Dr. Cristian Julián Díaz Álvarez

Decano Nacional

Facultad de Ingeniería y Ciencias Básicas

Fundación Universitaria del Área Andina

Dr. Eduardo Mora Bejarano

Decano Nacional

Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias

Fundación Universitaria del Área Andina

Msc. Camilo Andrés Cuéllar Mejía

Subdirector Nacional de Publicaciones.

Fundación Universitaria del Área Andina

Msc. Hernando Hermida Castillo

Docente Investigador

Programa de Maestría

en Gestión Ambiental

Fundación Universitaria del Área Andina

Consejo Directivo

Miembros Fundadores:

Pablo Oliveros Marmolejo †

Gustavo Eastman Vélez.

Miembro Asamblea General - Presidente Consejo Superior

Diego Ernesto Molano Vega

Rector Nacional - Representante Legal Miembro del Consejo Superior

José Leonardo Valencia Molano

Vicerrectora Académica Nacional

Martha Patricia Castellanos Gutiérrez

Rector Seccional Pereira

Felipe Baena Botero

Rectora Sede Valledupar

Gelca Patricia Gutiérrez Barranco

Decano de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Básicas

Cristian Julián Díaz Álvarez

Política Editorial

La Revista Agunkuyâa es una publicación académica de carácter científico, que tiene como propósito la divulgación del conocimiento generado a partir de investigaciones, reflexiones y disertaciones que contribuyan a ampliar el conocimiento en todos los campos de las ciencias. Esta publicación se dirige a la comunidad académica en general y de manera especial a docentes y estudiantes.

Los textos publicados en esta revista pueden ser reproducidos citando siempre la fuente. Todos los contenidos de los artículos publicados son responsabilidad exclusiva de sus autores, y no reflejan la opinión de la Fundación Universitaria del Área Andina.

Contenido

Revista Agunkuyâa

Valledupar, Cesar

Vol. 10, No. 1, páginas 1 a 105, 2020

- 7 | Editorial
José Leonardo Valencia Molano
- 9 | Transitar a la sostenibilidad
Brigitte Baptiste
- 11 | Análisis probabilísticos: un reto para la ingeniería geotécnica colombiana
Naty Vanesa Rivero Galvis
- 15 | Cooperación al desarrollo en el Bajo Lempa (El Salvador):
percepción del estado de salud y condición nutricional
*Roberto Pedrero-Tomé, María Sánchez Álvarez, Noemí López-Ejeda,
Cristina Herrero-Jáuregui, Belén Acosta Gallo y María Dolores Marrodán*
- 25 | Tendencias en el aprovechamiento de los residuos orgánicos biodegradables.
Estudio cuantitativo
*Martha Cervantes Díaz, César Acevedo Argüello,
Teresa del Socorro Blanco Tirado, Isabel Cristina Ocazonez*
- 37 | Formulación de alternativas para mitigar los impactos ambientales
causados por la refinera ilegal en Tibú
Mayra Alejandra Canesto Arenas, Juan Gabriel Téllez Cerón

- 65 | Valoración de los niveles de calidad del aire de interiores
en espacios de institución de educación superior
*Mónica V. Sandoval, Nicolás M. Solano, Laura K. Gualdrón,
Juliana C. Meneses*
- 79 | Análisis del nivel de articulación de la Política Nacional de Gestión Ambiental
Urbana en la planificación territorial de Valledupar, Cesar - Colombia
*Yeeny Lozano Lázaro, Sandy Milena Pinto Robles, Sergio Andrés Mendoza
Tafur, Gustavo Adolfo Valderrama Rojas.*
- 89 | La restauración ambiental de ecosistemas deforestados por cultivos ilícitos,
el nuevo desafío del Ejército Nacional
Juliana Jiménez Velandia, Lonis Alberto Vega Delgado

Editorial

José Leonardo Valencia Molano¹

El compromiso de la educación superior con las Políticas de Desarrollo Sostenible, se suma a la tarea de desarrollar estrategias para encaminar a las futuras generaciones a ejercer sus profesiones en el marco de factores de propiciadores del mejoramiento de la calidad de vida de los ciudadanos. Para ello, es pertinente repensar el papel de la universidad como centro de convergencia de la diversidad de las ideas y el escenario propicio para la construcción de una sociedad con mayor sentido de responsabilidad en el uso, consumo y aprovechamiento de los recursos naturales. En este sentido, la educación superior debe renovar de manera permanente su papel en la consolidación de tejido social, soportado en el pensamiento crítico, ética, empatía, innovación, investigación y principios de sostenibilidad.

El reto de asumir la dimensión social, ambiental y económica, como parte del ADN de la universidad, supone procesos de renovación curricular que apunten a la formación de los jóvenes que en el quehacer profesional van más allá de la técnica y la práctica, para asumir compromisos sólidos en la consolidación de un modelo de desarrollo sostenible. De este modo, el profesional del mañana actúa en el presente mediante la investigación sobre la problemática asociada a las necesidades de las comunidades y a las estrategias científicas para formular propuestas de solución a las situaciones que denotan condiciones de deterioro de la calidad de vida.

Se propone, desde esta perspectiva, un encuentro de la academia con las realidades que enfrentan a diario las comunidades, en un diálogo que se cultiva desde las aulas de clase, se nutre con la investigación y el cuestionamiento permanente del ser y quehacer de la universidad en el contexto, y finalmente en la primavera de la innovación pedagógica en los campos sociales que demandan acciones inmediatas para gestionar el medio ambiente, distribuir de manera eficiente los recursos y disminuir las brechas de desarrollo humano.

¹ Rector Nacional, Fundación Universitaria del Área Andina, Bogotá. Correo: jvalencia@areandina.edu.co

Hoy más que nunca, estamos convencidos en la Fundación Universitaria del Área Andina, de nuestras acciones que reflejan los propósitos de desarrollar iniciativas de gestión ambiental y la academia verde, por medio de las cuales se promueve el desarrollo sostenible, la mejora continua de los procesos administrativos y académicos, en el marco de los principios de sostenibilidad, acción preventiva y responsabilidad ambiental. En esta perspectiva, la Revista Agunkuyâa en la edición 2020-1, presenta a la comunidad académica y científica temas de investigación desarrollados dentro de nuestras aulas y en instituciones externas, como resultado del compromiso con la tarea de concientizar, innovar y reflexionar sobre nuestro papel en la construcción de una sociedad diversa y sostenible.

Transitar a la sostenibilidad

Brigitte Baptiste¹

La estrategia verde o *Green Deal* con el que la Unión Europea plantea la recuperación pos-COVID-19 “...es, ante todo, una propuesta económica”. Palabras de su embajadora en Colombia, Patricia Llombart, para enfatizar el carácter práctico de las medidas que ya se comienzan a tomar en el viejo continente para reactivar la producción sin volver a superar los límites planetarios, o incluso, para retraer los efectos destructivos de la transformación del territorio europeo en principio (al reconocer importantes vínculos poscoloniales llenos de pasivos ambientales) y con ello auspiciar un nuevo modelo de sostenibilidad. Producción más limpia, disminución radical de las emisiones de CO₂, restauración masiva de las comunidades biológicas y la funcionalidad ecosistémica silvestre, recuperación de los servicios ecosistémicos, promoción de cambios de patrones de comportamiento y consumo: un gran despliegue de alternativas que ya el mundo entero venía predicando hace algunos años para moverse rápidamente fuera de la zona de peligro de la insostenibilidad y el riesgo de colapso, pero difícil de concretar ante la inercia de los procesos del desarrollo convencional, diseñado para sobreponernos rápidamente a una guerra, no para transitar cuidadosamente a un escenario preventivo de muchas guerras...

Lo cierto es que el mundo entero reflexiona acerca del significado de la sostenibilidad pospandemia, pues ha debido recurrir a todas las estrategias que estaban incubándose o reposaban en la vitrina del “rómpase en caso de emergencia”, solo que esta se había construido en el más distante de los sótanos, lejos del alcance... de los adultos. Porque las nuevas generaciones están saliendo a la calle a reclamar su derecho al futuro, y no solo un futuro de opciones de consumo, sino también un futuro donde la inequidad, construida a partir de una distribución extremadamente desigual de los costos ambientales del bienestar, ya no sea la peor amenaza a la convivencia.

Innovación tecnológica, pero no para incrementar el universo de desechos y la contaminación del mundo, sino para restituir la salud y el goce; artes y ciencia para diseñar un mundo compartido sin la absurda distorsión de la eficiencia del corto plazo, inhibidora de la sostenibilidad profunda; cambios institucionales, no para

¹ Rectora, Universidad EAN, Bogotá. Correo: rectoria@ean.edu.co

instaurar regímenes oportunistas, sino verdaderos espacios de concertación democrática. A todo ello, le llamamos el espacio de las transformaciones socioecológicas del territorio, una propuesta basada en la certeza de que muchos mundos son posibles, aunque probablemente no se parezcan en nada a los que imaginamos, porque la incertidumbre propia de la dinámica de los sistemas complejos hace que las sorpresas sean más importantes que las determinaciones y las profecías. Por eso mismo, hay que tener motivos para la esperanza...

Análisis probabilísticos: un reto para la ingeniería geotécnica colombiana

Probabilistic Analysis: A Challenge for Colombian Geotechnical Engineering

Naty Vanesa Rivero Galvis¹

Durante décadas, los grandes autores de la literatura geotécnica han desarrollado grandes aportes a través del tiempo, proponiendo teorías y formulaciones relacionadas con análisis y diseños geotécnicos de estructuras de contención, cimentaciones, estabilidad de taludes y mecánica de suelos en general. Dichas formulaciones, tales como la de capacidad portante de una cimentación, que propuso Karl von Terzaghi en 1943, hoy, casi ochenta años después, sigue vigente y es la utilizada en muchos de los estudios geotécnicos.

Con estos valiosos insumos que los padres de la ingeniería geotécnica le proporcionan al mundo, con el paso del tiempo la sociedad se ha conformado y de alguna manera ha sido irresponsable al momento de realizar un estudio o un diseño geotécnico, ya que en muchos casos se evitan análisis y se omiten algunos requerimientos de la normativa, lo cual se ve reflejado en un mal término de muchas obras en nuestra Colombia. En este sentido, la investigación cumple un papel fundamental, puesto que, a partir de las teorías ya conocidas, se vuelve necesario ir complementando y mejorando los conceptos, con el propósito de lograr un desarrollo de la ingeniería y, asimismo, de la sociedad. A partir de varios sucesos desafortunados, se ha empezado a tomar conciencia acerca de la necesidad de realizar estudios, diseños y construcciones que cumplan con la normativa y que sean estables, funcionales, seguras y óptimas. Para lograrlo, las grandes multinacionales consultoras que tienen proyectos en Colombia, desde mediados del siglo xx empezaron a incluir teorías probabilísticas en situaciones de análisis y diseño en la ingeniería geotécnica, lo cual se ha tornado una actividad más común y de mayor relevancia.

¹ Facultad de Ingeniería, Fundación Universitaria del Área Andina, Valledupar. Correo: nrivero4@areandina.edu.co

Las teorías probabilísticas se basan en análisis estadísticos, con los cuales se hace el cálculo de la probabilidad de falla, el cual incluye la variabilidad de los parámetros que se utilizan a la hora de realizar un diseño. De tal manera que los parámetros geotécnicos no son determinísticos, sino que se evalúa su variabilidad y de acuerdo con el factor de seguridad mínimo establecido por la normativa, se determina la probabilidad de falla del diseño.

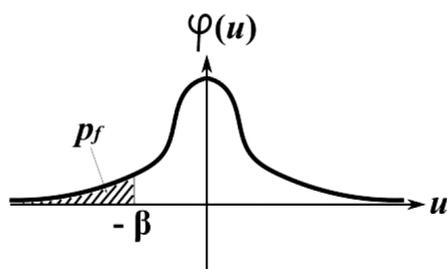


Figura 1. Ilustración del índice de confiabilidad y la probabilidad de falla. Es la función de densidad normal estándar. Fuente: González (2013).

El cálculo de la probabilidad de falla en los diseños geotécnicos definitivamente mejora y aumenta las alternativas al momento de tomar decisiones y viabiliza soluciones óptimas relacionadas con costos, aspectos técnicos, operativos, manteniendo la seguridad en los proyectos. De tal manera que los conceptos de probabilidad de falla, margen de segu-

ridad y variables aleatorias, son terminologías que se empiezan a utilizar en los cálculos y diseños de cimentaciones, cálculo de asentamientos, muros de contenciones, estabilidad de taludes, entre otras, donde no solo se realiza un diseño determinístico como el que se acostumbra, sino que también se calcula una probabilidad de falla del diseño y, con esto, su confiabilidad.

Si bien es cierto, un proyecto idóneo es aquel cuya construcción tenga mucha similitud a la modelación en un software de análisis. Sin embargo, la discrepancia entre ellos en ocasiones es considerable, ya que en algunos casos los métodos constructivos no son correctos, los materiales no tienen la calidad especificada, la heterogeneidad del suelo, incluso, a veces no se hace en obra lo que en los planos se estipula, lo que finalmente conlleva problemas o fallas. Es en estos casos donde se refleja la importancia de los análisis probabilísticos, puesto que consideran estas discrepancias, lo que resulta un análisis mucho más real.

Finalmente, las teorías geotécnicas convencionales, sumadas a un potencial investigativo, resulta un híbrido que fehacientemente aporta al desarrollo. Nosotros, los ingenieros, a la hora de ser competitivos y de ejercer una ingeniería

segura, que investiga y analiza los proyectos desde un punto de vista óptimo y real, siempre tendremos la necesidad de utilizar herramientas que mejoren la calidad de vida de la sociedad, optimizando la utilización de recursos.

Referencias

González, J. (2013). *Confiabilidad estructural del deslizamiento de la superestructura por inundación de un puente en el estado de México*.

Cooperación al desarrollo en el Bajo Lempa (El Salvador): percepción del estado de salud y condición nutricional

Development Cooperation in Bajo Lempa (El Salvador): Perception of the Health and Nutritional Condition

Roberto Pedrero-Tomé^{1,2}, María Sánchez Álvarez^{1,2},
Noemí López-Ejeda^{1,2}, Cristina Herrero-Jáuregui²,
Belén Acosta Gallo² y María Dolores Marrodán^{1,2,3}

Resumen

En la región salvadoreña del Bajo Lempa se han elaborado los proyectos de cooperación al desarrollo sostenible de la Universidad Complutense de Madrid (ref. 19/17, 18/11), en el que se analiza el nivel de calidad de vida de la zona mediante la condición nutricional de la población escolar y el nivel de seguridad alimentaria. Se evaluó la percepción sobre el estado de salud de 27 productores en función del tipo de agua de consumo; el estado nutricional de 334 escolares (5-16 años) y la percepción de seguridad alimentaria en 143 hogares. Los resultados obtenidos informan de la existencia de 59,7% de hogares con algún tipo de inseguridad alimentaria, siendo la tipología grave la que mayor porcentaje aporta (25,9%). Se detecta una asociación positiva entre el nivel educativo materno y el nivel de seguridad alimentaria. Se reporta 23,8% de sobrecarga ponderal y 9% de desnutrición crónica.

Palabras clave: desnutrición crónica, EPSA, El Salvador, seguridad alimentaria, sobrecarga ponderal.

¹ Grupo de Investigación EPINUT (ref. 920325). Universidad Complutense de Madrid, España.

² Departamento de Biodiversidad, Ecología y Evolución. Universidad Complutense de Madrid, España.

³ Instituto Universitario de Ciencias Ambientales (IUCA). Universidad Complutense de Madrid, España.

Abstract

In the Salvadoran region of Bajo Lempa, sustainable development cooperation projects have been carried out by the Universidad Complutense de Madrid (ref. 19/17, 18/11) to analyze the quality of life in the area through the nutritional condition of the school population and the level of food security. We assessed the perception of the health condition of 27 producers according to the type of drinking water, the nutritional status of 334 schoolchildren (5-16 years), and the perception of food security in 143 households. The results show 59.7% of households with food insecurity, the severe type contributing the highest percentage (25.9%). A positive association is detected between the maternal educational level and the level of food security. Besides, 23.8% overweight and 9% chronic malnutrition are reported.

Keywords: Chronic malnutrition; EPSA; El Salvador; food safety; overweight.

Introducción

La región salvadoreña del Bajo Lempa es reconocida como un área crítica en términos de amenaza, riesgo y vulnerabilidad, debido a las inundaciones de los terrenos adyacentes al curso del agua en los episodios de lluvias torrenciales, a la presencia de aguas no tratadas y al empleo de cantidades ingentes de agrotóxicos en determinados cultivos (Johnson y Sánchez, 2013).

Los procesos de desarrollo rural en este territorio se encuentran fuertemente condicionados por la existencia de dos modelos de producción contrapuestos, que compiten por los mismos recursos naturales. Por una parte, un patrón de producción familiar caracterizado por

cultivos diversificados que tienen como finalidad el autoabastecimiento y, en determinadas ocasiones, el comercio con intermediarios. Por otra, grandes extensiones de cultivo de caña de azúcar mayoritariamente pertenecientes al sector privado. Otro factor que puede condicionar el desarrollo rural es la fuente de origen de agua. Aún no se ha conseguido garantizar un suministro de agua potable y segura en determinadas regiones rurales de América Latina y el Caribe (Leigh, 2017). Por ello, es muy probable que algunas comunidades asentadas en la región salvadoreña del Bajo Lempa aún se abastezcan de aguas superficiales, de pozos excavados, de entregas de camiones cisterna o de agua embotellada.

La alimentación es otro factor que puede condicionar el estado de salud. Tal y como apunta la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2019), se está produciendo un incremento en las formas de malnutrición por exceso en los países de bajos y medianos ingresos, como El Salvador, como consecuencia de la baja disponibilidad de alimentos saludables y el escaso acceso a una alimentación saludable y equilibrada.

Con la finalidad de mejorar la productividad agrícola y la calidad de vida en las comunidades del Bajo Lempa, durante el 2018 y 2019 se desarrollaron dos proyectos de Cooperación al Desarrollo Sostenible, entre la Universidad Complutense de Madrid, la Universidad Paracentral de El Salvador y otras organizaciones e instituciones como la Alcaldía de Tecoluca, la Fundación del Valle y la Asociación-Fundación para la Cooperación y el Desarrollo Comunal de El Salvador (Cordes) (ref. 17/19, 18/11).

La presente investigación tiene como objetivo establecer una línea de base que sirva a futuro para comprobar si las acciones planteadas en los proyectos de cooperación definidos contribuyen a mejorar la calidad de vida, empleando como indicadores objetivos la

percepción del estado de salud, el tipo de agua de consumo, la seguridad alimentaria y la condición nutricional de la población escolar.

Se plantea un estudio descriptivo y de asociación entre variables indicativas de la condición nutricional, abastecimiento de agua y percepción de la salud y la seguridad alimentaria.

Material y métodos

Estado de salud de los productores locales en función del origen del agua de consumo

Se entrevistó a 27 productores locales (17 varones y 10 mujeres) con edades comprendidas entre los 28 y 89 años (Media: 53,71; DE: 14,49), cumplimentando el cuestionario de percepción de la salud y calidad de vida EQ5D (Johnson *et al.*, 1998). Se tomaron datos de peso (kg) y estatura (cm), calculando el índice de masa corporal (IMC) y clasificando su estado nutricional mediante el criterio de la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2020). Asimismo, se recabó información sobre la fuente de agua para el consumo. Cabe destacar que todos los productores mantienen sus cultivos de manera orgánica, gracias a diversos proyectos promovidos por la Cordes.

Caracterización socioeconómica y evaluación de la percepción de la seguridad alimentaria

Se realizaron 143 entrevistas semiestructuradas a las madres y padres de los escolares en las que se preguntó sobre el número de menores que conforman la unidad familiar, el nivel máximo de estudios y la situación laboral de las madres y padres, así como el nivel de seguridad alimentaria del hogar mediante la Encuesta de Percepción de la Seguridad Alimentaria (EPSA) (Wehler *et al.*, 1992). Las respuestas a la misma permitieron clasificar los hogares como seguros (0 puntos), con inseguridad leve (1-7 puntos), moderada (8-14 puntos) o grave (≥ 15 puntos).

Condición nutricional en la población infantil

Con el consentimiento informado de progenitores o tutores legales y de acuerdo con la normativa de la Asociación Médica Mundial (AMM, 2013), se evaluó la condición nutricional de 334 escolares (176 niñas y 158 niños) entre 5 y 16 años. En las escuelas se tomaron datos antropométricos de peso (kg) y estatura (cm), calculando el IMC para clasificar a los escolares en insuficiencia ponderal (IP), normopeso (NP), sobrepeso (SP) y obesidad (OB) tomando como criterio

el patrón de la OMS (2007). Utilizando las mismas curvas de crecimiento como referencia se comprobó si el crecimiento longitudinal era normal o si los niños padecían desnutrición crónica.

Procedimiento estadístico

Se aplicaron pruebas de Chi-cuadrado para el contraste de proporciones y regresión logística para asociar factores sociodemográficos al estado de seguridad alimentaria. El tratamiento de los datos se efectuó mediante el software IBM SPSS 23.0.

Resultados

1. Recursos hídricos y estado de salud de los productores

El 100% de los encuestados refirió abastecerse de agua tratada de diferentes fuentes y orígenes: ocho productores (29,63%) obtienen agua canalizada procedente del pozo de la comunidad de Guajoyo y el 70,37% restante se abastece de agua potable de la región de San Carlos Lempa, San Nicolás o consume agua embotellada para beber.

Los productores que consumen agua potable o embotellada tienden a presentar o percibir mejor estado de salud mental y menor dificultad para realizar las tareas cotidianas que los sujetos que

consumen agua de pozo tratada (tabla 1). La condición nutricional no guardó ninguna relación con el tipo de abastecimiento hídrico, siendo la proporción de IP del 4,2%, 37,5% de NP, 35,4% de SP y 22,9% de OB (χ^2 : 2,737; p = 0,434).

2. Determinantes de la seguridad alimentaria en los hogares

La figura 1 muestra la estrecha asociación entre el nivel educativo y el tipo

de trabajo maternos con la seguridad alimentaria. Los hogares en los que la mujer posee estudios secundarios o superiores son significativamente más seguros (χ^2 : 20,932; p < 0,001) frente a aquellos en los que las mujeres no alcanzan o se quedan en la educación primaria. De mismo modo, cuando las mujeres tienen un trabajo remunerado externo, el hogar tiende a ser más seguro (χ^2 : 3,009; p = 0,083).

Tabla 1. Estado de salud de los productores locales en función de la fuente de consumo de agua

| | Agua potable | Agua tratada y canalizada | χ^2 | p |
|--|--------------|---------------------------|----------|-------|
| Experiencia en enfermedades en sí mismo | 15,8 % | 37,5 % | 1,535 | 0,215 |
| Sentimiento de ansiedad o depresión | 15,8 % | 25,0 % | 0,317 | 0,574 |
| Dificultad para realizar las actividades diarias | 15,8 % | 50,0 % | 3,431 | 0,064 |
| Toma algún medicamento de manera crónica | 36,8 % | 50,0 % | 0,404 | 0,525 |

Fuente: elaboración propia.

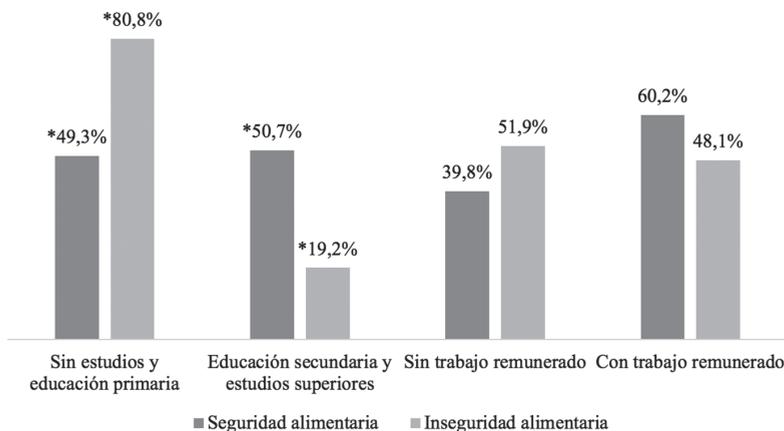


Figura 1. Nivel de seguridad alimentaria en el hogar en función del nivel de estudios y el tipo de trabajo realizado por las madres (* p < 0,001)

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 2 se recoge el nivel de seguridad alimentaria en función de la cantidad de menores de edad que conviven en el mismo hogar. Se observa que el grado “seguridad alimentaria” disminuye entre el primero y segundo hijo, para aumentar significativamente a partir del quinto (χ^2 : 24,966; $p < 0,001$).

Tabla 2. Nivel de seguridad alimentaria en función del número de menores que conviven en el mismo hogar

| Tipo de hogar según EPSA | N = 1 | N = 2 | N = 3-4 | N = +5 |
|---------------------------|---------|-------|---------|--------|
| Con seguridad alimentaria | 43,3% | 20,0% | 39,7% | 65,2% |
| Inseguridad alimentaria | 56,7% | 80,0% | 60,3% | 34,8% |
| p | < 0,001 | | | |

Fuente: elaboración propia.

3. Seguridad alimentaria y condición nutricional de la población infantil

En la población escolar se detectó 15,4% de IP, 60,8% de NP y 22,5% de sobrecarga ponderal (13,8% de SP y 10% de OB), mientras que la prevalencia de la baja talla para la edad o desnutrición crónica fue del 9%.

El 59,7% de los hogares fueron catalogados como inseguros, de los cuales al 25,9% le correspondió el tipo grave.

El modelo de regresión mostró una relación negativa entre la edad (-0,142) y el número de menores que conforman la unidad convivencial (-0,342) respecto al nivel de seguridad alimentaria en el hogar (R^2 de Nagelkerke: 0,116; $p < 0,005$). Así, el riesgo de padecer inseguridad alimentaria disminuye 14,2% (OR = 0,858; IC = 95%: 0,776-0,949) cuando se incrementa en un año la edad de los menores y 13,8% (OR = 0,862; IC = 95%: 0,741-1,003) cuando se incrementa en uno el número de menores que conviven en el mismo hogar.

Discusión

Pese a que no existen diferencias significativas en el estado de salud de los productores en función del origen de los recursos hídricos, sí se observa una tendencia hacia la percepción de un mejor estado de salud de quienes consumen agua potable o embotellada.

Se reporta una elevada proporción de hogares con inseguridad alimentaria. El comportamiento y las decisiones que repercuten sobre la nutrición dependen de numerosos factores, entre los que podemos destacar: el contexto económico y social, la oferta alimentaria, el cambio climático, la disponibilidad ecológica de los alimentos y el nivel educativo (Parás

y Pérez-Escamilla, 2004). De hecho, en el presente trabajo se detecta una mayor proporción de hogares nutricionalmente seguros cuando la mujer ha podido cursar estudios superiores y cuando obtiene una remuneración por su trabajo, ya que todos los hogares analizados cuentan como mínimo con el salario del padre de familia. Es importante señalar que el hecho de que las mujeres accedan a una educación de mejor calidad, repercutirá de manera directa sobre el control de la seguridad alimentaria en el hogar; puesto que, por norma general, son las responsables del cuidado de la alimentación y la transmisión de los conocimientos culinarios a sus descendientes (Álvarez-Castaño *et al.*, 2012). Además, cuando un hogar cuenta con más hijos y estos son de mayor edad, se reduce el riesgo de inseguridad alimentaria. Posiblemente, porque los hijos mayores contribuyen al cuidado de los pequeños y al mantenimiento de la familia, como es frecuente en poblaciones rurales (Bonnilla-Aparicio *et al.*, 2013).

