

Volumen 12 Número 1 , 2021 ISSN: 2711-4260



REVISTA
AGUNKUYÂA

Facultad de Ingeniería y Ciencias Básicas

AREANDINA
Fundación Universitaria del Área Andina
Facultad de Ingeniería y Ciencias Básicas

AGUNKUYÂA

Volumen 12 Número 1 , 2021

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 Cuellar 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

Pablo Oliveros Marmolejo †
Gustavo Eastman Vélez
Miembros Fundadores

Diego Molano Vega
Miembro Asamblea General - Presidente
Consejo Superior

José Leonardo Valencia Molano
Rector Nacional - Representante Legal
Miembro del Consejo Superior

Martha Patricia Castellanos Saavedra
Vicerrectora Académica Nacional

Felipe Baena Botero
Rector Seccional Pereira

Gelca Patricia Gutiérrez Barranco
Rectora Sede Valledupar

Cristian Julián Díaz Álvarez
Decano de la Facultad de Ingeniería y
Ciencias Básicas

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.

Contenido

Revista Agunkuyâa

Valledupar, Cesar

Volumen 12, Número 1, páginas 1 a 106, 2021

- 7 Editorial
Hernando Hermida Castillo
- 10 Estudio cuantitativo de la aplicabilidad de la economía circular
en el marco de la gestión del recurso hídrico
Adriana María Rueda Sierra
- 22 Modelización climática a escala regional:
¿modelos globales o regionales?
Francisco J. Tapiador
- 29 Determinación del contenido total de flavonoides presentes
en residuos agroindustriales de frutas tropicales
*Silvia Juliana Vargas Rueda, Amner Muñoz Acevedo,
Eileen Xiomara Guerra, Martha Cervantes Díaz*
- 37 Diálogo universitario sobre actualidades en ciencias naturales:
resultados del primer coloquio organizado por el Departamento
de Ciencias Básicas de la Fundación Universitaria del Área Andina,
sede Bogotá
Nelly Yolanda Céspedes Guevara, Juan David Adame Rodríguez
- 44 Análisis de estabilidad del talud km 8 + 200 vía Soracá
(Boyacá), usando diferentes métodos
*Laura Alejandra Figueroa Cardozo, María Fernanda Porras Forero,
Néstor Iván Rojas Gamba*
- 57 Misuse of Statistics
Johanna Major

- 64 | Transferencia de conocimiento científico sobre variabilidad climática en entornos rurales (comunidad de Boquerón, Jagua de Ibirico)
Daniel Cotes, Aristides Noriega, Luis Carlos Díaz Muegue, Paige Castellanos
- 81 | Evaluación del impacto ambiental y la capacidad de carga turística de la quebrada Las Gachas (Guadalupe, Santander) y formulación de medidas de manejo
Daniela Delgado Orduz, Oriana Paola García González, Luis Fernando Gutiérrez Fernández

Editorial

Hernando Hermida Castillo¹

DOI: <https://doi.org/10.33132/27114260.1980>

La dinámica de crecimiento demográfico tiene como consecuencia, dentro de sus múltiples impactos, afectaciones sobre la disponibilidad, calidad y aprovechamiento del recurso hídrico, tanto en las zonas rurales como urbanas, lo que implica el deterioro de las condiciones de sostenibilidad para la conservación del recurso y la prestación del servicio de acueducto y alcantarillado. Este escenario, sin lugar a dudas, demanda la necesidad de establecer mecanismos de gestión integral, que permitan fortalecer la capacidad de acción de las instituciones, aprovechar de manera eficiente el recurso y garantizar las condiciones mínimas de acceso a agua potable y servicios de saneamiento básico, de la mano de un modelo de economía circular. En este sentido, la presente edición de la *Revista Agunkuyáa* expone una revisión cuantitativa de artículos relacionados con la implementación de parámetros de sostenibilidad y gobernanza del agua, bajo condiciones de desarrollo social, económico y ambiental, con el fin de identificar experiencias de aplicación desde las ciencias sociales y en el campo de la ingeniería, que puedan ser adoptadas en contextos regionales o locales.

En esa perspectiva de un modelo regional, entendido este como una forma de ordenar el territorio que permite la interacción de prácticas sociales para determinar la aplicabilidad de la política pública y de manera específica según la necesidad de establecer medidas de planificación para hacer frente a las situaciones de emergencia climática, desde este número de la revista se plantea un análisis elaborado por el doctor Francisco Tapiador, investigador de la Universidad de Castilla La Mancha, Toledo (España), en el que hace énfasis en la necesidad de establecer modelos climáticos para la determinación de los cambios en los ciclos de las precipitaciones y sus consecuencias a modo de ejemplo en la agricultura y la gestión ambiental.

Por otro lado, la edición 2021-1 de la revista incluye la presentación de un documento síntesis sobre la determinación del contenido total de flavonoides presentes en residuos agroindustriales de frutas tropicales, esto como resultado de la preocu-

¹ Maestría en Gestión Ambiental, Facultad de Ingeniería y Ciencias Básicas, Fundación Universitaria del Área Andina. rev.agunkuyaa@areandina.edu.co

pación de este sector productivo en implementar prácticas sostenibles en el manejo de este tipo de residuos. En consecuencia, el trabajo desarrollado por investigadores de la Universidad Santo Tomás, seccional Bucaramanga, establece que la aplicación del método Soxhlet, permitió obtener los mayores rendimientos de extracción etanólicos, contenidos de polifenoles y flavonoides, los cuales favorecen la capacidad antioxidante y el aprovechamiento de residuos de cáscaras de frutas tropicales para la obtención de compuestos de valor agregado.

Este tipo de experiencias investigativas dejan en evidencia la importancia de mantener permanentemente la reflexión sobre los escenarios de transformación de la educación superior, de cara a las demandas del sector real. En este sentido, el artículo de los profesores Céspedes y Adame, del Departamento de Ciencias Básicas de la Fundación Universitaria del Área Andina, realiza un recuento sobre los objetivos y los resultados obtenidos en la realización del coloquio sobre el diálogo universitario de actualidades naturales, en el que se expuso la capacidad de transcendencia de las ciencias naturales en otros campos del saber y la incidencia en distintos campos de acción para el desarrollo local y regional.

Como complemento a las estrategias de desarrollo que se encuentran en esta edición de la revista, se presentan experiencias de laboratorio desarrolladas sobre el análisis de estabilidad del talud km 8 + 200 (vía Soracá, Boyacá), para el cual se realizaron modelaciones con el *software* GeoStudio, con el fin de establecer diseños futuros y medidas de mitigación en el terreno, lo que contribuye a la formulación de estrategias para el desarrollo de la región y la estabilidad de los factores sociales y económicos de las comunidades.

Un proceso de planificación y ordenación de los territorios implica considerar, además de los proyectos de investigación *in situ*, la toma de decisiones, para establecer un manejo adecuado de la información, captura de datos y administración de las herramientas para el procesamiento de datos, determinación de variables, aplicación de instrumentos para el análisis y articulación con las estrategias de gestión. Partiendo de esta base, Johanna Major, de la American Public University (EE. UU.) presenta un ejercicio de análisis sobre los principales errores cometidos por compañías como Google y Ford, en el manejo de datos estadísticos y sus implicaciones en aspectos relacionados con la competitividad y la apertura a nuevos mercados.

Precisamente la gestión de los datos y la información es un aspecto significativo en la transferencia de conocimiento científico para la formulación de acciones concretas para la sostenibilidad del territorio y, de manera más concreta, frente a situaciones que se desprenden del fenómeno del cambio climático; así lo reflejan investigadores de la Facultad de Ingeniería de la Fundación Universitaria del Área Andina, mediante la implementación de técnicas de estructuración de desarrollo rural en la comunidad de Boquerón, Jagua de Ibirico, en el Cesar.

Como cierre de esta edición, el lector encontrará un estudio, realizado por investigadores de la Universidad El Bosque, en la que identifican y evalúan los impactos, peligros y riesgos ambientales, asociados a la actividad turística en la quebrada Las Gachas (Guadalupe, Santander). Esta investigación señala la necesidad de generar una visión más holística e integral del turismo, en el marco de la planificación y la gestión del territorio.

Esta edición busca despertar en el lector el interés por el recorrido en diferentes escenarios que aportan a la construcción de nuevo conocimiento, en el marco del diálogo interdisciplinar, la innovación y la visión permanente del desarrollo local y regional, como alternativa para consolidar modelos de calidad de vida de los pueblos. En tal virtud, hago la invitación a disfrutar de este número y apoyar a nuestros autores en la difusión y citación de los temas expuestos.

Estudio cuantitativo de la aplicabilidad de la economía circular en el marco de la gestión del recurso hídrico

Adriana María Rueda Sierra²

DOI: <https://doi.org/10.33132/27114260.1981>

Resumen

Para la gestión de los recursos hídricos la adopción de un enfoque de economía circular permite a las partes interesadas y los sectores mundiales del agua lograr suministros seguros, sostenibles y de calidad para el futuro, siempre y cuando se trabaje con sus tres principios, y que además permita considerar los aspectos físicos, técnicos, ambientales y económicos.

Se realizó un estudio cuantitativo de artículos científicos asociados a la economía circular del recurso hídrico con el fin de identificar las tendencias de investigación en esta área, como también establecer los parámetros de sostenibilidad y gobernanza de este recurso. En la gestión de este recurso no se tuvieron en cuenta ciertos procesos de carácter social, económico, ambiental, entre otros, que inciden en el tema de la gobernanza del agua.

En el desarrollo del trabajo se empleó la base de datos Scopus (Elsevier, 2021) y el programa de minería de texto VantagePoint (Search Technology, versión académica 12.0). Se identificaron 425 registros, durante el periodo 2010-2021, en el cual se observa una tendencia creciente del 83,09%. El interés de los investigadores se centra en aplicaciones en ciencias ambientales e ingenierías. En cuanto a los países, se destacan España e Italia con el mayor número de publicaciones. Dado el creciente interés y la importancia en el tema, es necesario establecer qué modelos se deben adoptar para optimizar el uso de los recursos hídricos, contribuyendo a la protección de este suministro natural, clave para la prolongación de la vida.

Palabras clave: calidad de agua, desarrollo sostenible, economía circular, eficiencia de recursos, gestión integral del recurso hídrico.

² Maestría en Ciencias y Tecnologías Ambientales, Grupo de Investigaciones para el Desarrollo Sostenible (GIADS), Facultad de Química Ambiental, Universidad Santo Tomás, seccional Bucaramanga. Correo electrónico: adriana.rueda03@ustabuca.edu.co

Introducción

El agua es uno de los recursos más valiosos y vitales en el medio ambiente, este sigue un modelo circular natural que regula el flujo de agua y asegura su calidad. Sin embargo, según lo planteado por Stuchtey (2015), los sistemas gestionados por el ser humano siguen un modelo lineal de crecimiento económico, en el que se degrada cualitativamente el agua después de su uso, lo que la vuelve inadecuada para un uso posterior por parte de los seres humanos y de los ecosistemas.

Las etapas de un sistema lineal han llegado a sus límites, pues se ha demostrado el agotamiento de una serie de re-

ursos naturales y de los combustibles fósiles. Por lo anterior, es importante comprender la economía circular como la intersección de los aspectos ambientales y económicos que permite al sector global, en cuanto a los recursos hídricos, obtener suministros de agua sostenibles y de calidad para el futuro (Moreno, 2019); a su vez, propone un nuevo modelo de sociedad que utiliza y optimiza los inventarios y los flujos de materiales, energía y residuos, y cuyo objetivo principal es la eficiencia del uso de los recursos.

Según Morsetto (2020), la economía circular es un sistema cuyo enfoque está en el uso eficiente de los recursos mediante la minimización de residuos,



Figura 1. Esquema de economía circular
Fuente: Congreso Nacional del Medio Ambiente (2016).

la retención de valor a largo plazo, la reducción de los recursos primarios y los lazos cerrados de productos, partes de productos y materiales dentro de los límites de protección ambiental y beneficios socioeconómicos, junto con el potencial de conducir al desarrollo sostenible, como se observa en la figura 1.

Nota: la figura representa la finalidad de la economía circular que es mantener y recircular los recursos en el sistema el mayor tiempo posible, generando menos residuos, además de permitir restituir el capital natural y fomentar su regeneración.

Un nuevo modelo circular contribuye a la seguridad del suministro y a la reindustrialización en que los “residuos”

de unos se convierten en recursos para otros (Prieto-Sandoval *et al.*, 2018). De esta manera, se reduce la huella ambiental de la producción y el consumo, y se logra más seguridad en el suministro de materias primas.

Hoy en día, Colombia enfrenta una crisis de la seguridad del agua, entendiéndose por tal

la disponibilidad de una cantidad y calidad aceptable de agua para la salud, la vida, los ecosistemas y la producción, junto con un nivel aceptable de riesgos relacionados con el agua para las personas, el medio ambiente y la economía. (Grey y Sadoff, 2007)

Entre los temas que afectan la seguridad hídrica es importante destacar el

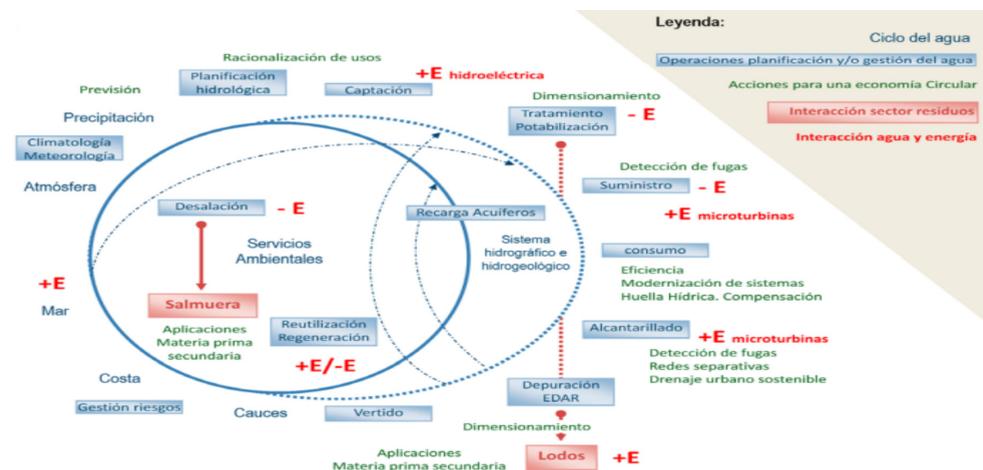


Figura 2. Ciclo del agua en la economía circular
Fuente: Fundación Conama (2019).

aumento de las demandas de productos básicos asociados a cambios en los patrones de consumo (a mayor cantidad de habitantes, mayor gasto energético, mayor generación de residuos, contaminación, etc.); los fallos de abastecimiento (mayor cantidad de habitantes se requiere una mayor infraestructura adecuada a ese crecimiento); los riesgos por eventos hidrológicos extremos (debido a la ausencia de protocolos de contingencia adecuados).

El sector hídrico desempeña un papel protagónico en la evolución de un sistema lineal a uno circular, dado el hecho que gestiona un recurso vital, generalmente escaso, que requiere de un manejo eficiente por el carácter circular del propio ciclo del agua, y por su importante relación en determinados ámbitos con la energía y el sector de residuos (Sgroi *et al.*, 2018).

Así lo ha demostrado la Fundación Ellen MacArthur (Ellen MacArthur Foundation *et al.*, 2015) al combinar en un mismo esquema los dos grandes ciclos que representan tanto la esfera tecnológica o material como la natural o biológica, como se ve en la figura 2, que no se tiene un único cierre circular al final de la vida útil del producto o servicio, sino que se cuenta con el ciclo del agua y los flujos energéticos.

Nota: la figura representa cómo el ciclo natural del agua es irrumpido en el momento en que se realiza una captación de agua, por lo cual este inicia otro ciclo paralelo en el que, además de ser captado, podrá ser potabilizado, distribuido, consumido y vertido.

Según Voulvoulis (2018), la economía circular a favor del agua generaría una oferta de productos y tecnologías innovadoras, así como la adopción de modelos de colaboración efectivos para la integración de la reutilización del agua, en la que se establecen normas, criterios y estándares relacionados con el control y la calidad, llegando a atender la consecuente emergencia de “agua nueva”. Después del uso del agua, se lleva a cabo un nuevo tratamiento, en el que las unidades de tratamiento complementarias se organizan en procesos cíclicos, capaces de impulsar la reutilización del agua o el nuevo mercado del agua, para combatir su escasez (Cansi y Cruz, 2020). De esta manera, la introducción de agua reutilizada en el modelo actual de consumo permite transformar la gestión de los recursos hídricos de un modelo lineal a un modelo circular.

El Banco Mundial (2020) realizó entre el 2019 y el 2020 el informe “Agua residual, de residuo a recurso”, en el que

aborda los principales desafíos, oportunidades y casos de estudios en América Latina sobre la economía circular. El estudio resalta el valor de las aguas residuales como fuente de energía y nutrientes, así como una fuente adicional de agua, teniendo en cuenta que muchos países de la región se enfrentarán a crisis de escasez económica de agua en el mediano plazo. Lo anterior implica que, a pesar de la gran disponibilidad del recurso hídrico actualmente, la infraestructura no será suficiente para satisfacer la creciente demanda (Banco Mundial, 2019).

Nota: la figura muestra parte de la recuperación de recursos de las aguas residuales en forma de energía, agua, biosólidos y otros recursos como nutrientes.