La condición nutricional observada en la población escolar y adulta coincide con la reportada por la Política Nacional de Seguridad Alimentaria (2018-2028), documento que ya alertaba del incremento de la sobrecarga ponderal en todas las

frangias etarias y de la existencia de desnutrición crónica o retardo en el crecimiento en la población infantil y escolar (Conasan, 2018). Todas estas cifras permiten visibilizar el fenómeno de la doble carga de malnutrición tan característico de sociedades en transición nutricional, en las que se frecuenta el consumo de alimentos baratos, de escaso valor nutricional y elevado contenido calórico (Fernández *et al.*, 2017). Otro factor que puede condicionar el patrón de consumo alimentario y, por tanto, la condición nutricional, es el proceso de aculturación a distancia en el que se encuentran sumergidos la mayoría de los países de América Latina y el Caribe, como El Salvador. Por este motivo, los individuos pueden modificar sus deseos y preferencias con la finalidad de asemejarse a las personas que viven en países con economías más desarrolladas (Popkin, 2015).

Cabe destacar que el presente estudio se definió como un proyecto piloto, por lo que ha podido encontrarse limitado en algunos sentidos como, por ejemplo, el escaso tamaño muestral de los productores y el empleo de una escala subjetiva como única medida de la percepción del estado de salud.

Conclusiones

El consumo de agua potable o embotellada se asocia a una mejor percepción del estado de salud. Más de la mitad de los hogares analizados presentan inseguridad alimentaria, siendo una cuarta parte de la tipología más grave. Se reporta un menor riesgo de inseguridad cuando se incrementa la edad y el número de menores que viven en el hogar. Se observa una asociación positiva en el nivel educativo materno y el nivel de seguridad alimentaria en el hogar. La presencia de exceso de peso y desnutrición crónica o retraso en el crecimiento, permiten visibilizar la doble carga de malnutrición que soportan las comunidades salvadoreñas asentadas en la región del Bajo Lempa.

Agradecimientos

La presente investigación se enmarca en las Ayudas para Proyectos de Cooperación para el Desarrollo Sostenible de la Universidad Complutense de Madrid. A partir de esta convocatoria, se facilitó la cooperación interuniversitaria entre el Departamento de Biodiversidad, Ecología y Evolución de la Facultad de Biología de la Universidad Complutense de Madrid, el Grupo de Investigación EPINUT-UCM y la Universidad Paracentral de El Salvador. Asimismo,

también se agradece la participación, compromiso e implicación de otras organizaciones e instituciones, como la Alcaldía de Tecoluca, la Fundación del Valle y la Asociación-Fundación para la Cooperación y el Desarrollo Comunal de El Salvador (Cordes), ya que sin su colaboración este proyecto no habría sido posible.

Referencias

- Álvarez-Castaño, L. S., Goetz-Rueda, J. D. y Carreño-Aguirre, C. (2012). Factores sociales y económicos asociados a la obesidad: los efectos de la inequidad y de la pobreza. *Revista Gerencia y Políticas de Salud*, 11(23), 98-110.
- AMM. Asociación Médica Mundial. (2013). *64ª Asamblea General. Declaración de Helsinki. Principios éticos para las investigaciones médicas en seres humanos*. <https://www.wma.net/es/policias-post/declaracion-de-helsinki-de-la-amm-principios-eticos-para-las-investigaciones-medic-as-en-seres-humanos/>
- Bonilla-Aparicio, M. E., Salcido-Ramos, B. A., Paredes-Sánchez, J. A., Aguirre-Álvarez, L., Méndez-Cadena, M. E. y Hernández-Rodríguez, M. L. (2013). La diversidad hortícola para la seguridad alimentaria en municipios marginados del estado de Puebla. *Ra Ximhai*, 9(2), 151-163.
- Conasan. Consejo Nacional de Seguridad Alimentaria y Nutricional. (2018). *Política Nacional de Seguridad Alimentaria y Nutricional (2018-2028)*. El Salvador: Conasan.

- Cordes. Asociación-Fundación para la Cooperación y el Desarrollo Comunal de El Salvador. (2017). *Diagnóstico participativo. Área de desarrollo territorial, Jaltepeque Bahía*. El Salvador: Cordes.
- FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2019). *El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo*. Roma: FAO. <http://www.fao.org/3/ca5162es/ca5162es.pdf>
- Fernández, A., Martínez, R., Carrasco, I. y Palma, A. (2017). *Impacto social y económico de la malnutrición. Modelo de análisis y estudio piloto en Chile, el Ecuador y México*. Santiago, Chile: Programa Mundial de Alimentos, Naciones Unidas. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/42535/1/S1700443_es.pdf
- Johnson, J. A., Coons, S. J., Ergo, A., & Szava-Kovats, G. (1998). Valuation of Euro-Qol (EQ-5D) health states in an adult US sample. *Pharmacoeconomics*, 13(4), 421-433. doi: 10.2165/00019053-199813040-00005.
- Johnson, R. J., & Sánchez, L. G. (2013). Chronic kidney disease: Mesoamerican nephropathy—new clues to the cause. *Nature Reviews Nephrology*, 9(10), 560-561. doi: 10.1038/nrneph.2013.174.
- Leigh, N. D. (2017). Lessons from the field: Humanitarian work in Latin America. En: Ronda L. Grosse (ed.). *Mobilizing chemistry expertise to solve humanitarian problems* (pp. 99-115). American Chemical Society. doi: 10.1021/bk-2017-1267.ch007
- OMS. Organización Mundial de la Salud. (2007). *Referencias de crecimiento de 5-19 años*. <https://www.who.int/growthref/en/>
- OMS. Organización Mundial de la Salud. (2020). *Datos y cifras. 10 datos sobre la obesidad*. <https://www.who.int/features/factfiles/obesity/facts/es/>
- Parás, P. y Pérez-Escamilla, R. (2004). El rostro de la pobreza: la inseguridad alimentaria en el Distrito Federal. *Revista Este País*, 158(5), 45-50.
- Popkin, B. M. (2015). Nutrition transition and the global diabetes epidemic. *Current Diabetes Reports*, 15(9), 1-8. doi: 10.1007/s11892-015-0631-4.
- Wehler, C. A., Scott, R. I., & Anderson, J. J. (1992). The community Childhood hunger identification project: A model of domestic hunger-demonstration project in Seattle, Washington. *Journal of Nutrition Education*, 24(1), 29-35.

Tendencias en el aprovechamiento de los residuos orgánicos biodegradables. Estudio cientimétrico

Trends in the Use of Biodegradable Organic Waste. Scientometric Study

Martha Cervantes Díaz¹, César Acevedo Argüello²,
Teresa del Socorro Blanco Tirado³, Isabel Cristina Ocazonez¹

Resumen

El presente artículo se planteó con el propósito de identificar tendencias mundiales en la valorización de los residuos sólidos a partir de un estudio cientimétrico. Para lograrlo, se aplicó la herramienta de análisis cientimétrico de artículos, los cuales se obtuvieron de la base de datos Scopus (Elsevier, B.V., 2020) y se analizaron con el programa especializado de minería de texto *VantagePoint* (Search Technology, versión académica 12). Se recuperaron 483 artículos indexados en la base de datos, distribuidos durante el periodo del 2000 a la fecha (julio 2020); el año de mayor actividad fue el 2017 con 48 registros, seguido por el 2019 con 42 registros. El medio de divulgación científica más importante es *Waste Management* (32 artículos). En cuanto a la distribución geográfica a nivel mundial sobresale China con 90 publicaciones y en Latinoamérica, Brasil con 29. El interés del manejo de los residuos se orienta a procesos para la obtención de compost, biogás y biocombustibles, principalmente.

1 Grupo de Investigaciones Ambientales para el Desarrollo Sostenible, Facultad de Química Ambiental, Universidad Santo Tomás, seccional Bucaramanga, Bucaramanga, Santander. ORCID: {MCD} <https://orcid.org/0000-0002-4427-6872>; {ICO} <https://orcid.org/0000-0001-9814-5045>. Correo: martha.cervantes@ustabuca.edu.co

2 Grupo de Investigación Espiral, Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación, CRAI-USTA, Universidad Santo Tomás, seccional Bucaramanga, Bucaramanga, Santander. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0979-4113>

3 Grupo de Investigaciones USTAGRI, Facultad de Administración de Empresas Agropecuarias, Universidad Santo Tomás, seccional Bucaramanga, Bucaramanga, Santander. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0798-1302>

Abstract

This article aims to identify world trends in the recovery of solid waste from a scientometric study. The scientometric analysis tool was applied to articles obtained from the Scopus database (Elsevier, BV, 2020), then analyzed with the specialized text mining program *VantagePoint* (*Search Technology*, academic version 12). We retrieved 483 indexed articles published between 2000 to date (July 2020) from the database; the most significant activity took place in 2017 with 48 records, followed by 2019 with 42 records. The most important means of scientific dissemination is *Waste Management* (32 articles). Regarding geographical distribution worldwide, China stands out with 90 publications and, in Latin America, Brazil with 29. The interest in waste management is mainly oriented towards obtaining compost, biogas, and biofuels.

Introducción

En la actualidad, la gestión de los residuos sólidos representa uno de los principales desafíos de los sistemas económicos a nivel global, no solo por la cantidad en la que se producen en campos y ciudades, sino también por su naturaleza diversa; el peligro que representan para la salud humana y la estabilidad de los ecosistemas, y por las condiciones con las que cuenta cada región o gobierno en lo pertinente a tecnología, personal y recursos financieros para su recolección, transporte, almacenamiento y disposición final (Hussein y Mansour, 2018; OCDE, 2014; ONU, 1992).

Pero ¿qué se entiende por residuos sólidos? En el marco de la Declaración de Río sobre el Medio Ambiente en 1992, la Organización de las Naciones Unidas

(ONU, 1992) se empleó el término para incluir todo tipo de desecho:

todos los residuos domésticos y los desechos no peligrosos, como los desechos comerciales e institucionales, las basuras de la calle y los escombros de la construcción [...] en algunos países el sistema de gestión de desechos sólidos también se ocupa de los desechos humanos, tales como los excrementos, las cenizas de incineradores, el fango de fosas sépticas y el fango de instalaciones de tratamiento de aguas cloacales. (ONU, 1992)

Su estudio ha sido abordado desde diferentes perspectivas que van desde el análisis de su impacto sobre el agotamiento de los recursos de la naturaleza y la necesidad de gestionarlos para

reducir la pérdida de sus servicios ecosistémicos (ONU, 1992), hasta la necesidad de identificar alternativas para su reincorporación a la economía (Gao *et al.*, 2019; Soto-Paz *et al.*, 2017; Torres *et al.*, 2016).

De igual manera, hacen parte medular de los acuerdos internacionales para el cuidado del medio ambiente, como el plan de acción de las Naciones Unidas denominado Programa 21 (ONU, 1992), y en el contexto colombiano se consideran en políticas en las que se fomenta su aprovechamiento y reciclaje (DNP, 2008) y forma parte de métricas como los índices de oferta y utilización de residuos sólidos y productos residuales frente al producto interno bruto (PIB) como parte del Sistema de Contabilidad Ambiental y Económica Colombiano (DANE, 2016).

En Colombia, a partir de la Constitución Política de 1991 y los compromisos en los acuerdos internacionales como la Conferencia de Naciones Unidas sobre Medio Ambiente celebrada en Río de Janeiro en 1992, se formuló la Política Ambiental Colombiana mediante la Ley 99 de 1993, que sirve como base para un número de leyes, decretos, resoluciones y la creación de organismos e instituciones relacionados en diversos aspectos

de la gestión de residuos sólidos (Castro-Buitrago *et al.*, 2011).

Al revisar las políticas asociadas con la gestión de residuos sólidos, se destacan cuatro documentos asociados al cambio de percepción de los residuos: la Política para la Gestión Integral de Residuos de 1998; la Política Ambiental para la Gestión Integral de Residuos o Desechos Peligrosos de 2005; la Política de Producción y Consumo Sostenible de 2010, y la Política Nacional para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos, Conpes 3874 de 2016.

La primera aborda dos aspectos fundamentales: el relacionado con la determinación de responsabilidades y estrategias para las entidades del Estado (municipios) encargadas del saneamiento y gestión apropiada de los residuos sólidos y el reconocimiento y consideración de los residuos generados por el sector privado. En cuanto a la naturaleza de los residuos, incluye los peligrosos y no peligrosos, dentro de los cuales reconoce la existencia de aprovechables y no aprovechables y la necesidad de dar manejo diferenciado a los aprovechables (Ministerio del Medio Ambiente, 1998).

A su vez, la segunda política identifica los actores generadores de residuos,

su localización y contribución tanto en cantidad como en peligrosidad y, en virtud del enorme riesgo que suponen para el medio ambiente y la salud humana, se concentra especialmente en plantear objetivos y metas con un horizonte de 12 años, hasta el 2018, y a dar los lineamientos sobre lo que debería ser el manejo de los residuos considerados como peligrosos, en un plan de acción con vigencia 2006-2010 (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2005). Las dos políticas reconocen la importancia de la reducción en la generación de residuos desde la fuente.

En tercer lugar, la Política de Producción y Consumo Sostenible surge como nuevo paradigma de la gestión ambiental y asocia la gestión de los residuos con la gestión de las materias primas; incluye, además, la optimización del ciclo de vida de los productos, considera los resultados empresariales individuales frente a los obtenidos bajo un desempeño de una cadena productiva y reafirma la necesidad de un consumo responsable, entre otros. Destaca el análisis sobre la articulación de la política de producción y consumo sostenible con las demás políticas ambientales, entre las que se cuentan las relacionadas con la gestión de los residuos sólidos y la iden-

tificación de sectores estratégicos en los que el manejo y reducción de residuos sólidos es clave (Colombia. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010).

Vale resaltar que según los resultados del desempeño ambiental de Colombia realizados por la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE, 2014), en el país la mayoría de los desechos municipales no se separan desde la fuente y pasan directamente a los rellenos sanitarios, de los cuales 30% no cumple las normas ambientales. Situación que quizá pueda explicarse a partir de lo que esta institución señala como “la ausencia de un marco jurídico global para la gestión de residuos que sirva como guía de acción integral y coherente” (Castellanos, 2018).

La perspectiva del residuo sólido como fuente de ingreso queda consolidada en el documento Conpes 3874 del 2016, que contiene los lineamientos de la Política Nacional de Gestión de Residuos Sólidos. Su objetivo, impulsar el desarrollo de la Economía Circular hasta el 2030 en el país (DNP, 2016).

A raíz de la incorporación de Colombia a la OCDE, el cierre de ciclos de los materiales (economía circular) cobra importancia como generadora de acciones

en pro de la mitigación del cambio climático. En el documento Conpes-ODS denominado Estrategia para la Implementación de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) en Colombia, se definieron los indicadores para la medición del cumplimiento de las metas en materia de gestión de los residuos sólidos. Estos indicadores se incluyeron posteriormente en el eje de crecimiento verde: enfoque que implica un balance entre los propósitos económicos y los ambientales. Considerando lo anterior, se espera que durante el periodo comprendido entre el 2015 y 2030 se lleven las siguientes acciones en Colombia (Castellanos, 2018):

- Se reduzca la generación de residuos sólidos y productos residuales en 36,66% con relación al producto interno bruto (PIB) al pasar de 24.932 toneladas/billón de pesos a 15.788 toneladas/billón de pesos;
- Se incremente el porcentaje de residuos sólidos efectivamente aprovechados en 18%, pasando de 17% al 35%;
- Se aumente del 10,10% al 100% la eliminación de equipos y desechos de policlorobifenilos (PCB);
- Se incremente en 1.071,48% la gestión o aprovechamiento de los resi-

duos de bombillas con mercurio, pasando de aprovechar o gestionar de 1.918 a 20.551 toneladas;

- Se incremente en 208% la tasa de reciclaje y nueva utilización de residuos sólidos generados; es decir, pasar de 8,59% a 17,89%. (Castellanos, 2018)

Este trabajo tiene como propósito identificar las tendencias más relevantes en la gestión de los residuos sólidos orgánicos, para lo cual se empleó como herramienta metodológica la minería de texto de artículos científicos, comúnmente asociada a la cuantimetría. Esta constituye el campo de estudio que tiene por objeto la investigación acerca del desarrollo del conocimiento científico y su estructura de comunicación, tal como lo afirma Van Raan (2019). Dicho campo de estudio se basa en datos cuantitativos provenientes, esencialmente, de los productos del proceso de investigación, desarrollo e innovación, tales como las publicaciones en revistas científicas y las patentes (Rousseau *et al.*, 2018). Derivado de las técnicas cuantitativas aplicadas a la comunicación científica, como lo afirman Moral-Muñoz y colaboradores, surge el mapeo de la ciencia (*science mapping*) como una herramienta aplicada al

descubrimiento de patrones y a la interpretación de la estructura y evolución de un campo de investigación (Moral-Muñoz *et al.*, 2019). Este tipo de representaciones son útiles para reconocer dimensiones del desarrollo de un campo de investigación, tales como los asuntos estudiados con mayor énfasis, las relaciones con otros asuntos dentro del mismo campo de investigación, su desarrollo temporal y los actores clave (Petrovich, 2020).

Materiales y métodos

Se realizó un estudio cuantitativo sobre la investigación relacionada con el aprovechamiento de los residuos biodegradables, considerando el número de artículos indexados en Scopus (Elsevier, B.V., 2020), en el periodo 2000 - a la fecha de consulta (julio del 2020). Para el desarrollo de este ejercicio se estructuró la siguiente ecuación de búsqueda: TITLE-ABS-KEY (*organic solid waste** OR *organic solid residue** OR *municipal organic waste**) AND DOCUMENTTYPE (ar) AND PUBYEAR > 1998. Se obtuvieron indicadores cuantitativos y matrices relacionales que permitieron definir las tendencias de investigación en este campo, empleando *VantagePoint* (Search Technology, versión académica 12.0), disponible a través del CRAI - Bi-

blioteca de la Universidad Santo Tomás, seccional Bucaramanga. Este programa especializado permite hacer un análisis de *minería de texto* para identificar la evolución en el tiempo de las publicaciones, autores principales, los países e instituciones y aplicaciones por medio de matrices relacionales. Se empleó el VOSviewer (versión 1.6.15, 2020, Centre for Science and Technology Studies, Leiden University, The Netherlands) como programa de visualización para las matrices relacionales.

Resultados

A continuación, se presentan los resultados más relevantes de este ejercicio cuantitativo:

Áreas de conocimiento: de acuerdo con la ecuación de búsqueda anteriormente presentada, se identificaron 483 registros en *Scopus* que se relacionan con desechos de “residuos sólidos orgánicos” y “desechos orgánicos municipales”. Las diferentes áreas de conocimiento en las cuales se aplican estas investigaciones se presentan en la figura 1. Las ciencias ambientales tienen un interés del 40%, en tanto que el área de energía representa apenas 13%, aplicaciones en el campo de la ingeniería química muestran un interés del 13%, otras áreas representativas.

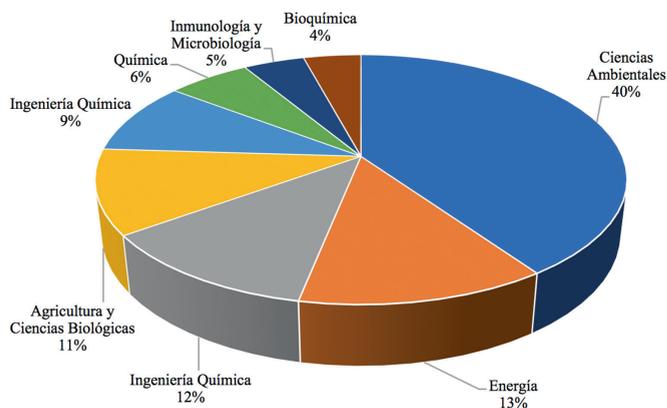


Figura 1. Distribución del interés de estudio de los residuos biodegradables de acuerdo con áreas de conocimiento

Fuente: Unidad de Bibliometría - CRAI Biblioteca Universidad Santo Tomás, seccional Bucaramanga. Scopus (Elsevier, B.V., 2020), VantagePoint (Search Technology, versión académica 12.0).

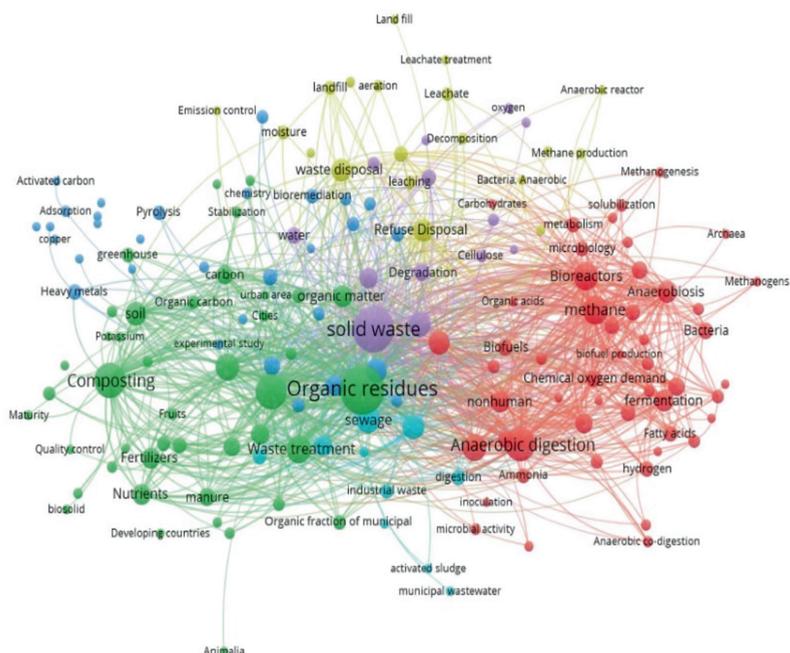


Figura 2. Mapa de co-ocurrencia de términos asociados con residuos biodegradables

Fuente: Unidad de Bibliometría - CRAI Biblioteca Universidad Santo Tomás, seccional Bucaramanga. Scopus (Elsevier, B.V., 2020), VantagePoint (Search Technology, versión académica 12.0), VOSviewer (versión 1.6.15, 2020).

Mapa de co-ocurrencia de palabras

clave: el mapa de red obtenido por medio de palabras clave presentes en 10 o más de los 483 registros estudiados, describen los temas, conceptos y método de investigación en el campo de los residuos sólidos orgánicos. En ese sentido, la representación de la figura 2 permite apreciar asuntos de investigación más fuertes gracias a la cantidad de publicaciones reportadas y, además, relacionadas más frecuentemente con otros descriptores temáticos. En la parte derecha de la figura se identifica el estudio de procesos anaerobios y asuntos asociados (*anaerobic digestion, fermentation, methanogenesis*, entre otros). A su vez, a la izquierda de la representación son visibles los procesos asociados al compostaje y la producción de fertilizante (*composting, fertilizers*). Además, en la parte superior de la representación se evidencian los estudios acerca de los rellenos sanitarios y la disposición de residuos (*landfill, refuse disposal*).

Dinámica científica (artículos por año):

la actividad científica en esta temática se representa por la distribución del número de artículos por año (figura 3). Si bien no se observa una tendencia definida, sí se aprecia un interés constante en el tema, según la ecuación de búsqueda empleada. El año de mayor actividad fue el 2017 con 48 registros, seguido por el 2019 con 42. En

lo corrido del 2020, se registran a la fecha 36 documentos. Utilizando la Ley de Solla Price¹ (De Solla Price, 1976), se calculó a partir del 2000 la tasa de crecimiento anual de los trabajos relacionados con desechos o residuos sólidos orgánicos (figura 3). Este índice fue de 18,35%, con una correlación alta de los datos ($R^2 = 0,9588$).

Revistas científicas: los 482 artículos relacionados con los residuos sólidos orgánicos se publicaron en 223 revistas científicas, de las cuales 19 (8,5%) contienen más de cuatro publicaciones sobre el tema. Las seis revistas más importantes en esta temática son *Waste Management* (32 artículos), *Bioresource Technology* (28 artículos), *Water Science and Technology* (14 artículos), *Journal of Environmental Management* (11 artículos), *International Journal of Hydrogen Energy* (10 artículos) y *Journal of Cleaner Production* (10 artículos), principalmente. *Waste Management* es una revista internacional orientada a la gestión integrada de residuos, ciencia y tecnología, tiene un factor de impacto de 5,448 y un puntaje de citas en el 2019 de 9,6.

¹ La Ley de Price resulta de la observación del crecimiento del volumen de publicaciones científicas. Según se ha observado —con registros fiables desde el siglo xviii— que las publicaciones científicas tienen una tasa de crecimiento más o menos constante, valiéndolo ya sea para el conjunto de las publicaciones en todas las disciplinas consideradas como un todo, como para el análisis del crecimiento de cada campo por separado.

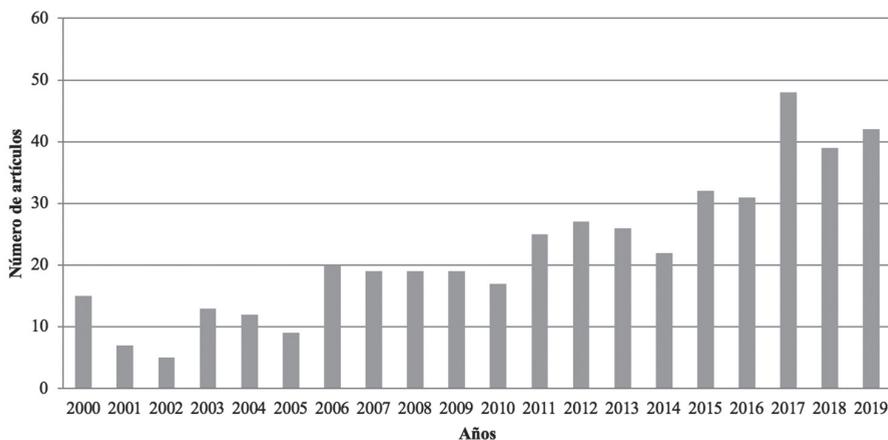


Figura 3. Dinámica científica y Ley de Solla Price del estudio de los residuos biodegradables

Fuente: Unidad de Bibliometría - CRAI Biblioteca Universidad Santo Tomás, seccional Bucaramanga. Scopus [Elsevier, B.V., 2020], VantagePoint (Search Technology, versión académica 12.0).

Distribución por países: en cuanto a la distribución de las publicaciones por países a nivel mundial, se encontró que China presenta el mayor número de registros con 90 artículos, seguida por Japón con 47, India con 45, Estados Unidos con 32, Brasil y España con 30 documentos, entre otros. En países latinoamericanos, ya se mencionó a Brasil, México registra 27 publicaciones, Argentina con 6, Colombia con 5, principalmente.

Matrices relacionales: se obtuvieron las matrices que relacionan los términos asociados con los residuos sólidos orgánicos con el interés de los países a nivel mundial y Latinoamérica (véase figura 4). Se puede apreciar que, para la mayoría de los países del mundo, especialmente China, la atención se orienta

al manejo de los residuos orgánicos y el tratamiento de desechos, principalmente. En Latinoamérica, se observó la misma tendencia, pero en el caso de Brasil, México y Argentina, existe un interés en el manejo de residuos municipales.

En cuanto a productos o procesos de valorización de residuos o desechos sólidos orgánicos, se encuentra que mundialmente el interés está centrado en la obtención de compost, principalmente, seguido por el biogás, fertilizantes, biocombustibles, como se aprecia en la figura 5. En Latinoamérica, Brasil orienta sus investigaciones además del compostaje y el biogás, a la producción de energía, en especial de energías renovables. En el caso de Colombia, se orienta a compostaje y biogás.

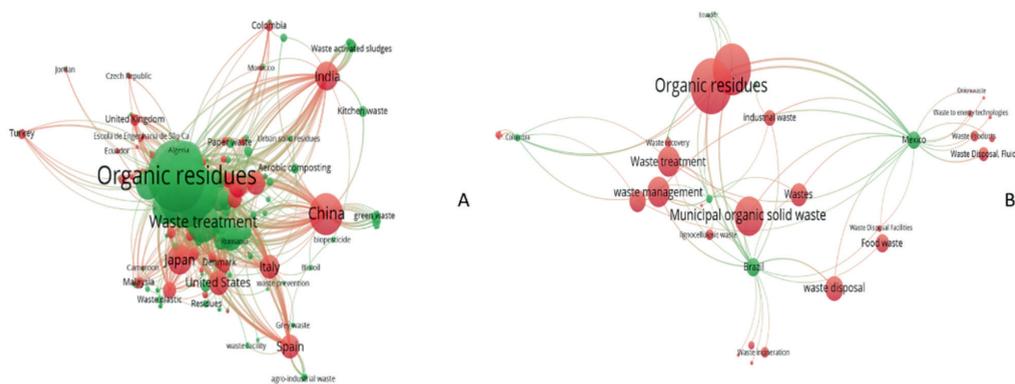


Figura 4. Relación de los términos asociados con el estudio de residuos biodegradables con países. A. A nivel mundial. B. Países latinoamericanos

Fuente: Unidad de Bibliometría - CRAI Biblioteca Universidad Santo Tomás, seccional Bucaramanga. Scopus (Elsevier, B.V., 2020), VantagePoint (Search Technology, versión académica 12.0), VOSviewer (versión 1.6.15, 2020).

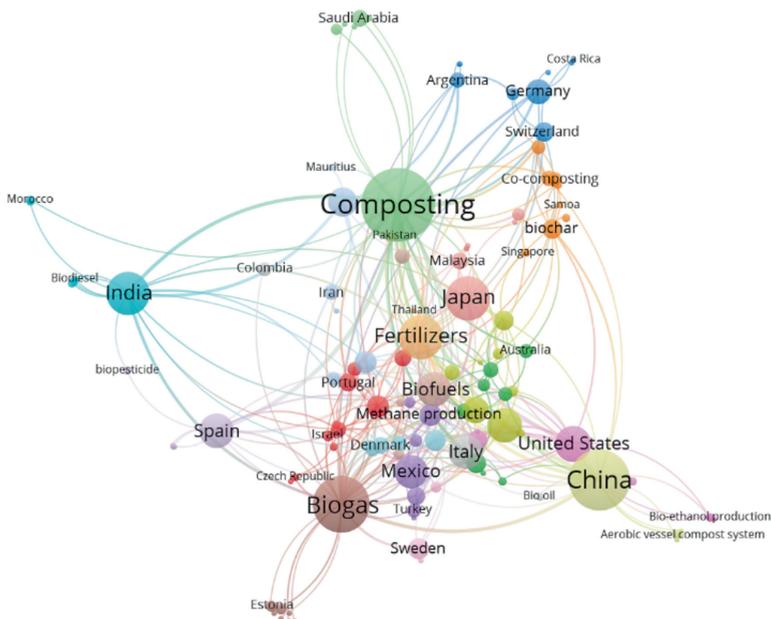


Figura 5. Relación de los términos asociados con valorización de residuos orgánicos a nivel mundial

Fuente: Unidad de Bibliometría - CRAI Biblioteca Universidad Santo Tomás, seccional Bucaramanga. Scopus (Elsevier, B.V., 2020), VantagePoint (Search Technology, versión académica 12.0), VOSviewer (versión 1.6.15, 2020).

Conclusión

Este trabajo muestra un panorama general sobre la investigación orientada al manejo de los desechos o residuos biodegradables. Si bien el número de registros recuperados con la ecuación de búsqueda planteada es poco, en casi 20 años se nota un creciente interés por este tema. En cuanto a la valorización, el interés se centra en el proceso de compostaje, estudios de diferentes procesos aerobios o anaerobios que aseguren la calidad del compost o biofertilizante. Otros productos de valorización es la obtención de biogás, biocombustibles, o generación de energías alternativas. Muy poco interés muestra el desarrollo del concepto de biorrefinerías para la obtención de compuestos de valor agregado como ácido láctico, flavonoides, entre otros, lo cual podría ser un nicho de desarrollo para la economía en Colombia.

Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento a la Universidad Santo Tomás, seccional Bucaramanga, a través del CRAI Biblioteca por el apoyo a la realización de este trabajo.

Referencias

- Castellanos, M. C. (2018). *Propuesta de indicadores para medir los avances de la implementación de una política de crecimiento verde de largo plazo*. 1-29. [https://www.dnp.gov.co/Crecimiento-Verde/Documents/ejes-tematicos/ODS/Indicadores Política Nacional de Crecimiento Verde final.pdf](https://www.dnp.gov.co/Crecimiento-Verde/Documents/ejes-tematicos/ODS/Indicadores%20Política%20Nacional%20de%20Crecimiento%20Verde%20final.pdf)
- Castro-Buitrago, E., Vásquez-Santamaría, J. y Jaramillo de los Ríos, L. (2011). La planeación urbana y la política de gestión de residuos sólidos en Medellín, cuestiones preliminares para un análisis jurídico y económico. *Opinión Jurídica*, 141-156.
- DANE. (2016). *Hoja metodológica de indicadores. Cuenta satélite ambiental*. https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/pib/ambientales/cuentas_ambientales/indicadores/cuenta-ambiental-y-economica-de-flujo-de-materiales/generacion-residuos-PIB/hm-generacion-residuos-PIB.pdf
- De Solla Price, D. (1976). A general theory of bibliometric and other cumulative advantage processes. *Journal of the Association for information Science and Technology*, 292-306.
- DNP. (2008). Lineamientos y estrategias para fortalecer el servicio público de aseo en el marco de la gestión integral de residuos sólidos. *Consejo Nacional de Políticas Económicas y Social de la República de Colombia*, 53(9), 1689-1699. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- DNP. (2016). *Documento Conpes 3874. Política Nacional para la Gestión Integral de Residuos Sólidos*. Bogotá: Consejo Nacional de Política Económica y Social.
- Gao, M., Zhang, M., Yue, S., Zheng, T., Gao, Z., Ma, X., & Wang, Q. (2019). Global trends and future prospects of e-waste research: a bibliometric analysis. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(17), 17809-

17820. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-05071-8>
- Hussein, A.-S., & Mansour, M. S. M. (2018). Solid waste issue: Sources, composition, disposal, recycling, and valorization. *Egyptian Journal of Petroleum*, 27(4), 1275-1290. <https://doi.org/10.1016/j.ejpe.2018.07.003>
- Ministerio de Vivienda, United States Agency for International Development (USAID), & Iniciativa regional para el reciclaje inclusivo (IRR). (2015). *Planes de gestión integral de residuos sólidos (PGIRS)*, 112. [http://www.minvivienda.gov.co/Documents/ViceministerioAgua/PGIRS/PGIRS de Segunda Generación/Guía para la formulación, implementación, evaluación, seguimiento, control y actualización de los PGIRS.pdf](http://www.minvivienda.gov.co/Documents/ViceministerioAgua/PGIRS/PGIRS%20de%20Segunda%20Generaci%C3%B3n/Gu%C3%ADa%20para%20la%20formulaci%C3%B3n%20implementaci%C3%B3n%20evaluaci%C3%B3n%20seguimiento%20control%20y%20actualizaci%C3%B3n%20de%20los%20PGIRS.pdf)
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010). *Política Nacional de Producción y Consumo Sostenible*. <https://www.corantioquia.gov.co/SiteAssets/PDF/Gesti%C3%B3n%20ambiental/Producci%C3%B3n%20y%20Consumo%20Sostenible/P%20PRODUCCION%20CONSUMO.pdf>
- Moral-Muñoz, J. A., López-Herrera, A. G., Herrera-Viedma, E., & Cobo, M. J. (2019). Science mapping analysis software tools: A review. En: W. Glänzel, H. F. Moed, U. Schmoch & M. Thelwall (eds.), *Springer Handbook of Science and Technology Indicators* (pp. 159-185). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-02511-3_7
- OCDE. (2014). *Evaluaciones de desempeño ambiental*, 16. <https://www.oecd.org/environment/country-reviews/Colombia-Highlights-spanish-web.pdf>
- ONU. (1992). Programa 21: Capítulo 21. *Gestión ecológicamente racional de los desechos sólidos*. Departamento de Asuntos Económicos y Sociales. División de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas. <https://www.un.org/spanish/esa/sustdev/agenda21/agenda21spchapter21.htm>
- Petrovich, E. (2020). *Science mapping* [Text]. https://www.isko.org/cyclo/science_mapping
- Rousseau, R., Egghe, L., & Guns, R. (2018). Scientific research and communication. En: *Becoming Metric-Wise* (pp. 11-35). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102474-4.00002-9>
- Soto-Paz, J., Oviedo-Ocaña, R., Torres-Lozada, P., Marmolejo-Rebellón, L. F., & Man-yoma-Velásquez, P. C. (2017). Composting of biowaste: Research trends and relevance in developing countries. *Dyna*, 84(203), 334-342. <https://doi.org/10.15446/dyna.v84n203.61549>
- Torres, S. C., Miranda, J. P. R., & Ubaque, C. A. G. (2016). Optimization models of organic solid waste: Review article. *International Journal of Environmental Protection*, 6(1), 138-147. <https://doi.org/10.5963/ijep0601016>
- Van Raan, A. (2019). Measuring science: Basic principles and application of advanced bibliometrics. En: W. Glänzel, H. F. Moed, U. Schmoch & M. Thelwall (eds.), *Handbook of Science and Technology Indicators* (pp. 237-280). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-02511-3_10

Formulación de alternativas para mitigar los impactos ambientales causados por la refinería ilegal en Tibú

Formulating Alternatives to Mitigate the Environmental Impacts of Illegal Refineries in Tibú

Mayra A. Canesto A.¹, Juan G. Téllez C.¹

Resumen

Este documento tiene por objeto evidenciar una problemática relacionada con el hurto del crudo en Tibú, Norte de Santander, donde los Grupos Armados Organizados, por medio de válvulas instaladas ilegalmente a lo largo de los oleoductos de la región, provocan impactos ambientales que afectan la economía de las regiones y vulneran los derechos fundamentales de la población. Es por ello por lo que cabe preguntar: ¿cuáles alternativas serían las más viables de implementar para mitigar este estado de cosas? El abordaje teórico de algunas fuentes que se han ocupado de esta problemática, permitió dar respuesta a la anterior pregunta; es una investigación de tipo descriptivo comparativo, con enfoque inductivo, puesto que va de lo general a lo particular. Como alternativas para mitigar los impactos ambientales causados por la refinería ilegal, se plantearon diversas alternativas sociales, ambientales y de seguridad, según la conclusión a la que se llegó.

Palabras clave: impacto ambiental, petróleo, refinería ilegal.

Abstract

This paper seeks to highlight a problem related to the theft of crude oil in Tibú, Norte de Santander, where Organized Armed Groups (OAGs), through valves illegally

¹ Especialización Gestión Ambiental y Desarrollo Comunitario, Centro de Educación Militar (CEMIL), Bogotá.
Correo: mcanesto@gmail.com; Correo: juantellez1981@hotmail.com

installed along the region's oil pipelines, produce environmental damage that adversely affects the economy of the regions and violates the population's fundamental rights. So, it is worth asking: What alternatives would be the most viable to mitigate this situation? The theoretical approach of some sources that have dealt with this problem allowed us to answer the previous question. This comparative descriptive study has an inductive (top-down) approach. Various social, environmental, and safety alternatives were proposed to mitigate the environmental impacts caused by illegal refineries, depending on the conclusion reached.

Keywords: Environmental impact, oil, illegal refinery.

Introducción

La región del Catatumbo, ubicada al norte del departamento de Norte de Santander, en la frontera con la República Bolivariana de Venezuela, es un remanente de la selva húmeda tropical que abarca también las estribaciones de la cordillera Oriental. Ha sido una región rica en diversidad biológica de la cual se han extraído variedad de recursos, principalmente petróleo, madera y carbón. Habitada ancestralmente por los indígenas Barí, ha sufrido procesos acelerados y desorganizados de colonización, principalmente por la búsqueda de recursos petroleros y hoy por el cultivo de coca (Defensoría del Pueblo, 2016, p. 3).

El problema denunciado por la Defensoría del Pueblo obedece a la proliferación de Grupos Armados Organizados (GAO), el crecimiento exponencial de cultivos ilícitos en el departamento Norte

de Santander y la escasez de gasolina en el vecino país de Venezuela, son factores que han incidido en la problemática encontrada sobre la cual no se hallan estudios recientes. Sin embargo y como antecedentes, existen algunos documentos que constituyen una voz de alerta sobre lo que podría ocurrir y que, de hecho, está ocurriendo en esta región del país.

Además, y de acuerdo con la Oficina de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito (UNODC, por sus siglas en inglés), en el informe de monitoreo en el lapso del 2019-2020, publicado en julio del presente año, sobre los cultivos ilícitos en el territorio nacional, menciona que:

Los cultivos de coca en el Catatumbo vienen subiendo continuamente desde el 2010, cuando se reportaron 1.889 ha; en el 2019 se reportan 41.749 ha. Este aumento hace que, en el 2019, Norte de Santander

desplace a Nariño como el departamento más afectado por cultivos de coca. Tibú (Norte de Santander) es el municipio con más coca en Colombia (cerca de 20.000 ha), pero en la lista de los diez municipios más afectados por cultivos de coca se encuentran otros tres municipios de este núcleo: Sardinata, El Tarra y Teorama. El 81 % de la coca en Catatumbo se encuentra en zonas permanentemente afectadas durante los últimos diez años, las cuales ocupan el 46 % del área afectada. Solo el 13 % del territorio alcanzó la categoría de abandono, lo que indica que el fenómeno está fuertemente arraigado en el territorio. (Oficina de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito —UNODC— y Gobierno de Colombia, 2019, p. 81)

Se deduce de este informe de la UNODC, que los diferentes actores ilegales que intervienen en la siembra, cultivo y vigilancia de los cultivos, producen el producto final de su inversión, esto es, el clorhidrato de cocaína, lista para ser enviada a aquellos países con mayor demanda.

Asimismo, y desde la perspectiva de Fayad Sanz (2014):

Los impactos de la explotación petrolera en los conflictos armados se

derivan de variables que van desde el orden internacional hasta el ámbito local. En el ámbito internacional, estos impactos son consecuencia de un modo particular de extraer este recurso, un modelo, que obedece a intereses de potencias militares y económicas. En lo local, dicho modelo se expresa de acuerdo con características socioeconómicas, políticas y hasta culturales que terminan por influir en los conflictos armados preexistentes, reconfigurando las fuerzas de los sujetos inmersos en ellos y acentuando las causas estructurales que dieron lugar al nacimiento de ese conflicto. Con frecuencia se habla de que el petróleo es una “maldición”, como si detrás de la extracción de este recurso no existieran empresas, gobiernos y ciudadanos que deciden explotar y aprovechar este recurso natural bajo un determinado modelo. (p. 4)

Siguiendo esta línea, Fayad Sanz (2014), citando a Mary Kaldor y Karl Terry, estos argumentan que la actividad petrolera hace más fuertes los conflictos, incluso cuando parece contribuir al fortalecimiento del Estado central. Según los autores, el dominio territorial a través de la presencia de fuerzas armadas, que en las “viejas guerras” eran sinónimo de

victoria, en las nuevas guerras del petróleo resulta exacerbando el conflicto. Es decir, a mayor fuerza pública alrededor de los enclaves petroleros, mayor inseguridad (Kaldor y Karl, 2007).

Una vez establecido el “enclave petrolero” en países con conflictos latentes, la necesidad de acceder a los recursos lleva a quienes quieran obtener sus beneficios a tomar partido de uno u otro grupo con poder y legitimidad en el territorio (Klare, 2007, p. 26).

Además de lo anterior, en un informe de la Fundación Panamericana para el Desarrollo (Fupad) y la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH), tratan sobre la alteración del orden público en departamentos priorizados, entre estos Norte de Santander y su región del Catatumbo.

En su trabajo de campo, el equipo consultor y de acuerdo con la metodología propuesta por la ANH, pudieron observar que la mayor complejidad frente a la temática de orden público se encuentra en los departamentos de Santander y Arauca, relacionados con una fuerte oposición social y presión por parte de los grupos armados ilegales (Fundación Panamericana para el Desarrollo —Fupad— y Agencia Nacional de Hidrocarburos —ANH—, 2017, p. 8).

Las citadas entidades afirman textualmente que

Es necesario aclarar que el conflicto en los territorios cambió su naturaleza, pasando de una guerra irregular a un problema de delincuencia dominado principalmente por el cultivo, la transformación y la comercialización de la hoja de coca, especialmente en la zona del Catatumbo y en los departamentos de Putumayo y Caquetá. (Fupad y ANH, 2017, p. 8)

Aclarando que, sin embargo, la presencia de múltiples economías ilegales en las zonas, que van más allá del narcotráfico, como la minería ilegal, el tráfico de gasolina, el contrabando, la trata de personas, la explotación sexual y el tráfico de migrantes, también debe tenerse en cuenta al momento de realizar un análisis de contexto del territorio para la implementación de proyectos y el establecimiento de las necesidades en la zona, pues no solo puede obedecer a requerimientos de las comunidades, sin un contexto establecido o sin que se pueda crear proyectos a largo plazo que sean sostenibles, los cuales llegarían a tener un bajo impacto, como hacer una cancha de fútbol si no se cuenta con un programa deportivo y de articulación con las comunidades para el esparcimiento, el deporte y la sana utilización del tiempo libre.

Más adelante, Fupad y ANH mencionan que

Asimismo, debe observarse en estos territorios el riesgo al que están expuestos los migrantes venezolanos de ser reclutados por los grupos armados al margen de la ley, como también su incorporación a las economías ilegales mediante el suministro de su mano de obra. Para las mujeres venezolanas el riesgo de explotación sexual y de feminicidios es mayor, en el marco de su vinculación al trabajo sexual y a las economías ilegales. (p. 9)

Teniendo en cuenta lo anterior, y asociándolo al contexto, profesores de la Universidad de los Andes, se refieren al conflicto social que genera la explotación de petróleo en Colombia, lo que a modo de ver de estos investigadores, no constituye novedad, puesto que diversos casos en todo el mundo dan cuenta de las tensiones políticas, económicas y sociales asociadas a la explotación y distribución del llamado “oro negro” (Rettberg y Prieto, 2018, p. 135).

Respecto a este párrafo, se argumenta que en todo el mundo no existen los actores armados ilegales que operan en Colombia dedicados al hurto del crudo como insumo en la producción de cocaína.

Al igual que en otras partes del mundo, el petróleo colombiano ha generado grandes ingresos para el Estado y para actores sociales específicos, pero también ha sido vinculado a tensiones políticas, económicas y sociales, corrupción y debilidad institucional. El temor al despilfarro de regalías, el peligro de contraer la “enfermedad holandesa” y los múltiples modos de relación entre el petróleo, el conflicto armado y diferentes formas de criminalidad periódicamente dominan los análisis noticiosos de la economía colombiana. (Rettberg y Prieto, 2018, pp. 135-136)

Aclarando que se entiende por enfermedad holandesa,

el proceso mediante el cual las bonanzas externas, como las provenientes del petróleo, llevan a la contracción acelerada de sectores productores de bienes comercializables, como resultado del “crecimiento de la razón de los precios de los bienes no transables y los transables, y de la transferencia de [...] mano de obra y capital desde los últimos hacia los primeros. (Puyana y Thorp, 1998)

Sobre la región del Catatumbo, también la Defensoría del Pueblo en la

Resolución 46 del 11 de diciembre del 2006, indicaba:

Que la región del Catatumbo es muy rica en diversidad biológica, con abundantes recursos de flora y fauna, principalmente en las zonas donde se conservan la selva andina.

Que la región del Catatumbo es un enclave importante por su localización fronteriza, gran parte de la cual es reserva forestal.

Que la extracción histórica de los recursos naturales no ha traído el bienestar esperado a la población y, por el contrario, ha aumentado la pobreza en la región.

Que los impactos ambientales se evidencian en la pérdida de cerca de 200.000 ha de bosque, el cambio del uso del suelo, los procesos erosivos, la alteración de la regulación hídrica, la pérdida de biodiversidad. (Defensoría del Pueblo, 2006, p. 1)

Por otra parte, el conflicto armado en Colombia implica que Grupos Armados Organizados practiquen actividades ilegales como la minería, refinación de petróleo y elaboración de pasta base de coca para tener un usufructo proveniente de la explotación o hurto de recursos naturales,

en territorios de difícil acceso y con poca presencia del Estado, como en Tibú.

Consecuente con lo anterior, la Oficina de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito (UNODC, por sus siglas en inglés), ya citada, afirma según la perspectiva de Suárez, que las dinámicas en la región se han visto potenciadas por diferentes actividades criminales que se congregan y promueven la producción ilícita de drogas, como el hurto de crudo al oleoducto Caño Limón-Coveñas, el cual es usado para la fabricación artesanal de sustancias químicas (hidrocarburos similares a la gasolina). Estas sustancias se trafican en la región y se emplean en el procesamiento de la hoja de coca y en la extracción del alcaloide. Además, como consecuencia de esta práctica, se derivan graves secuelas ambientales por las piscinas empleadas para la destilación artesanal del crudo y los eventuales derrames ocasionados por el hurto (Suárez, 2020).

Toda esta información, es necesario tenerla en cuenta, puesto que “existen varias problemáticas como la generación de residuos aceitosos (borras) en la industria petrolera puede ser considerada como una pérdida del proceso y un mal aprovechamiento de la materia prima empleada” (Torres-Cervera, 2014, p. 2).

Algunos de los compuestos presentes en las borras son transferidos al aire en forma de compuestos orgánicos volátiles, debido a las condiciones de alta temperatura usualmente existentes en las zonas de extracción. Por otro lado, no existen evidencias de que los microorganismos nativos efectivamente tengan capacidad de degradar los compuestos contaminantes. Posteriormente, aunque así sea, las condiciones de biodegradación reales no son las mismas determinadas en los ensayos de laboratorio, ni permanecen constantes en un mismo sitio, puesto que el mezclado es deficiente, las condiciones de temperatura y climatológicas varían, no se llegan a efectuar pruebas adecuadas para determinar el nivel de biodegradación de los diversos contaminantes (principalmente hidrocarburos), por lo que el tiempo de biodegradación apropiado es incierto (Benítez *et al.*, 2004).

Además, y de acuerdo con lo que menciona Lastra Mier (2015) en su artículo, apoyado en un importante número de fuentes, indica que los documentos expedidos por el Ministerio de Medio Ambiente y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, la degradación del bosque, suelos, agua y biodiversidad en Colombia, tiene muchas causas, entre ellas se destacan las actividades

agropecuarias extensivas, la expansión de la minería, los cultivos de uso ilícito y la extracción de maderas tropicales.

De todas las anteriores, la expansión de la ganadería y los monocultivos se considera en el mundo, la segunda causa de pérdida de biodiversidad (luego de las invasiones biológicas) y ha tenido impacto preponderante en la deforestación y degradación de los bosques y del suelo del país. En Colombia, hasta 1990, el bosque cubría el 56,5% del territorio nacional continental y en el 2010 el 51,4%, de tal manera que casi el 5% de los bosques en el país han desaparecido en menos de dos décadas, coincidiendo con su transformación principalmente en praderas para ganadería y áreas agrícolas (Lastra Mier, 2015, p. 64).

A todo lo anterior, se le ha de agregar los deterioros derivados del conflicto armado, tales como los atentados terroristas contra la infraestructura petrolera, la deforestación para cultivos ilícitos, la contaminación por pesticidas para tratar de erradicarlos, la invasión consecuente a su abandono cuando ya no son productivos, entre otros. Atentados terroristas contra la infraestructura petrolera.

A este segmento hay que agregarle los daños causados por los robos que se

hacen directamente en los oleoductos nacionales por parte de grupos armados. Esta acción se da mediante la instalación de válvulas en los oleoductos del país, generando desde el 2002 a la fecha (2015) la pérdida de 9,3 millones de barriles, de los cuales el 70 %, es decir 6,5 millones de barriles, han sido derramados en ecosistemas generalmente frágiles, generando daños ambientales de incalculable valor y que además difícilmente podrán ser reparados.

Expuesto a grandes rasgos el problema y las consecuencias derivadas de este ilícito, el presente documento tiene como objetivo general realizar un estudio comparativo entre la refinería legal e ilegal, con el fin de describir, explicar y proyectar los impactos ambientales causados por la refinería al margen de la ley, en Tibú.

Metodología

Para llevar a cabo esta investigación, se hizo un estudio descriptivo comparativo dividido en cuatro fases (figura 1): la primera, es la preparación del caso estudio por medio de la búsqueda de antecedentes y soportes bibliográficos mediante la revisión y recopilación de información de fuentes primarias (registros fotográficos de operaciones militares e informa-

ción clasificada del Ejército Nacional) y secundarias (bases de datos de universidades y documentos de empresas del sector petrolero). La segunda, es el análisis de la información donde se hace la respectiva selección e interpretación de los documentos para la realización del artículo. La tercera, es la determinación de los impactos ambientales basados en la generación emisiones atmosféricas, vertimientos y residuos de una refinería legal y así, por medio de una evaluación cualitativa de impactos ambientales (matriz de Leopold, modelo simple de dos dimensiones), valorar los impactos (bajo, moderado y alto) y el tipo de afectación positiva, negativa o neutra para el ambiente. Teniendo en cuenta los resultados de la evaluación en la fase cuatro, se plantearon alternativas que contribuyan a la mitigación y de los impactos basadas en información de proyectos petroleros implementados en Colombia.

Como se enunció en el resumen de este documento, se realiza un estudio comparativo entre la refinería ilegal y su abismal diferencia con la refinería legal.

Refinería legal

Ya en la situación legal, debe tenerse en cuenta la normatividad colombiana

que regula la explotación de hidrocarburos y sus derivados.

Como lo manifiestan López *et al.* (2013, p. 18), funcionarios del Banco de la República, quienes manifiestan que luego de la promulgación de la nueva Constitución Política en la que se definieron las funciones de los agentes y del Estado, en 1999 con la expedición del Decreto 2152 (Presidencia de la República, 1992) se modificó la estructura or-

ganizativa del sector de minas y energía y se determinó que estaría conformado por el Ministerio de Minas y Energía (MME), unidades administrativas especiales, establecimientos públicos y entidades vinculadas. En el 2003, con la creación de la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH), se concluyó el diseño actual de la estructura organizativa del sector minero-energético.