Uno de los principales problemas que se pueden abordar desde la economía circular en el manejo de los recursos hídricos está asociada a las condiciones de calidad, gobernanza, disponibilidad del recurso y sus diferentes tipos de usos.

Los reportes presentados por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) ofrecen información oportuna para la toma de decisiones y el fortalecimiento de la política pública sobre la circularidad de la economía del país, para establecer objetivos y metas que son medidos con el fin de evaluar el desempeño, el cumplimiento y la transición hacia este modelo. Los indicadores de la economía circular han sido categorizados en cuatro componentes que dan cuenta de las fases del proceso.

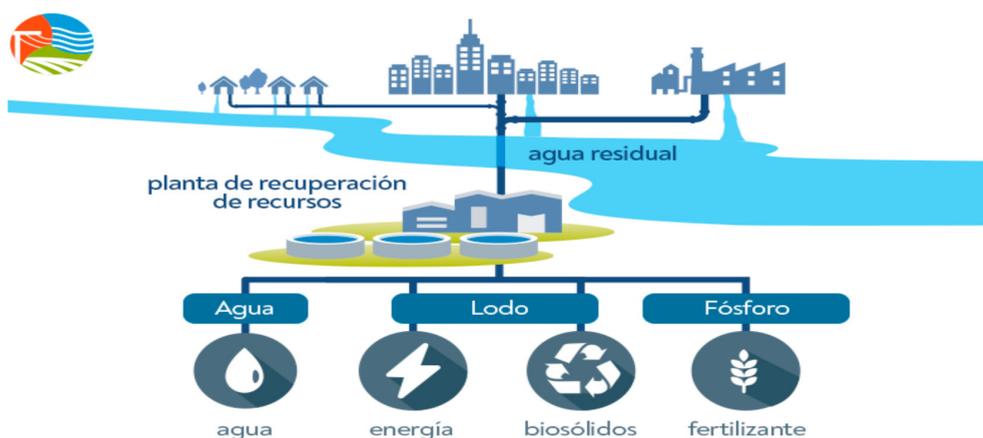


Figura 3. Recuperación de recursos de las aguas residuales
Fuente: Fundación Banco Mundial (2019).

Por su parte, el Documento Conpes 4004 “Economía circular en la gestión de los servicios de agua potable y manejo de aguas residuales” pone en consideración la política de economía circular en la gestión de los servicios de agua potable y aguas residuales, como política nacional de interés social, económico, sanitario y ambiental. Cabe resaltar que esta política se encuentra alineada con la visión del país respecto al aprovechamiento de sus recursos y la economía circular, y con los compromisos internacionales adquiridos para la implementación de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) (Conpes 4004, 2020). Lo anterior en concordancia con el Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2018-2022 “Pacto por Colombia, pacto por la equidad”, que establece estrategias con el fin de mejorar las condiciones de acceso al agua potable y al saneamiento básico en zonas urbanas y rurales, así como para la prestación eficiente, sostenible e incluyente de estos servicios con un enfoque de economía circular (DNP, 2018).

Para la solución integral de dichos problemas es necesario generar alternativas tecnológicas y de gestión, cuyo objetivo sea cerrar los bucles de recursos y extender su vida útil mediante un uso, reutilización y remanufactura más prolongados (Busch *et al.*, 2017). Desde

la perspectiva de la economía circular, la reutilización del agua es una opción ganadora, el ciclo completo de gestión de aguas residuales es un componente crítico desde la fuente hasta la distribución, recolección (alcantarillado y sistemas de saneamiento *in situ*) y tratamiento, hasta la eliminación y la reutilización, incluida la recuperación de agua, nutrientes y energía (Rodríguez *et al.*, 2009).

Teniendo en cuenta lo expuesto, se puede concluir que la economía circular vinculada al sector del agua y saneamiento ha suscitado un alto interés de investigación bajo el enfoque de la sostenibilidad, pues su incorporación en la política sectorial busca el aprovechamiento de forma óptima de los recursos (agua, energía y nutrientes), para reducir el impacto en el medio ambiente. Los procesos relacionados con el manejo del componente socioeconómico y la gestión del agua inciden de manera relevante en la aplicabilidad de mecanismos de participación y de gobernanza de este recurso, lo que genera oportunidades de negocio que brindan sostenibilidad financiera a los servicios.

Metodología

Se realizó un análisis cuantitativo de artículos científicos indexados en la

base de datos de Scopus (Elsevier, 2021), con el objetivo de identificar las líneas temáticas de investigación de los autores. Se estructuró la siguiente ecuación de búsqueda: (TITLE-ABS-KEY (“Circular Economy”) AND TITLE-ABS-KEY (“Wastewater Treatment*” OR “Water Treatment*” OR “Water Reuse” OR “Waste Water Recycling” OR “Water Quality” OR “Water Resource*”)) AND PUBYEAR > 2009 AND (LIMIT-TO (DOCTYPE , “ar”)) AND (LIMIT-TO (SUBJAREA , “ENVI”)). Se empleó el programa especializado para minería de texto VantagePoint (Search Technology, versión académica 12.0).

Análisis y discusión de resultados

De acuerdo con la ecuación de búsqueda presentada, se identificaron 425 artículos indexados en Scopus, que se relacionan con “economía circular”, “tratamiento del agua residual”, “recursos hídricos” y “calidad del agua”, los cuales referencian estudios en diferentes campos del conocimiento como, por ejemplo, las ciencias ambientales son las que presentan mayor actividad con un 43 %, en tanto que el área de energía y de ingeniería muestran un interés muy similar de aproximadamente 12 % cada una (figura 4).

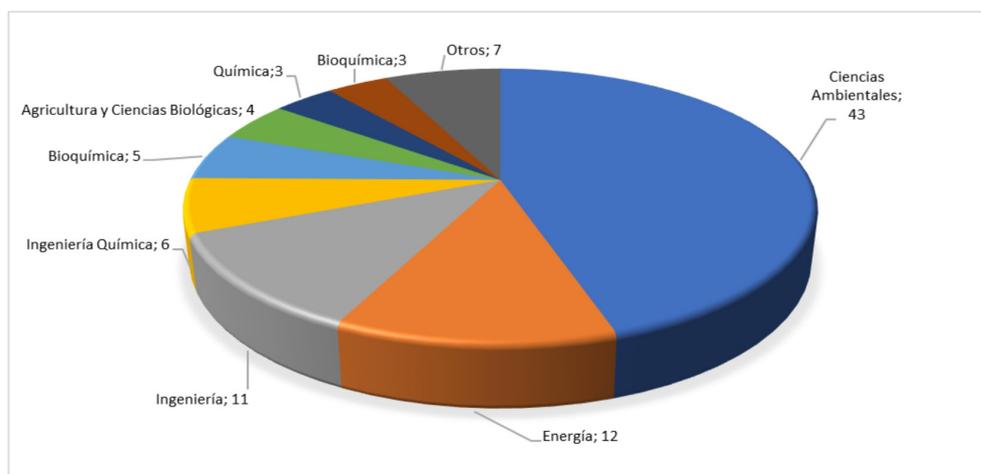


Figura 4. Distribución de artículos por áreas de conocimiento relacionados con la aplicación de la economía circular del recurso hídrico

Fuente: Unidad de Bibliometría del Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación (CRAI), Biblioteca Universidad Santo Tomás, seccional Bucaramanga. cálculos basados en información de la base de datos Elsevier (Scopus, 2021), procesados con VantagePoint (Search Technology, versión académica 12.0).

En la figura 5 se presenta la dinámica científica (número de artículos por año) durante el periodo 2010-2021. Se observa una tendencia creciente a partir del 2015, el año de mayor actividad es el 2021 con 149 documentos indexados.

Utilizando la ley de Solla Price (ec. 1) (De Solla Price, 1963), se calculó la tasa de crecimiento anual de los trabajos relacionados con esta temática publicados a partir del 2010 hasta el 2021. De acuerdo con la ecuación 1, este índice fue de un 83,09% con una correlación de los datos de $R^2 = 0,9974$.

$$\text{Ec. 1: } R = 100(e^b - 1)$$

La producción y el desempeño científico de un país, institución o centro de investigación están directamente rela-

cionada con el número de documentos publicados por año (figura 6). En cuanto a la distribución por países a nivel internacional se destaca España con 74 publicaciones relacionadas con la economía circular del sector hídrico. Por otro lado, China e Italia presentan 56 documentos indexados en la base de datos, de acuerdo con la ecuación de búsqueda empleada. En Latinoamérica, el país que sobresale es Brasil con 21 publicaciones, por su parte, estos trabajos se relacionan con mezclas de lodos de plantas de tratamiento de aguas para la recuperación de energía (Carneiro *et al.*, 2020), en estos trabajos se diseñaron indicadores de economía circular como instrumentos para la evaluación de la sostenibilidad y eficiencia en aguas residuales.

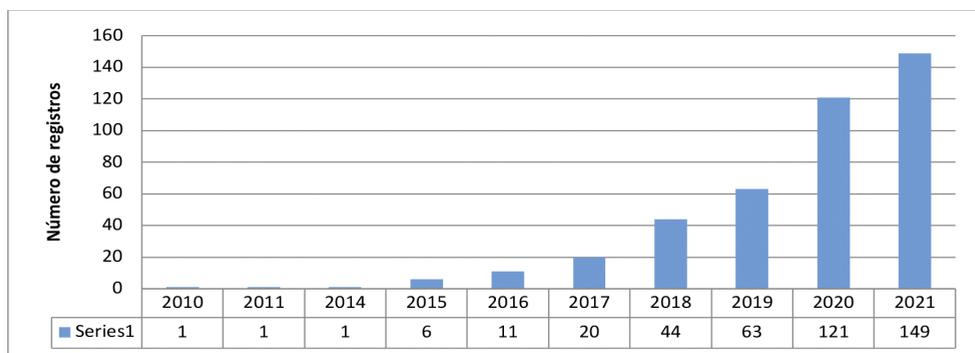


Figura 5. Distribución de artículos por año relacionados con economía circular del recurso hídrico

Fuente: Unidad de Bibliometría del Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación (CRAI), Biblioteca Universidad Santo Tomás, seccional Bucaramanga. cálculos basados en información de la base de datos Elsevier (Scopus, 2021), procesados con VantagePoint (Search Technology, versión académica 12.0).

El análisis de coocurrencia de las palabras clave permitió determinar la preferencia en la temática de interés, en este caso, la economía circular en el sector hídrico. Se empleó el programa gratuito Vosviewer (2021, Center for Science and Technology Studies, Leiden University, The Netherlands, versión 1.6.15), para visualizar cada una de las relaciones que presentan las palabras clave (figura 7). Un clúster de palabras muestra un trabajo interdisciplinario y dentro de las temáticas estudiadas se encuentran, por ejemplo, de-

sarrollo y evaluación de tratamientos de aguas residuales (235 registros), dentro de los cuales se destaca la osmosis inversa, métodos de biorremediación para la recuperación de aguas contaminadas con metales pesados, pesticidas, agroquímicos, entre otros. Hay 222 documentos asociados al concepto de *economía circular*, especialmente, con la recuperación de recursos como la energía, nutrientes, entre otros, y un último grupo (52 documentos) está dirigido a la gestión de las ciencias ambientales y desarrollo sostenible

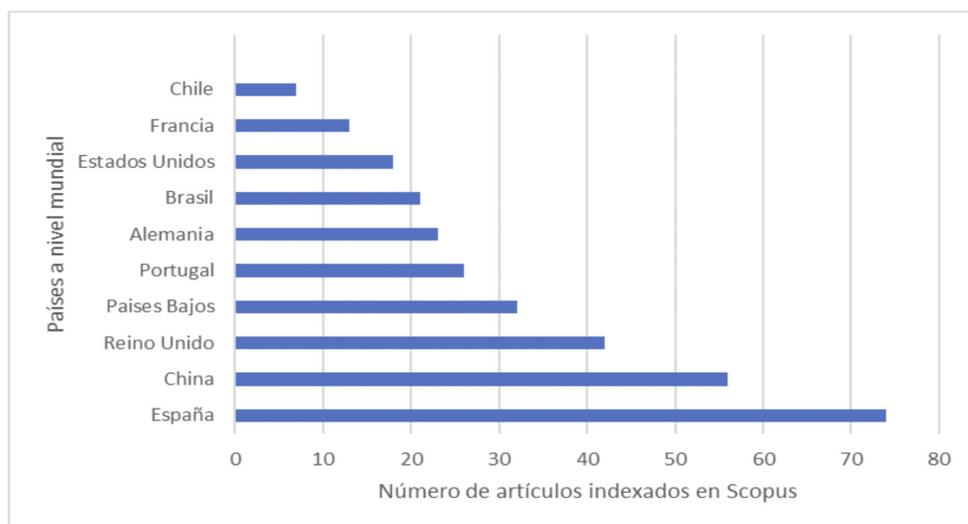


Figura 6. Distribución de la producción científica por países entre el 2010 y el 2021 relacionados con economía circular del recurso hídrico

Fuente: Unidad de Bibliometría del Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación (CRAI), Biblioteca Universidad Santo Tomás, seccional Bucaramanga. cálculos basados en información de la base de datos Elsevier (Scopus, 2021), procesados con VantagePoint (Search Technology, versión académica 12.0).

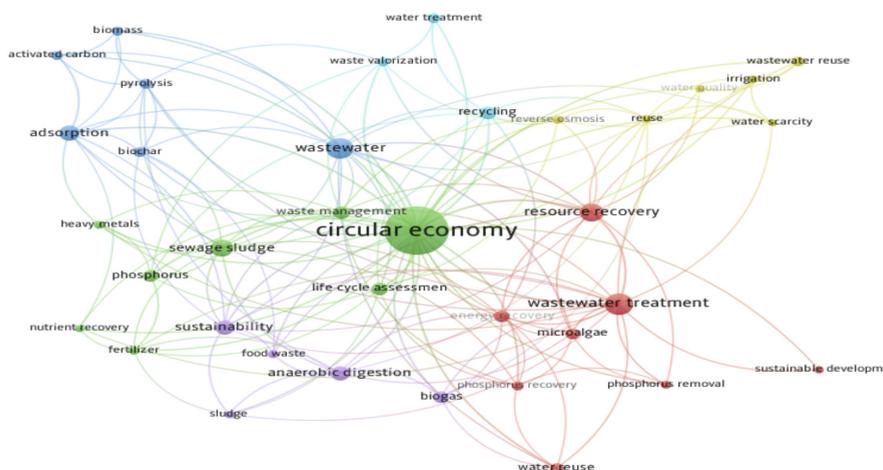


Figura 7. Palabras clave más empleadas por los autores relacionados con economía circular del recurso hídrico

Fuente: Unidad de Bibliometría del Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación (CRAI), Biblioteca Universidad Santo Tomás, seccional Bucaramanga. cálculos basados en información de la base de datos Elsevier (Scopus, 2021), procesados con VantagePoint (Search Technology, versión académica 12.0).

Conclusiones

De acuerdo con la ecuación de búsqueda planteada para este trabajo y el número de registros obtenidos, se puede observar que el concepto de economía circular aplicado al recurso hídrico es relativamente nuevo. Sin embargo, presenta un alto interés, lo que se comprueba mediante la ley de Price que muestra un crecimiento en el número de publicaciones del 83,09% durante el periodo 2010-2021, en particular, en España y China, países donde los investigadores desarrollan trabajos sobre métodos de tratamiento de aguas residuales, el apro-

vechamiento de recursos y valorización de desechos recuperados de estas mismas aguas.

Para abordar la circularidad del agua se necesitan cambios fundamentales en la forma en que se gestiona y valora el agua, una de las barreras actuales para integrar verdaderamente la economía circular del recurso hídrico en los procesos es la falta de indicadores, parámetros y gobernanza, herramientas que permiten lograr el objetivo de sostenibilidad proporcionando un desarrollo económico, ambiental y social. El despliegue de una economía circular no depende úni-

camente de las ciudades, depende también de políticas nacionales, la participación del sector privado y un ecosistema de innovación favorable.

Referencias

- Banco Mundial. (2019, 19 de marzo). Agua residual: de residuo a recurso. <https://www.bancomundial.org/es/topic/water/publication/wastewater-initiative#infograficos>
- Busch, J., Dawson, D. y Roelich, K. (2017). Closing the low-carbon material loop using a dynamic whole system approach. *Journal of Cleaner Production*, 149, 751-761. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.02.166>
- Cansi, F. y Cruz, M. (2020). “Agua nueva”: notas sobre sostenibilidad de la economía circular. *Sostenibilidad: Económica, Social y Ambiental*, 2, 49-65. <https://doi.org/10.14198/Sostenibilidad2020.2.04>
- Carneiro, M., Bilotta, P., Malucelli, L. C., Och, S. H. y Da Silva Carvalho Filho, M. A. (2020). Sludge and scum blends from water and sewage treatment plants for energy recovering toward a circular economy perspective. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 17(9), 3847-3856. <https://doi.org/10.1007/S13762-020-02727-8/FIGURES/3>
- Congreso Nacional del Medio Ambiente. (2016). Contratación y compra pública sostenible e innovadora. http://www.conama.org/conama/download/files/conama2016/GTs%202016/6_final.pf
- Demailly, D. y Novel, A.-S. (2014). The sharing economy: Make it sustainable. Report prepared for IDDRI. <https://tinyurl.com/q8jd77e>
- Departamento Nacional de Planeación (DNP). (2020). Conpes 4004 “Economía circular en la gestión de los servicios de agua potable y manejo de aguas residuales”. <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%c3%b3micos/4004.pdf>
- Departamento Nacional de Planeación (DNP). (2018). Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022 “Pacto por Colombia, pacto por la equidad”. <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Prensa/PND-Pacto-por-Colombia-pacto-por-la-equidad-2018-2022.pdf>
- Ellen MacArthur Foundation, SUN y McKinsey Center for Business and Environment. (2015). Growth Within: A circular economy vision for a competitive Europe. https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publication/EllenMacArthur-Foundation_Growth-Within_July15.pdf
- Grey, D. y Sadoff, C. W. (2007). Sink or Swim? Water security for growth and development. *Water Policy*, 9. <https://doi.org/10.2166/wp.2007.021>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2021, 20 de enero). Gobernanza del agua. <http://www.minambiente.gov.co/index.php/component/content/article/1957-gobernanza-del-agua>
- Moreno, M. J. (2019). Libro Congreso Nacional del Agua Orihuela. *Innovación y Sostenibilidad*. Universitat d’Alacant. <https://doi.org/10.14198/Congreso-Nacional-del-Agua-Orihuela-2019>. ISBN: 978-84-1302-034-1
- Morseletto, P. (2020). Targets for a circular economy. *Resources Conservation & Recycling*, 153, 104553. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.104553>

- Prieto-Sandoval, V., Jaca, C. y Ormazábal, M. (2018). Towards a consensus on the circular economy. *Journal of Cleaner Production*, 179, 605-615. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.12.224>
- Rizos, V., Tuokko, K. y Behrens, A. (2017). The circular economy: A review of definitions, processes and impacts. *CEPS Research Report* 2017/08. <http://aei.pitt.edu/id/eprint/85892>
- Rodríguez, C., Van Buynder, P., Lugg, R., Blair, P., Devine, B., Cook, A. y Weinstein, P. (2009). Indirect potable reuse: a sustainable water supply alternative. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 6(3), 1174-1209. <https://doi.org/10.3390/ijerph6031174>
- Sgroi, M., Vagliasindi, F. y Roccaro, P. (2018). Feasibility, sustainability and circular economy concepts in water reuse. *Current Opinion in Environmental Science & Health*, 2, 20-25. <https://doi.org/10.1016/j.coesh.2018.01.004>
- Stuchtey, M. (2015). Rethinking the water cycle. Sustainability & Resource Productivity. McKinsey and Company. <https://www.mckinsey.com.br/media/McKinsey/BusinessFunctions/Sustainability/OurInsights/Rethinkingthewatercycle/Rethinkingthewatercycle.pdf>
- Voulvoulis, N. (2018). Water reuse from a circular economy perspective and potential risks from an unregulated approach. *Current Opinion in Environmental Science & Health*, 2, 32-45. <https://doi.org/10.1016/j.coesh.2018.01.005>

Modelización climática a escala regional: ¿modelos globales o regionales?

Francisco J. Tapiador³

Recibido: 15 de marzo del 2021. Recibido en revisión: 19 de abril del 2021. Aceptado: 17 de agosto del 2021

DOI: <https://doi.org/10.33132/27114260.1982>

Introducción

Estamos inmersos en una emergencia climática que afecta a todo el planeta y que ejerce impactos muy diferentes sobre varias regiones. Conocer cuáles van a ser los mayores cambios en el futuro en función de una serie de caminos socioeconómicos es de una importancia fundamental para evaluar las respuestas de nuestras sociedades a los retos que se presentan. Las dos variables de mayor interés para atender a esta emergencia climática son la temperatura y la precipitación. Los cambios en ambas variables afectan no solo a la biota sino también a la actividad humana, por lo que el estudio de su variabilidad es primordial en sectores tales como la agricultura, la industria o el turismo.

Para conocer cuáles van a ser los cambios en la precipitación y en la temperatura es necesario recurrir a los modelos de clima, de los cuales hay casi un centenar hoy en día. Solo con ellos podemos analizar, por ejemplo, los cambios en los ciclos de las precipitaciones, un tema crítico para la agricultura y la gestión ambiental (Tapiador *et al.*, 2016). Para realizar estos estudios contamos con dos estrategias principales de modelización: usar modelos regionales o modelos globales. En esta breve nota pretendo apuntar los pros y los contras de cada uno, resumiendo, sin profundizar en algunos resultados de las contribuciones propias sobre el tema. Para una información más detallada se remite al lector a los artículos correspondientes.

¿Qué es un modelo de clima? Un modelo de clima es un programa informático que recoge todo nuestro conocimiento actual sobre cómo funciona la atmósfera, el océano, la criosfera y la biosfera. Gracias a ellos, y a partir de las ecuaciones básicas del movimiento de los fluidos, podemos predecir el comportamiento del clima. Esto es

³ Facultad de Ciencias Ambientales y Bioquímica, Universidad de Castilla La Mancha, Toledo (España). francisco.tapiador@uclm.es <https://orcid.org/0000-0002-6773-5250>

muy diferente a los métodos puramente estadísticos, los basados en el análisis de las series temporales. Aquí no se trata de aprovechar funciones de autocorrelación espacial o temporal, o de explotar covariabilidades. Los modelos de clima emplean ecuaciones físicas básicas (en el sentido de fundamentales) y son mucho más potentes, mucho más precisos y, en resumen, las únicas herramientas viables que tenemos para saber algo sobre los impactos del clima en el futuro.

Modelos regionales de clima

¿Qué es, en concreto, un modelo regional de clima? Es un modelo de clima que se aplica sobre una sección acotada del planeta, por ejemplo, Colombia, el área andina, o América del Sur (figura 1). Son modelos de alta resolución espacial, del orden de 10 o 25 km de malla, que permiten atender a los detalles de la topografía y de los usos del suelo de un lugar.

Estos modelos están "anidados", se dice, en un modelo más grande, aunque de peor resolución espacial; un modelo que puede tener una resolución del orden de los 100 km. Lo que hace este modelo global es proporcionar las condiciones laterales al modelo regional, mediante sus bordes y de una zona de "esponja" que se llama. El modelo regional aporta

las condiciones de contorno de un suelo más detallado, y lo que hace es mejorar de manera dinámica, de manera física, los resultados del global. Es un método, en suma, de mejora de la resolución espacial de un modelo "padre".

¿Por qué se hace así? ¿Por qué recurrimos a modelos regionales? La razón es que hace 30 años, cuando se desarrolló el primero de estos modelos, la capacidad de cálculo con las computadoras era mucho menor que la actual. En aquellos tiempos, ejecutar un modelo en todo el mundo a una resolución de 25 km era imposible, hubiera tardado demasiado tiempo. Se optó entonces por encajar un modelo de más resolución dentro de uno global y hacer que este fuera más detallado. Haciéndolo de esta manera conseguimos que el tiempo de proceso sea razonable y gracias a ello podemos realizar simulaciones climáticas (Tapiador *et al.*, 2020).

Los modelos regionales de clima son muy útiles para realizar simulaciones largas a alta resolución, pero tienen una serie de problemas. Los más importantes son los siguientes:

- Diferente física que su modelo padre. Esto genera inconsistencias conceptuales difíciles de asumir desde el punto de vista puramente científico.

- Flujo a gran escala. Afecta de manera determinante al dominio regional. Si no se captura correctamente debido a, por ejemplo, una longitud de onda mayor que el dominio, el modelo no puede ofrecer resultados fiables.
- Dependencia del modelo padre. Al final, los insumos del modelo regional dependen de manera determinante de las prestaciones del modelo global en el que se anidan. Un modelo regional no puede enmendar una física deficiente en su modelo padre.
- Acoplamiento del modelo oceánico. Aunque existen modelos regionales acoplados, la dinámica del océano a escala global afecta a espacios alejados y fuera del dominio de trabajo. Un modelo regional no puede considerar la dinámica oceánica en la otra punta del globo, la cual es sabido que sí puede ejercer un impacto en la zona de estudio.
- Problemas de borde. En los bordes del dominio los resultados de un modelo regional no suelen ser fiables. Esto limita aún más su aplicabilidad.
- Problema de dónde situar el dominio. Diferentes teselaciones producen resultados diferentes, lo cual es inaceptable. No hay un método unívoco para situar el dominio y, en todo caso, el dominio perfecto sería el global.
- Incongruencias en los solapes. Asociado a lo anterior. Modelos regionales que se solapan en una zona pueden dar valores radicalmente diferentes, aun descontando el borde.
- Para capturar la incertidumbre inherente a los sistemas complejos se recurre a técnicas de modelización por conjuntos. Pero la teoría detrás de ese método exige un número suficiente de miembros de los conjuntos que rara vez se satisface. Los pseudoensambles resultantes no son estadísticamente significativos, y además la media suele perjudicar a los modelos mejores. Esta limitación, no obstante, aparece también en los ensambles de modelos globales.

Modelos globales de clima

Los modelos globales de clima, por otro lado, no presentan la mayoría de es-

tos problemas. Su única limitación hace 30 años es que tardaban mucho en realizar los cálculos, y eso hacía que su resolución espacial tuviera que ser muy baja, del orden de cientos de kilómetros. Pero todo eso ha cambiado, y hoy en día ya podemos contar con modelos globales con una resolución espacial del mismo orden que los modelos regionales y que, sin ser perfectos, no presentan tantos problemas prácticos y conceptuales.

Los modelos globales actuales son mucho más complejos que aquellos en los que se anidaban los regionales. Hoy se habla de “modelos del sistema Tierra”, porque incluyen cada vez más los ciclos biológicos, tanto en el mar como en las partes emergidas, intentando simular cada vez más procesos de los que sabemos que ocurren en el planeta.

Una comparativa entre modelos regionales y globales permite ofrecer las siguientes reflexiones:

1. Los modelos globales del sistema Tierra aplicados a una región son ya más adecuados que los modelos regionales para analizar los impactos del cambio climático. Esto es un cambio notable con respecto a unos pocos años, pero las mejoras en la resolución espacial y la inclusión

de nuevos procesos ha hecho que las simulaciones climáticas que vayan a ser usadas para aplicaciones tengan que venir de estas herramientas.

2. Las conclusiones y análisis basados en modelos regionales van a ser duramente cuestionados en el futuro debido a las limitaciones inherentes a su metodología, algunas de las cuales no tienen solución, y que no presentan los globales.
3. La evolución de la tecnología está claramente del lado de los modelos globales. Las mejoras constantes en velocidad de cálculo y las capacidades intrínsecas de los modelos globales en su inclusión de ciclos ambientales complejos los hacen más adecuados para estimar los cambios esperables en el clima, no solo a escala global, sino también regional.

Resultados de los modelos

¿Cómo son de buenos los modelos en realidad, tanto los regionales como los globales/sistema tierra, y cómo pueden ser útiles para analizar el clima del futuro? Hace un par de años realiza-

mos varias investigaciones para intentar responder a esta pregunta. Primero comparamos los resultados de modelos regionales y globales con las observaciones existentes (figura 1), y después analizamos los cambios esperables en el futuro. Para esto lo que hicimos fue emplear clasificaciones climáticas. Aunque la precipitación es la variable principal cuando comparamos modelos, porque es muy difícil hacerlo bien, la unión de la temperatura y la precipitación nos define zonas climáticas de interés para la biota, y eso hace que la comparación tenga una trascendencia biológica adicional.

Uno de los resultados más importantes de las investigaciones es que los modelos aún tienen dificultades en modelizar la precipitación correctamente, algo que no sucede con la temperatura, cuyo campo escalar presenta una menor variabilidad espacial y menos puntos de ruptura. No obstante, la comparación con datos de referencia permite afirmar que las salidas de los modelos pueden ser útiles para muchas de las aplicaciones referentes al cambio climático.

Conclusiones

Los modelos globales de clima y, en concreto, los denominados “modelos del

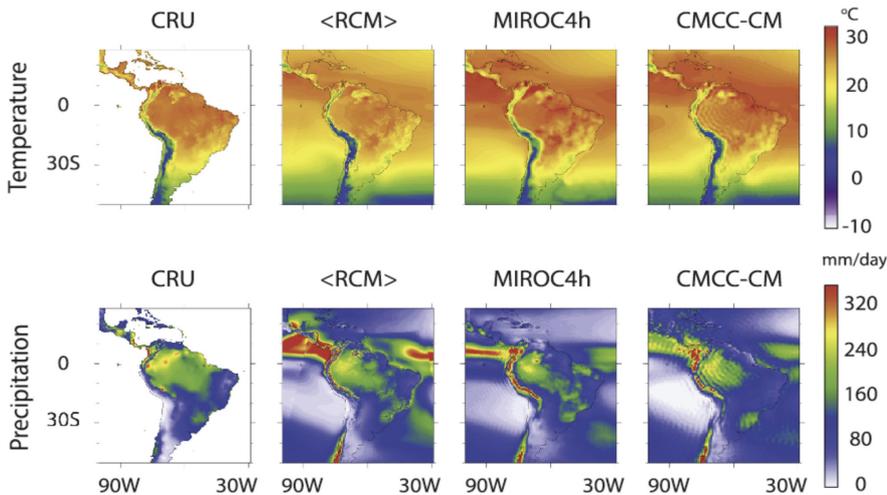


Figura 1. Estimaciones de temperatura y precipitación para clima presente de observaciones (CRU), la media de un pseudoensamble de modelos regionales (<RCM>) y dos modelos globales: MIROC4h y CMCC-CM

Fuente: Tapiador *et al.* (2019b).

sistema Tierra” son más adecuados para proporcionar información a nivel regional sobre la emergencia climática que los antiguos modelos regionales, cuyo uso se circunscribe a la realización de pruebas rápidas, por ejemplo, la implementación de nuevas microfísicas y análisis de sensibilidad de los parámetros y asunciones (Tapiador *et al.*, 2019a), o el prototipado de modelos.

Comparando modelos globales y regionales podemos establecer varias razones para preferir uno u otro en función de varios criterios. El resultado neto es favorable a los modelos globales:

- **Detalle.** Modelo global: resolución espacial comparable a los regionales.
- **Física.** Modelo global: formalmente y conceptualmente mejor, ya que ofrece consistencia física en todo el ámbito.
- **Computación.** Modelo global: tiempo de proceso razonable para resoluciones espaciales del orden de decenas de kilómetros.
- **Prestaciones en clima presente.** Modelo global: buenas prestaciones, se comparan favorablemente con las observaciones en simulaciones de clima presente.

- **Consistencia.** Modelo global: permite comparaciones directas con otras regiones del mundo, lo que evita el problema de las teselaciones y los bordes.
- **Desarrollo rápido.** Modelo regional: bueno para hacer pruebas y para prototipado.

El uso de salidas de modelos para estudios de adaptación y mitigación debería pues centrarse en los resultados de los modelos globales. Solo así se puede garantizar que las propuestas estén basadas en la mejor ciencia disponible en la actualidad, y que los resultados sean los mejores desde el punto de vista social y económico. El uso de modelos regionales en el ámbito concreto de la investigación científica en clima (contraste de hipótesis, desarrollo de parametrizaciones) aún cuenta con su campo de aplicación, aunque cada vez sea más limitado por causa de los avances en computación.

El nuevo informe del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), hecho público recientemente (IPCC, 2021), basa sus resultados centrales en las salidas de los modelos globales, dejando los modelos regionales para estudios de detalle y pendientes de verificación posterior. La comunidad científica es cada vez más

consciente de las limitaciones de los modelos regionales, en gran parte, como consecuencia de fallos y errores gruesos debido a algunos modelos regionales que no estaban a la altura. El IPCC no ha hecho más que reconocer esta realidad. En este sentido, si el aniversario de los 30 años de existencia de los modelos regionales fue considerado el canto del cisne de esta metodología, el informe del IPCC viene a certificar la apertura de una nueva era en la que los modelos globales ya han alcanzado la madurez suficiente para convertir a los regionales en una solución de compromiso que hubo que utilizar en el pasado hasta que la evolución tecnológica ha permitido una modelización robusta a escala global.