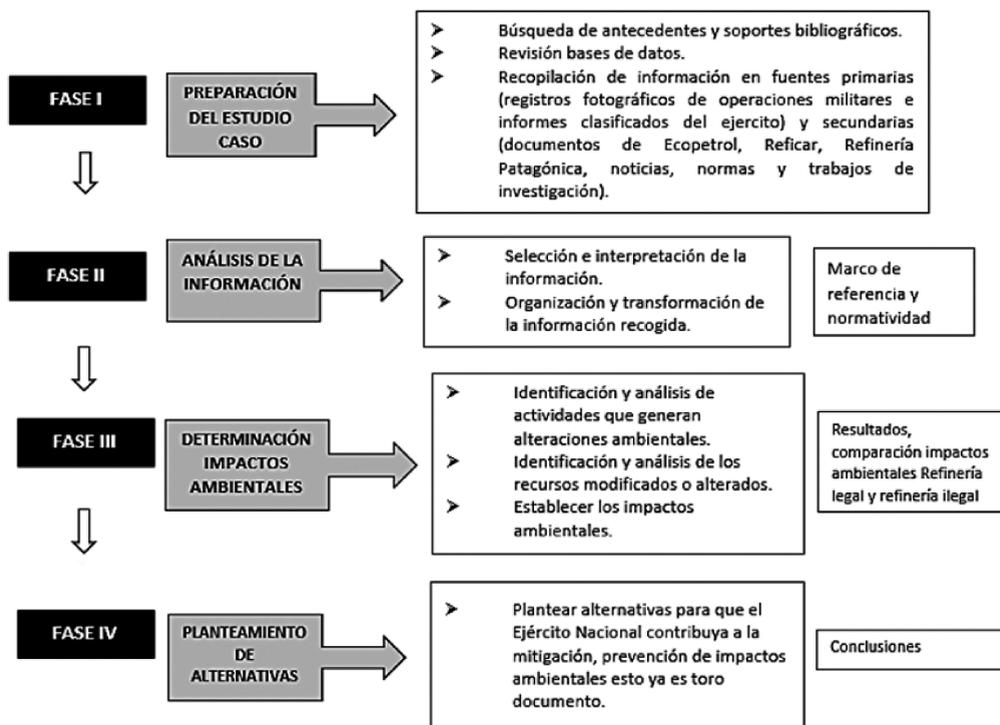


Figura 1. Fases de la metodología descriptiva. Diseño de la investigación

Fuente: elaboración propia.



Figura 2. Principales actividades del sector

Fuente: López et al., p. 17.

Como lo demuestra la figura 2, la actual estructura organizativa de las entidades públicas vinculadas al sector petrolero nacional, está inscrita en el esquema funcional definido para el conjunto de la actividad minero-energética del país. Este esquema está establecido conforme a lo estipulado en la Constitución de 1991, según la cual el Estado no interviene de manera directa en la actividad económica, pero sí establece normas y reglas claras de participación a los agentes. En este sentido, por medio de las diferentes instituciones relacionadas con el sector minero, el Estado crea y promueve las condiciones para que los agentes participen en dicha actividad. Por tanto, el Estado desempeña un papel de facilitador,

promotor y fiscalizador de la actividad minera (López et. al., 2013, p. 18).

El Decreto 1076 del 2015, define el impacto ambiental así: “Cualquier alteración en el medio ambiental biótico, abiótico y socioeconómico, que sea adverso o beneficioso, total o parcial, que pueda ser atribuido al desarrollo de un proyecto, obra o actividad” (Presidencia de la República, 2015). De acuerdo con esta definición, afirma Vargas (2020, p. 29), “un impacto ambiental es un cambio en cualquiera de los componentes del ambiente producido por una acción o actividad humana con implicaciones ambientales”.

Lo anterior significa que cualquier actividad para la explotación de hidro-

carburos y minería por fuera de la aprobación de estas actividades, está por fuera de lo legal.

En cuanto a las normas ambientales, Colombia posee un sólido y robusto cuerpo normativo, como lo dan a conocer Zaride y Ávila (2014), de la Escuela de Administración de Negocios (EAN).

Refinería ilegal

Es aquella instalación en la que procesan el crudo de forma artesanal, el cual proviene del hurto en los oleoductos a través de la instalación de válvulas para producir combustible de bajo octanaje, color verdoso y de menor precio llamado “Pata de Grillo”, para hacer la respectiva comercialización en laboratorios que producen pasta base de coca. La explotación ilegal se practica en las selvas colombianas como las localizadas en Norte de Santander, Cauca y Nariño, puesto que son lugares con poca presencia del Estado y con condiciones topográficas de difícil acceso.

Por otra parte, debe tenerse en cuenta el significado que tiene la actividad ilegal que expone el proyecto de ley de 2018, “por medio del cual se prohíbe en el territorio nacional la exploración y/o explotación de los Yacimientos No Convencionales (YNC) de hidrocarburos y

se dictan otras disposiciones” (Congreso de la República de Colombia, 2018).

Entre las otras disposiciones, señala:

Artículo 1. *Prohibición*. Prohíbese en el territorio nacional la exploración y explotación de los Yacimientos No Convencionales (YNC) de hidrocarburos como medida de protección del medio ambiente y la salud, y para prevenir conflictos socioambientales asociados a estas actividades.

Artículo 2. *Principios*. Para los fines de la presente ley deberán aplicarse los principios contenidos en el artículo 1 de la Ley 99 de 1993, el artículo 3 de la Ley 1523 de 2012, la declaración de Río de 1992 y los tratados, convenios y protocolos internacionales sobre medio ambiente y derechos humanos [...].

Téngase en cuenta que este es un proyecto de ley, el cual no se encuentra publicado en el *Diario Oficial*, debido a múltiples causas, como la controversia que existe entre autorizar el *fracking* o no autorizarlo, entre otras.

Las prácticas ilegales

Frédéric Massé y Johanna Camargo, del Observatorio Internacional (DDR - Ley de Justicia y Paz - CITpax Colombia),

son de los pocos autores que se refieren a las prácticas ilegales de la explotación del crudo en Colombia. Según estos autores, los actores armados ilegales han privilegiado su participación como gestores de procesos extractivos de minería en el país, también han tenido cierta participación en el robo de combustibles o como gestores en la cadena de procesamiento de crudo. Estas actividades compensan de cierto modo sus intereses sobre el sector, sin necesidad de disponer del complejo dispositivo de infraestructura para la extracción de crudo. En casos como el contrabando de combustibles, los beneficios económicos suelen ser inmediatos, producto de su gestión directa o del cobro de cuotas a terceros para permitirles desempeñar ese tipo de actividades. En el segundo caso, mediante la refinación de crudo hurtado a las empresas petroleras, los grupos ilegales reducen los costos de adquisición de gasolina, insumo necesario para el procesamiento de estupefacientes (Massé y Camargo, 2012, p. 15).

Estos autores, citando una noticia radial, indican que en el Norte de Santander sucede algo similar. En el sector de Tibú, donde también coinciden cultivos de coca, la Fuerza Pública realiza operativos para dismantelar refineries clandestinas, donde llega el crudo hurtado por las FARC al Oleoducto Caño Limón-Co-

veñas. Allí, el crudo es destilado por la guerrilla, obteniéndose combustible puro para el procesamiento de la hoja de coca producida en el norte y centro del departamento (Caracol Radio, 2012).

Tanto el documento de CITpax como la noticia de Caracol Radio, se publicaron en el 2012, cuando aún no se había firmado el proceso de paz con esta guerrilla; pero ahora operan sus disidencias, ELN y otros grupos armados organizados, en el departamento Norte de Santander.

A continuación, se presenta el procesamiento de una refinería ilegal, de elaboración propia, la cual se basa en el estudio y análisis de fuentes.

La autoría de la figura 3, como la siguiente, se basa en el conocimiento que tiene uno de los autores de la presente investigación quien, por razones de su cargo, pudo comprobar presencialmente, la manera como se hurta el crudo y el proceso que se sigue para su refinamiento, hasta convertirlo en gasolina con destino al procesamiento de la hoja de coca hasta lograr transformarlo en clorhidrato de cocaína y su posterior comercialización en mercados del exterior o bien, la de menor calidad dentro del territorio nacional. Con la salvedad de que esta actividad no generó estudios técnicos sobre el impacto, como lo reafirma más adelante.



Figura 3. Diagrama de flujo de la operación de una refinera ilegal

Fuente: elaboración propia.

Procesamiento de una refinera ilegal

Para complementar el diagrama de flujo, se visualiza en la figura 4 el registro fotográfico de una refinera ilegal localizada en Tibú, Norte de Santander, obtenido en operaciones militares.



Figura 4. Registro fotográfico de una refinera ilegal localizada en Tibú - Norte de Santander

Fuente: elaboración propia.

La metodología empleada y que conduzca a resultados, está basada en la directa observación de una refinera ilegal del municipio estudiado. Igualmente, la recolección y análisis de fuentes permitió conocer las consecuencias que trae para el medio ambiente esta actividad realizada por personas pertenecientes a organizaciones consideradas como Grupos Armados Organizados (GAO), entre estos el ELN, con el propósito de refinar el crudo para el proceso de la coca. Aspecto este sobre el cual vale la pena detenerse brevemente, no sin antes aclarar que el trabajo de campo realizado por el coautor de este documento, se limitó a observar y comprobar, según la figura 4, y no hacer tipologías o

indicadores técnicos del sector estudiado; lo cual requiere estudios avanzados sobre el comportamiento que tiene en el medio ambiente (suelos, flora, fauna), las actividades ilegales como lo es el hurto de petróleo a las empresas que obran de acuerdo con la normatividad vigente en Colombia que, además, atienden lo señalado por organismos internacionales sobre el particular. Resumiendo, el presente documento se basa en su totalidad en fuentes bibliográficas obtenidas vía virtual.

A partir de lo anterior y según el trabajo de grado presentado por Eveling Dayana Rodríguez Escalante (2018) ante la Universidad Libre, seccional Cúcuta, este refleja un esmerado estudio técnico y de campo en el que se comprueba lo que el coautor de este documento pudo presenciar.

En efecto, Rodríguez Escalante demuestra gráficamente el grave impacto que producen los derramamientos y hurto de petróleo; además, el respectivo estudio técnico sobre los 18 incidentes estudiados por esta autora, en gran parte sobre el hurto de este hidrocarburo.

Sobre el hurto de petróleo, Rodríguez afirma que durante el 2017 se presentaron nueve incidentes ocasionados por terceros, igualmente que en el 2018, ocasionados por pegas de válvulas y grapas en

las líneas de transferencia, perforación en las tuberías, manipulación en los tanques y piscinas de almacenamiento y hurto de las tuberías por donde se traslada el crudo (Rodríguez, 2018, p. 104).

Como se afirmó, esto se debe, básicamente, al empleo del crudo en el procesamiento de la coca, como lo hace saber Ricardo García Rocha quien cita en su texto, a la Oficina de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito (UNODC, por sus siglas en inglés), que en una de sus publicaciones anuales informa sobre el monitoreo que hace sobre los cultivos ilícitos en Colombia, con el aval del Gobierno colombiano, por medio del Sistema Integrado de Monitoreo de Cultivos Ilícitos (SIMCI): la fase agrícola de la coca culmina con el beneficio agroindustrial de la cosecha; es decir, la extracción de base y pasta, la cual corresponde a una tecnología muy sencilla, realizada generalmente en finca por los propios agricultores para facilitar el acopio de la cosecha. Allí se extraen, en promedio, 1,6 kilos de pasta y 1,5 kilos de base por tonelada de hoja de coca, aunque se registran coeficientes superiores a 1,7 kilos en Putumayo, Caquetá y la Orinoquía (Oficina de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito — UNODC—, 2006, p. 29).

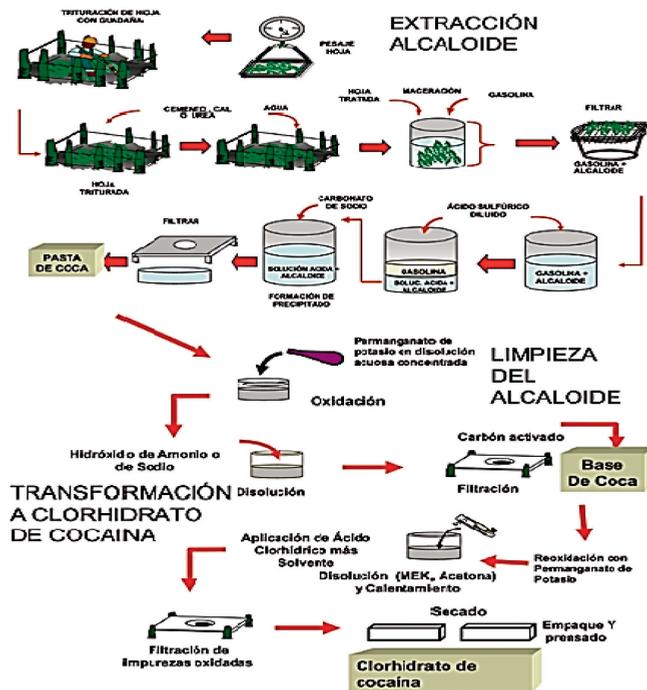


Figura 5. Procesamiento de extracción de pasta, base y cocaína en Colombia

Fuente: Dirección de Antinarcóticos (DIRAN) y SIMCI. Adaptación propia de Rocha (2011, p. 59).

Según Rocha (2011): “La pasta es un derivado de la coca necesaria para la obtención de la base, cuyo proceso comprende varias etapas y variantes en el uso de insumos” (pp. 57-58).

A continuación, se describe someramente uno de los procedimientos más comunes, el cual comprende la extracción y limpieza del alcaloide y su transformación a clorhidrato de cocaína.

Como lo menciona Rocha en su texto: “por campesinos en finca”, cierto, bajo la estricta vigilancia de los grupos

ilegales interesados en este estupefaciente. Así las cosas, unido a los derrames provocados en los oleoductos se suma este rudimentario proceso, donde el empleo de la gasolina es de primera necesidad.

Con base en las anteriores apreciaciones (siembras de coca y proceso para convertir la planta como clorhidrato de cocaína), están los efectos colaterales que provocan en el medio ambiente, tanto los derrames como el refinado de petróleo en los lugares donde tienen sus laboratorios.

Tabla 1. Indicadores de emisiones atmosféricas, generación de vertimientos y residuos de la actividad de refinación

| | Parámetro | Unidad | Valor | REFINERÍA ILEGAL (producción 50 barriles/día) | Valor* |
|--------------|--------------------------------|---------------------|----------|---|---------|
| Emisiones | NOx | Ton/Barril refinado | 0,000045 | | 0,00225 |
| | SOX | Ton/Barril refinado | 0,00017 | | 0,0085 |
| | CO2 | Ton/Barril refinado | 0,042 | | 2,1 |
| | CH4 | Ton/Barril refinado | 0,000066 | | 0,0033 |
| | Material particulado | Ton/Barril refinado | 0,000023 | | 0,00115 |
| Vertimientos | Vertimientos industriales | m3/Barril refinado | 0,166 | | 8,3 |
| | Vertimientos domésticos | m3/Barril refinado | 0,0015 | | 0,075 |
| Residuos | Residuos sólidos no peligrosos | Ton/Barril refinado | 0,00002 | | 0,001 |
| | Residuos sólidos peligrosos | Ton/Barril refinado | 0,000009 | | 0,00045 |

*Valor: para la producción diaria de 50 barriles.

Fuente: Asociación Colombiana del Petróleo (ACP) (2015, p. 20).

Nota: adaptada del Informe de Desempeño Ambiental, de la Asociación Colombiana del Petróleo, diciembre, 2016.

Resultados

Siguiendo la metodología de tipo descriptivo comparativo, la consulta y el análisis de varias fuentes seleccionadas por su nivel científico, permitieron hacer un estimativo de los indicadores del impacto que causa en el ambiente la refinación del crudo legal e ilegal, basada en la Matriz de Leopold, según se demuestra en la tabla 1.

Dicha matriz es “un procedimiento para la evaluación del impacto ambien-

tal y, por tanto, para la evaluación de costos y beneficios” (Ponce, s.f., p. 1).

Paralelo entre una refinería ilegal frente a una legal

Teniendo en cuenta los impactos ambientales generados por la refinería ilegal, se tomó como referencia los datos teóricos de una refinería en condiciones de legalidad, con el propósito de hacer una aproximación con los datos de campo, sobre los impactos negativos en el medio ambiente, de una refinería ilegal.

Tabla 2. Identificación de los impactos ambientales generados en las etapas de construcción y funcionamiento de una refinera

| ELEMENTO | IMPACTO | ETAPA PRELIMINAR/ CONSTRUCCIÓN | ETAPA OPERATIVA |
|-----------|---|---|---|
| RESIDUOS | Generación de residuos | Preparación del terreno Almacenamiento/acopios materiales Eliminación de materiales/rehabilitación de daños Mantenimiento de maquinaria | Mantenimiento de equipos e instalaciones Almacenamiento de materias primas, auxiliares, productos y subproductos |
| | Pérdida de suelo | Preparación del terreno Movimiento de tierras | |
| SUELO | Compactación del suelo | Transporte materiales y equipos | |
| | Contaminación del suelo | Construcción en general | Funcionamiento de las instalaciones en general |
| AGUA | Cambios en el relieve | Preparación del terreno Movimiento de tierras Obra civil | |
| | Afección a elementos de interés geológico y geomorfológico | Construcción en general | |
| | Aumento de riesgos de erosión | Preparación del terreno Movimiento de tierras | |
| | Alteración red de drenaje superficial | Movimiento de tierras | |
| | Alteración calidad aguas superficiales y subterráneas | Construcción en general | Funcionamiento de las instalaciones en general |
| ATMÓSFERA | Aumento de las partículas en suspensión y contaminantes atmosféricos | Construcción en general | Funcionamiento de las instalaciones en general |
| | Cambios en la calidad del aire (emisiones de gases de efecto invernadero) | Preparación del terreno Movimiento de tierras Obra civil Transporte materiales y equipos Eliminación de materiales/ rehabilitación de daños | Procesos de combustión, funcionamiento de plantas de azufre y de las instalaciones en general Transporte de materias primas, auxiliares, productos y subproductos Procesos de combustión, funcionamiento de plantas de azufre y de las instalaciones en general Transporte de materias primas, auxiliares, productos y subproductos Funcionamiento de la torre de refrigeración |
| | Cambios en microclima local | | |
| FLORA | Aumento de niveles sonoros | Preparación del terreno Movimiento de tierras Obra civil Transporte de materiales y equipos Trabajos mecánicos y eléctricos | Funcionamiento de las instalaciones en general |
| | Eliminación | MEDIO BIÓTICO Preparación del terreno | |
| | Degradación | Preparación del terreno Obra civil Transporte materiales y equipos | Procesos de combustión, funcionamiento de plantas de azufre y de las instalaciones en general Funcionamiento de la torre de refrigeración |

| ELEMENTO | IMPACTO | ETAPA PRELIMINAR/ CONSTRUCCIÓN | ETAPA OPERATIVA |
|-----------------------------|--|---|---|
| FAUNA | Alteración del comportamiento | Construcción en general | Funcionamiento de las instalaciones en general |
| | Alteración fauna/habitats | Preparación del terreno Transporte materiales y equipos Obra civil | |
| | Eliminación de ejemplares | Preparación del terreno Obra civil | |
| MEDIO SOCIOECONÓMICO | | | |
| POBLACIÓN | Incremento partículas/ruido/cambios calidad del aire | Preparación del terreno Movimiento de tierras Transporte materiales y equipos Trabajo mecánico | Funcionamiento de las instalaciones en general Transporte de materias primas, auxiliares, productos y subproductos |
| | Incremento tráfico | Transporte materiales y equipos | Transporte de materias primas, auxiliares, productos y subproductos |
| ECONOMÍA | Dinamización económica | Construcción en general Preparación del terreno | Presencia de las instalaciones |
| | Efectos en sectores secundario y terciario | Construcción en general Preparación del terreno | Presencia de las instalaciones |
| SISTEMA TERRITORIAL | Usos suelo | Construcción en general | Procesos de combustión, funcionamiento de plantas de azufre y de las instalaciones en general |
| | Afección a elementos del patrimonio histórico-cultural-natural | Preparación del terreno Obra civil | Procesos de combustión Funcionamiento de la torre de refrigeración |
| PAISAJE | Pérdida de calidad visual | Construcción en general Preparación del terreno | Presencia de las instalaciones |
| | Afección a las cuencas visuales | Construcción en general | Presencia de las instalaciones |

Nota: adaptada del Proyecto técnico y estudio de impacto ambiental de Petronor, 2016.
Fuente: *Petróleos del Norte (Petronor), 2008.*

Tomando como referencia un documento de la Asociación Colombiana del Petróleo, se presentan los indicadores de emisiones atmosféricas, vertimientos y residuos generados en la refinación de un barril de petróleo de forma legal. La refinería ilegal genera diariamente 50 veces el valor del indicador. Cabe la pena resaltar que dicho valor depende de la producción diaria de barriles refinados en las instalaciones ilegales.

La identificación de impactos ambientales (tabla 2) se adoptó de las posibles alteraciones que se generan en una refinería legal, teniendo en cuenta las actividades que se ejercen en la fase preliminar, de construcción, operación y desmantelamiento del proyecto y su interacción con el medio abiótico, biótico y socioeconómico.

Posteriormente, se realizó la evaluación cualitativa de impactos ambientales (tabla 3), con base a la información obtenida anteriormente (tabla 2), por medio de la matriz de Leopold (tabla 4), relacionando horizontalmente las actividades del proyecto, construcción, operación y desmantelamiento, y verticalmente los factores ambientales, biótico, abiótico y socioeconómico. Para valorar los impactos se establece una escala que indica si el impacto es bajo, moderado, moderado alto o alto, teniendo en cuenta si este beneficia o perjudica el ambiente.

Tabla 3. Escala de valoración de impactos ambientales

| Impacto positivo | | Impacto negativo | |
|------------------|---------------|------------------|---------------|
| Significación | Valoración | Significación | Valoración |
| 1 a 3 | Bajo | -1 a -3 | Bajo |
| 4 a 6 | Moderado | -4 a -6 | Moderado |
| 7 a 9 | Moderado alto | -7 a -9 | Moderado alto |
| 10 a 12 | Alto | -10 a -12 | Alto |
| Impacto Neutro | | | |

Nota: adaptada del Estudio de impacto ambiental de la Refinería Patagónica.

Fuente: Refinadora Patagónica [s.f.].

En vista de la falta de información técnica acerca de los impactos ambientales causados por las refinerías ilegales, se tomó como referencia los documentos de estudios de impacto ambiental de refinerías que cumplen con la normatividad. Con dicha información se realizó un análisis comparativo para poder estimar y valorar las afectaciones en el medio biótico, abiótico y socioeconómico causado por la construcción, operación y desmantelamiento de una refinería al margen de la ley.

La evaluación de impactos ambientales (tabla 4) es producto del análisis de semejanzas y diferencias entre dos escenarios: el legal y el ilegal, obteniendo una valoración subjetiva de los impactos que generan las refinerías ilegales en Tibú, Norte de Santander.

Tabla 4. Evaluación de los impactos ambientales de una refinera ilegal a través de la matriz de Leopold

| | ETAPA CONSTRUCTIVA | | | | ETAPA OPERATIVA | | | | | | ETAPADESMANTELAMIENTO | | | | | |
|----------------|--|----------------------|--------------------|---|---|-------------------------|-------------------------------|-------------------------|------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|---|--|--|------------------------------|---|
| | Trabajos de obra preliminar | Tareas constructivas | Movimiento de obra | Movimiento de vehículos, equipos, materiales y personas | Obras civiles, provisión y montaje de equipos | Demanda de mano de obra | Funcionamiento de la refinera | Demanda de mano de obra | Consumo de agua y energético | Generación de efluentes líquidos | Generación de emisiones gaseosas | Transporte de materias primas y productos | Manejo, tratamiento y disposición de los residuos, | Reconformación del terreno, revegetalización | Desmonte y retiro de equipos | Desmantelamiento de estructuras y edificaciones |
| ABIÓTICO | Aire | -5 | -4 | -4 | -3 | | | | | | -6 | -6 | | | -2 | -2 |
| | Geomorfología | | -7 | | | | | | | | | | | 8 | -1 | |
| | Suelo | -9 | -9 | -5 | | | -9 | | | -9 | | | -2 | 8 | -1 | 5 |
| | Agua superficial | -2 | -2 | | | | | | | -7 | | | -3 | 4 | | |
| BIÓTICO | Agua subterránea | | -3 | | | | | | -9 | | | | -3 | 4 | | |
| | Flora | -9 | | -6 | | | | | | | | | -2 | 10 | | 4 |
| | Fauna | -8 | -6 | -5 | -6 | | -6 | | | -6 | | -6 | -2 | 10 | | 5 |
| | Población | | | | | | | | | | | | | | | |
| SOCIOECONÓMICO | Empleo | -2 | | | | 8 | | | | | | | | | | |
| | Paisaje | -6 | -7 | | | | -9 | | | | | | -4 | 10 | | |
| | Actividades productivas (yacimientos petrolíferos) | | | | | | | | | | | | | | 9 | 9 |
| | Usos y ocupación del suelo | | | | | | 10 | | | | | | -4 | | 4 | 8 |
| | Patrimonio arqueológico-natural | | | -8 | | | | | | | | | | | | 8 |

Análisis de resultados

La operación, construcción y desmantelamiento de una refinería genera impactos ambientales por inercia; es decir, que cada actividad contribuye a la modificación o alteración en uno de los tres medios: biótico, abiótico o socioeconómico. De acuerdo con la evaluación realizada en la tabla 4, se concluye que en la etapa de obras preliminares y construcción el impacto es negativo en el medio abiótico, es moderado y moderado alto en el aire; la geomorfología y suelo debido a la generación de material particulado por el alistamiento del terreno y al retiro de la cobertura vegetal del suelo genera erosión, mientras que en el agua el impacto es bajo. En el medio biótico, el impacto es negativo con valoración moderada alta, causado por la deforestación y retiro de la cobertura vegetal, actividad que se hace para adecuar el terreno, repercutiendo en las especies presentes en los ecosistemas, las cuales buscarán refugio en el lugar más cercano. En el sector socioeconómico, la mayor afectación negativa se presenta en el paisaje y patrimonio arqueológico o natural.

En la etapa de operación se evidencia que los valores corresponden a una afectación negativa, moderada, moderada alta y alta en el aire, agua, suelo, flora

y paisaje, causadas por la generación de emisiones, residuos, derrame de petróleo y vertimientos; por último, el desmantelamiento y cierre del lugar generan impactos beneficiosos para la industria del petróleo, dado que los Grupos Armados Organizados (GAO) dejan de operar en dicha zona y se disminuyen las pérdidas económicas causadas por el hurto y procesamiento del crudo de forma ilegal; además, debe tenerse en cuenta que esta etapa busca compensar o mitigar los impactos ambientales generados por la construcción y operación de la instalación ilegal de refinerías de hidrocarburos.

Alternativas de mitigación

Las alternativas establecidas surgen del análisis de la valoración de impactos ambientales valorados en la tabla 4; para su implementación, verificación y control, se deben articular autoridades ambientales, del sector industrial petrolero, la Gobernación de Norte de Santander, el Ejército Nacional y la comunidad, con el propósito de proteger, recuperar y hacer uso sostenible de los recursos naturales de la región.