Referencias

- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2021). *Climate Change 2021. The physical science basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J. B. R. Matthews, T. K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu y B. Zhou (Eds.). Cambridge University Press.
- Tapiador, F.J., Behrangi, A., Haddad, Z. S., Katsanos, D. y de Castro, M. (2016). Disruptions in precipitation cycles: Attribution to anthropogenic forcing. *Journal of Geophysical Research*, 121(Iss. 5), 2161-2177. <https://doi.org/10.1002/2015JD023406>
- Tapiador, F.J., Sánchez, J. L. y García-Ortega, E. (2019a). Empirical values and assumptions in the microphysics of numerical models. *Atmospheric Research*, 215, 214-238. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2018.09.010>
- Tapiador, F. J., Moreno, R., Navarro, A., Sánchez, J. L. y García-Ortega, E. (2019b). Climate classifications from regional and global climate models: Performances for present climate estimates and expected changes in the future at high spatial resolution. *Atmospheric Research*, 228, 107-121. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2019.05.022>
- Tapiador, F. J., Navarro, A., Moreno, R., Sánchez, J. L. y García-Ortega, E. (2020). Regional climate models: 30 years of dynamical downscaling. *Atmospheric Research*, 235, 104785. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2019.104785>

Determinación del contenido total de flavonoides presentes en residuos agroindustriales de frutas tropicales

Silvia Juliana Vargas Rueda⁴, Amner Muñoz Acevedo⁵, Eileen Xiomara Guerra, Martha Cervantes Díaz
Recibido: 10 de marzo del 2021. Recibido en revisión: 17 de abril del 2021. Aceptado: 3 de agosto del 2021
DOI: <https://doi.org/10.33132/27114260.1983>

Resumen

Los residuos agroindustriales provenientes del sector frutícola, derivados en su mayoría del consumo en fresco, comúnmente se desechan sin ningún tipo de aprovechamiento. Las cáscaras de frutas tropicales (principalmente de cítricos) tienen un alto contenido de polifenoles comparadas con la porción consumible del fruto, por lo que serían una fuente potencial para la recuperación de compuestos de valor agregado como los flavonoides, los cuales son de gran importancia para industrias como la alimenticia, la farmacéutica y la cosmética, debido a su amplio rango de actividades farmacológicas, tales como la anticancerígena, la antimicrobiana, la antioxidante, entre otras. En este estudio se obtuvieron extractos etanólicos de cáscaras frescas y secas de frutas tropicales (mandarina, naranja, lima, limón, banano, granadilla, maracuyá, mango y piña) por dos métodos de extracción (*soxhlet* y ultrasonido) y se estimó su contenido de polifenoles totales por medio del ensayo de Folin-Ciocalteu junto con el contenido total de flavonoides (método colorimétrico con AlCl_3). Las muestras fueron resultado del consumo en fresco de frutas tropicales en Bucaramanga y su área metropolitana. Los rendimientos de los extractos etanólicos obtenidos por los dos métodos estuvieron entre 2-39%. El contenido total de polifenoles (PFT) expresado como equivalentes a ácido gálico (AG) ($\mu\text{g PFTEAG/mg}$ de extracto seco) osciló entre 23 ± 2 y 359 ± 24 ; mientras que, el contenido total de flavonoides (FT) expresado como equivalentes a rutina (R) ($\mu\text{g FTER/mg}$ de extracto seco) se encontró entre 7 ± 1 y 191 ± 12 .

⁴ Grupo de Investigaciones Ambientales para el Desarrollo Sostenible (GIADS), Facultad de Química Ambiental, Universidad Santo Tomás, seccional Bucaramanga, Bucaramanga. silviajulianavargas@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-8423-3757>; martha.cervantes@ustabuca.edu.co, <https://orcid.org/0000-0002-4427-6872>

⁵ Departamento de Química y Biología, Universidad del Norte, Barranquilla. <https://orcid.org/0000-0003-2145-1495>

Palabras clave: flavonoides, frutas tropicales, polifenoles, residuos agroindustriales.

Introducción

Recientes estudios han demostrado que los fitoquímicos presentes en frutas y verduras son los principales compuestos bioactivos con beneficios para la salud humana. Estudios epidemiológicos han señalado que el consumo de frutas y verduras confiere beneficios para la salud, como por ejemplo la reducción del riesgo de enfermedad coronaria y accidente cerebrovascular, así como ciertos tipos de cáncer. Estos beneficios se atribuyen principalmente a los micronutrientes orgánicos, tales como los carotenoides, polifenoles, tocoferoles y vitamina C, entre otros (Kumoro *et al.*, 2020).

Los residuos generados por la industria alimentaria del sector de las frutas, ricos en compuestos de valor como azúcares, ácidos orgánicos, proteínas, aceites y vitaminas, etc., están constituidos por flavedos, albedos, segmentos de membrana y semillas, que tienen potencialidad como material de partida para la recuperación de compuestos flavonoides, los cuales se utilizan en la elaboración de productos comerciales que pueden ser de interés para industrias como la alimenticia, la farmacéutica, la química y la cosmética (Silveira *et al.*, 2021).

Las frutas tropicales como los cítricos son ricos en compuestos flavonoides (Camacho *et al.*, 2021); las cáscaras, en particular, son fuente abundante de polifenoles naturales comparadas con la porción consumible del fruto (Kumoro *et al.*, 2020), razón por la cual sería viable su aprovechamiento para la obtención de estos compuestos de valor agregado.

Los flavonoides son metabolitos secundarios distribuidos ampliamente en el reino vegetal y presentes en casi todas las plantas superiores (Coelho *et al.*, 2021); constituyen un amplio grupo de compuestos que cumplen diversas funciones en las plantas, como secuestradores de radicales libres, fotorreceptores y protectores contra la luz UV, agentes antinutricionales, quelantes de metales, colorantes naturales y atrectores visuales para insectos (Gurrea *et al.*, 2020).

De igual forma, son el principio activo de numerosos medicamentos que se emplean en medicina tradicional alrededor del mundo (Molla *et al.*, 2021); esto se debe a que numerosos estudios, tanto *in vitro* como *in vivo*, han reportado un amplio rango de actividades biológicas de estos compuestos, entre las que se pueden citar prevención de la pérdida

de masa ósea, efectos antioxidantes y antitumorales, por lo que son beneficiosos en el tratamiento de enfermedades cardiovasculares, diabetes, osteoporosis o, incluso, cáncer (Gurrea *et al.*, 2020), efectos antialérgicos, antiinflamatorios, antivirales y antimicrobianos, entre otros. ; estimulando el interés comercial por los flavonoides naturales debido a sus aplicaciones en las industrias farmacéutica, cosmética y de alimentos (Xiao *et al.*, 2021) y, ha motivado su estudio pues se considera que su recuperación puede ser económicamente atractiva (Gurrea *et al.*, 2020).

Además, teniendo en cuenta que los avances en la industria alimentaria apuntan a que los alimentos, fuera de satisfacer las necesidades nutricionales básicas, deben ser capaces de proporcionar beneficios a la salud humana, muchos fabricantes dispuestos a cumplir los requisitos del mercado mediante la creación de alimentos seguros y funcionales están introduciendo antioxidantes naturales a sus productos ya que se ha notado que el consumo de alimentos ricos en estos antioxidantes, o enriquecidos con ellos, garantiza el estado antioxidante deseable y ayuda en la prevención del desarrollo de enfermedades causadas por el estrés oxidativo (Kumara *et al.*, 2021).

Esta situación deja en evidencia la necesidad de adoptar nuevas tecnologías que permitan recuperar, reutilizar y valorizar los residuos agroindustriales de frutas tropicales de tal forma que se puedan aprovechar sus compuestos bioactivos y darles aplicación en la industria como aditivos alimenticios que suministren propiedades antioxidantes deseables en la creación de alimentos seguros y funcionales. Bajo estas circunstancias y, teniendo en cuenta que los productos naturales son una potencial fuente de polifenoles, relacionados con la actividad antioxidante, el empleo de extractos naturales ha adquirido recientemente gran importancia en la búsqueda de fitoquímicos, en este caso, nuevos agentes antioxidantes para combatir enfermedades relacionadas con el estrés oxidativo.

Considerando que las frutas tropicales son una fuente potencial de compuestos con propiedades biológicas de interés para las diferentes industrias de productos de consumo humano, el presente trabajo determinó las posibles capacidades antioxidantes de los extractos etanólicos obtenidos a partir de las cáscaras de frutas tropicales (mandarina, naranja, lima, limón, banano, granadilla, mango, piña y maracuyá) como una posible alternativa de uso y aprovechamiento por parte del sector frutícola.

Metodología

Reactivos. Los reactivos utilizados fueron etanol industrial al 96 % (Merck), ácido gálico (Carlo Erba), carbonato de sodio (Merck), reactivo de Folin-Ciocalteu (Panreac), quercetina (MP Bio-medicals), cloruro de aluminio (Merck), nitrito de sodio (Merck), hidróxido de sodio (Merck).

Recolección y preparación del material vegetal. Como materia prima se emplearon residuos agroindustriales de frutas tropicales correspondientes a cáscaras de mandarina, naranja, lima, limón, banano, mango y piña, obtenidas directamente del consumo en fresco de estas frutas en Bucaramanga y su área metropolitana; las cáscaras se seleccionaron de manera que no mostraran signos de descomposición o afectación por microorganismos. El material vegetal fue secado en un horno a 60 °C hasta peso constante y triturado hasta lograr una consistencia homogénea.

Obtención de los extractos. Los extractos vegetales de las cáscaras de frutas tropicales se obtuvieron empleando etanol comercial al 96% como disolvente, por dos métodos de aislamiento diferentes, a saber: extracción sólido-líquido con un equipo *soxhlet* (cantidad de muestra: 24 g; tiempo de extracción:

doce horas) y extracción con solvente por ultrasonido (Ultrasonik TM 57H, cantidad de muestra: 24 g; tiempo de extracción: cuatro sesiones de una hora). Los ensayos se realizaron por triplicado para cada método de obtención de compuestos de valor agregado.

Determinación de los contenidos totales de polifenoles y flavonoides.

El contenido de polifenoles totales presentes en los extractos etanólicos de cáscaras de frutas tropicales fue determinado por el método de Folin-Ciocalteu, de acuerdo con lo descrito por Özcan (2006), utilizando ácido gálico (AG) como compuesto de referencia. La determinación del contenido de flavonoides totales se realizó empleando quercetina (quer) como compuesto de referencia, siguiendo el método colorimétrico con cloruro de aluminio ($AlCl_3$) con la metodología propuesta por Chang *et al.* (2002). Todos los ensayos se realizaron por quintuplicado en experimentos independientes.

Análisis y discusión de resultados

Obtención de los extractos etanólicos de cáscaras de mandarina. En la figura 1 se muestran los resultados de los rendimientos calculados para la obtención de los extractos etanólicos por

los dos métodos de extracción empleados (ultrasonido y *soxhlet*), partiendo de cáscaras frescas y secas de frutas tropicales. Los extractos fueron obtenidos por triplicado. En todos los casos los extractos presentaron consistencia viscosa.

En cuanto a los métodos de aislamiento evaluados para la obtención de los extractos etanólicos de las cáscaras de frutas tropicales, se observa que los porcentajes de rendimiento más altos están en la extracción sólido-líquido con *soxhlet* para las muestras en estado seco, como por ejemplo las cáscaras secas de mango (41,66%), mandarina (39,33%), piña (37%) y banana (35,66%) (figura 1).

Determinación del contenido de polifenoles y flavonoides totales

Se realizaron curvas de calibración de ácido gálico para la determinación de polifenoles totales y de quercetina para

calcular la concentración de flavonoides totales, presentes en los extractos de cáscaras de frutas frescas y secas por los métodos ultrasonido y *soxhlet*; en ambos casos se alcanzó una alta correlación lineal de los datos con $R^2 = 0,998$ y $R^2 = 0,990$, respectivamente.

La determinación del contenido total de polifenoles (PFT) se expresó como equivalentes a ácido gálico (AG) (μg PFTEAG/mg de extracto seco). El contenido de polifenoles totales (PFT) fue más alto para los extractos etanólicos de los métodos bajo estudio, a partir de cáscaras secas de mango, granadilla y piña, mientras que las frutas tropicales con menor contenido fueron banana y lima (figura 2). Esto indica que los residuos de mango, granadilla y piña pueden ser fuente potencial de este tipo de fitoquímicos de interés, que se encuentran asociados directamente con la capacidad antioxidante.

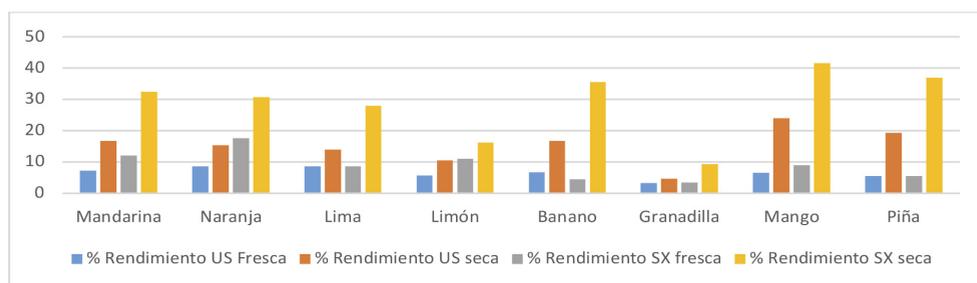


Figura 1. Porcentaje de rendimiento de los extractos etanólicos de frutas tropicales
Fuente: elaboración propia.

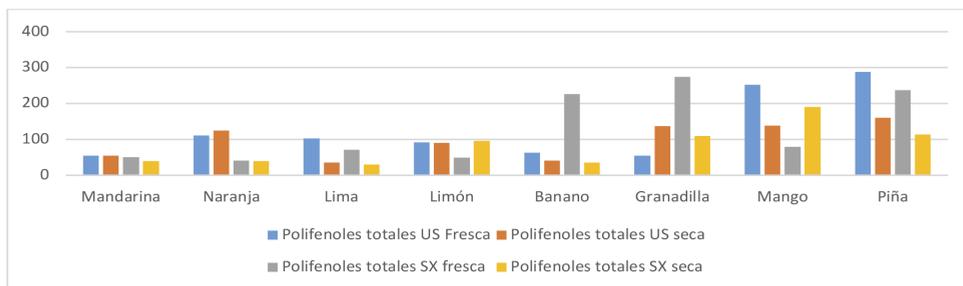


Figura 2. Polifenoles totales presentes en extractos etanólicos de frutas tropicales
Fuente: elaboración propia.

En la figura 3 se presenta contenido total de flavonoides (FT) expresado como equivalentes a rutina (R) (μg FTER/mg de extracto seco). Entre los extractos etanólicos de cáscaras de frutas tropicales analizados, los que presentaron mayor contenido de flavonoides totales (FT) fueron los de cáscaras de banano, granadilla y mango, lo que dejó ver una gran oportunidad de recuperación de este tipo de compuestos a partir del aprovechamiento de cáscaras como las de banano y granadilla, con las que

comúnmente no se hace nada diferente al compostaje o la alimentación animal.

Conclusión

En este trabajo se observa el potencial de aprovechamiento de los residuos de cáscaras de frutas tropicales para la obtención de compuestos de valor agregado. El método de *soxhlet* permitió obtener los mayores rendimientos en la extracción para las muestras en estado seco. Los extractos etanólicos de las cá-

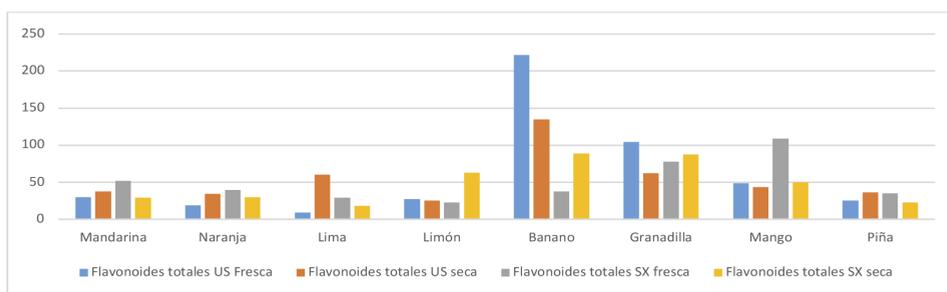


Figura 3. Flavonoides totales presentes en extractos etanólicos de frutas tropicales
Fuente: elaboración propia.

caras de mango y granadilla presentaron los mayores contenidos de polifenoles y flavonoides totales, los cuales se relacionan directamente con la capacidad antioxidante.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Universidad Santo Tomás por el apoyo financiero a través del proyecto “Obtención de compuestos de alto valor agregado tipo flavonoides a partir de desechos de frutas y evaluación de su actividad antioxidante”.

Referencias

- Camacho, R., Villanueva, L., González, A., Gómez, M. y Ramírez, I. (2021). Citrus decoction by-product represents a rich source of carotenoid, phytosterol, extractable and non-extractable polyphenols. *Food Chemistry*, 350, 129239. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129239>
- Chang, C., Yang, M., Wen, H. y Chern, J. (2002). Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods. *The Journal of Food and Drug Analysis*, 10(3). 178-182. <https://doi.org/10.38212/2224-6614.2748>
- Coelho, E., Haas, I., Azevedo, L., Bastos, D., Fedrigo, I., Lima, M. y Amboni, R. (2021). Multivariate chemometric analysis for the evaluation of 22 Citrus fruits growing in Brazil's semi-arid region. *Journal of Food Composition and Analysis*, 101, 103964. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2021.103964>
- Gurrea, M., Aguilar, M., Jiménez, F., Moral, S., Ochoa, A., Alañón, M. y Carretero, A. (2020). Revalorization of bioactive compounds from tropical fruit by-products and industrial applications by means of sustainable approaches. *Food Research International*, 138, Part B, 109786. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109786>
- Kumoro, A., Alhanif, M. y Wardhani, D. (2020). A critical review on tropical fruits seeds as prospective sources of nutritional and bioactive compounds for functional foods development: A case of Indonesian exotic fruits. *International Journal of Food Science*, 1-15. <https://doi.org/10.1155/2020/4051475>
- Kumara, K., Srivastava, S. y Sharanagath, V. (2021). Ultrasound assisted extraction (UAE) of bioactive compounds from fruit and vegetable processing by-products: A review. *Ultrasonics Sonochemistry*, 70, 105325. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2020.105325>
- Molla, M., Kamal, M., Sabuz, A., Chowdhury, G., Khan, H., Khatun, A., Miaruddin, M., Zashimuddin, M. y Islam, M. (2021). *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 34, 102039 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2021.102039>
- Özcan, E. (2006). *Ultrasound assisted extraction of phenolics from grape pomace* [Master Middle East Technical University].
- Silveira, A., Lopes, M., Pereira, E., Castro, G., Germano, T., Oliveira, L., Ribeiro, P., Canuto, K., Miranda, M. y Carvalho, J. (2021). Profile of phenolic compounds and antimicrobial potential of hydroalcoholic extracts from cashew-apple coproducts.

Emirates Journal of Food and Agriculture, 33(2), 139-148. <https://doi.org/10.9755/ejfa.2021.v33.i2.2566>

Xiao, L., Ye, F., Zhou, Y. y Zhao, G. (2021). Utilization of pomelo peels to manufacture value-added products: A review. *Food Chemistry*, 351, 129247. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129247>

Diálogo universitario sobre actualidades en ciencias naturales: resultados del primer coloquio organizado por el Departamento de Ciencias Básicas de la Fundación Universitaria del Área Andina, sede Bogotá

Nelly Yolanda Céspedes Guevara⁶, Juan David Adame Rodríguez⁷

Recibido: 3 de diciembre del 2020. Recibido en revisión: 9 de abril del 2021. Aceptado: 22 de septiembre del 2021

DOI: <https://doi.org/10.33132/27114260.1984>

Resumen

El coloquio realizado durante el 2019 fue un espacio académico y formativo que desde diversas experiencias permitió identificar aquellas tendencias que en la actualidad se encuentran asociadas a las prácticas investigativas en el campo de las ciencias naturales. Se presentó un nuevo panorama desde la reflexión que pudiera incidir en la transformación de una educación superior más ajustada a las demandas de la sociedad.

La investigación permanente en las ciencias naturales trasciende en la innovación tecnológica y científica en el campo de la salud, la industria, el deporte y la educación, potencializa el crecimiento y consolida el desarrollo educativo local, nacional e internacional. Las temáticas que fueron asociadas a las diferentes participaciones en el marco del coloquio se orientaron al campo de las ciencias naturales como: biología celular, biología molecular, biotecnología, biología vegetal, biología animal, ecología y ambiente, uso de recursos naturales, microbiología, etnobotánica, química aplicada, enseñanza de las ciencias naturales.

Palabras clave: ciencias naturales, innovación, tecnología, tendencias.

⁶ Departamento de Ciencias Básicas, Facultad de Ingeniería y Ciencias Básicas, Fundación Universitaria del Área Andina, Bogotá. ncspedes@areandina.edu.co. <https://orcid.org/0000-0003-3490-342X>

⁷ Departamento de Ciencias Básicas, Facultad de Ingeniería y Ciencias Básicas, Fundación Universitaria del Área Andina, Bogotá. <https://orcid.org/0000-0001-5626-0694>

Introducción

Desde la academia se reconoce la importancia del diálogo y desde luego, en forma implícita, la necesaria gestión del conocimiento y la información para compartir lo que se sabe y validar colectivamente los nuevos hallazgos (Salinas y Sánchez, 1999). En este sentido, la ciencia a lo largo de la historia se ha encargado de encontrar alternativas para los desafíos que atañen a la humanidad; en otras palabras, se vislumbra como una oportunidad de acceso al conocimiento (Briceño, 2012). Con base en lo anterior, la ciencia debe responder a las necesidades de la sociedad y a los desafíos mundiales. La toma de conciencia y el compromiso de la sociedad con la ciencia incluye procesos de divulgación científica en los que los eventos de este tipo son esenciales para el acceso a información actual y pertinente por parte de la población, imprescindible para la toma de decisiones desde el ámbito personal, académico, profesional, local, gubernamental y empresarial (Fernández-Polcuch, 2000).

A partir de lo descrito, el Departamento de Ciencias Básicas de la Fundación Universitaria del Área Andina, sede Bogotá, realizó su primer coloquio sobre actualidades en ciencias naturales en no-

viembre del 2019, generando un espacio de interacción, que permitió reflexionar y trazar horizontes en la comunidad de estudiantes, educadores e investigadores, sobre tendencias actuales en este campo del conocimiento. Teniendo en cuenta sus alcances, generó espacios de reflexión orientados a problemas en la investigación a partir de diversas experiencias y escenarios, como insumo que favoreciera una retrospectiva, para establecer posibles panoramas con miras al futuro del avance de este campo de estudio. Espacios de divulgación y reflexión de este tipo permiten un mayor acercamiento al conocimiento gracias a la interacción de ideas, opiniones y experiencias.

La dinámica trabajada en el desarrollo del coloquio estuvo centrada en la presentación de paneles de expertos y conferencias magistrales, que buscaban ser uno de los escenarios de apertura a la construcción de los procesos de interrelación entre las ciencias naturales y sus expresiones didácticas en los espacios de clase; al mismo tiempo, se contó con la participación de los estudiantes de los diversos programas ofrecidos por la universidad, quienes estuvieron encargados de la presentación de sus experiencias de aula, que invitaban a reflexionar sobre el papel de las disciplinas de ciencias na-

turales, su aplicación en contexto y su desarrollo profesional.

Contextualización

El esquema de trabajo propuesto en el coloquio se enfocó en el desarrollo de dos tipos de modalidades, una denominada *conferencias centrales*, que agrupó a una serie de expertos quienes generaron una motivación en los participantes sobre el conocimiento y desarrollo de las disciplinas de las ciencias naturales en ámbitos como la astrobiología, la modelación en energías renovables y no renovables, la física en contexto, STEM, la teoría del *big bang* y las concepciones de ciencia desde la diversidad cultural.

En las conferencias centrales se contó con la participación del Instituto de Astrobiología de Colombia (filial a la National Aeronautics and Space Administration [NASA]), que con sus charlas “La química del universo” y “Del *big bang* al origen de la vida”, desde esta postura cosmogónica, mostraron la evolución que se ha presentado en el universo, y su relación posterior con la formación de la vida en la tierra por medio de la interacción de diferentes biomoléculas.

En la conferencia “Realidades educativas” se dieron a conocer diversos tipos de expresiones presentes en la uni-

versidad, tales como realidades emocionales, familiares, sociales, interpersonales, entre otras, para entender términos como la percepción subjetiva, modificada por las emociones, experiencias previas, pensamientos, etc., profundizando en el campo de la educación superior mediante la realidad aumentada.

La conferencia titulada “Modelación de energías renovables y no renovables” tuvo como objetivo central mostrar la elaboración de un modelo que da cuenta de la internalización de costos ambientales y de emisiones de CO₂ basado en dinámica de sistemas que simule fuentes de energía renovables y no renovables, que permitan una mejor comprensión y acercamiento a un mercado de energía eléctrica, lo cual les permitió a los participantes comprender que Colombia se lleva un modelo de energía que agota los recursos, y existe la posibilidad de tener modelos de energía renovable y no renovable que optimicen los recursos naturales.

En cuanto a la conferencia titulada “La enseñanza de la física en el contexto de la formación profesional” se presentó como una reflexión en torno al conocimiento que se configura como uno de los esquemas de la búsqueda de la comprensión de los fenómenos que suceden en la

aturaleza (Céspedes, 2016), para priorizar sus estructuras de entendimiento y para establecer esquemas de acercamiento a los fenómenos estudiados. Según Marcelo (2001), “el valor de las sociedades actuales está directamente relacionado con el nivel de formación de sus ciudadanos y de la capacidad de innovación y emprendimiento que estos posean”; lo que indica que todos los procesos de gestión del conocimiento científico deben propender al cumplimiento de los objetivos y el acercamiento a los contextos de enseñanza y aprendizaje en los escenarios de aproximación al conocimiento.

Por otro lado, la conferencia titulada “STEM: más allá del currículo” dio a conocer la importancia a nivel universitario de la interacción de cuatro disciplinas como ciencias naturales, tecnología y matemáticas, en las que las iniciativas o proyectos educativos englobados bajo esta denominación pretenden aprovechar las similitudes y puntos en común de dichas materias para desarrollar un enfoque interdisciplinario del proceso de enseñanza y aprendizaje, incorporando contextos y situaciones de la vida cotidiana, y utilizando todas las herramientas tecnológicas necesarias.

Como cierre de esta modalidad se presentó la conferencia titulada “Con-

cepciones de ciencia desde la perspectiva de la diversidad cultural: aspectos asociados en su enseñanza”, en la que se abordó y se asumió una postura frente al concepto de cultura y de diversidad cultural. Más adelante, se describieron aquellas concepciones de ciencias que, desde su revisión y gestión de la información especializada a nivel global, se han gestado en el marco de la diversidad cultural desde una postura clásica y considerando su progresión hasta la contemporaneidad, estableciendo cinco tendencias de análisis: universalista, multiculturalista, pluralista-epistemológica, interculturalista y contextualista. Finalmente, el conferencista planteó una reflexión en torno a aquellas concepciones de ciencia que desde la perspectiva de la diversidad cultural deben aproximarse desde la enseñanza de las ciencias naturales ante un mundo globalizado (Adame, 2018).

Por otro lado, la modalidad de experiencias de aula estuvo centrada en la presentación de pósteres, maquetas y prototipos realizados por los estudiantes en los espacios de las asignaturas como Biociencias, Moléculas de la Vida, Biología del Desarrollo Humano, Microbiología, Química General, Química Orgánica, Bioquímica y Física, que hacen parte del currículo orientado por los docentes

del departamento y que proporcionan un espacio transversal a los programas de la universidad, en los que se busca que desde las ciencias naturales se muestre un escenario reflexivo del conocimiento científico y sus diferentes desarrollos en los contextos de las profesiones.

Algunos de los artículos presentados en la modalidad de póster que sobresalieron en el evento fueron sobre el cáncer de mama, el cual mostraba la importancia del conocimiento de la enfermedad y las implicaciones que tiene en los ámbitos de las ciencias de la salud, su estudio y sus cifras comparativas a nivel mundial, como parte de las aplicaciones en contexto abordadas en los diferentes espacios académicos orientados por los docentes de ciencias naturales del departamento.

El póster denominado “¿Qué es el dolor? Fisiología, medición y clasificación” les mostró a los participantes una visión amplia de los significados del dolor en el ser humano, características, tipos, sintomatologías, clasificación y formas de medición; esto con la intención de transmitir información precisa sobre el tema en mención, para que las personas puedan asociar, relacionar y, de alguna manera, reaccionar efectivamente cuando se enfrenten a algún tipo de dolor en una determinada situación.

Así como en el tema del póster anterior, los estudiantes presentaron la temática “Mapeamiento informacional bibliográfico: cuidados de enfermería durante el puerperio”, en el que se mostró un proceso de recolección de información a estudiantes y demás comunidad que en el futuro quieran conocer con más profundidad el puerperio inmediato, que hace referencia a las primeras 24 horas después del nacimiento del bebé, escenario que cobra relevancia en los procesos de aprendizaje de los contextos de aplicación profesional desde la enfermería.

De la misma manera, en esta modalidad los estudiantes presentaron modelos y prototipos de los diferentes sistemas del cuerpo humano, como parte de los desarrollos de las experiencias de aula trabajadas en los contextos de las asignaturas, así mismo, el trabajo en los escenarios de contextualización en la comunidad con la presentación de campañas sobre salud pública, que se mostraron en el coloquio en la modalidad de póster.

Por otro lado, se realizaron talleres con participantes del evento orientados por el Instituto de Astrobiología Colombia, quienes tenían por objetivo dar a conocer los aspectos científicos que se encuentran asociados a la ciencia ficción

de los superhéroes, destacando la biología, la física y la química en interacción.

Conclusiones

La investigación permanente en las ciencias naturales trasciende en la innovación tecnológica y científica en el campo de la salud, la industria, el deporte y la educación, además de que potencializa el crecimiento y consolida el desarrollo de nuestro territorio nacional. Espacios de divulgación y reflexión de este tipo permiten un mayor acercamiento a los conocimientos y saberes, gracias a la interacción de ideas, opiniones y experiencias. El Departamento de Ciencias Básicas de la Fundación Universitaria del Área Andina, sede Bogotá, a partir de la realización de este evento, ratificó su compromiso institucional y del departamento con el desarrollo científico del país, como escenario de reflexiones académicas en torno a las actualidades en ciencias naturales. Por otra parte, favoreció el fortalecimiento de redes académicas e investigativas a nivel intra e interinstitucional, generando una retrospectiva al reconocer el presente y establecer posibles panoramas en cara al futuro del avance en el campo del cambio climático y desarrollo sostenible.

Agradecimientos

A la Fundación Universitaria del Área Andina, a la Facultad de Ingeniería y Ciencias Básicas, a la dirección y coordinación del Departamento de Ciencias Básicas sede Bogotá y las áreas de formación disciplinar del departamento por su colaboración y apoyo en la gestión para el desarrollo del coloquio, así como a cada uno de los participantes en las diferentes modalidades.

Referencias

- Adame, J. (2018). Concepciones de ciencia desde la perspectiva de la diversidad cultural: una aproximación desde la enseñanza de las ciencias naturales ante un mundo globalizado. *Cadernos Cimeac*, 8(2), 51-80.
- Briceño, J. (2012). La importancia de la divulgación científica. *Visión Gerencial*, 1, 3-4.
- Céspedes, N. (2016). Una mirada a la enseñanza global de la física. Universidad Santo Tomás. <http://soda.ustadistancia.edu.co/online/paginaimagenes/PRESENTACIONESyPONENCIAS/Memorias%20Ponencias/Bogota/Curriculo%20y%20Evaluacion/Mesa%201%20Septiembre%2021/Nelly%20yolanda%20cespedes.pdf>
- Fernández-Polcuch, E. (2000). La medición del impacto social de la ciencia y la tecnología [tesis de maestría, Maestría en Ciencia, Tecnología y Sociedad, Universidad Nacional de Quilmes].

Marcelo, C. (2001). Aprender a enseñar para la sociedad del conocimiento. *Revista Complutense de Educación*, 12(2), 531-593.

Salinas, B. y Sánchez, M. (1999). El diálogo grupal en reuniones: problema añejo y espacio para desarrollar habilidades de pensamiento en educación de adultos. *21(2)*, 11-24.

Análisis de estabilidad del talud km 8 + 200 vía Soracá (Boyacá), usando diferentes métodos

Laura Alejandra Figueroa Cardozo⁸, María Fernanda Porras Forero⁸, Néstor Iván Rojas Gamba⁹

Recibido: 3 de diciembre del 2020. Recibido en revisión: 9 de abril del 2021. Aceptado: 22 de septiembre del 2021

DOI: <https://doi.org/10.33132/27114260.1985>

Resumen

El análisis de estabilidad de un talud facilita medidas correctivas para el diseño de cualquier proyecto de ingeniería, en el que se deben determinar los parámetros que influyen en la estabilidad de este, los cuales son muy diversos, como la geometría de sus discontinuidades y la capacidad portante de cada suelo. El presente artículo corresponde al análisis del comportamiento físico del talud vía Soracá (Boyacá), Boyacá 8 km + 200, en el cual se determina la estabilidad de este mediante un modelamiento en el *software* GeoStudio 2012 comparando métodos de cálculo de estabilidad de taludes, bajo condiciones estáticas y pseudoestáticas.

Para la adquisición de datos del talud se realizó un análisis geológico por medio de la extracción de muestras y exploración visual de subsuelo en el que fue posible realizar los siguientes ensayos de laboratorio: corte directo, compresión inconfiada, penetración estándar y humedad, para determinar parámetros como ángulo de fricción, cohesión, nivel freático, etc.

Con esta información, se realiza el análisis del talud por medio de tres modelos específicos de GeoStudio: Bishop, Morgenstern-Price y Jambú (método de dovelas), como resultado, se aproxima el factor de seguridad (FS) mínimo requerido que se debe implementar en el sector para futuros diseños ofreciendo una estabilidad del terreno para próximas medidas de mitigación.

Palabras clave: estabilidad de taludes, método de Bishop, método de Morgenstern y Price, método de Jambu, *software* GeoSlope.

⁸ Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Santo Tomás, Tunja, M. Sc. en Geotecnia, M. Sc. en Gestión de la Información y Tecnologías Geoespaciales.

⁹ Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Santo Tomás, Tunja, M. Sc. en Geotecnia, M. Sc. en Gestión de la Información y Tecnologías Geoespaciales. nestor.rojas@usantoto.edu.co. <https://orcid.org/0000-0002-9151-719X>

Introducción

Las fallas que afectan la estabilidad de taludes están asociadas con modificaciones de la topografía, flujos de agua, pérdida de resistencia y cambios en los estados de esfuerzo, que pueden provocar interrupciones en caminos, derrumbes de construcciones y hasta la pérdida de vidas humanas. Para efectos de este documento se ha establecido como objetivo el ejercicio de comparar los factores de seguridad (FS) obtenidos, teniendo en cuenta que es uno de los parámetros más importantes empleados en ingeniería geotécnica, para la determinación de los factores de riesgo que pueden afectar un talud.

Para tal propósito se recopiló la información suficiente del área en estudio en donde se propusieron y se modelaron tres alternativas por medio del *software* GeoSlope, el cual permite comprobar los resultados obtenidos y brindar un soporte de confiabilidad en la toma de decisiones referentes al diseño. En este punto es necesario considerar las fallas de estabilidad en taludes y contemplar factores del tipo interno o externo, inherentes al fenómeno, como se puede observar en la tabla 1.