Las alternativas de mitigación se formulan con el propósito de corregir, recuperar y disminuir los impactos ambientales producidos por la construcción y

operación de refinerías ilegales en los departamentos de Norte de Santander, Cauca y Nariño; se formulan con base en la evaluación de los impactos ambientales causados en el medio biótico, abiótico y socioeconómico en la etapa de desmantelamiento y cierre de la instalación, puesto que esta actividad la realiza el Ejército colombiano. Las etapas de construcción y operación las ejecutan los Grupos Armados Organizados, a los cuales no les interesa resarcir el daño ambiental causado en dichos lugares, ya que solo realizan esta actividad con el fin de obtener recursos económicos para seguir manteniendo su estructura y elementos.

También, mediante la articulación interinstitucional de los sectores público y privado se involucrará la comunidad en trabajos de sensibilización, dando a conocer las problemáticas ambientales causadas por las actividades ilegales como la refinería que practican los Grupos Armados Organizados en sus territorios; para que se apropien del lugar y participen activamente en procesos de recuperación ambiental. A la vez, se pretende que la población que habita cerca a dichas instalaciones se les brinde información acerca de la riqueza natural que los rodea y la importancia de la conservación y uso racional de los recursos

naturales presentes en las selvas colombianas, contribuyendo así al desarrollo sostenible de la región.

La recuperación de los suelos erosionados afectados por el retiro de la cobertura vegetal se lleva a cabo mediante la reforestación, inducción o siembra de especies nativas para Tibú (Norte de Santander) como:

Las Abarco (*Cariniana pyriformis*), el Cedro (*Cedrela odorata*), la Ceiba (*Ceiba pentandra*), el Cañaguatú (*Tabebuia rosea*) y el Pardillo (*Cordia Allidora*), el Balso (*Heliocarpus popayanenses*), el Caucho (Castilla elástica), las Jacarandas, los Guamos (*Inga sp*), el Ninguito (*Miconia munitiflora*) y los helechos arbóreos: *Pochota quinata*, *Cedrela odorata*, *Tabebuia rosea*, *Gmelina arborre*. (Camargo, 2017, pp. 40-41)

Para ejecutar esta acción, es necesario establecer el tipo de flora que predomina en el sector y así generar conectividad entre ecosistemas, atrayendo nuevamente algunas especies de fauna que habitaban el lugar, con el propósito de rescatar y recuperar sus principales características.

La reducción de la contaminación del suelo, generada por el derrame de hidrocarburos o sustancias químicas, se efec-

tuará por medio de tecnologías *in situ*, puesto que son lugares de difícil acceso. La biorremediación sirve como medida biocorrectiva, la cual consiste en el uso de microorganismos naturales (levaduras, hongos o bacterias) existentes en el medio, que degraden sustancias peligrosas menos tóxicas o inocuas para el medio ambiente, de acuerdo con Alonso (2012). Esta técnica es viable en la zona, pues las condiciones topográficas dificultan el acceso y no tienen vías de acceso vehicular; además, para implementar dicha técnica, debe efectuarse el análisis de contaminantes, la concentración de oxígeno, nivel de nutrientes, pH, temperatura y solubilidad de los contaminantes para determinar si se debe implementar una técnica aerobia o anaerobia para la biorrecuperación del suelo (Alonso, 2012).

Igualmente, otros investigadores se refieren al daño para el medio ambiente por efecto de los suelos contaminados; pues en donde existan fuentes hídricas subterráneas contaminadas por hidrocarburos, se puede ejecutar un proceso de biotransformación natural que reduzca la concentración de contaminantes por medio de la dilución, dispersión, volatilización, adsorción, biodegradación y reacciones químicas que produce el suelo o el agua con la técnica de remediación *in situ*, de bajo costo, conocida

como atenuación natural, que consiste en la utilización de procesos fisicoquímicos de interacción contaminante-suelo y procesos de biodegradación de forma natural (Maroto y Rogel, 2006).

Los cuerpos de agua contaminados por el vertimiento de residuos peligrosos, sustancias tóxicas e hidrocarburos que genera la operación de la refinería, se deben recuperar con la remediación, según Alonso (2012). Se realizaría por medio de la fitorremediación, usando plantas y árboles para depurar aguas y suelos contaminados, donde las plantas cumplen la función de filtrar, descomponer o degradar componentes orgánicos. También, la inyección de aire a cuerpos hídricos contaminados produce burbujas, en las cuales se captan los contaminantes y permite reducir la concentración de contaminantes volátiles. Esta técnica es utilizada para la remediación de aguas subterráneas. Las fuentes hídricas cercanas a la refinería localizada en Tibú, Norte de Santander, son el río Sardinata, río Zulia, quebradas La Cuchara, La Cristalina y Las Indias.

Los impactos atmosféricos como ruido, material particulado y la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) disminuyen o se anulan al momento de la desactivación de las estructuras de refinería y está a cargo del Ejército Nacional colombiano. Además, se pueden

plantear técnicas para la absorción de GEI por medio de plantas y microorganismos.

Las alternativas planteadas anteriormente sirven para recuperar la flora y fauna, especialmente la siembra de especies de vegetación del área, atrayendo la fauna silvestre y generando conectividad entre el sistema afectado con el natural, para reconstituir las características endémicas del área afectada por la construcción y operación de las refinerías ilegales. Dado que son lugares con características de selva y tienen presencia de diversidad ecológica, es más fácil enmendar y recuperar el terreno.

Además, debe contemplarse el manejo adecuado de los residuos peligrosos, como hidrocarburos y sustancias tóxicas, hallados en la operación de desmantelamiento y cierre de la refinería a cargo del Ejército. El cual debe entregar los residuos a gestores autorizados por las autoridades ambientales para el manejo y disposición final de los mismos.

Finalmente, y no menos importante, es el tutorial que presenta The International Council on Clean Transportation (2011), que en la introducción de este documento indica textualmente lo siguiente, que se considera importante para tener en cuenta, ya que aborda:

[...] los principios básicos del refino de petróleo, y que se relacionan con la producción de combustibles ultra bajos en azufre (ULSF), en particular gasolina (ULSG) y combustible diésel (ULSD). Este es el primer producto de trabajo de un completo análisis de la economía de la producción y el suministro de ULSG y ULSD en Brasil, China, India y México, realizado por HART Energy y MathPro Inc. para el Consejo Internacional de Transporte Limpio (ICCT). El propósito del tutorial es (1) proporcionar contexto y un marco organizativo para el análisis general, (2) identificar los factores técnicos que determinan el costo de refinación de la producción de ULSG y ULSD, y (3) facilitar la interpretación de los resultados del análisis. El tutorial aborda:

Fundamentos de la industria del refino de petróleo

- Petróleo crudo y sus propiedades
- Clases de procesos de refinería y configuraciones de refinería
- Propiedades de las corrientes producidas por la refinería (“mezclas de materiales”) que componen la gasolina y el combustible diésel
- Opciones de procesamiento de refinería para producir ULSG y ULSD

Esta guía está dirigida a lectores interesados en la producción de ULSG y ULSD, pero que desconocen las operaciones de refinación en general y el control de azufre en particular.

La refinación de petróleo es un eslabón único y crítico en la cadena de suministro de petróleo, desde la boca del pozo hasta la bomba. Los otros enlaces agregan valor al petróleo principalmente moviéndolo y almacenándolo (por ejemplo, levantando el petróleo crudo a la superficie; moviendo el petróleo crudo de los campos petroleros a las instalaciones de almacenamiento y luego a las refinerías; moviendo los productos refinados de la refinería a las terminales y ubicaciones de uso final, etc.). La refinación agrega valor al convertir el petróleo crudo (que en sí mismo tiene poco valor de uso final) en una variedad de productos refinados, incluidos los combustibles para el transporte. El principal objetivo económico de la refinación es maximizar el valor agregado al convertir el petróleo crudo en productos terminados (The International Council on Clean Transportation, 2011, pp. 1-2)

En pocas palabras, esta entidad brinda información sobre cómo se procesa legalmente el petróleo crudo.

Por otro lado, un grupo de autores ha publicado un trabajo interesante y realiza un estudio comparativo. En el resumen del artículo hacen una comparación del consumo de energía, las emisiones de CO₂ y las políticas públicas de dos megaciudades, São Paulo y Shanghái, con el fin de identificar sus políticas de mitigación de emisiones de GEI. Ambas ciudades han experimentado un rápido crecimiento de los sectores de la automoción, lo que ha provocado importantes desafíos de contaminación y emisiones de CO₂. São Paulo ha implementado con éxito el etanol y ha fomentado el crecimiento de la flota de vehículos ligeros. Shanghái tiene generación de energía a base de carbón y restringió la propiedad de los vehículos en un intento por reducir las emisiones de GEI, invertidos en transporte público y movilidad eléctrica. En este estudio se adoptó un análisis tabular de datos secundarios, que revela también que São Paulo ha ampliado considerablemente el transporte individual. A pesar de las inversiones en etanol, la ciudad no pudo contener el aumento de las emisiones de CO₂ del transporte por carretera. Shanghái invirtió en transporte público e inhibió el transporte individual, pero tampoco pudo contener las emisiones de CO₂. Las políticas de

mitigación y las medidas adoptadas no fueron suficientes para evitar el aumento de las emisiones de CO₂ en ambas ciudades. Para reducir las emisiones de CO₂ en el transporte, São Paulo y Shanghái deben centrarse en políticas públicas para fomentar el transporte público y limpio y limitar la quema de combustibles fósiles (Costa *et. al.*, 2018).

Conclusiones

De acuerdo con el título del presente artículo, este tiene como objetivo general hacer un estudio comparativo entre la refinería legal e ilegal con el propósito de describir, explicar y proyectar los impactos ambientales causados por la refinería al margen de la ley, para lo cual siguió una metodología de tipo descriptivo comparativo dividido en cuatro fases (figura 1), para señalar las diferencias entre una actividad ilegal y legal. El documento se orientó a tratar el problema generado por el hurto de petróleo en la región de Tibú, Norte de Santander, por parte de grupos al margen de la ley con el propósito de producir clorhidrato de cocaína con destino al mercado mundial y de consumo interno, actividad que produce un alto impacto ambiental y social, a la vez que genera cuantiosas ganancias para estos grupos, clasificados en la escala del crimen como GAO (Grupos Armados Organizados).

Asociado a los derrames del mencionado hidrocarburo, están de por medio los derrames provocados por estos mismos grupos a los oleoductos del país, cuyas empresas están constituidas legalmente, siguiendo la normatividad vigente en el país.

La identificación de los impactos ambientales se realizó por medio de la matriz de Leopold, obteniendo como resultado que para la etapa preliminar y la construcción los impactos son negativos tanto para el medio abiótico como biótico. Ante este problema, las alternativas establecidas surgen del análisis de la valoración de impactos ambientales como se demuestra en la tabla 4, considerando que para su implementación, verificación y control, se deben articular autoridades ambientales, del sector industrial petrolero, la Gobernación de Norte de Santander, el Ejército Nacional y la comunidad, con el propósito de proteger, recuperar y hacer uso sostenible de los recursos naturales de la región.

Referencias

- Alonso Riesco, R. (2012). *Proyecto de recuperación de suelos contaminados por hidrocarburos*. Universidad Autónoma de Barcelona.
- Asociación Colombiana del Petróleo. (ACP). (2015). *Informe de desempeño ambiental*.

- https://acp.com.co/web2017/images/pdf/publicaciones_e_informes/informe_ambiental/IGA%202016_WEB.pdf
- Benítez, I., Álvarez, R., Escudero, I., Reyes, F. y Rodríguez, A. (2004). Efecto de aditivos nacionales en las propiedades físicas del petróleo crudo cubano. *Tecnología Química*, 24(1) 43-61.
- Camargo Vargas, L. C. (2017). *Lineamientos para la gestión de la deforestación generada por los cultivos ilícitos asociados al conflicto armado, en el municipio de Tibú, en el contexto del posconflicto*. <https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/38071>
- Caracol Radio. (23 de julio de 2012). Desmantelan en Norte de Santander una refinera clandestina de las FARC. En: Massé y Camargo, *Actores armados ilegales y sector extractivo en Colombia. V Informe* (2012).
- Congreso de la República de Colombia. (2018). Proyecto de ley, “por medio del cual se prohíbe en el territorio nacional la exploración y/o explotación de los Yacimientos No Convencionales (YNC) de hidrocarburos y se dictan otras disposiciones”.
- Costa, E. et al. (2018). CO2 emissions and mitigation policies for urban road transportation: São Paulo versus Shanghai. *Urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana*. On-line version ISSN 2175-3369, 10(supl. 1).
- Defensoría del Pueblo. (11 de diciembre del 2016). *Situación social y ambiental de la región del Catatumbo - Norte de Santander. Resolución N° 46*.
- Fayad Sanz, D. (2014). *Petróleo y conflicto armado en Colombia. El caso de Arauca entre 1982 y 1992* (trabajo de grado). Pontificia Universidad Javeriana.
- Fundación Panamericana para el Desarrollo (Fupad) y Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH). (2017). *Análisis de alteración a la seguridad pública y la conflictividad social en el sector de hidrocarburos en Colombia*. <https://www.anh.gov.co/Seguridad-comunidades-y-medio-ambiente/Estrategia-social/Documents/Documento%20ejecutivo%20Alteraci%C3%B3n%20Orden%20Publico.pdf>
- Kaldor, M., & Karl, T. (2007). *Oil Wars*. <http://economic.free.fr/crisis/%CA%AF%D3%CD%D5%BD%D5%F9%20%D3%A2%CE%C4%B0%E6.pdf>
- Klare, M. (2007). *Sangre y petróleo: peligros y consecuencias de la dependencia del crudo* (citado por Fayad Sanz).
- Lastra Mier, R. (2015). Degradación medioambiental como consecuencia del conflicto armado en Colombia. Universidad del Atlántico. *Legem*. ISSN: 2346-278, 3(1).
- López, E., Montes, E., Garavito, A. y Collazos, M. (2013). La economía petrolera en Colombia (Parte I). *Cuadernos de Economía*, N° 692.
- Massé, F. y Camargo, J. (2012). *Actores armados ilegales y sector extractivo en Colombia. V Informe* (CITpax Colombia y Observatorio Internacional DDR - Ley de Justicia y Paz).
- Oficina de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito (UNODC) y Gobierno de Colombia. (2019). *Colombia. Monitoreo de territorios afectados por cultivos ilícitos*. ISBN digital: 978-958-5554-14-6.

- Oficina de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito (UNODC). (2006). Colombia. Monitoreo de cultivos de coca. En: Rocha García, R., *Las nuevas dimensiones del narcotráfico en Colombia* (2011) (pp. 57-58).
- Petróleos del Norte (Petronor). (2008). *Proyecto técnico y estudio de impacto ambiental*. https://www.euskadi.eus/contenidos/documentacion/esia_urf_petronor/es_doc/adjuntos/esia_urf.pdf
- Ponce, V. (s.f.). *La matriz de Leopold para la evaluación del impacto ambiental*. http://ponce.sdsu.edu/la_matriz_de_leopold.html
- Presidencia de la República. (1992). *Decreto 2152*.
- Presidencia de la República. (2015). *Decreto 1076*.
- Puyana, A. y Thorp, R. (1998). Colombia. Economía política de las expectativas petroleras. Globalización, políticas sectoriales y empleo. En: A. Retteberg y J. Prieto, *Conflicto crudo: petróleo, conflicto armado y criminalidad en Colombia*. doi:10.30778/2018.09.
- Refinadora Patagónica. (s.f.). *Estudio de impacto ambiental de la Refinería Patagónica Comodoro Rivadavia, Provincia del Chabut, Argentina*.
- Retteberg, A. y Prieto, J. (2018). *Conflicto crudo: petróleo, conflicto armado y criminalidad en Colombia*. doi:10.30778/2018.09.
- Rocha García, R. (2011). *Las nuevas dimensiones del narcotráfico en Colombia*. ISBN: 978-958-99962-5-6.
- Rodríguez Escalante, E. D. (2018). *Monitoreo de las afectaciones ambientales originadas por la extracción ilícita del crudo de la infraestructura petrolera en el campo de explotación de hidrocarburos Tibú* (tesis de grado). Universidad Libre, seccional Cúcuta.
- Suárez, N. (2020). “Pategrillo”, una ventaja inusitada para los laboratorios de cocaína en Colombia. En: UNODC, Gobierno de Colombia.
- The International Council on Clean Transportation. (2011). *An introduction to petroleum refining and the production of ultra low sulfur gasoline and diesel fuel*. <https://theicct.org/publications/introduction-petroleum-refining-and-production-ultra-low-sulfur-gasoline-and-diesel>
- Torres-Cervera, K. P. (2014). *Análisis de los impactos ambientales generados por el tratamiento y disposición final de los residuos aceitosos (borras) generados en los distritos de producción de hidrocarburos* (trabajo de grado). Universidad Nacional de Colombia.
- Vargas Guarín, L. (2020). *Impactos ambientales de la producción petrolera en Colombia y su relación con la innovación tecnológica en los últimos quince años* (trabajo de grado). Universidad de América.
- Zaride, N. y Ávila, A. (2014). *Principales normas ambientales colombianas*. ISBN: 78-958-756-279-8.

Valoración de los niveles de calidad del aire de interiores en espacios de institución de educación superior

Assessing Indoor Air Quality Levels in Higher Education Institutions

Mónica V. Sandoval¹, Nicolás M. Solano¹,
Laura K. Gualdrón¹, Juliana C. Meneses¹

Resumen

La calidad del aire de interiores (CAI) es determinante cuando se trata de la salud respiratoria y del confort de las personas. El objetivo de esta investigación se centró en evaluar el nivel de calidad del aire interior (CAI) a través de encuestas de percepción efectuadas a usuarios y mediciones de temperatura, humedad relativa, PM10, PM2.5, CO₂, CO y HCHO en aulas de clase de una institución de educación superior. Las encuestas realizadas a los ocupantes mostraron que la principal inconformidad percibida fue la alta temperatura del lugar, la cual osciló entre 19,9°C y 29°C. La humedad relativa presentó valores entre 64,3% y 93%, superando el rango sugerido (30% - 60%). La concentración máxima de PM10 (41 µg/m³) no superó el límite establecido por la Ashrae (50 µg/m³), mientras que la concentración máxima de PM2.5 (21 µg/m³) sobrepasó el límite sugerido (15 µg/m³). Las concentraciones de los gases CO₂ (998 ppm), CO (21 ppm), y HCHO (0,04 mg/m³) mostraron siempre valores inferiores a los límites estipulados por las diferentes entidades regulatorias.

Palabras clave: calidad del aire de interiores, síntomas, material particulado, monóxido de carbono, dióxido de carbono.

¹ Grupo de Investigación en Ingeniería Ambiental y Recursos Naturales (GINAM), Facultad de Ingeniería Ambiental, Universidad Santo Tomás, seccional Bucaramanga, Cra. 27 No. 180-395, Floridablanca, Santander. Correo: monica.sandoval@ustabuca.edu.co

Abstract

Indoor Air Quality (IAC) is critical when it comes to people's respiratory health and comfort. This research assesses IAC through user perception surveys and measurements of temperature, relative humidity, PM10, PM2.5, CO₂, CO, and HCHO in classrooms of a higher education institution. The surveys showed that the primary complaint was the high temperature of the place, which ranged between 19.9 and 29 °C. Relative humidity ranged between 64.3 and 93 %, exceeding the suggested range (30-60%). The maximum concentration of PM10 (41 µg/m³) did not exceed the limit established by the ASHRAE (50 µg/m³), while the maximum concentration of PM2.5 (21 µg/m³) surpassed the suggested limit (15 µg/m³). The concentrations of CO₂ (998 ppm), CO (21 ppm), and HCHO (0.04 mg/m³) were consistently lower than the limits stipulated by different regulators.

Keywords: Indoor air quality, symptoms, particulate matter, carbon monoxide, carbon dioxide.

Introducción

En los últimos años, los estudios sobre contaminación del aire de interiores (CAI) han comenzado a recibir atención tanto en la sociedad como en la comunidad científica, especialmente porque la calidad del aire en áreas de estudio o de trabajo tiene efectos adversos no solo en la salud, sino también en la memoria, la concentración y la comodidad (Argunhan y Avci, 2018). De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS), las personas que viven en zonas urbanas pasan gran parte de su tiempo (~90%) en recintos cerrados,

por lo cual, los niveles de concentración de contaminantes en estas zonas son un factor determinante para la salud y el bienestar (WHO, 2006). De hecho, algunos estudios han demostrado que los niveles de contaminantes en el interior son a menudo mucho más altos que los encontrados típicamente en el exterior. A nivel mundial, se calculó que de los 56,4 millones de defunciones registradas para el 2016, el 12,3% fueron causadas por la enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC), cáncer de pulmón, tráquea o bronquios, e infecciones (transmisibles) de las vías respiratorias (WHO, 2000).

Asimismo, la OMS en el 2018 reportó que más del 50% de las muertes por neumonía en niños (< 5 años) fueron causadas por partículas inhaladas en espacios cerrados (OMS, 2018). En Colombia, por ejemplo, estas enfermedades están incluidas dentro de las diez principales causas de muerte, cobrando aproximadamente 26268 vidas al año (defunciones ocurridas entre el 1° de enero y el 31 de diciembre del 2019) (DANE, 2020).

El aire limpio dentro de espacios cerrados, en los cuales las personas pasan gran parte de su vida, es un determinante esencial de una vida sana. El material particulado y las sustancias peligrosas emitidas, ya sea por actividades humanas en el interior de los edificios o por el transporte de los contaminantes desde el exterior, ha empezado a evidenciar en la población, tanto problemas de salud como dificultades en la percepción de un ambiente confortable de estudio o trabajo (Penney *et al.*, 2010). A nivel nacional, existen pocas investigaciones que evidencien las condiciones ambientales de lugares cerrados con actividades no industriales. Una primera aproximación al mejoramiento de la calidad de vida estaría direccionada a impulsar estrategias para reducir el riesgo y la inconformidad (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, 2015; Kirchner *et al.*, 2002).

El Síndrome del Edificio Enfermo (SEE) es el conjunto de enfermedades originadas o estimuladas por la contaminación del aire en lugares cerrados, que produce, al menos, 20% en los ocupantes, síntomas tales como sequedad e irritación de las vías respiratorias, irritación de piel, ojos, nariz y garganta, eritemas, dolor de cabeza, fatiga mental, alergias, resfriados persistentes e hipersensibilidades inespecíficas, sin que sus causas estén perfectamente definidas. Es característico que los síntomas desaparezcan al abandonar el lugar (Mentese *et al.*, 2020; Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales España, 2003).

Esta investigación tiene como objetivo indagar la CAI en un aula de clase mediante encuestas y mediciones *in situ* de temperatura, humedad relativa, PM10, PM2.5, CO2, CO y formaldehído. Asimismo, se exponen las sensaciones y síntomas perceptibles por los usuarios del espacio, y la relación de los mismos con los parámetros de confort y calidad del aire.

Materiales y métodos

Este estudio se realizó en un aula de clase ubicada en el cuarto piso de un edificio con 18 años de antigüedad, localizado en una institución de educación superior de

la ciudad de Bucaramanga, Colombia. El aula posee un área de 15 m², una puerta de madera, una ventana de vidrio de 7,5 m², tres lámparas de luz fluorescente de 2 m de largo, un escritorio de madera y aproximadamente 22 sillas de tubería redonda y polipropileno. En cuanto a la ventilación, el aula no cuenta con ventiladores o sistema de aire acondicionado.

Con el fin de evaluar la percepción de la calidad del aire interior y los síntomas experimentados por los usuarios del aula, se realizó una encuesta de confort a 40 personas durante una semana. El cuestionario incluyó diez preguntas que abarcaron información general sobre el tiempo de permanencia en espacios cerrados y conocimientos sobre fuentes de contaminación, además de la percepción de la calidad del aire, confort, y aparición de síntomas cuando se encontraban dentro del lugar bajo estudio (Bright *et al.*, 1992). La cuantificación de los niveles de percepción para las condiciones de confort se hizo con un modelo de respuesta de “muy desagradable”, “desagradable”, “agradable” y “muy agradable”. En el caso de la frecuencia con la cual se experimentaron las sensaciones de confort, se utilizó una escala de “nunca”, “algunas veces”, “frecuentemente” y “siempre”.

El monitoreo de la calidad del aire interior se llevó a cabo durante cinco días,

en la franja horaria de 8:00 a.m. a 12:00 m., tiempo en el cual el aula se encontraba ocupada según la programación de clases. La ocupación cambió cada dos horas, teniendo en cuenta el sistema de enseñanza con clases de dos horas de duración. Los parámetros físicos y químicos evaluados fueron temperatura, humedad relativa, PM2.5, PM10, dióxido de carbono (CO₂), monóxido de carbono (CO) y formaldehído (HCHO). Un contador de partículas portátil PCE-RCM11 (PCE Instruments) se utilizó para la medición ambiental orientativa/detección de temperatura (resolución 0,1 °C), humedad relativa (0,1 % rH), partículas PM2.5 y PM10 (resolución 1 µg/m³), CO₂ (resolución 1 ppm) y HCHO (resolución 0,01 mg/m³). La concentración de CO se determinó usando un medidor de monóxido de carbono modelo CO10 (Extech Instrument), resolución 1 ppm (Extech Instruments, 2020). Los equipos de medición se ubicaron en el centro del aula, colocados en una superficie fija a 1 m sobre el nivel del piso. Todos los datos se recolectaron cada 5 minutos durante 4 horas.

Resultados y discusión

El estilo de vida de la población que habita en zonas urbanas conduce a que las personas pasen gran parte de su tiempo en

espacios cerrados. De acuerdo con los resultados de este estudio, el 60% del grupo poblacional encuestado pasa entre 7 y 10 horas en diferentes lugares cerrados de la institución educativa, entre ellos, aulas de clase, bibliotecas, cafeterías, oficinas, entre otros (véase Apéndice A). Estas cifras exponen la importancia entre la calidad del aire interior (CAI) y la salud y el bienestar de los ocupantes (SCHER, 2007). La figura 1(a) muestra las sensaciones experimentadas por los ocupantes del aula bajo estudio, respecto a algunos factores que influyen en la CAI, a través de respuestas de agrado o desagrado. Los problemas ambientales que mostraron mayor desagrado fueron la temperatura, el ruido y la ventilación. Para estos parámetros, el 76% de los encuestados manifestaron

una sensación térmica muy desagradable (45%) o desagradable (31%), debido a una alta temperatura. Respecto al ruido, el 54% de la población encuestada manifestó una sensación de desagrado, por exceso de ruido proveniente del exterior. Además, la ventilación insuficiente fue el problema ambiental que mostró mayores molestias o inconformidades (77%). Otros parámetros como la humedad y la presencia de polvo o suciedad presentaron una distribución similar respecto a las sensaciones de desagrado y agrado. Por ejemplo, para la humedad, el 42% de la población manifestó desagrado, mientras que el 38% la percibió agradable. Finalmente, la iluminación del espacio se experimentó como agradable (58%) o muy agradable (17%).

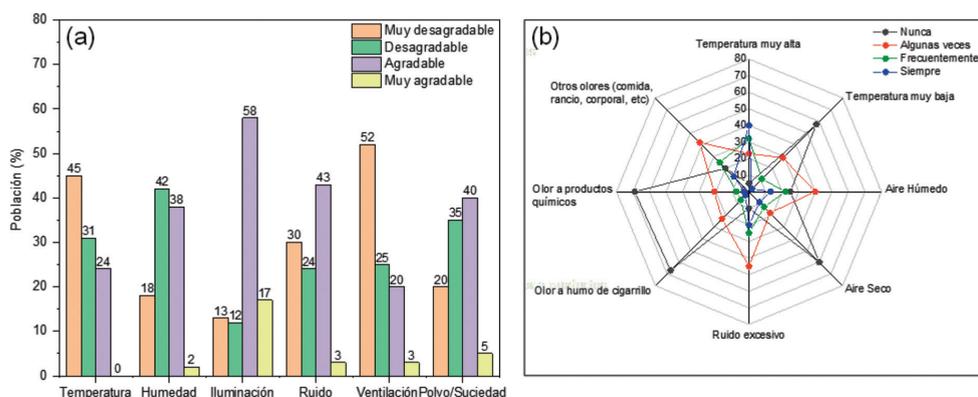


Figura 1. (a) Sensaciones experimentadas por los ocupantes (agradabilidad) y (b) Frecuencia de percepción de parámetros ambientales

Con el propósito de complementar las respuestas de los encuestados respecto a la calidad del aire dentro del aula, se evaluó la frecuencia con la que los ocupantes percibieron diferentes sensaciones de confort dentro del espacio. Como se muestra en la figura 1(b), la sensación experimentada con mayor frecuencia por la mayoría de los ocupantes fue la temperatura alta, donde el 40% de la población siempre sintió un ambiente caluroso, debido principalmente a la falta de ventilación artificial o presencia de corriente de aire natural. Otros parámetros como la sensación de aire húmedo, el ruido excesivo y la presencia de olores fueron percibidos solo algunas veces dentro del aula de clase. Por otra parte, los ocupantes nunca detectaron olor a humo de cigarrillo (67%) o productos químicos (69%). Asimismo, se consultaron algunos síntomas comunes en personas que trabajan o estudian bajo una rutina establecida. Como resultado, las personas asociaron la aparición de síntomas como dolor de cabeza (55%) y rinitis, estornudos o secreciones nasales (50%) con la excesiva permanencia y desarrollo de actividades en espacios confinados (véase Apéndice B).

Como se observa en la figura 2(a), la temperatura interior osciló entre 19,9°C y 29°C, con un valor promedio de

26,1°C, el cual está por encima del rango estándar (20°C a 25°C) especificado para espacios cerrados por la American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE) (ASHRAE, 2020). La ANSI/ASHRAE Standard 55 relaciona la temperatura en edificios condicionados naturalmente con la media mensual de la temperatura exterior. Esta relación está dada por medio de la ecuación (1) para la temperatura de confort (T_{conf}), donde T_{om} es la temperatura media mensual al aire exterior (CIBSE, 2013).

$$T_{conf} = 0,31 T_{om} + 17,8 \quad (1)$$

Teniendo en cuenta la temperatura promedio mensual de Bucaramanga durante octubre del 2019 (mes en el cual se realizó el estudio), la cual fue de 21,2°C (Ideam, 2019), la temperatura de confort sugerida para el aula fue de 24,4°C. En consecuencia, para evitar la sensación calurosa manifestada por los ocupantes, es recomendable la adición de un sistema de ventilación artificial eficiente que permita disminuir la temperatura del lugar y alcanzar la temperatura de confort recomendada. Con respecto a la humedad relativa (véase Apéndice C), esta fluctuó entre 65% y 93% a medida que transcurrió la jornada de la mañana, con un valor promedio semanal de 76,5%. De modo

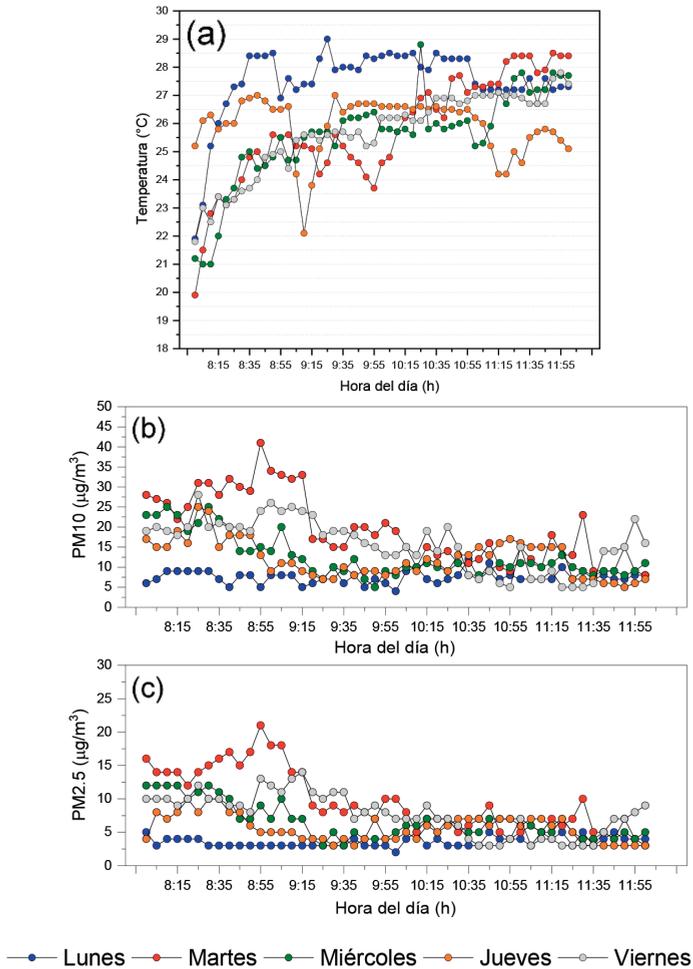


Figura 2. (a) Variación de la temperatura, (b) Variación de la concentración de PM10 y (c) Variación de la concentración de PM2.5 en el aula

que los valores resultantes para el aula excedieron los estándares Ashrae, los cuales refieren un rango de 30% a 60%. En este caso, es importante controlar la humedad relativa, para minimizar el crecimiento de organismos alergénicos o patógenos (ANSI/Ashrae, 2019).

La concentración de material particulado PM10 (figura 2b) presentó un valor promedio semanal de 13,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Por otra parte, la concentración de PM2.5 (figuras 2c) mostró un valor promedio de 6,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. El día martes entre las 8:25 y las 9:15 a.m. ambos contaminantes

presentaron valores elevados, de 30 a 41 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para PM10 y de 15 a 21 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para PM2.5. Durante los días bajo estudio, las concentraciones medidas de material particulado PM10 no superaron el límite establecido por la Ashrae de 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Por otra parte, en algunos periodos del día martes las concentraciones de PM2.5 sobrepasaron el límite máximo sugerido de 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Ashrae, 2007).

La concentración de CO₂ es un indicador útil de insuficiencia de aire fresco, para el cual la Ashrae sugiere un valor máximo de 1000 ppm, aunque algunas investigaciones han expuesto que concentraciones por encima de 600 ppm generan efectos fisiológicos, lo que conduce a incomodidad e insatisfacción con el ambiente (Bright *et al.*, 1992). Por lo que se refiere a la concentración de CO₂ en el aula bajo estudio, esta presentó un valor promedio semanal de 451 ppm (véase Apéndice D), cumpliendo con los estándares de un espacio confortable. La figura 3 muestra que las concentraciones de CO₂ parecen estar influenciadas fuertemente por la ocupación humana (véase Apéndice D para los días lunes, martes y miércoles). Específicamente, el CO₂ empezó a acumularse cuando los ocupantes ingresaron al aula, y disminuyó notoriamente cuando el salón estuvo vacío o con un máximo de tres personas (Wu *et al.*, 2018).

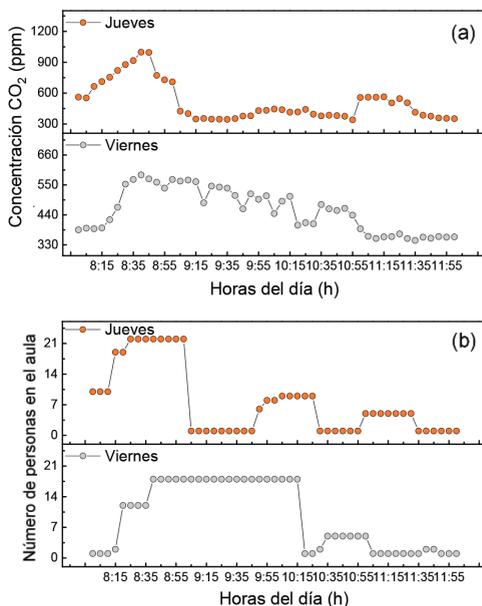


Figura 3. (a) Variación de la concentración de CO₂ y (b) Ocupación del aula para los días jueves y viernes

Por otra parte, se encontró que la concentración promedio de monóxido de carbono CO fue de 11,5 ppm durante el periodo estudiado (véase Apéndice E). Específicamente, los valores más altos (17 a 21 ppm) se presentaron el día lunes entre las 11:15 a.m. y las 12:00 m. Este comportamiento puntual se debió, posiblemente, al hecho de que durante este periodo se encendió una planta generadora de energía alimentada con combustible, ubicada en la parte exterior (primer piso) del edificio. No obstante, en ningún momento se superó el límite de exposición permisible actual

de la Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA, por sus siglas en inglés) de 50 ppm con un promedio ponderado de tiempo de 8 horas (TWA en inglés), o el límite de exposición recomendado por el Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH, por sus siglas en inglés) de 35 ppm (TWA 8 horas) (NIOSH, 1992; OSHA, 2020). Finalmente, la concentración de formaldehído HCHO siempre se mantuvo muy cercana a cero, presentando un máximo esporádico de 0,04 mg/m³ el día miércoles (véase Apéndice F). Este valor fue inferior al máximo permisible de 0,1 mg/m³ estipulado por la Ashrae (Ashrae, 2020).

Conclusiones

En este trabajo se evaluó la calidad del aire de interiores (CAI) en un aula de clase de una institución de educación superior de la ciudad de Bucaramanga. Las encuestas de percepción mostraron que los parámetros ambientales que generaron mayor desagrado en los ocupantes fueron la alta temperatura (entre 19,9°C y 29°C), el exceso de ruido proveniente del exterior y la falta de circulación de aire natural o ventilación artificial. La humedad relativa presentó un valor promedio semanal de 76,5%, el cual excedió los estándares Ashrae (entre 30% y 60%).

La concentración máxima de material particulado PM10 (41 µg/m³) no sobrepasó el límite establecido por la Ashrae (50 µg/m³). Mientras que para el material particulado PM2.5 se presentaron valores altos entre 16 y 21 µg/m³, los cuales superan el máximo sugerido de 15 µg/m³. La concentración de CO₂ fue notoriamente influenciada por la ocupación del espacio, presentando un valor promedio semanal de 451 ppm, el cual no superó el valor máximo de 1000 ppm indicado por la Ashrae. Por otra parte, las concentraciones de los gases CO y HCHO exhibieron esporádicamente algunos valores altos; sin embargo, dentro del rango de tiempo estudiado, las concentraciones de estos gases se encontraron siempre por debajo de los límites máximos mencionados por los diferentes organismos regulatorios (OSHA, NIOSH y Ashrae).

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Universidad Santo Tomás por la financiación realizada a través del proyecto de semilleros de investigación No. 01948263.

Referencias

ANSI/Ashrae. (2019). *Ventilation for acceptable indoor air quality*. Standard 62.1-2019.

- Argunhan, Z., & Avci, A. S. (2018). Statistical evaluation of indoor air quality parameters in classrooms of a university. *Advances in Meteorology*, 1, 1-10.
- Ashrae. (2007). ANSI/Ashrae. Standard 62.1-2007 - *Ventilation for acceptable indoor air quality*. American National Standard - ANSI 2007: 1-48.
- Ashrae. (2020). American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. <https://www.ashrae.org/technical-resources/standar>.
- Bright, D., Mader, M., Carpenter, D., & Hermon-Cruz, I. (1992). *Guide for indoor air quality surveys*. Armstrong Laboratory, Texas, Estados Unidos, 1-53.
- CIBSE. (2013). CIBSE TM52. The limits of thermal comfort: Avoiding overheating in european buildings. <https://www.cibse.org/Knowledge/knowledge-items/detail?id=a-0q2000000817f5AAC>.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2020). <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/salud/nacimientos-y-defunciones/defunciones-no-fetales/defunciones-no-fetales-2019>.
- Extech Instruments. (2020). *Manual de usuario*. <http://Www.Extech.Com.Es/Instruments/Product.Asp?Catid=7&prodid=15>
- Ideam. (2019). *Boletín Climatológico. Seguimiento mensual de la temperatura media*. <http://www.ideam.gov.co>
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. (2015). *Calidad de ambiente interior en oficinas*. <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/finchas de publicaciones/en catalogo/higiene/cai en oficinas.pdf>.
- Kirchner, S. et al. (2002). The french permanent survey on indoor air quality survey design in dwellings and schools. *Proceedings: Indoor Air*, 1, 449-454.
- Mentese, S. et al. (2020). A long-term multi-parametric monitoring study: Indoor Air Quality (IAQ) and the sources of the pollutants, prevalence of sick building syndrome (SBS) symptoms, and respiratory health indicators. *Atmospheric Pollution Research Journal Pre-proof*. <https://doi.org/10.1016/j.apr.2020.07.016>.
- Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales España. (2003). *NTP 289: Síndrome del edificio enfermo: factores de riesgo*. España. http://www.ugt-cat.net/subdominis/ajlleida/images/stories/documents/salutlaboral/lipoatrofia_semicircular/ntp_289_sindrome_del_edificio_enfermo_factores_de_riesgo.pdf.
- NIOSH. (1992). *Recommendations for occupational safety and health: Compendium of policy documents and statements*. Cincinnati, OH: U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, Centers for Disease Control and Prevention. Ohio, Estados Unidos.
- Organización Mundial de la Salud (OMS). (2018). *Contaminación del aire de interiores y salud*. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/household-air-pollution-and-health>.
- OSHA. (2020). Occupational Safety and Health Administration. <https://www.osha.gov/>

- Penney, D. *et al.* (2010). Guidelines for indoor air quality. *WHO guidelines*, 9, 454-460.
- SCHER. (2007). Scientific Committee on Health and Environmental. European Commission: Health & Consumer Protection Directorate – *General opinion on risk assessment on indoor air quality*. http://ec.europa.eu/health/ph_risk/risk_en.htm.
- WHO. (2006). *Development of WHO guidelines for indoor air quality - Report on a working group meeting*. World Health Organization Regional Office for Europe, 1-27. http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0007/78613/AIQIAQ_mt-grep_Bonn_Oct06.pdf.
- WHO. (2000). *Environmental science and pollution research air quality guidelines for Europe*. World Health Organization Regional Office for Europe, 1-68. <http://link.springer.com/10.1007/BF02986808>
<http://www.springerlink.com/index/10.1007/BF02986808>.
- Wu, Y., Lu, Y., & Chou, D-Ch. (2018). Indoor air quality investigation of a university library based on field measurement and questionnaire survey. *International Journal of Low-Carbon Technologies*, 13(2), 148-160.

Apéndice A

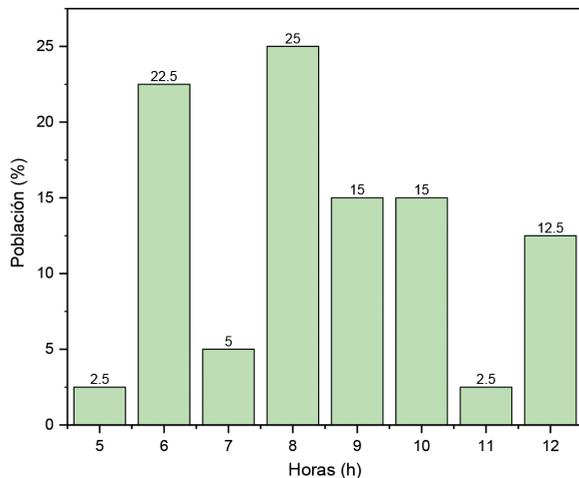


Figura A1. Tiempo de permanencia de los encuestados en lugares cerrados dentro de la universidad

Apéndice B

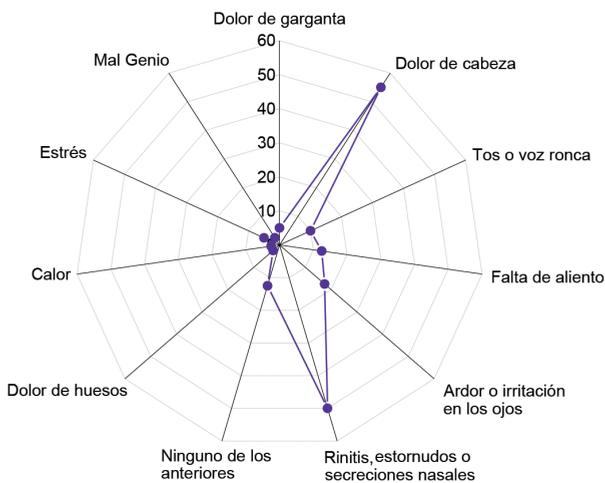


Figura B1. Síntomas experimentados por los ocupantes del aula

Apéndice C

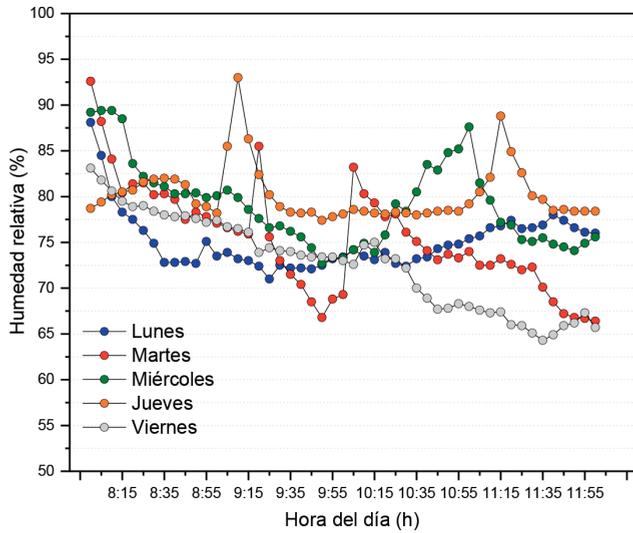


Figura C1. Variación de la humedad relativa

Apéndice D

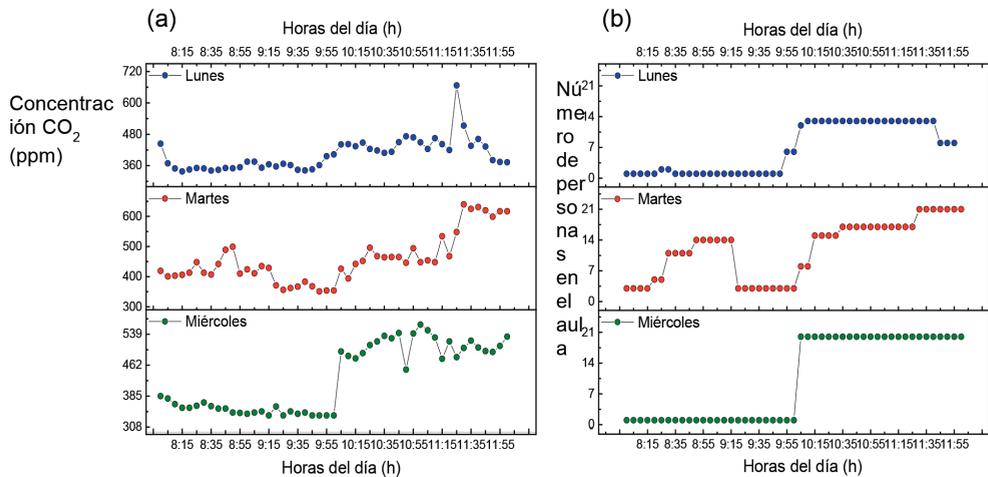


Figura D1. (a) Variación de la concentración de CO_2 y (b) Ocupación del aula para los días lunes a miércoles

Apéndice E

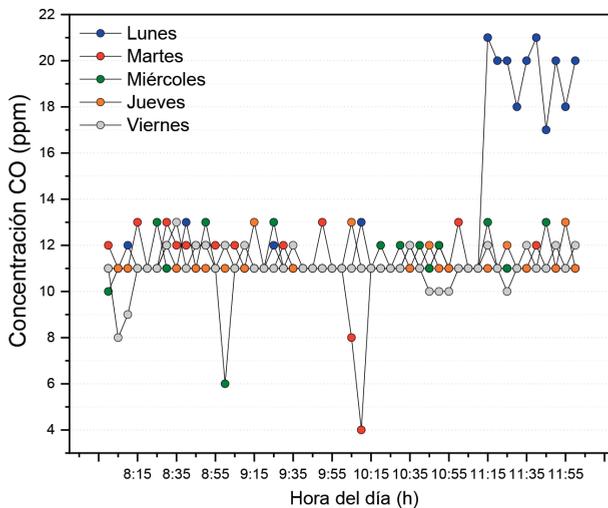


Figura E1. Variación de la concentración de CO

Apéndice F

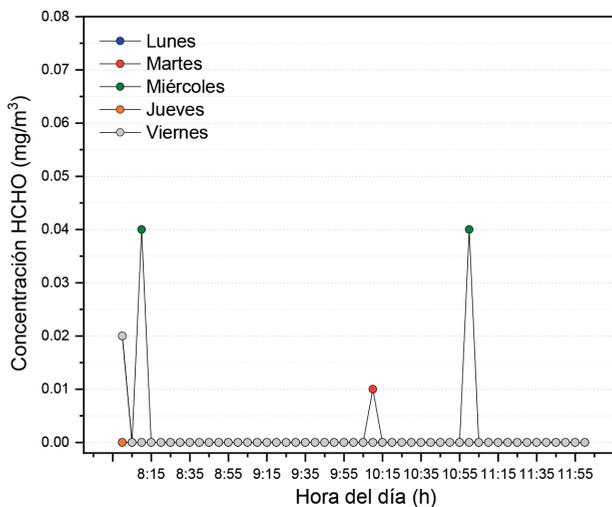


Figura F1. Variación de la concentración de HCHO

Análisis del nivel de articulación de la Política Nacional de Gestión Ambiental Urbana en la planificación territorial de Valledupar, Cesar - Colombia

Analysis of the Level of Coordination between the National Urban Environmental Management Policy and Territorial Planning in Valledupar, Cesar, Colombia

Yeeny Lozano Lázaro¹, Sandy Milena Pinto Robles¹, Sergio Andrés Mendoza Tafur¹, Gustavo Adolfo Valderrama Rojas¹

Resumen

La creciente migración de la población hacia zonas urbanas ha generado un crecimiento significativo de los procesos de urbanización, los cuales no son ajenos a las dinámicas sociales en el manejo de los recursos naturales; por ello, la gestión ambiental urbana entra como organismo de mitigación y prevención de los impactos negativos generados por el aumento de la población y con ella su presión sobre el territorio, gestión que debe estar enmarcada dentro de referentes normativos, que en el caso colombiano, es la Política Nacional de Gestión Ambiental Urbana. Por esta razón, se plantea la necesidad de analizar su nivel de articulación con el instrumento de planificación del desarrollo territorial en específico el Plan de Desarrollo Municipal de la ciudad de Valledupar, Colombia; donde se evidencia la incipiente incorporación de la política dentro de los mencionados planes en los últimos años. Se espera con este escrito conformar las bases referenciales para futuros procesos de planificación e investigación urbana.

¹ Maestría en Gestión Ambiental, Fundación Universitaria del Área Andina, sede Valledupar. Correo: ylozano19@estudiantes.areandina.edu.co

Palabras clave: ambiente urbano, gestión ambiental, urbanismo, sostenibilidad ambiental.

Abstract

The growing migration of the population to urban areas has significantly increased urbanization processes, which are not alien to the social dynamics of natural resource management. Urban environmental management acts as an agency to mitigate and prevent the adverse impacts caused by the growing population and its pressure on the territory. This management must be delimited by regulatory references, that is, the National Urban Environmental Management Policy (PNGAU, for its acronym in Spanish). Therefore, we analyzed its level of coordination with the territorial development planning instrument, precisely the municipal development plan of Valledupar, Colombia, noting the incipient incorporation of the policy in planning in recent years. This paper is expected to provide the referential bases for future urban planning and research processes.

Keywords: Urban environment, environmental management, urban planning, environmental sustainability.

Introducción

La sociedad actual vive en un mundo globalizado, en el cual el urbanismo se ha convertido en un fenómeno que se ha desarrollado de manera exponencial y continuo, creando ciudades insostenibles, caóticas, dispersas, congestionadas (Bernal, 2008), donde prevalece un consumo desenfrenado impulsado por el factor económico que genera divergencias sociales, económicas y un desequilibrio

ecológico que ponen en riesgo elementos vitales para el desarrollo de los seres humanos (Medina y Cárdenas, 2010).

Se evidencia una tendencia en el crecimiento poblacional urbano producto de la recepción y expulsión de las zonas rurales (Foladori, 2001). La tendencia de concentrarse la población en la ciudad, conlleva una serie de desafíos sociales, económicos y ambientales que se hacen más evidentes en las agendas gubernamentales.

mentales de los territorios locales con influencia directa en las dinámicas regionales (Moreno, 2008). Las causas de los problemas ambientales urbanos, en la actualidad, son muy diversas y dependen de la ubicación geográfica de los territorios, de los tipos de actividades económicas a desarrollar, y el aumento de población; este último se ha visto intensificado por la constante migración de ciudadanos venezolanos, representando un crecimiento poblacional no previsto en los territorios. Los gobernantes elegidos deben dar soluciones mediante la creación y puesta en marcha de políticas públicas y aplicación de la normativa legal vigente, que permitan entender al medio ambiente como un sistema holístico en donde convergen todos los demás aspectos (Calderón, 2013). El óptimo funcionamiento de este sistema traerá consigo la producción de bienes públicos y de normas que regulen y promuevan la producción y distribución equitativa de la riqueza en las regiones, ciudades sostenibles, desarrollo rural integral y evitará la concentración de la actividad económica en las zonas y se pueda ir contrarrestando la pobreza y desigualdad (Vásquez y Navarrete, 2014).

Si bien no se identifican estudios profundos sobre la problemática ambiental del sector urbano de la ciudad de

Valledupar, diferentes medios de comunicación reconocen que existe una afectación importante de las fuentes hídricas principales por vertimientos y residuos sólidos en el río Guatapurí (Barriga, 2019; Pérez, 2018), y zonas residenciales en humedales (Mora, 2018), la disposición de residuos sólidos sobre espacios públicos, la evidente necesidad de la ubicación de una escombrera municipal (Baute, 2020; Daza, 2019). Todos estos problemas son consistentes con la falta de educación ambiental en la comunidad. Para la solución de problemas asociados a los procesos de urbanización, se necesitan establecer criterios de desarrollo para las ciudades; por ello, la inadecuada planificación de los territorios trae consigo problemas en la gestión de los aspectos ambientales.