La identificación de este tipo de factores permite identificar la capaci-

Tabla 1. Factores inherentes a la estabilidad de taludes

Factores internos	Geológicos
	Geomorfológicos
	Geotécnicos Vegetación
Factores externos	Climatológicos
	Sísmicos
	Antropogénicos

Fuente: información tomada de Rodríguez (2006).

dad de modificar las fuerzas internas determinadas por las propiedades de los materiales en cuanto a resistencia, formación geológica e hidrogeológica, entre otros, determinantes de los comportamientos o dinámicas del terreno. Por otro lado, están los factores externos que intervienen o modifican las características de los materiales del suelo e inciden de manera directa en la magnitud y velocidad de los movimientos del talud. A continuación, se presenta una breve descripción de los factores mencionados.

Geología general

La geología actual en la que se encuentra Colombia es consecuencia de la tectónica de las placas y de procesos de formación del relieve como consecuencia de plegamientos y empujes de las fuerzas tectónicas.

Análisis cuantitativo de la estabilidad

El análisis cuantitativo de la estabilidad de un talud depende principalmente del factor de seguridad, ubicación y geometría. Para estos análisis se utilizan primordialmente parámetros relativos a las características intrínsecas del talud o ladera que constituyen factores condicionantes y dependen principalmente de la naturaleza del terreno, tales como: topografía, morfología, geología, mecánica de suelos y condiciones hidrogeológicas (González, 2015).

Factor de seguridad

Este factor se define como la relación entre la resistencia cortante promedio del suelo y el esfuerzo cortante promedio desarrollado a lo largo de la superficie de falla supuesta (Das, 2001), en la figura 1 se presenta una falla del talud, que es calculada a través de la ecuación (1).

$$(1) \quad FS = \frac{T_f}{T_d}$$

Donde:

T_f: resistencia al corte

T_d: esfuerzo al cortante

Teniendo en cuenta la figura 1, si el factor de seguridad es 1, el talud puede presentar una falla inminente, por el con-

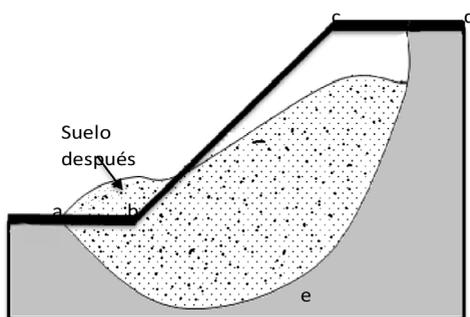


Figura 1. Falla de un talud

Fuente: información tomada Das (2001).

trario, si el factor de seguridad es igual o mayor que 1,5, según el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (1997), este talud es considerado seguro y estable.

Método de Bishop

El método propuesto por Bishop en 1955 pone énfasis en el análisis de la estabilidad de un talud de tipo circular, teniendo en cuenta el efecto entre las fuerzas. Este método considera principalmente que las fuerzas de contacto entre dos dovelas se consideran puesto que no se encuentran equilibradas. Fue el primero en describir los problemas relacionados con los métodos convencionales. Al tratarse de un método de dovelas, la masa de suelo deslizante debe ser dividida en η fajas verticales (figura 2a), a manera de estudiar las fuerzas (figura 2b) y momentos involucrados en cada una de las rebanadas

definidas y determinar así el FS asociado al caso (Sanhueza y Rodríguez, 2013). El método supone que β es igual a 0 para cada dovela, determinado por la siguiente ecuación.

$$(2) FS = \frac{\sum_{n=1}^{n=p} [c * b + Wn * \tan(\theta)] * \frac{1}{m_{\alpha(n)}}}{\sum_{n=1}^{n=p} [Wn * \sin(\alpha_n)]}$$

Método de Jambú

El método de Jambú establecido en 1954 y 1957, diseñado para superficies no necesariamente circulares. Supone que la interacción entre rebanadas es nula, pero a diferencia de Bishop, el método busca el equilibrio de fuerzas y no de momentos. Cálculos posteriores hacen ver que la interacción nula en el caso de equilibrio de fuerzas es demasiado restrictiva, por lo que se presenta la necesidad de introducir un factor de corrección F_0 empírico al factor de seguridad (Armas, 2010).

Método de Morgenstern y Price

Este método establece una relación entre los componentes de las fuerzas, su principal característica es que la masa se subdivide en franjas, en las que satisface todas las ecuaciones de equilibrio y aplica a superficies de cualquier forma. Las fuerzas actuando en bloques individuales se muestran en la figura 3 (Espinoza, 2013).

Metodología

Para el análisis de estabilidad de talud se tuvo en cuenta la determinación de características físicas mediante pruebas de laboratorio de humedad, ensayo de penetración estándar, ensayo de compresión inconfinaada, laboratorio de fases y ensayo de corte directo, cuyos resultados fueron considerados para el respectivo análisis.

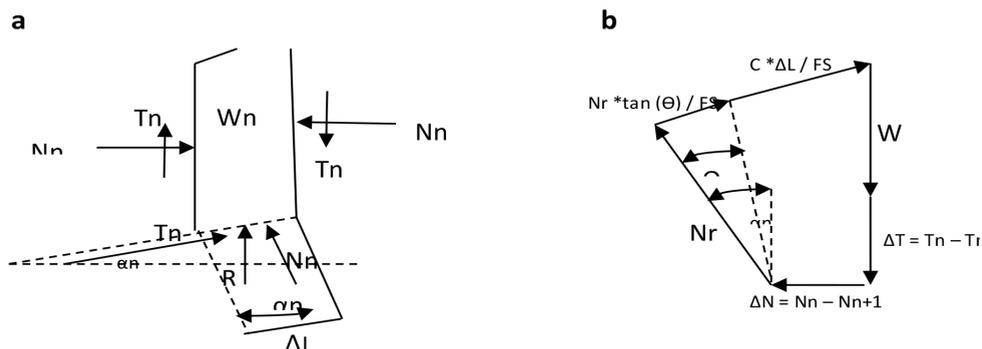


Figura 2(a). Análisis de estabilidad de taludes por el método de Bishop. a) Esquema de las fuerzas que actúan en la dovela. (b). Diagrama de fuerzas en equilibrio de la n^o dovela

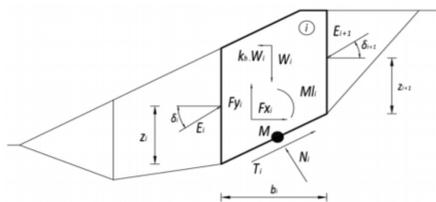


Figura 3. Esquema estático del método Morgenstern y Price

Fuente: información tomada de Espinoza (2013).

Laboratorio de humedad

Con este laboratorio se determinó el contenido de humedad de la muestra del talud, el cual está compuesto por una masa de suelo conformado por su contenido de agua libre, capilar e higroscópica incluyendo roca y mezcla de suelo-agregado por peso. I.N.V. E - 122 - 07. De este modo, se procedió al análisis del contenido de humedad del talud, para ello se consideró un promedio de las humedades de las muestras de suelos extraídos (pie 1, cima 1, mitad 1, mitad 2, SPT).

Ensayo de penetración estándar

La aplicación de esta prueba permitió determinar la resistencia a la compresión confinada de arcillas, que consiste en medir la presión necesaria para penetrar manualmente en el material a una profundidad determinada. Este ensayo requiere de la estimación de correlacio-

nes con otros ensayos. Para efectos del análisis se tuvo en cuenta la normatividad vigente (Díaz, 2001).

Laboratorio de fases

En un suelo se distinguen tres fases constituyentes: sólida, líquida y gaseosa. Las relaciones entre las diferentes fases constitutivas del suelo permiten avanzar en el análisis de la distribución de sus partículas por tamaños e identificar el grado de plasticidad. A partir de los laboratorios realizados se determinó el peso de las muestras húmedas, el peso de las muestras secadas al horno y la gravedad específica de las partículas que conforman el suelo. Para esto se tuvo en cuenta la elaboración del diagrama de fases y los datos obtenidos del talud, el peso específico seco y saturado para identificar las propiedades del suelo, basándose en los resultados adquiridos del laboratorio de gravedad específica, granulometría y humedad. Una vez se obtuvieron estos resultados se procedió a identificar la cantidad de suelo que contiene en proporción a sus dimensiones.

Ensayo de compresión confinada

Mediante esta prueba se determinó la deformación del suelo al aplicar una carga axial por el método de resistencia contro-

lada, en el cual se simula el fallo o fraccionamiento del suelo progresivamente. I.N.V. E - 152. Con el uso del equipo de compresión inconfiada se realizaron los respectivos análisis de forma manual, con el fin de dejar en evidencia ciertos cambios en la carga distribuida y los efectos de alteración los resultados obtenidos.

Ensayo de corte directo

La aplicación del ensayo de corte directo en la semana cuatro, para la determinación de la resistencia al esfuerzo cortante consistió en colocar una parte de la muestra de suelo obtenido en una caja de corte directo, al cual se le aplica una carga lateral en la que se identifica la relación entre el esfuerzo cortante frente a la deformación del suelo. Esta carga lateral simula las deformaciones que pueden llegar a ocurrir y en las que se tienen en cuenta la velocidad constante de deformación, la fuerza del cor-

te y los desplazamientos a lo largo de la falla.

Una vez hechas las pruebas y los ensayos de laboratorio, se procedió a la implementación de modelos, como se expone a continuación:

Método Bishop

Se aplicó el *software* GeoStudio con los datos hallados, teniendo en cuenta que el método Bishop desarrollado se desarrolló a partir de dovelas, considerando el efecto de las fuerzas entre estas. En la figura 4 se muestra la malla de centros, la superficie de rotura para el coeficiente de seguridad mínimo (1,127) y su centro correspondiente.

En los terrenos I, II, III, la unidad de peso es correspondiente a 12 kN/m³. Para el terreno I su cohesión es 19 KPA y su ángulo corresponde a 11°. En

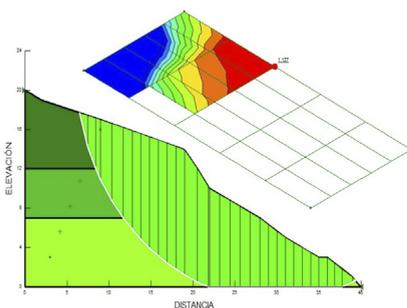


Figura 4. Modelación de peso propio
Fuente: elaboración propia.

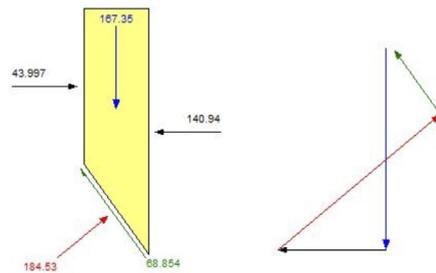


Figura 5. Polígono de fuerzas. Esquema de fuerzas sobre una dovela en el método de Bishop

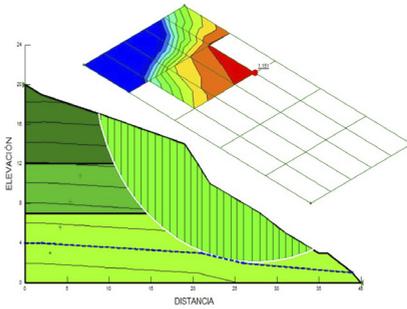


Figura 6. Modelación peso propio + nivel freático

el terreno II su cohesión es 8 KPa y su ángulo 18° . Por último, para el terreno III su cohesión es 21 KPa y su ángulo corresponde a 10° .

En la modelación anterior (figura 5) se tiene en cuenta el peso propio + el nivel freático, a diferencia de la figura 3, ya que en esta solo se tiene en cuenta el peso propio, con esto, su factor de seguridad cambia a 1,151.

En los terrenos I y II, la unidad de peso corresponde a 12 kN/m^3 . Para el

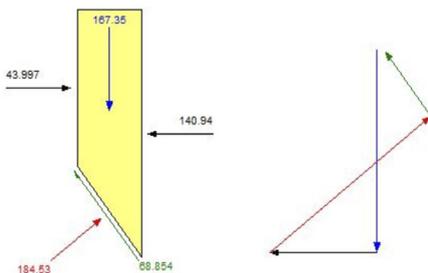


Figura 7. Polígono de fuerzas
Fuente: elaboración propia.

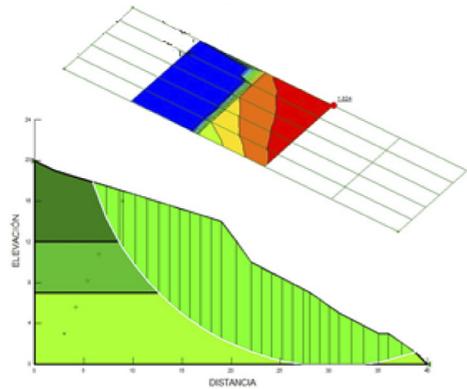


Figura 8. Modelación de peso propio
Fuente: elaboración propia.

terreno I su cohesión es 19 KPa y su ángulo corresponde a 11° . En el terreno II su cohesión es 8 KPa y su ángulo 18° . Por último, para el terreno III la unidad de peso es 17 kN/m^3 su cohesión 21 KPa y su ángulo corresponde a 10° .

Método de Jambú

Mediante el *software* GeoStudio el método simplificado de Jambú supone que las fuerzas entre dovelas son hori-

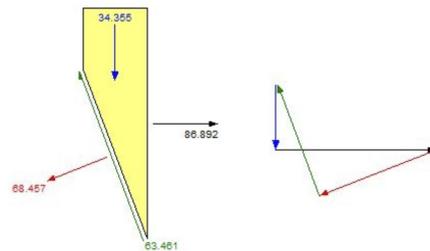


Figura 9. Polígono de fuerzas
Fuente: elaboración propia.

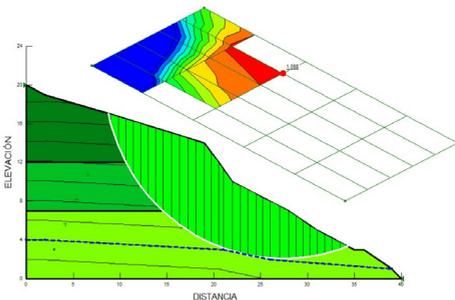


Figura 10. Modelación peso propio + nivel freático

Fuente: elaboración propia.

zontales y no tiene en cuenta las fuerzas cortantes.

En la figura 8 se ve la malla de centros, la superficie de rotura para el coeficiente de seguridad mínimo (1,024) y su centro correspondiente.

En los terrenos I y II, la unidad de peso corresponde a 12 kN/m³. Para el terreno I su cohesión es 19 KPA y su ángulo corresponde a 11°. En el terreno II su cohesión es 8 KPA y su ángulo 18°.

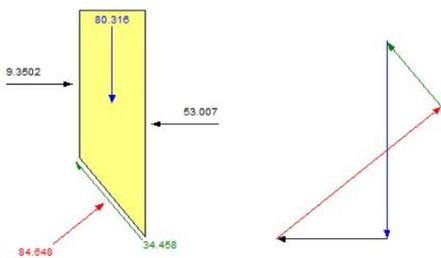


Figura 11. Polígono de fuerzas
Fuente: elaboración propia.

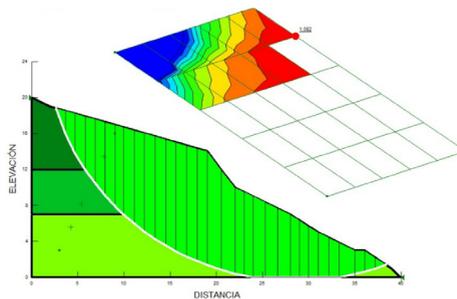


Figura 12. Modelación de peso propio
Fuente: elaboración propia.

Por último, para el terreno III la unidad de peso es 17 kN/m³ su cohesión 21 KPA y su ángulo corresponde a 10°.

En la modelación anterior (figura 9) se tiene en cuenta el peso propio + el nivel freático a diferencia de la figura 7, ya que en esta solo se tiene en cuenta el peso propio, con esto, su factor de seguridad cambia a 1,088.

En los terrenos I y II, la unidad de peso corresponde a 12 kN/m³. Para el terreno I su cohesión es 19 KPA y su ángulo corresponde a 11°. En el terreno II

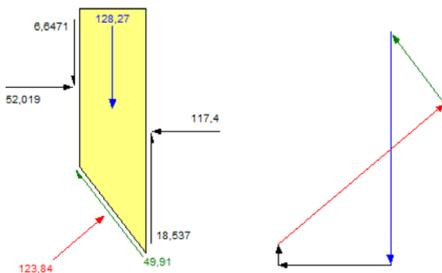


Figura 13. Polígono de fuerzas
Fuente: elaboración propia.

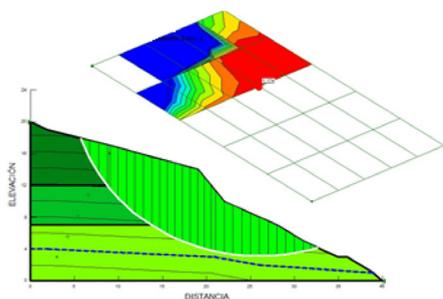


Figura 14.
Modelación de peso propio + nivel freático
 Fuente: elaboración propia.

su cohesión es 8 KPA y su ángulo 18° . Por último, para el terreno III la unidad de peso es 17 kN/m^3 su cohesión 21 KPA y su ángulo corresponde a 10° .

Método Morgenstern

El método de Morgenstern recomienda que las fuerzas entre partículas deben ser paralelas al talud, en los extremos de la superficie de falla, por lo tanto, se modeló en GeoStudio y se halló lo siguiente:

En la figura 12 se ve la malla de centros, la superficie de rotura para el coeficiente de seguridad mínimo (1,082) y su centro correspondiente.