Considerando la concentración de población en las zonas urbanas, las problemáticas ambientales y el actual desequilibrio ecológico, se plantea la necesidad de crear e implementar normas tendientes a organizar las urbes para un óptimo desarrollo de la gestión ambiental, políticas que deben ser analizadas para evaluar su impacto; por ello, se plantea la siguiente pregunta de investigación: ¿cómo se articula la política nacional de gestión ambiental urbana con los planes de desarrollo municipal

y plan de gobierno actual de Valledupar, Cesar? Por consiguiente, el objetivo de este apartado es desarrollar una revisión y discusión de la incorporación de la Gestión Ambiental Urbana (GAU) en el territorio, en particular del municipio de Valledupar; por esta razón, es necesario realizar la identificación y recopilación de información que permita en un segundo momento analizar y evaluar la forma en que se han incluido dichas estrategias y lineamientos establecidos por la política en la formulación y cumplimiento de los últimos dos planes de desarrollo del municipio y el plan de gobierno actual (2020).

Gracias a la incorporación de la dimensión ambiental en los temas urbanos, se les ha dado la prevalencia e importancia a las problemáticas ambientales; por ende, esta incorporación busca el equilibrio urbano-rural (Brand, 2001). Asimismo, la expedición de las distintas normas relacionadas con esta protección y equilibrio se han dado paso en la planificación y manejo del territorio y de los recursos naturales renovables (Contel y Llobell, 2007). Es por ello por lo que desde los territorios debe abordarse la gestión ambiental urbana con una mirada regional, se deben entender las relaciones existentes e inherentes de los centros urbanos con la región circundante y bajo una aproximación integral en sus

relaciones sistémicas con los diferentes elementos o factores que inciden y repercuten en la calidad ambiental urbana (Hernández, 2009).

Lo anteriormente mencionado, asegura una gestión ambiental urbana efectiva toda vez que exista una articulación entre la normatividad de gestión ambiental urbana y los planes de desarrollo municipal. Por lo cual, es necesario realizar un análisis que permita conocer y evaluar la situación actual del grado de incorporación de la Política Nacional de Gestión Ambiental Urbana (PNGAU) en las ciudades, y que, a su vez, les permita a las autoridades competentes o a la academia tomar decisiones acertadas de planificación o investigación, respectivamente. Este escrito no resuelve grandes inquietudes, pero aporta una base para futuras investigaciones en el tema.

Metodología

Como se ha indicado, el objetivo de este estudio es analizar el nivel de articulación de la PNGAU con la planificación territorial de la ciudad de Valledupar, mediante la revisión conceptual y teórica de las políticas de gestión ambiental urbana y su implementación; cuya metodología aplicada se realizó a partir de una revisión sistemática de do-

cumentos relacionados con el medio ambiente urbano, la calidad de vida, la gestión ambiental urbana y la sostenibilidad en las ciudades, enfocando la búsqueda de información con la problemática ambiental urbana que se presenta en la ciudad de Valledupar, que permitió llevar a cabo el análisis de la articulación de la PNGAU en los planes de desarrollo municipal (PDM) analizados y plan de gobierno actual, y el desarrollo en general del componente ambiental en la ciudad.

Identificación y recopilación de información

Establecer las necesidades de información fue el primer paso para elaborar el presente artículo, necesidades derivadas de la profundidad del análisis y los objetivos propuestos para esta revisión. Donde se encontró que el documento marco y estructurante para analizar la gestión de los problemas ambientales urbanos es la PNGAU, construida en el 2008 como marco normativo rector del tema; su construcción necesitó el trabajo articulado entre las autoridades ambientales de los diferentes niveles de gobierno.

Esta recopilación permitió identificar a los PDM como los documentos para analizar en profundidad, dado que orientan las acciones de las adminis-

traciones departamentales, distritales y municipales durante un periodo de gobierno, reconociéndose la visión, ejes estratégicos, planes, programas y proyectos a desarrollar en los siguientes cuatro años.

Organización de la información

Las fases para la discusión y análisis de la información se efectuaron teniendo en cuenta los objetivos planteados en la PNGAU, lo cual marca la ruta que deben seguir los gobernantes y en este escrito los criterios para analizar. En un primer paso se identificó la incorporación de la PNGAU dentro del marco referencial para la elaboración de los planes de desarrollo o gobierno, posteriormente se analizó la articulación de los objetivos planteados en la PNGAU en cada uno de los documentos en estudio y de manera transversal se discutió la incorporación de la gestión ambiental urbana en la ciudad.

Análisis y discusión

El levantamiento de la línea base del estado actual de los sistemas estructurantes ambientales de las ciudades, es la herramienta que permite diseñar, implementar, seguir y evaluar la implementación de la política (Soto, 2015). Sin embargo, en los PDM analizados

no se observa una descripción de una línea base natural, lo que evidencia que la GAU en las administraciones de la ciudad no cuenta con un mecanismo que facilite la toma de decisión, no se identifica explícitamente el apoyo a la autoridad ambiental en el levantamiento de la información; esto en consecuencia a la posible desarticulación entre el ente territorial y la autoridad ambiental que permita un mayor conocimiento de aspectos ambientales de la ciudad, así como la apropiación de los instrumentos de planificación y mecanismos de participación.

Los PDM analizados enfocan sus esfuerzos institucionales y económicos en la preservación, recuperación y protección de cuerpos hídricos. Cada PDM incluye estrategias diferentes para la conservación de las fuentes hídricas de la ciudad. En el 2012-2015 los esfuerzos convergen en diseñar planes y proyectos de manejo, recuperación y de aprovechamiento de las fuentes hídricas; para el 2016, se plantean objetivos particulares y sin cohesión para la recuperación de las zonas estratégicas. El actual plan de gobierno busca no solo plantear una continuidad de los procesos anteriores, sino también elevarlos a un estado superior al proponerse como meta la construcción de una política pública de protección de cuerpos hídricos. Se esperaría

que los problemas de contaminación del aire por fuentes puntuales o por vehículos viejos en circulación, mal manejo de residuos sólidos y la degradación de suelos (Ramírez, 2015) sean tratados de manera equitativa e integral.

Uno de los componentes más importantes dentro de la PNGAU es la gestión del riesgo, el cual toma significancia en el 2016, donde se plantean metas encaminadas a reforzar la estructura de gestión y prevención de desastres; incluso, advierte de una modificación de la estructura organizacional del municipio con la creación de la Oficina de Gestión de Riesgo. Las estrategias realizadas en las diferentes administraciones de la ciudad no llevan una continuidad en los últimos dos PDM; el del 2012 se encaminó en la creación de un mapa de riesgo, plan de alertas temprana y actualización del plan de emergencia local, y el plan de gobierno actual no contempla la inclusión de la gestión de riesgo ambiental.

En la ciudad objeto de análisis, es la falta de una escombrera una de las principales preocupaciones para la administración municipal, pero en la comparación en desarrollo se evidencia que no se ha logrado aunar esfuerzos y contribuir con su solución. Ambos planes de desarrollo —2012 y 2016— fijan la meta

de la construcción del equipamiento de disposición de residuos, lo que enaltece su importancia como un problema que afecta gravemente el bienestar de los valduparenses. Las emisiones atmosféricas y los vertimientos no son resaltados de manera significativa. Por la simplicidad del plan de gobierno no se logra detallar cuáles son las metas orientadas a la gestión de los aspectos ambientales de la ciudad. Asimismo, las áreas estratégicas de conservación no es un aspecto relevante de los PDM, pues no se establecen metas para el control de las dinámicas de expansión de la ciudad; sin embargo, desde el 2012 se contempla el rediseño y actualización del plan de ordenamiento territorial en el cual deben tenerse en cuenta las zonas de conservación y la expansión que tiene la ciudad. Es prudente y oportuno resaltar que esta evaluación necesita realizarse en conjunto con el plan de ordenamiento municipal, para reconocer cuáles son los lineamientos de ordenanza que deben ser acatados por los mandatarios.

Por último, pero no menos importante, están los objetivos que le apuntan al desarrollo y ejecución de procesos efectivos de educación ambiental como un instrumento interdisciplinario e interinstitucional. Este enfoque se recono-

ce mediante la identificación de metas orientadas a ello a lo largo de los planes de desarrollo, en algunos casos como acciones sueltas que recurren a los típicos escenarios de campañas de educación ambiental sin objetivos aparentes.

En contradicción a lo referido en todos los apartes anteriores, tal como lo menciona Bonet y Ricciulli (2019), la ciudad ha logrado tener una planeación urbanística sólida y organizada en relación con otras ciudades, porque su tendencia en la planeación urbanística ha sido a largo plazo en el diseño e implementación de las estrategias de desarrollo urbano, teniendo una continuidad aparente de procesos, pero en los cuales no se ve una acentuada articulación con los problemas ambientales de la ciudad. Sin embargo, la dificultad de establecer un juicio positivo o negativo de la urbanización, trasciende más allá de este análisis comparativo entre los planes de desarrollo frente a la PNGAU, donde si bien se evidencia un déficit, al no cumplir estrictamente con lo que ella plantea, pero sí se apunta a la solución de problemas que han estado presentes en la comunidad desde hace mucho tiempo y que forman parte, como el río Guatapurí, del fortalecimiento económico y cultural de la ciudad.

Asimismo, el análisis ambiental urbano debe plantearse desde un análisis interdisciplinario donde se conjuguen los distintos saberes, manteniendo una comunicación asertiva y acciones conjuntas, buscando una construcción conceptual y metodológica en las diversas disciplinas que integran el conocimiento de los asentamientos humanos (Maya y Velásquez, 2008).

Conclusiones

Acceder a documentos que estructuran la planificación territorial no presenta dificultades significativas, puesto que esta información debe ser pública, tal como lo conoce la normatividad vigente. Sin embargo, el mayor reto es encontrar información que permita hacer un acercamiento a los problemas ambientales asociados a los procesos de urbanización de la ciudad de Valledupar, información que posibilita la identificación y recopilación de datos recientes, objetivos y veraces; importantes fuentes de investigación tienen restricciones de acceso, tales como los repositorios de universidades o demás centros académicos con incidencia en la zona, por ello se delimitan los marcos referenciales con información disponible insuficiente y de baja calidad.

Por su parte, el análisis demostró que los PDM tiene metas muy ambiguas, lo

cual no facilita la ejecución de las mismas o dejan a la libre interpretación. Un ejemplo extractado es “disminuir en 0,2 las toneladas de CO₂ equivalente emitidas en nuestro territorio”; sin embargo, no se reconocen de cuáles fuentes emisoras y cómo se plantea su consecución. Ninguno apunta a la formulación, adopción y apropiación de estrategias de ocupación y uso del suelo de manera explícita.

La falta de vinculación que existe entre la PNGAU y las diferentes administraciones que ha tenido la ciudad es algo muy notable, e incluso, las normas nacionales utilizadas como referencia para la creación de los PDM no consideran esta normatividad, aunque se generen procesos que maximicen el bienestar de la comunidad no son continuados, agravando la situación con el paso del tiempo y evitando que se solucione efectivamente.

Referencias

- Barriga, M. (25 agosto, 2019). *Inadecuada disposición de residuos sólidos en El Rincón*. El Pílon. <https://elpilon.com.co/>
- Baute, N. (19 febrero, 2020). *Valledupar continúa sin resolver problema de escombros*. El Pílon. <https://elpilon.com.co/>
- Bernal, D. (2008). Ciudad y globalización. Las consecuencias de la estandarización de lo local City. *Derecho y Realidad*, 11, 10.

- Bonet Morón, J. y Ricciulli Marín, D. (2019). *Planificación urbana en América Latina: el caso de Valledupar (Colombia)*. <https://www.banrep.gov.co/es/planificacion-urbana-america-latina-el-caso-valledupar-colombia>
- Brand, P. C. (2001). *La construcción ambiental del bienestar urbano. Caso de Medellín, Colombia*. Economía, Sociedad y Territorio. <https://doi.org/10.22136/est002001363>.
- Calderón Contreras, R. (2013). Ecología política: hacia un mejor entendimiento de los problemas socioterritoriales. [Political ecology: Towards a better understanding of socio-territorial problems]. *Economía, Sociedad y Territorio*, 42(42), 561-569.
- Contel Ballesteros, J. y Llobell López, A. (2007). El urbanismo saludable. *Revista de Salud Ambiental*, 7(7), 215-220.
- Daza, D. (23 diciembre, 2019). *La escombrera de Valledupar, ¿por qué no se construyó?* El Pilón. <https://elpilon.com.co/>
- Díaz Álvarez, C. J. (2014). Metabolismo urbano: herramienta para la sustentabilidad de las ciudades. *Interdisciplina*, 2(2), 51-70. <https://doi.org/10.22201/ceich.24485705e.2014.2.46524>
- Foladori, G. (2001). Los problemas ambientales urbanos y sus causas. *Revista Paranaense de Desenvolvimento*, (100), 69-78.
- Hernández, A. (2009). Calidad de vida y medio ambiente urbano. Indicadores locales de sostenibilidad y calidad de vida urbana. *Revista Invi*, 24(65), 79-111.
- Maya, A. Á. y Velásquez Barrero, L. (2008). El medio ambiente urbano. *Gestión y Ambiente*, 11(1), 7-20.
- Medina, P. A., & Cárdenas, D. C. B. (2010). Urban environmental sustainability in Colombia. *Bitácora Urbano Territorial*, 17(2), 73-93.
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2008). Política de Gestión Ambiental Urbana. En: *Más allá de la seguridad democrática: agenda hacia nuevos horizontes*.
- Mora, I. (18 octubre, 2018). *Humedal 'El Cerrito' en posible riesgo ambiental*. RPT. <https://www.rptnoticias.com/>
- Moreno, M. (2008). La gestión ambiental urbana. El caso de la contaminación atmosférica en Bogotá. *Revista Escuela de Administración de Negocios*, (62), 29-39.
- Pérez, D. (2018). *Posicionamiento de Valledupar como principal destino turístico en Colombia* (tesis de pregrado). Universidad del Magdalena, Santa Marta, Colombia.
- Ramírez Hernández, O. (2015). Identificación de problemáticas ambientales en Colombia a partir de la percepción social de estudiantes universitarios localizados en diferentes zonas del país. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 31(3), 293-310.
- Soto Cortés, J. (2015). El crecimiento urbano de las ciudades: enfoques desarrollista, autoritario, neoliberal y sustentable. *Paradigma Económico*, 7(1), 127-149.
- Vásquez Avellaneda, D. y Navarrete Peñuela, M. (2014). *La gobernabilidad local en el contexto de la nueva gestión pública: requisito para la gestión ambiental urbana*. <https://revistasojs.ucaldas.edu.co/index.php/lunazul/article/view/1760/1676>

La restauración ambiental de ecosistemas deforestados por cultivos ilícitos, el nuevo desafío del Ejército Nacional

Environmental Restoration of Ecosystems Deforested by Illegal Crops, the New Challenge for the National Army

Juliana Jiménez Velandia¹, Lonis Alberto Vega Delgado¹

Resumen

Durante los últimos años, el incremento de los cultivos ilícitos y la disputa por el control, uso y aprovechamiento de los recursos naturales han sido el escenario en el que se viene desarrollando el conflicto armado en el país; lo anterior, sumado a las acciones terroristas de grupos al margen de la ley, han desencadenado una problemática socioambiental profunda que ha contribuido con la deforestación, la degradación de ecosistemas naturales y el incremento de problemáticas asociadas a la violencia y el narcotráfico. En esta perspectiva, el presente artículo pretende evaluar y analizar los principales desafíos que en el marco del posconflicto debe asumir el Ejército Nacional, para contribuir en los procesos de recuperación y restauración ambiental de territorios deforestados por cultivos ilícitos. Por esta razón, se ha establecido como zona de observación el área del Catatumbo - Norte de Santander, en donde mediante la revisión bibliográfica de artículos de investigación, informes nacionales e internacionales de monitoreo, seguimiento y evaluación de cultivos de coca en Colombia por entidades gubernamentales y no gubernamentales, se identificaron las principales estrategias a adoptar para la rehabilitación ecológica de territorios disturbados. De acuerdo con lo anterior, se concluyó que dentro de las principales estrategias

¹ Especialización Gestión Ambiental y Desarrollo Comunitario, Centro de Educación Militar - CEMIL, Bogotá.
Correo: julianajimenez112@gmail.com

que se establecieron se incluyen: la protección del medio ambiente a través del desarrollo de actividades de reforestación y recuperación de servicios ecosistémicos, las actividades de defensa y soberanía del territorio mediante el acompañamiento y despliegue de tropas, así como el desarrollo de operaciones militares enfocadas exclusivamente a la rehabilitación y restauración ambiental.

Palabras clave: cultivos ilícitos, deforestación, gestión socioambiental, recuperación ambiental, posconflicto.

Abstract

Recently, the increase in illicit crops and the dispute over the control, use, and exploitation of natural resources have been the setting for the country's armed conflict. Added to terrorist actions by subversive groups, this situation has unleashed a severe socio-environmental problem that has aggravated deforestation, the degradation of natural ecosystems, violence, and drug trafficking. From this perspective, this article aims to assess and discuss the significant challenges that the National Army must take on in the post-conflict context to help in the environmental recovery and restoration of territories deforested by illicit crops. Catatumbo, Norte de Santander, was established as the area of observation. We identified the main strategies for the ecological rehabilitation of disturbed territories through a literature review of research articles and national and international reports on the monitoring, follow-up, and assessment of coca crops in Colombia by governmental and non-governmental organizations. In brief, these strategies include the protection of the environment through reforestation and recovery of eco-systemic services, defense and sovereignty of the territory by troop support and deployment, and military operations focused only on environmental rehabilitation and restoration.

Keywords: Illicit crops, deforestation, socio-environmental management, environmental recovery, post-conflict.

Introducción

En Colombia, la disputa por el aprovechamiento de los recursos naturales ha sido uno de los principales motivos del conflicto que se ha desencadenado desde hace más de cincuenta años por grupos al margen de la ley, siendo este una causa importante del deterioro ambiental, el desplazamiento humano y la explotación descontrolada de los recursos naturales como consecuencia de actividades ilícitas como el narcotráfico, la minería, la deforestación y el tráfico ilegal de especies silvestres.

Actualmente, con el Acuerdo de Paz que tuvo lugar el 26 de septiembre de 2016, los procesos de recuperación y restauración ambiental de los territorios, donde se desarrolló el conflicto, y que hoy viven las consecuencias de la guerra, se consideran por parte del Estado, temas prioritarios para desarrollar programas estratégicos de conservación y mitigación en los ecosistemas impactados. En esta perspectiva, el ambiente, comprendido como una de las dimensiones del desarrollo sostenible, se asume como uno de los retos para garantizar la estabilidad de los ecosistemas, el desarrollo de las regiones y el mejoramiento de la calidad de vida en el país. Desde el marco de este escenario, el presente

documento pretende evaluar y analizar los principales desafíos institucionales y misionales que el Ejército Nacional de Colombia asume como uno de los actores tanto del conflicto como del pos-Acuerdo, en las dinámicas de recuperación y restauración ambiental de zonas deforestadas por cultivos ilícitos.

Para efectos del desarrollo de la temática propuesta, se estableció como zona de estudio, las problemáticas de deforestación asociadas a la siembra de cultivos ilícitos de coca (*Erythroxylum coca*) que se presentan en la zona del Catatumbo (Norte de Santander). Para ello, se ha dispuesto de instrumentos de análisis comparativos, con el fin de obtener información veraz, clara y coherente sobre las particularidades culturales, ambientales, políticas, sociales y económicas de la zona, con el propósito de plantear estrategias sostenibles oportunas que promuevan e incentiven la participación del Ejército Nacional en la resolución de esta problemática socioambiental.

El análisis de esta información permitió desarrollar un ejercicio de reflexión sobre los resultados obtenidos a partir de las medidas de tipo social, de defensa y de gestión ambiental que debe desarrollar el Ejército Nacional de Colombia en aras al fortalecimiento de las actividades

de control y vigilancia, y la consolidación de institucionalidad militar, la cual en un principio se enfocó en la defensa de la soberanía nacional, pero que ahora tiene como reto principal la restauración y recuperación de ecosistemas y los recursos naturales que lo conforman.

Antecedentes

Colombia es uno de los países con mayor diversidad biológica, cuenta con una gran variedad de ecosistemas estratégicos, dentro de los cuales se encuentran bosques aluviales de vegas, bosques húmedos tropicales, bosques secos o subhúmedos tropicales, así como especies de fauna y flora que lo catalogan como un país megadiverso (Andrade, 2011). Sin embargo, en los últimos años ha sido evidente el incremento en la degradación ambiental producto de la deforestación como consecuencia de los cultivos ilícitos; estas actividades lideradas en su mayoría por grupos al margen de la ley, se han extendido a todas las regiones del país, afectando principalmente territorios de gran importancia ambiental y ecosistémica, tal es el caso de las zonas selváticas de la región del Catatumbo (Norte de Santander).

La apropiación de tierras, los cultivos ilícitos, la minería ilegal y el incremen-

to de incendios forestales, son para el Estado colombiano las principales causas de la problemática masiva a combatir. El flagelo que se estima que en el 2018 erradicó más de 270 000 hectáreas de bosque (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2019). Esta explotación ilícita y descontrolada de recursos naturales ha ocasionado un deterioro ambiental que ha generado efectos adversos en la biodiversidad del país.

De la misma manera, el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam), por medio del Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono (SMBC), expuso el aumento del 44% en la deforestación nacional en el 2017, en comparación con el 2015, al pasar de 124 035 a 178 597 hectáreas de bosques destruidos (Ideam, 2017). Este aumento en la deforestación del país enciende las alarmas nacionales, e impide el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible que se ha propuesto el país en la mitigación de los efectos del cambio climático y en la protección de los ecosistemas terrestres para el 2030.

Otro estudio realizado por la Oficina de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito (UNODC, por sus siglas en inglés) en el 2018 indicó que:

Tabla 1. Hectáreas de coca (*Erythroxylum coca*) cultivadas en Colombia, 2012-2019

| Departamento | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | % cambio 2018-2019 |
|---------------------------|-------------|-------------|-------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------------------|
| Nariño | 10 733 | 13 177 | 17 285 | 29 755 | 42 627 | 45 734 | 41 903 | 36 964 | |
| Putumayo | 6148 | 7667 | 13 609 | 20068 | 25 162 | 29 588 | 26 407 | 24 972 | |
| Norte de Santander | 4516 | 6345 | 6944 | 11 527 | 24 831 | 28 244 | 33 597 | 41 710 | 24,14 % |
| Cauca | 4325 | 3326 | 6389 | 8660 | 12 595 | 15 960 | 17 117 | 17 355 | |
| Caquetá | 3695 | 4322 | 6542 | 7712 | 9343 | 11 793 | 11 761 | 4511 | |

Fuente: Oficina de las Naciones Unidas Contra la Droga y el Delito (UNODC), 2020.

Monitoreo de territorios afectados por cultivos ilícitos. <http://www.odc.gov.co/sidco/oferta/cultivos-ilicitos/departamento-municipio>.

Fuente: elaboración propia.

Los cultivos de coca en Colombia, desde 2013, han incrementado a un ritmo del 45% anual, pasando de 48.000 ha en 2013 a 146.000 ha en 2016. Este incremento constante sucedió en el marco de las negociaciones de la paz con las Fuerzas Armadas Revolucionarias de Colombia (FARC) y en una transición en la estrategia de lucha contra los cultivos de coca. A 2017, el área sembrada con coca tuvo un incremento del 17% con respecto al año anterior, el 64% del incremento se encuentra en los departamentos de Putumayo, Norte de Santander y Cauca. (UNODC, 2018)

El crecimiento de cultivos ilícitos se observa en la tabla 1. Hectáreas de coca

(*Erythroxylum coca*) cultivadas en 6 Colombia durante el periodo comprendido entre el 2008 y 2016 en varios departamentos del país, desarrollado por la Oficina de las Naciones Unidas Contra la Droga y el Delito (2017).

De acuerdo con la tabla 1, la siembra de cultivos ilícitos en el departamento de Norte de Santander presenta un crecimiento exponencial del 115% entre el 2015 y 2016. En otro estudio, el Observatorio de Drogas de Colombia (2018) indicó que para el 2018 el área sembrada por cultivos ilícitos de coca en el Norte de Santander fue de 33 597 hectáreas en comparación con 24 831 hectáreas sembradas en el 2016, reportadas por

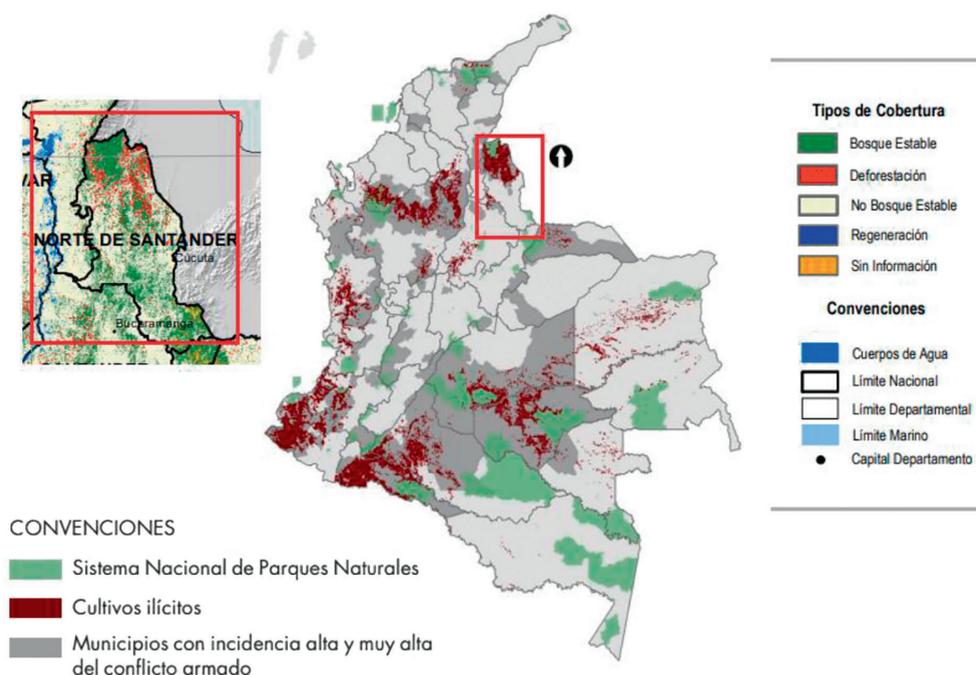
la UNODC. Lo que indica que, a pesar de los esfuerzos del Estado por implementar el Acuerdo de Paz y desarrollar programas de sustitución de cultivos ilícitos, los resultados no han sido completamente exitosos.

Según la información proporcionada a partir de los reportes técnicos, es posible inferir que el incremento de los cultivos de coca en el país está relacionado

con el aumento de los precios de la base de coca en el mercado ilegal, los cambios en la política de fumigación y la injerencia que vienen teniendo algunos grupos armados en el país (El Universal, 2018).

En la figura 1 se presenta la concurrencia de los cultivos ilícitos, conflicto armado y deforestación, así como los tipos de cobertura del departamento de Norte de Santander.

Figura 1. Concurrencia de cultivos ilícitos, conflicto armado y deforestación, 2016



Fuente: Departamento Nacional de Planeación (DNP), 2016. *Panorámica regional dividendos ambientales de la paz.*

<https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Prensa/Publicaciones/PANORAMICA%20VERS1%20C3%93N%20FINAL%2019%20enero2017.pdf>

Autor: DNP (2016).