En los terrenos I y II, la unidad de peso corresponde a 12 kN/m^3 . Para el terreno I su cohesión es 19 KPA y su ángulo corresponde a 11° . En el terreno II su cohesión es 8 KPA y su ángulo 18° .

Por último, para el terreno III la unidad de peso es 17 kN/m^3 su cohesión 21 KPA y su ángulo corresponde a 10° .

En la modelación anterior (figura 13) se tiene en cuenta el peso propio + el nivel freático, a diferencia de la figura 11, ya que en esta solo se tiene en cuenta el peso propio, con esto, su factor de seguridad cambia a 1,174.

En los terrenos I y II, la unidad de peso corresponde a 12 kN/m^3 . Para el terreno I su cohesión es 19 KPA y su ángulo corresponde a 11° . En el terreno II su cohesión es 8 KPA y su ángulo 18° . Por último, para el terreno III la unidad de peso es 17 kN/m^3 su cohesión 21 KPA y su ángulo corresponde a 10° .

Análisis de resultados

Los datos obtenidos en el laboratorio de humedad muestran un porcentaje de

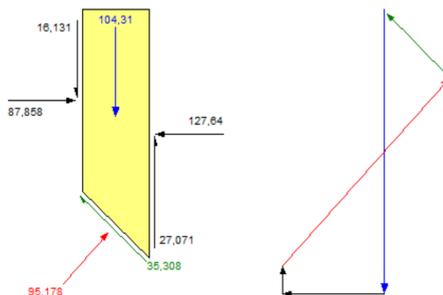


Figura 15.
Polígono de fuerzas
 Fuente: elaboración propia.

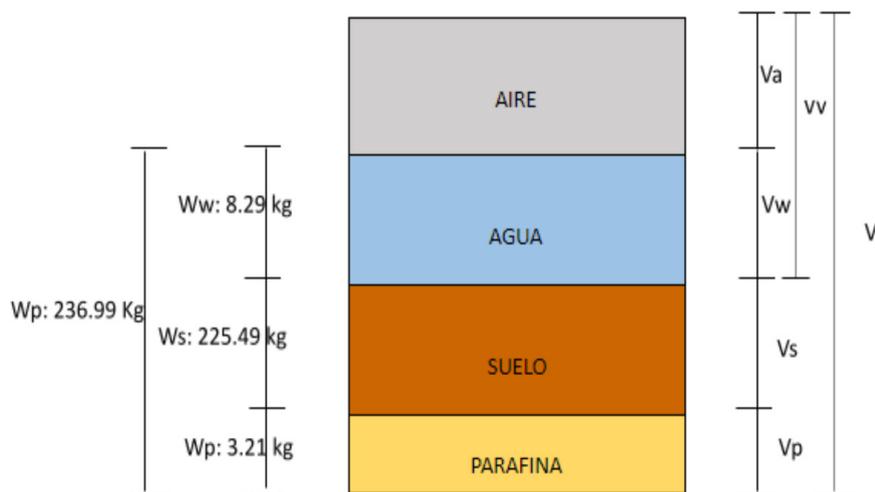


Figura 16. Diagrama de fases
Fuente: elaboración propia.

humedad de 24,18%; esta humedad se definió como la relación, expresada en porcentaje, entre el agua libre en los poros y la masa de las partículas sólidas del material. Así mismo, de la información proveniente del ensayo de penetración estándar se observó que la muestra cima 1 y mitad 1 presentan una resistencia de 4,5 micras μ , con respecto a la muestra pie 1 y mitad 2, con una resistencia de 2,0 μ y 1,0 μ respectivamente. Lo que indica que los suelos con mayor resistencia a la penetración (cima 1-mitad 1) suelen ser aptos para soportar los esfuerzos que pueda recibir el suelo.

Por otro lado, en el laboratorio de fases se determinó que el peso específico seco del talud es aproximadamente 12,54 kN/m³, lo que indica que la clasificación del suelo es una “arcilla blanda”, según se ve en el diagrama de fases y en el procedimiento de cálculo que se expone a continuación.

Procedimiento

$$(3) \gamma_d = \frac{G_s * V_w}{1 + W * G_s}$$

Donde:

γ_d : peso específico seco del suelo

Gs: gravedad específica de los sólidos

W: humedad del suelo

Vw: volumen del agua

$$(4) \gamma_d = \frac{2.37 * 9.81}{1 + 0.36 * 2.37}$$

$$\gamma_d = 12.54$$

$$(5) \gamma_{sat} = \gamma_d (1 + w) \gamma_{sat} 12.54 \left(1 + \frac{36}{100}\right) \gamma_{sat} 17.05 \text{ Kn/m}^3$$

Se determinó una relación entre la humedad (%) obtenida en su laboratorio respectivo (36%), dato con el que se estableció dentro de los rangos, con el cual permitió evidenciar y determinar el tipo de suelo y el peso unitario seco del talud. A partir de las características del suelo “arcilla blanda” y un peso unitario de (11,5-14,5), se identificó el valor del peso específico saturado del talud (17,05 kN/m³).

El ensayo de compresión simple arrojó datos en cuanto a la resistencia al corte o esfuerzo de compresión simple, los cuales fueron realizados a cada una de las muestras extraídas del talud, de la siguiente manera:

Según la normatividad vigente (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 1997; Terzagui y Peck, 1955), la clasificación de la consistencia del suelo se da de acuerdo con los rangos en los cuales se identifiquen.

Tabla 2. Relaciones entre qadm, N y la consistencia para suelos finos

Consistencia del suelo	Resistencia a la compresión inconfiada	
	Kg/cm2	(Kpa)
Muy blanda	< 0,25	(< 25)
Blanda	0,25 - 0,50	(25-50)
Mediana	0,50 -1,00	(50-100)
Firme	1,00 -2,00	(100-200)
Muy firme	2,00 -4,00	(200-400)
Dura	> 4,00	(> 400)

Fuente: datos tomados de Terzagui y Peck (1955).

El estudio de estabilidad de taludes se enfocó primordialmente en conocer y calcular, de la manera más exacta, parámetros de resistencia como la cohesión y el ángulo de fricción en cada uno de los estratos correspondientes al talud en estudio, los cuales dependen de los movimientos que ha experimentado el terreno.

Por medio de la modelación en GeoStudio y el método de Bishop (figura 3) arrojó un factor de seguridad de 1,127 y en la figura 5 se observa que el peso propio más la presión de agua intersticial del FS es de 1,151. Cabe resaltar que, según la literatura consultada, Bishop es considerado uno de los métodos más confiables en la estabilidad de taludes. Por lo tanto, para efectos de este análisis, se observa que los datos obte-

nidos presentan valores similares a los conseguidos con otros métodos, lo que representa un mayor nivel de confiabilidad de la información.

Los resultados arrojados por los métodos Jambú y Morgenstern presentan similitud; para el método Jambú en la figura 7 el FS es de 1,024 y en la figura 9 con nivel freático el FS es 1,088; en el método de Morgenstern en la figura 11 el FS es 1,082 y en la figura 13 con nivel freático es de 1,174. Con estos resultados se considera que también es apto para la estabilidad del talud.

Como resultado final, teniendo en cuenta los factores de seguridad arrojados, una de las maneras más apropiadas para estabilizar el talud de la zona en estudio (vía Soracá, Boyacá, Boyacá 8 km + 200), es la revegetalización, ya que contiene el agua sobre la superficie y las raíces brindan soporte mecánico por su entramado y controlan la humedad. De igual forma, mejora los efectos negativos por infiltración. Lo anterior es adecuado, según la geomorfología e hidrogeología del talud, ya que está ubicado en una zona de altas lluvias por largos periodos; además, es una solución con repercusiones económicas y factibles

A partir de lo anterior se sugiere este tipo de estabilidad ya que los factores de

seguridad determinados no son lo suficientemente altos para involucrar un elemento de construcción de mayor magnitud.

Conclusiones

Es posible identificar que los parámetros del suelo como la densidad, la cohesión y el ángulo de fricción determinan el comportamiento que tendrá el talud y la presencia del nivel freático afecta directamente el terreno.

El método de dovelas, utilizado para analizar la estabilidad del talud, es de gran importancia ya que ofrece valores confiables y bastante precisos de un terreno, incrementando su efectividad ya que incorporan herramientas computacionales como el *software* GeoSlope.

Referencias

- Armas, R. (2010). Presas de tierra. En Diseño de obras hidrotécnicas. Comisión Editorial de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.
- Catanzariti, F. (2019). Artículos de geotecnia. <https://www.geostru.eu/es/estabilidad-de-taludes/>
- Cruz, J. (2013). Diagnóstico de estabilidad de taludes en la localidad de Usme a través de los sistemas de información. <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/849/2/Diagn%C3%B3sti...pdf>
- Das, B. M. (2001). *Fundamentos de ingeniería geotécnica*. Cengage Learning.

- Díaz, J. S. (2001). *Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales*. Universidad Industrial de Santander.
- Espinoza, C. E. (2013). Análisis comparativo entre los métodos de estabilidad de taludes aplicados a las presas de tierra del Proyecto Pacalori. Cuenca-Ecuador.
- González, A. O. (2015). *Estabilidad de taludes y laderas. Análisis cuantitativo y cualitativo*. Grupo Iteico Euroamericano.
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (1997). Reglamento Colombiano de Construcción Sismorresistente NSR-10 Título H.
- Mora-Ortiz, R. S. y Rojas-González, E. (s. f.). Efecto de la saturación en el deslizamiento de talud de la comunidad San Juan de Grijalva, Chiapas. <http://www.scielo.org.mx/pdf/iit/v13n1/v13n1a6.pdf>
- Oliva, A. (2019). Estabilidad de taludes y laderas. https://www.researchgate.net/publication/324507337_Estabilidad_de_taludes_y_laderas_Analisis_cuantitativo_y_cualitativo
- Rodríguez, C. E. (2006). *Apuntes curso de estabilidad de taludes*. Universidad Nacional de Colombia.
- Rodríguez, E. J. (2012). *Mecánica de suelos*, tomo 1. Grupo Noriega Editores.
- Ronaldo, M. y Granados, R. (2012). Análisis de estabilidad de taludes considerando la incertidumbre de los datos. *Revista Geológica de América Central*, 47, 133-141. <http://www.redalyc.org/pdf/454/45437354007.pdf>
- Sanhueza Plaza, C. y Rodríguez Cifuentes, L. (2013). Análisis comparativo de métodos de cálculo de estabilidad de taludes finitos aplicados a laderas naturales. *Revista de la Construcción*, 12(1), 17-29.
- Terzagui, K. y Peck, R. (1955). *Mecánica de suelos en la ingeniería práctica*. El Ateneo.

Misuse of Statistics

Johanna Major¹⁰

Recibido: 19 de abril del 2020. Recibido en revisión: 24 de mayo del 2021. Aceptado: 30 de junio del 2021.

DOI: <https://doi.org/10.33132/27114260.1986>

Abstract

It was analyzed the incorrect or misleading use of the data analysis in the business making a business decision. The misuse of the statistics could be addressed by bias or inadequate tools, or the lower knowledge or expertise to develop the data analysis. Misleading statistics are recognized in six distinct categories: misleading data visualizations, selective bias, purposeful, using the small sample size, data fishing, and finally polling. We will describe each misleading of statistics, and we are going to analyze two cases. The first cases expose the misuse of small samples, and data fishing could provide the wrong view of business strategies and affect business decision-making. The second case explains how flawed correlations and faulty polling affect innovation and market surveys when companies introduce new products or services.

Keywords: competitiveness, decisions making, marketing strategies, organizational management, statistics analysis.

Introduction

Data Analysis provides innumerable benefits to managers to solve problems or establish new innovative ideas. The main objective of data analysis is to choose the right business decisions, but what happens when data analysis has misleading information. Sometimes these misleading data situations happen because the data information was not clearly selected to develop

the analysis. The data misuse was implemented in the statistics study to favor business decisions or market acceptance.

Misleading statistics refers to incorrect use of the statistics as an unethical approach of the data statistics tool to favor a business idea or social statement. According to Steele:

¹⁰ Business School, American Public University (APU) EE. UU., Johanna.major@mycampus.apus.edu. <http://orcid.org/0000-0001-7927-6250>

“Many statisticians are uncomfortable with Huff’s title. We spend much of our lives trying to persuade others of the importance and integrity of statistical analysis, and we are naturally uncomfortable with the suggestion that statistics can be used to craft an intentional lie” (2005, p. 205).

Also, data misuses of statistics happen when the study is guided with lower standards of expertise; in this case, the statistical study fails since the study’s beginning because samples are wrong measured, or variables show the correlation between the factor to be evaluated.

Data misuse of statistics happens continuously in the different economic, social, political, education, and business areas. Many of the data misuses of statistics in the business market affect the reliability of the decision-making. We could see six types of misleading that affect direct or indirect business dynamic, such as Misleading data visualizations, purposeful and selective bias, using percentages in combination with small sample size, Data fishing, flawed correlations, and faulty polling. These types of data misuse occurred during each company’s business process, decreasing the reliability of the information, and minimizing the quality of the study.

The first type of misuse is the visual representation of statistics. Graphs and charts sometimes do not express valid analytical information. This type of misuse happens more frequently in the market area. It is used intentionally as a tool to present a product or service stronger and competitive to the adversary. The real intention of misleading is to attract more consumers and strengthen the company in the market.

The second type of misleading statistics is purposeful and select bias. Business ethical behavior is presented in this type of data misuse due to the data misuse present the human intention to change the data or avoid relevant information to influence the results in the way longed for the personal or corporate interest. According to Best (2012):

We need to understand that people debating social problems choose statistics selectively and present them to support their points of view. Gun-control advocates will be more likely to report the number of children killed by guns, while opponents of gun control will prefer to count citizens who use guns to defend themselves from attack” (2012).

For example, politics is one area that more implemented this kind of data lies

during campaigns. In the recent presidential campaign, we could see that both republicans and democrats said that their candidates were winning elections if they saw the report for each campaign. The campaign conducted surveys and omitted information that could affect their statistics numbers.

The third is data fishing. Shortcomings in the first step of data analysis happen. Again, this circumstance of data fishing could be intentional or not. Data fishing refers to the evaluation and determination of many variables with an unclear hypothesis. It creates a situation where all the variables are correlated and are not clear the logical variables to study. This data analysis is used to omit truth information and select the information that benefits from a direct perspective.

Correlation between variables regularly happens when misleading is present in the data analysis, but what happens when this correlation of variables is affected by causation conditions. These circumstances in the data misuse are called flawed correlations. Flawed correlations affect managers drastically in the decision-making process due to the information has been affected by causation. As a result, managers that

follow this kind of analysis fail in their business decisions. Most of the business decisions fail to happen for this statistic lie.

The use of small sample size percentages is one of the most data misuses presented in business decisions. The small sample size is another business failure that fails to determine business strategies to promote a new project, business idea, or procedure. Therefore, the data analysis in this kind of data lie or misuse changes the analysis's logical reasoning. If the analysis is elaborate without sample or not enough sample size, the result is incoherent and distorted. When companies are trying to determine a new market for a product or service, this kind of misleading happens frequently, and it is fatal for the correct market study.

Finally, faulty polling surveys are formulated with the intention of favoring an idea, product, or service. The main goal of this data misuse is to persuade favoritism through the survey questions indirectly. Faulty polling is also used to favor products or services between competitive opponents when companies implement surveys to show consumers that their product is better or offer more features than their competitors.

Methodology

The misuse of the business decision-making statistics happens more often than expected in small and large corporations. The actual business has many examples of misleading statistics. It was necessary to read and analyze meticulous details of misleading uses in Ford Company and Google to demonstrate accuracy with the information. Each company reflects a different type of misuse of the data. For this reason, in this paper, the following case studies show how the misunderstanding or misuse of statistics negatively affects the business in the market.

Case Study: Ford Sales Fail in 2017- Small Sample Size and Data Fishing

In 2017, Ford had to admit that their track sales were a failure due to the unaffordable prices. According to Muller, Ford present low sales in 2017: “Ford Motor’s revenues and earnings headed in opposite directions in 2017, as higher prices on fancy pickup trucks failed to translate into bigger profits” (Muller, 2021). According to Muller the company implemented modern technology in auto parts, which increases the cost of the pick-ups. Ford admitted that: “Ford said the average transaction price on its vehicles rose \$1,300 in 2017, proving

consumers didn’t flinch at sticker prices on F-series pickups that came close to \$50,000” (Muller, 2021).

Unfortunately, neither the USAA nor South America could fit the customer with unreasonable prices. The type of data misuse is the small sample of size and data fishing. The first type of data misleading happens in the marketing and production process of the pick-up vehicles. Since the prices were too high, the company’s sample implemented to implement the quantitative market analysis was too narrow and focused on only one characteristic of the studied variables - consumers with elevated income. The second type of this case is data fishing. Ford established many variables to evaluate for the data analysis, and at the end of the study, these variables present correlations. Since the company was trying to implement modern technology and the cost of the sources to produce fancy pick-up determines the main point to fail the market data analysis. These two types of data misleading incurred in the sales failure of pick-up for Ford in 2017. The numerical data collected for Ford pick-up vehicles with innovative technologies were not coherent and influenced the results with more significant sales expectations for 2017.