La relación entre el crecimiento de cultivos ilícitos y el conflicto armado se observa en la figura 1. Mapa de la concurrencia de cultivos ilícitos, conflicto armado y deforestación desarrollado por el Departamento Nacional de Planeación (2016), en donde se observa cómo dentro de los siete motores de deforestación identificados, cuatro están estrechamente ligados al conflicto: cultivos ilícitos, extracción ilícita de minerales, extracción ilegal de madera y desplazamiento.

Este aumento en la siembra de cultivos ilícitos ha ocasionado alteraciones negativas sobre el ambiente. El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2019) indicó que

La deforestación asociada a cultivos de coca tiene impactos relacionados con la pérdida y migración de la fauna y flora endémica de estos bosques, pérdida de estos suelos, aumento de la erosión, desertificación, y el consecuente incremento de deslizamientos, avalanchas y demás desastres asociados en el país.

De igual manera, según información proporcionada por la Dirección de Antinarcóticos de la Policía Nacional (2014), los cultivos de coca, así como el procesamiento de transformación de la hoja de coca a clorhidrato de cocaína, gene-

ran vertimientos derivados de la utilización intensiva de fertilizantes, que, por la naturaleza ilícita de la actividad, no son compensados ni mitigados.

En consecuencia con lo anterior, estas afectaciones al ambiente comprometen de manera significativa las dinámicas socioculturales y económicas de un territorio. Este es el caso de la zona del Catatumbo, donde activistas y organizaciones defensoras del ambiente insisten en que la expansión de los cultivos ilícitos sigue agotando la riqueza natural de la subregión del Catatumbo y atentando contra la integridad, calidad de vida y seguridad de la población (El Tiempo, 2018).

Teniendo en cuenta lo anterior, la Organización de las Naciones Unidas (ONU, 2018) aseguró que las disparidades en el acceso a los derechos económicos, sociales, culturales y ambientales son mayores en los municipios más afectados por el conflicto armado. Por ejemplo, los municipios considerados por el Gobierno como zonas más afectadas por el conflicto armado tienen, en promedio, un índice de pobreza multidimensional del 76%, cuando la media nacional es del 49%.

Asimismo, este informe reveló que a esta problemática socioambiental la acompaña también hechos de criminalidad

y violencia, como puede evidenciarse en los catorce casos de defensores y líderes desplazados fuera del Catatumbo ante amenazas por su labor de impulso al Programa Nacional de Sustitución de Cultivos de Uso Ilícito (PNIS) en el 2018, en donde se encontró que:

Los presuntos autores de estos hechos fueron principalmente miembros de organizaciones criminales, entre cuyos integrantes se encuentran posiblemente antiguos miembros de estructuras paramilitares desmovilizadas (40%), individuos no afiliados a ningún grupo criminal o grupo armado ilegal (18%), integrantes del ELN (8%), integrantes del Ejército Popular de Liberación (EPL) (4%), antiguos miembros de las FARC-EP que no se acogieron al proceso de paz (8%) y personas por determinar (22%). (ONU, 2018)

Marco teórico

La deforestación en el trópico se reconoce como un problema socioecológico complejo que ha sido explorado desde diferentes perspectivas disciplinares, especialmente desde el punto de vista económico, social, institucional y ambiental (Angelsen, 1999). En el ámbito nacional, la pérdida de bosques es una

de las principales amenazas de la diversidad biológica y la pérdida de servicios ecosistémicos.

En Colombia, la problemática de la deforestación ha estado íntimamente relacionada con el crecimiento y expansión de cultivos ilícitos de *Erythroxylum coca*. Según la Dirección Nacional de Estupefacientes de Colombia (2008), los cultivos ilícitos tienen efectos sobre el medio natural, los primeros efectos ambientales inician con la destrucción de la flora nativa, el agotamiento de la materia orgánica de los suelos de vocación forestal, seguido por la generación de procesos erosivos y la destrucción de las cadenas tróficas y nichos ecológicos.

Desde el punto de vista ambiental, la tala y quemas de los bosques, como consecuencia de la siembra de cultivos ilícitos, hacen que los suelos que han sido desprotegidos de la cobertura vegetal inicien procesos de erosión que generan su desestabilización y favorecen el proceso de remoción en masa (Dirección Nacional de Estupefacientes, 2008). Este tipo de prácticas se ha convertido en una amenaza ambiental, afectando las fuentes de reserva hídrica debido a la deforestación que se presenta en estos espacios que son convertidos en llanuras, cuyo fin no corresponde a la función

de acumulación y protección del agua, propias de estos espacios ecológicos.

De la misma forma, según este estudio realizado por la Dirección Nacional de Estupefacientes (DNE, 2008), para implementar una hectárea de coca los cultivadores tienen que destruir cuatro hectáreas de selva. En un primer acercamiento al estudio de impactos ambientales ocasionados por la producción y procesamiento del cultivo de coca, Ramos y Ramos (2002, pág. 10) concluyen que el uso de agroquímicos durante los primeros cinco años de cultivo es de 1,7 veces más en el cultivo de coca que en el de cacao, y que el uso de pesticidas en el establecimiento del cultivo es diez veces mayor al usado en el cultivo de cacao. De igual manera, por el procesamiento para obtener un kilo de pasta básica de cocaína, se vierten en el ambiente 1,9 L de ácido sulfúrico, 1,25 L de amoníaco, 193,75 L de agua contaminada y 625 kg de residuos vegetales.

El informe sobre el censo de cultivos de coca desarrollado por la UNODC (2006, pág. 63), calculó que para las 85 770 ha cultivadas de coca en el país en el 2005, se demandaron 81 770 toneladas métricas de insumos para el procesamiento como gasolina y cemento, y 13 millones de litros entre fertilizantes, herbicidas y pesticidas, algunos de los

cuales se encuentran en la categoría de altamente tóxicos.

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), asegura que el exceso de agroquímicos puede causar a largo plazo la infertilidad del suelo con el aumento de la acidez de los mismos, así como la contaminación de las aguas subterráneas, que pueden ser arrastradas a cursos de agua, provocando con esta sobrecarga de nutrientes la eutrofización de lagos, embalses y estanques, así como la contaminación de los suministros de agua potable (FAO, 2018).

Del mismo modo, el problema ambiental ocasionado por la deforestación y los cultivos ilícitos se convierte en un desafío social que afecta de manera negativa la seguridad de la población y que propicia el incremento de la criminalidad, el narcotráfico y la violencia. Por lo cual, debe analizarse desde múltiples perspectivas y debe involucrarse a los distintos actores gubernamentales, no gubernamentales, actores sociales, autoridades ambientales locales, institutos de investigación y fuerzas militares de Colombia.

Metodología

La presente metodología se basa en un ejercicio de revisión bibliográfica de

informes técnicos de orden nacional e internacional, especializados en temas de monitoreo, seguimiento y evaluación de los impactos socioambientales generados por los cultivos de coca en Colombia. Para ello, se han considerado los reportes elaborados por entidades gubernamentales, como el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, la Dirección Nacional de Estupefacientes de Colombia y la Oficina de Naciones Unidas contra la Droga y el Delito, con una ventana de observación de tiempo de los últimos diez años (2009-2019).

Igualmente, se analizaron diversos informes desarrollados por organizaciones no gubernamentales (ONG) como la Fundación Ideas para la Paz y la ONG Human Rights Watch, las cuales en el 2019 desarrollaron encuestas de tipo social a más de ochenta actores, incluidos residentes de zonas rurales y urbanas del Catatumbo, funcionarios judiciales, funcionarios de derechos humanos, autoridades locales, líderes sociales y miembros de organizaciones humanitarias y de derechos humanos sobre la situación socioambiental de la región del Catatumbo, Norte de Santander.

Asimismo, se analizaron artículos e informes científicos, suministrados por institutos de investigación científica y

organismos especializados de la ONU, como el Ideam, el mecanismo para la Reducción de las Emisiones de la Deforestación y la Degradación de Bosques (REDD+), el Sistema Integrado de Monitoreo de Cultivos Ilícitos (SIMCI) y la FAO, respectivamente; con el propósito de obtener y comparar las cifras relacionadas con la dinámica de los cultivos de coca en el país, durante los últimos años, y analizar sus impactos ambientales ocasionados sobre los ecosistemas de selva húmeda tropical.

La información que se obtuvo a partir de esta revisión bibliográfica se analizó de forma comparativa, con el propósito de identificar estrategias sostenibles que permitan incrementar la efectividad de las políticas nacionales de erradicación de cultivos ilícitos e involucrar al Ejército Nacional en la recuperación, conservación y reforestación de los territorios ambientalmente degradados por esta problemática.

De acuerdo con lo anterior, se escogieron como criterios de evaluación los impactos socioambientales ocasionados por los cultivos ilícitos en el Catatumbo, que incluyen: deforestación, pérdida de servicios ecosistémicos, contaminación del recurso hídrico, pérdida de flora y fauna, afectaciones sociales generadas en

la comunidad a raíz de la criminalidad; así como la evaluación de la efectividad y viabilidad de las iniciativas gubernamentales, como el Programa de Sustitución de Cultivos Ilícitos y el Plan Artemisa, cuyo objetivo es detener la deforestación y recuperar los ecosistemas boscosos del país.

Resultados

A partir de la revisión bibliográfica realizada, se evidenció que el índice de degradación ambiental ocasionado por la deforestación es mayor en los departamentos que tienen presencia de cultivos ilícitos, según la Dirección de Antinarcóticos (2014). Lo anterior se debe, principalmente, al acaparamiento de tierras (45%), el desarrollo de cultivos ilícitos (22%), expansión de infraestructura (10%), incendios forestales (8%), ganadería extensiva (8%) y minería mecanizada e ilegal (7%).

En comparativa, los informes científicos sobre los impactos ambientales ocasionados por la deforestación emitidos por el Ideam (2017) y la FAO (2018), concuerdan en que la degradación ambiental ocasionada por la siembra de cultivos ilícitos ha traído como consecuencia inmediata la erosión y pérdida de diversidad biológica. Para los suelos donde el uso intensivo ha producido agotamiento, los cultivadores de

coca han debido utilizar agroquímicos a fin de compensar la pérdida de fertilidad natural y las malas prácticas ambientales que se desarrollan en este tipo de actividades; lo que se ha traducido en la búsqueda de nuevas áreas para la siembra de coca y en un aumento de la gravedad e intensidad de esta problemática socioambiental (DIRAN, 2014).

Esta creciente degradación ambiental está íntimamente relacionada con la efectividad que ha tenido la implementación del programa de sustitución de cultivos ilícitos en el país, el cual esboza ciertas limitaciones en el cumplimiento de sus objetivos. Según el análisis desarrollado, a partir de los informes técnicos emitidos por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2016) y la Oficina de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito (2018), este incremento en la siembra de cultivos ilícitos indica que se requiere de la implementación de estrategias sostenibles, que integren las dimensiones social, ambiental, económica, política y cultural, a fin de asumir alternativas efectivas y transversales en el corto, mediano y largo plazo, comprometiendo todas las voluntades tanto comunitarias como institucionales, e involucrando a las Fuerzas Militares, donde el Ejército Nacional desempeña una función esencial.

Tabla 2. Desafíos del Ejército Nacional en la restauración ambiental de territorios deforestados

| Debilidades | Estrategia | Acciones a adoptar |
|--|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> - Incremento de hectáreas deforestadas durante los últimos diez años (Oficina de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito, 2018). | <ul style="list-style-type: none"> - Desarrollo de actividades de reforestación y recuperación de servicios ecosistémicos por parte del Ejército Nacional, las cuales estén sujetas a los programas de promoción del desarrollo sostenible. | <ul style="list-style-type: none"> - Siembra de vegetación nativa conforme lo estipula la propuesta de restauración ecológica emitida por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. |
| <ul style="list-style-type: none"> - Abandono estatal en territorios de escaso desarrollo económico (Becerra, 2003). | <ul style="list-style-type: none"> - Fortalecimiento de actividades de defensa y soberanía del territorio mediante el acompañamiento y despliegue de tropas. | <ul style="list-style-type: none"> - Operaciones de acción ofensiva y operaciones de control territorial en apoyo a autoridades ambientales contra la deforestación de acuerdo con el Plan Estratégico del Sector Defensa. |
| <ul style="list-style-type: none"> - Operaciones militares encaminadas a la rehabilitación ambiental limitadas (Ministerio de Defensa, 2019). | <ul style="list-style-type: none"> - Desarrollo de operaciones militares enfocadas exclusivamente a la rehabilitación y restauración ambiental. | <ul style="list-style-type: none"> - Ejecución e implementación de programas de protección ambiental planteadas en el Plan Estratégico del sector Defensa y Seguridad y el Plan Artemisa. |
| <ul style="list-style-type: none"> - Limitados programas de sensibilización ambiental dirigidos a la Fuerza (Ministerio de Defensa, 2019). | <ul style="list-style-type: none"> - Desarrollo de estrategias de educación ambiental dentro de las Fuerzas Militares. | <ul style="list-style-type: none"> - Desarrollo de actividades de sensibilización ambiental en campo y seguimiento al porcentaje del número de campañas de protección ambiental apoyadas por las Fuerzas Militares ejecutadas. |
| <ul style="list-style-type: none"> - Limitada existencia de profesionales especializados en temas socioambientales que pertenezcan a las Fuerzas Militares (Ministerio de Defensa, 2019). | <ul style="list-style-type: none"> - Incorporación de profesionales ambientales a la Fuerza que acompañen y lideren los procesos de restauración ambiental en campo. | <ul style="list-style-type: none"> - Fortalecimiento de la vinculación de profesionales a las Fuerzas Militares y creación de alianzas estratégicas con autoridades ambientales que promuevan la capacidad operativa de la Fuerza Pública, para el apoyo a la protección del medio ambiente de acuerdo con el Plan Estratégico del sector Defensa. |

Fuente: Ministerio de Defensa (2019). *Plan Estratégico del sector Defensa y Seguridad*.

Autor: elaboración propia.

De acuerdo con lo anterior, con el actual “Plan Artemisa”, emitido a principios del 2019, se abren nuevas oportunidades para que el Ejército Nacional participe activamente en la recuperación de territorios deforestados por actividades ilícitas y contribuya en la ejecución de estrategias que contemplen la protección y restauración ambiental de territorios que han sufrido las secuelas del conflicto armado. Desde esta premisa, la fuerza debe asumir este desafío integrando esfuerzos operacionales, misionales y de planeación.

Por lo cual, a partir de la revisión bibliográfica se identificaron las principales debilidades gubernamentales e institucionales que han conllevado un crecimiento progresivo de los cultivos ilícitos, y se proponen una serie de estrategias y acciones a desarrollar por parte del Ejército Nacional en aras de salvaguardar, proteger y restaurar los ecosistemas selváticos, como se expresa en la tabla 2.

Las estrategias anteriormente planteadas apuntan hacia el fortalecimiento de la creación de unidades militares que se dediquen específicamente a la labor de gestión ambiental, donde exista una visión renovada, y se atiendan los retos actuales que en materia ambiental y seguridad ecológica se presentan en el país.

De esta forma, el Ejército Nacional como fuerza multimisión, no solo debe asegurar los intereses del Estado desde una perspectiva defensiva, sino también desde una perspectiva socioambiental, mediante el despliegue de esfuerzos en pro del fortalecimiento de estrategias de sostenibilidad en zonas como el Catatumbo, que requieren con urgencia del despliegue militar y del desarrollo de actividades de reforestación, protección de flora y fauna silvestre, control de actividades ilícitas, apoyo a entidades ambientales e incremento de programas de sensibilización.

Conclusiones

Colombia se encuentra actualmente en un escenario de pos-Acuerdo, lo que conlleva la necesidad de reflexionar, estructurar, planear y consolidar espacios de paz, que giren en torno a la importancia del cuidado y recuperación del territorio; pues es alrededor de este en donde la sociedad reformula su sentido de pertenencia, replantea su arraigo cultural y puede reconocer su entorno natural, ya no mediante la perspectiva de dominio, sino mediante la armonía y el respeto. Por tanto, debe considerarse que la defensa y seguridad no solo son de orden social y económico, sino también ambiental.

El Ejército Nacional, como fuerza legítima de Colombia, cuya misión principal es la de defensa de la soberanía, el orden constitucional y la integridad del territorio nacional, está llamado a desempeñar un papel esencial en la transformación de los conflictos socioambientales relacionados con actividades ilícitas. Junto al papel protagonista del Estado, las Fuerzas Militares de Colombia deben ejercer la gobernanza de los recursos naturales, desde un diálogo multiactoral que involucre las distintas voces y que sea encaminado bajo el principio de la responsabilidad compartida, unificando esfuerzos en escenarios bilaterales en aras de conciliar las relaciones hoy transgredidas entre la sociedad y la naturaleza.

Referencias

- Andrade-C., M. G. (2011). Estado del conocimiento de la biodiversidad en Colombia y sus amenazas. Consideraciones para fortalecer la interacción ambiente-política. *Rev. Acad. Colomb. Cienc.*, 35(137), 491-507, <http://www.scielo.org.co/pdf/racefn/v35n137/v35n137a08.pdf>
- Angelsen, A. (1999). Expansión agrícola y deforestación: modelando el impacto de la población, fuerzas del mercado y derechos de propiedad. *Revista de Economía del Desarrollo*, (58), 185-218.
- Bannon, I. (2003). *Recursos naturales y conflicto violento: opciones y acciones*. Washington: The World Bank.
- Becerra, M. (2003). *Los cultivos ilícitos y el medio ambiente*. Presentado en la VIII Cátedra Anual de Historia “Ernesto Restrepo Tirado”, Análisis histórico del narcotráfico en Colombia. <http://www.manuelrodriguezbecerra.org/bajar/ilicitos.pdf>
- Comando General de las Fuerzas Militares. (2016). El medio ambiente, una prioridad para las Fuerzas Militares. En: *La Fuerza*, No. 40. <http://www.cgfm.mil.co/wp-content/uploads/2017/05/40-Las-Fuerzas-2016.pdf>
- Defensoría del Pueblo. (2006). *Situación social y ambiental de la región del Catatumbo, Norte de Santander*. file:///C:/Users/USER/Downloads/defensorial46%20(1).pdf
- Defensoría del Pueblo. (2014). *El riesgo de reclamar la tierra. Vulneración y amenazas a los derechos humanos de personas y comunidades*. Bogotá: Defensoría del Pueblo.
- Defensoría del Pueblo. (2016). *Análisis de contexto y definición de escenarios de riesgo*. Bogotá: Sistema de Alertas Tempranas–Equipo Humanitario Local Putumayo.
- Delgado, C. (2008). *¿Qué retos plantea a la filosofía la problemática ambiental?* Tesis presentada por el acto de celebración del día internacional de la filosofía. La Habana.
- Departamento Nacional de Planeación (DNP). (2016). *Panorámica regional. Diálogos ambientales de la paz*. <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Prensa/Publicaciones/PANORAMICA%20VERSI%3%93N%20FINAL%2019%20enero2017.pdf>

- Dirección Nacional de Estupefacientes (DNE). (2008). *Impacto ambiental ocasionado por las sustancias químicas, los cultivos ilícitos y las actividades conexas*. <http://www.dne.gov.co/?idcategoria=790>
- Dirección de Antinarcóticos (DIRAN). (2014). *COCA: deforestación, contaminación y pobreza*. <http://www.odc.gov.co/Portals/1/publicaciones/pdf/oferta/estudios/OF5022014-coca-deforestacion-contaminacion-pobreza.pdf>
- Dirección Estratégica de Medio Ambiente. (2017). *Misión del proceso de gestión ambiental*. <https://www.cgfm.mil.co/es>
- Echandía, C. y Cabrera, I. (2017). *Madurez para la paz: evolución de la territorialidad y las estrategias en el conflicto armado colombiano*. Bogotá: Universidad Externado de Colombia.
- El Tiempo. (9 de julio de 2018). *Denuncian que cultivos ilícitos siguen devorando bosques del Catatumbo*. <https://www.eltiempo.com/colombia/otras-ciudades/deforestacion-por-cultivos-ilicitos-en-catatumbo-en-norte-de-santander-241244>
- El Universal. (20 de septiembre de 2018). *Los factores que habrían incidido en el incremento de los cultivos ilícitos*. <https://www.eluniversal.com.co/colombia/los-factores-que-habrian-incidido-en-el-incremento-de-los-cultivos-ilicitos-288114-MUEU405382>
- FAO. (2018). *Perspectivas para el medio ambiente*. <http://www.fao.org/3/y3557s/y3557s11.htm>
- Fundación Ideas para la Paz. (2013). *Dinámicas del conflicto armado en el Catatumbo y su impacto humanitario*. Área de Dinámicas del Conflicto y Negociaciones de Paz - Boletín No. 64. <http://cdn.ideaspaz.org/media/website/document/5b72fe7f2b9d1.pdf>
- Fundación Ideas para la Paz. (2018). *Desafíos de la sustitución de cultivos y recomendaciones para el nuevo gobierno*. <http://www.ideaspaz.org/publications/posts/1696>
- Galano, C. (2005). *Taller Preparatorio del 1er Seminario Nacional de Educación Ambiental para el Desarrollo Humano Sustentable*. Red Nacional de Educación Ambiental para el Desarrollo Humano Sustentable. Uruguay.
- Human Rights Watch. (2019). *Entrevista: La guerra en el Catatumbo colombiano. Colombianos y venezolanos quedan a merced de grupos armados*. <https://www.hrw.org/es/news/2019/08/08/entrevista-la-guerra-en-el-catatumbo-colombiano>
- Human Rights Watch. (2019). *La guerra en el Catatumbo. Abusos de grupos armados ilegales contra civiles colombianos y venezolanos en el noreste de Colombia*. <https://www.hrw.org/es/report/2019/08/08/la-guerra-en-el-catatumbo/abusos-de-grupos-armados-contra-civiles-colombianos-y>
- Ideam. (2017). *Cambio climático y deforestación*. <http://www.ideam.gov.co/web/atencion-y-participacion-ciudadana/cambio-climatico>

- Lavaux, S. (2004). *Degradación ambiental y conflictos armados: las conexiones*. Documento de investigación N° 7. https://pure.urosario.edu.co/ws/portalfiles/portal/20316504/Degradaci_n_ambiental_y_conflictos_armados_las_conexiones_Stephanie.pdf
- Massé, F. y Camargo, J. (2012). *Actores armados ilegales y sector extractivo en Colombia*. Bogotá: CIT Pax Colombia.
- Mecanismo para la reducción de las emisiones de la deforestación. (2019). *Bosques, territorios de vida*. https://redd.unfccc.int/files/eicdgb_bosques_territorios_de_vida_web.pdf
- Ministerio de Medio Ambiente. (1993). “Por la cual se crea el ministerio del medio ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental –SINA y se dictan otras disposiciones”. <http://www.humboldt.org.co/images/documentos/pdf/Normativo/1993-12-22-ley-99-crea-el-sina-y-mma.pdf>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2019). *Impactos de cultivos ilícitos en bosques de Colombia*. <http://www.minambiente.gov.co/index.php/noticias/4264-minambiente-llamo-la-atencion-sobre-impactos-de-cultivos-ilicitos-en-bosques-de-colombia>
- Ministerio de Defensa. (2019). *Transformación y futuro de la fuerza pública 2010-2030*. https://www.mindefensa.gov.co/irj/go/km/docs/Mindefensa/Documentos/descargas/estrategia_planeacion/proyeccion/documentos/trasnformacion_futuro_FP.pdf
- Ministerio de Defensa. (2019). *Plan Estratégico del Sector Defensa y Seguridad*. https://www.mindefensa.gov.co/irj/go/km/docs/Mindefensa/Documentos/descargas/Sobre_el_Ministerio/Planeacion/Politic/PES_mar_2021.pdf
- Molina, A. (2019). *El papel de las Fuerzas Armadas en la protección y defensa del medio ambiente en Colombia*. <https://ceeep.mil.pe/2019/01/29/el-papel-de-las-fuerzas-armadas-en-la-proteccion-y-defensa-del-medio-ambiente-en-colombia/>
- Observatorio de Drogas de Colombia. (2018). *Política de erradicación de cultivos de coca*. <http://www.odc.gov.co/POL%C3%8DTICA/Reducci%C3%B3n-de-la-oferta/Erradicaci%C3%B3n>
- Oficina de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito. (2016). *Monitoreo de territorios afectados por cultivos ilícitos*. https://www.unodc.org/documents/cropmonitoring/Colombia/Monitoreo_Cultivos_ilicitos_2015.pdf
- ONU. (2018). *Presentación en Cúcuta del Informe Anual de la Alta Comisionada de la ONU para los DD. HH. sobre Colombia*. <https://www.hchr.org.co/index.php/informacion-ublica/pronunciamientos/intervenciones-de-la-direccion/442-ano-2019/9044-presentacion-en-cucuta-del-informe-anual-de-la-alta-comisionada-de-la-onu-para-los-ddhh-sobre-colombia>
- Ramos, R. E. y Ramos, J. P. (2001). *Evaluación ambiental del impacto de cultivos de coca y el proceso de la hoja*. Universidad de los Andes, Bogotá. Colombia.

- Rangel, J. (2016). *La biodiversidad en Colombia*. Facultad de Ciencias Humanas, Universidad Nacional de Colombia. <http://www.bdigital.unal.edu.co/14263/1/3-8083-PB.pdf>
- Robayo, L. (2018). *La guerra en el Catatumbo: abusos de grupos armados contra civiles colombianos y venezolanos en el norreste de Colombia*. <https://www.hrw.org/es/report/2019/08/08/la-guerra-en-el-catatumbo/abusos-de-grupos-armados-contra-civiles-colombianos-y>
- Robayo, L. (2018). *Entrevista: La guerra en el Catatumbo. Colombianos y venezolanos quedan a merced de grupos armados* <https://www.hrw.org/es/news/2019/08/08/entrevista-la-guerra-en-el-catatumbo-colombiano>
- Rodríguez, C. y Durán, H. (2017). *La paz ambiental, restos y propuestas para el pos-Acuerdo*. Bogotá, Colombia. https://cdn.dejusticia.org/wp-content/uploads/2017/04/fi_name_recurso_924.pdf
- Sistema Integrado de Monitoreo de Cultivos Ilícitos. (2010). *Monitoreo de cultivos ilícitos*. <https://www.unodc.org/colombia/es/censocultivos.html>
- UNODC. (2006). *Características agroindustriales de los cultivos de coca en Colombia*. Proyecto SIMCI. http://www.biesimci.org/Documentos/archivos/Caracteristicas_Agroindustriales_Colombia_2006_Med.pdf
- UNODC. (2011). *Programa Familias Guardabosques. Datos análisis espacio temporal de coberturas 2003-2011*. Bogotá.
- UNODC. (2018). *Colombia: incremento de 52% en los territorios afectados por cultivos de coca*. https://www.unodc.org/documents/colombia/2019/Agosto/Informe_de_Monitoreo_de_Territorios_Afectador_por_Cultivos_Illicitos_en_Colombia_2018_.pdf
- UNODC. (2018). *Monitoreo de territorios afectados por cultivos ilícitos*. https://www.unodc.org/unodc/es/frontpage/2017/July/new-unodc-report_-coca-crops-in-colombia-increase-over-50-per-cent-in-one-year.html
- Vargas, J. (2012). Costos del conflicto y consideraciones económicas para la construcción de paz. En: Rettberg, A., *Construcción de paz en Colombia* (pp. 239-272). Bogotá: Universidad de los Andes.