Case Study: Google Play Music is Dying- Flawed Correlations and faulty Polling

In 2020, Google announced that one of their apps were no longer be on the market. For a long time, google where advertising Google's music as one of the best music apps in the market. According to Curtis, 2020 "The real burn was Google Play Music. This service was replaced by YouTube Music on December 3rd" (2020, pg. 1-1). Google users were Google play music customers, and since December 2020, the company announces that the music app is going to take down. According to Curtis, 2020 "Sometimes we're aware of the existence of Google products as they are discontinued" (2020, pg. 1-1). Flawed correlations in the Google Play Music case happen because the company, during the market process, establishes many variables to evaluate the competitive market compared with the market needs and what the Google Music app offers. The information obtained by the data analysis was false, and the company could not establish a competitive strategy to attract more consumers. The survey that they elaborate on was influenced by the faulty polling type of data misuse without intention to favor their company app. Companies must review

this aspect in detail when they are implementing marketing surveys. Companies must be critical and avoid designing surveys with a persuasive intention to favor their product when competitiveness is on the table.

How managers could avoid incurred data misleading

Since every managerial decision is influenced by data analysis, it is crucial that managers must implement. Data analysis evaluates the following questions: from where the information is going to be collected and determine the hypothesis and variables of the study, the method that is going to be implemented to evaluate the information, and finally, clearly determine the real intention to develop a data analysis. These three aspects of data are misleading before elaborating a data analysis. The information evaluated produces valid and reliable information to develop a successful and truthful analysis.

Analysis of results

For both companies Google and Ford Co. The misuse of the statistics in their business decisions creates a failure and costly environment for the business that directly affects them. In the case of Google, the flawed correlations and

faulty polling data analysis implemented to put Google play in the market did not help the Company to update the app to be competitive with the new features for their competitors. They implemented too many variables to analyze the market strategies; this situation conditions the Company to see the need to implement innovation in their app. At the same time, the surveys strategies implemented were designed by faulty pulling misuse of statistics. This type of misuse often happens when companies favor the results of the study and do not want to be questioned.

On the Other hand, Ford company 2017 decided to implement high-quality technology in the Pickup in the F-series model. The price of the Pickup F-series model went too high; for this reason, the Ford sales for 2017 in this type of track were too low compared with the rest of their inventory. The variables used in the market study focused on implementing innovative technology but did not consider that the price of the vehicle increased. The Company did not pay attention to re-evaluated variables that directly affect the consumer interest to pay more for the same Pickup with some new technological features. Also, the features did not support the increase in the auto price. For this reason, pickup customers did not see the car attractive, and Ford

Company lost their sales in 2017 for the Pickup in the F-series model.

Conclusion

Data misleading plays a fundamental role in successful business decisions. The data misuse in business presents false information and makes a business fail in their goals. Data misleading could be used intentionally or not. When variables are not well determined, the hypothesis does not satisfy the analysis. The sample size is not insufficient to elaborate the study, and the survey intentionally biases to favor interests. All these types of misuse or data lies do not help companies to accomplish successful goals. Managers must avoid these types of data misuse by carefully evaluating all the variables used in the data analysis and avoiding the intentional misuse to fix data analysis.

References

- Best, J. (2012). *Damned lies and statistics: Untangling numbers from the media, politicians, and activists*. ProQuest Ebook Central <https://ebookcentral.proquest.co>
- Collins, B. (2021). Google play music is dying: Don't let it take your MP3 Collection with it. *Forbes Magazine*. <https://www.forbes.com/sites/barrycollins/2020/05/13/google-play-music-is-dying-dont-let-it-take-your-mp3-collection-with-it/?sh=2b3fe6f045c2>

Curtis, S. (2020). In memorandum: The tech we lost in 2020, 202. *Forbes Magazine*. <https://www.forbes.com/sites/curtissilver/2021/12/30/in-memorandum-the-tech-we-lost-in-2020/?sh=15f4d66b454f>

Muller, J. (2021). Ford needs to make good on its new years after 2017 results disappoint., *Forbes Magazine* <https://www.forbes.com/sites/joannmuller/2018/01/24/ford-needs-to-make-good-on-its-new-years-fitness-resolution-after-2017-results-disappoint/?sh=7fd64cc66dcf>

Steele. (2005). Darrell huff and fifty years of “how to lie with statistics”. *Statistical Science*, 0(3), 205-209. <https://doi.org/10.1214/088342305000000205>

Transferencia de conocimiento científico sobre variabilidad climática en entornos rurales (comunidad de Boquerón, Jagua de Ibirico)

Daniel Cotes¹¹, Aristides Noriega¹¹, Luis Carlos Díaz Mueque¹¹, Paige Castellanos¹²

Recibido: 14 de abril del 2020. Recibido en revisión: 10 de mayo del 2021. Aceptado: 25 de noviembre del 2021.

DOI: <https://doi.org/10.33132/27114260.1987>

Resumen

Boquerón es un corregimiento ubicado en medio de grandes proyectos de extracción de carbón a cielo abierto en el centro del Cesar. En el pasado su principal actividad económica fue la agricultura junto con la pesca, pero además de la transformación del territorio por la minería y los desafíos climáticos y la disponibilidad de los recursos del suelo y del agua, se divisa un panorama preocupante para sus habitantes. A raíz de estas dificultades se formó la estrategia “Programa de movilidad académica para la transferencia de conocimiento científico a las comunidades rurales para la construcción de la paz”, desarrollada por estudiantes y profesores de Fundación Universitaria del Área Andina (Valledupar), Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano (Bogotá) y la Penn State University (Estados Unidos). Con dicha estrategia se identificaron las condiciones socioeconómicas de la comunidad rural de Boquerón, a partir del uso de metodologías utilizadas por investigadores rurales, el desarrollo de talleres con representantes de la comunidad y expertos temáticos locales; además de plantear mesas de discusión para estructurar soluciones a los desafíos territoriales. El ejercicio permitió definir una estructura de trabajo para tratar los cambios ambientales generados por la industria agrícola, extractiva y el cambio climático en el territorio.

Palabras clave: comunidad rural, minería de carbón, suelos, transferencia de conocimiento.

11 Facultad de Ingeniería y Ciencias Básicas, Fundación Universitaria del Área Andina, sede Valledupar. dacotes@areandina.edu.co. <https://orcid.org/0000-0003-3936-2669>. ldiaz164@areandina.edu.co. <https://orcid.org/0000-0001-9587-6061>

12 Penn State University. pxd171@psu.edu. <https://orcid.org/0000-0001-8682-0605>

Introducción

Las organizaciones de servicios educativos son generadoras naturales de conocimiento mediante sus procesos de formación, investigación y proyección social (Sánchez, 2017), ya que abren espacios compartidos con el entorno universidad, empresa, Estado y sociedad (UEES), en el que interactúan perfiles, experiencias y conocimientos que, bajo parámetros de sistematicidad, creatividad y rigurosidad, motivan la construcción de proyectos, resultados y acciones que aportan al desarrollo y al bienestar con propuestas de solución o mejoramiento pertinentes, útiles y transferibles.

Lo anterior debe estar conectado con la ruralidad, la cual, en los entornos de América Latina, imprime una serie de limitantes de desarrollo económico a las comunidades que no les permiten ser competitivos con las ventas de sus productos agropecuarios. En estos casos, la innovación agropecuaria es fundamental para el crecimiento, tanto de la productividad como de las tecnologías para incorporar mayor valor agregado (Mendoza *et al.*, 2020). Pero estas innovaciones deben tener la participación de las instituciones de educación superior como actores fundamentales del sistema de innovación, para pensar en una diver-

sificación productiva desde la actividad extractiva y agropecuaria sostenible.

En concordancia con lo anterior, la transferencia del conocimiento entre la universidad y las organizaciones comunitarias, cada vez tiene mayor atención debido a los complejos desafíos de las comunidades rurales (Rubio-Hurtado *et al.*, 2018). La priorización de la educación superior como un instrumento de desarrollo mediante relaciones bidireccionales y de cooperación entre la universidad y su entorno, a la vez que el entorno aporta elementos, recursos y conocimientos para incrementar la calidad de los productos universitarios. Esta misión de la universidad, más allá de sus dimensiones docentes e investigadoras, ha sido denominada ““transferencia del conocimiento”” (Rubiralta, 2011).

Además, se debe comprender en qué condiciones se da la transferencia de conocimiento científico y tecnológico para lograr una efectiva cooperación entre las instituciones. Para ello, González (2011) describe algunos mecanismos de transferencia basados en distintas fuentes de investigación, los cuales incluyen: “acuerdo de licencia, cooperación tecnológica, asistencia técnica y servicios, movilidad de personal, creación de empresas, alianzas tecnológicas, adqui-

siciones y fusiones y compra-venta de bienes de equipos”.

La zona de estudio analizada en este artículo es Boquerón, un corregimiento ubicado en medio de dos grandes minas de carbón del Cesar, que durante los últimos años estuvo en proceso de reasentamiento debido a los recursos naturales que hay en su subsuelo y los impactos ambientales que ha recibido por las actividades mineras, principalmente, en la calidad de vida que se ha visto afectada por diferentes variables, tales como la contaminación del aire y la fertilidad de su suelo, ya que su historia cuenta que en el pasado su principal actividad económica era la agricultura junto con la pesca, pero que por alguna razón luego de la llegada de las grandes empresas mineras, estas actividades se fueron perdiendo hasta llegar a las condiciones actuales en las que el suelo sufrió cambios (Bejarano, 2019).

Lo anterior se relaciona con el Cesar, pues

luego de ser un territorio dominado por el sector agropecuario hasta 2000, el departamento del Cesar se convirtió en un territorio cuya base económica principal es la minería del carbón: a partir de 2001 este sector genera el mayor porcentaje del PIB departamental. La explotación minera pasó de representar 18,2% del PIB depar-

tamental en 2000 a 38,3% en 2016, mientras que el sector agropecuario se redujo de 19,7% a 9,2%. (Bonet-Morón *et al.*, 2020)

Cabe destacar un estudio del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, el cual señala:

En la zona minera del Cesar en donde se realiza la explotación del carbón, en los últimos años se evidencian impactos ambientales acumulativos generado por los grandes volúmenes de estériles con acumulación notoria visible desde las poblaciones cercanas a los proyectos mineros. (Minambiente, 2017)

Sumado a los fenómenos de variabilidad climática con prolongados periodos de sequía y lluvias que impactan todas las actividades socioeconómicas del territorio.

En la comunidad objeto de estudio ha emergido una sola asociación creada por campesinos locales que quieren asegurar los derechos de la comunidad y condiciones de vida adecuadas, teniendo en cuenta que cinco empresas mineras están desarrollando siete proyectos en este territorio. Debido a lo anterior, Areandina ha estado trabajando directamente con esta organización civil, con el fin de enfrentar los altos niveles de desertificación que impiden los usos agrícolas del suelo y que los afecta directamente.

Para Areandina (2019) la internacionalización de la educación superior es

un proceso cultural, integral, estratégico, dinámico y permanente que, basado en la política de relaciones externas, tiene como objetivo incluir la dimensión internacional e intercultural en todos los aspectos de la vida institucional, especialmente en su función misionaria de docencia, investigación y extensión de tal forma que la comunidad académica esté incorporada efectivamente y con calidad en las dinámicas de un mundo globalizado.

Este compromiso institucional guía a la inclusión de la internacionalización como un imperativo estratégico en el Plan de Desarrollo Institucional 2016-2020 (Areandina, 2019).

Con el objeto de aplicar lo establecido por Areandina en la internacionalización es importante conocer el concepto de cooperación universitaria, que según Gutiérrez (2017) se define

como aquel proceso asociativo donde concurren esfuerzos, capacidades y recursos, dispuestos por al menos dos universidades o instituciones de educación superior, con el propósito de crear nuevo conocimiento o innovar en sus modos de consecución o difusión, así como en sus formas de aplicación, para la solución de problemas que les competen.

Sobre la base de los conceptos anteriores, la finalidad de este estudio es pro-

poner estrategias de transferencia de conocimiento científico sobre variabilidad climática en entornos rurales, a partir de la experiencia obtenida en Boquerón (La Jagua de Ibirico, Cesar); para ello, primero se van a analizar las condiciones socioeconómicas de la comunidad de Boquerón, luego se va a identificar el manejo de suelos por parte de los habitantes de la comunidad y, finalmente, se van a realizar unas mesas de discusión con estudiantes y docentes de las universidades Areandina, Jorge Tadeo y Penn State, con el fin de definir unas estrategias para afrontar los desafíos que se presentan en comunidades rurales con condiciones similares a las de Boquerón.

Metodología

El diseño de investigación que se utilizó fue no experimental de tipo descriptivo, el cual se llevó a cabo en tres fases, en las cuales se combinó el trabajo realizado en Boquerón con mesas de discusión que se llevaron a cabo en el marco del proyecto Strong 100K, en el que participaron nueve estudiantes y tres docentes de las universidades Areandina, Jorge Tadeo y Penn State en un intercambio académico y cultural orientado a la definición de estrategias para enfrentar las problemáticas que afectan a Boquerón.

Fase I: diagnóstico socioeconómico. Esta fase se llevó a cabo mediante reuniones y entrevistas a los miembros de la comunidad, quienes conversaron acerca de los temas que los afectan. Toda esta información estuvo enmarcada en un modelo de caracterización de la comunidad suministrado por la Universidad de Penn State.

Fase II: conocimiento del manejo de suelos realizado por la comunidad. Se aplicó una encuesta generada con base en lo planteado por Cotler y Cuevas (2017), con el fin de conocer cómo se da el manejo de suelos por parte de los miembros de la comunidad.

Fase III: definición de estrategias para enfrentar los desafíos. Esta fase se llevó a cabo en el marco del programa Strong 100 K, en el que, para alcanzar los objetivos propuestos y maximizar la interacción entre los participantes, se dividió en dos partes: la primera se llevó a cabo en Penn State, donde los estudiantes de Areandina y Jorge Tadeo recibieron un entrenamiento intensivo de 40 horas acerca de la transferencia de conocimiento a comunidades rurales, tomando como referencia las áreas de sociología rural, agricultura y extensión, lo que servirá de soporte para las actividades que se realizarán en Boquerón. La se-

gunda parte se desarrolló en Colombia, en la sede de Areandina en Valledupar, en donde los participantes se familiarizaron con la problemática relacionada con el impacto de la minería en Boquerón y el contexto ambiental del Cesar.

Resultados

Los resultados relacionados con el contexto socioeconómico y el manejo de suelos de Boquerón se basaron en la monografía realizada por Bejarano (2019), la cual hizo parte de este proyecto.

Contexto socioeconómico de la comunidad rural de Boquerón

Los resultados del diagnóstico socioeconómico se basaron en la información obtenida en las reuniones y entrevistas realizadas a los miembros de Boquerón, los cuales se presentan a continuación:

Demografía

La comunidad rural de Boquerón hace parte del municipio La Jagua de Ibirico, Cesar, es una población que según el Plan de Desarrollo Municipal de La Jagua de Ibirico 2012-2015 en el año 2012 tenía 1546 habitantes, pero con el paso del tiempo se ha reducido hasta alrededor de los 700 habitantes que presentan altos índices de pobreza y contaminación ambiental. (Bejarano, 2019)

Educación y empleo

Hay una escuela primaria que algunas veces funciona una escuela secundaria por ciclos. Gran parte de los jóvenes y niños van a estudiar al municipio de La Jagua. La tasa de empleo ha mejorado en los últimos cinco años debido a las oportunidades de empleo con empresas del sector minero cercanas a la zona por derecho. Existen algunos pequeños cultivos y criaderos de especies menores solo para consumo propio. (Bejarano, 2019)

Economías formales e informales

En la comunidad rural de Boquerón se cuenta con los siguientes establecimientos comerciales:

- Cuatro tiendas locales.
- Una miscelánea.
- Dos heladerías.
- Seis cantinas con billar.
- Dos instalaciones recreativas.

Producción agrícola

- Antes era muy alto, desde 1985 se cultiva a baja escala: maíz
- Cultivos: Se cultiva palma de aceite y maíz. En menor proporción se ha cultivado arroz, y árboles frutales.

- Venta vs. consumo: es para consumo propio. (Bejarano, 2019)

Salud

- Hay un lugar de salud básico, trabajan siete horas al día de lunes a viernes.
- Hay una unidad dental sin responsables. (Bejarano, 2019)

Infraestructuras de recreación

- Hay un Centro de Desarrollo Infantil (escuela para niños) 28 niños de 0-5 años.
- Hay un lugar para la recreación de personas mayores. 84 adultos mayores.
- Hay un restaurante escolar, pero no funciona de forma permanente.
- Parque central de Boquerón. (Bejarano, 2019)

Servicios de crédito: ninguno.

Organizaciones e instituciones comunitarias: (Coconebo) Consejo Comunitario Casimiro Mesa Mendoza.

Afiliación: la mayoría cuenta con afiliación a diferentes EPS.

Grupos de interés

Propia comunidad, Alcaldía de La

Jagua y empresas intervinientes (principalmente Drummond y Prodeco).

Transporte: vehículos personales. Alojamiento: únicamente familiar.

Turismo: nulo. (Bejarano, 2019)

Comunicaciones

El acceso a internet es difícil.

Hay una mala señal de teléfono.

Problemas principales

Agua:

- Toman el agua de un pozo subterráneo, que no ha sido estudiado para conocer su calidad para su consumo. (Bejarano, 2019)

– Aire:

- Es punto álgido dado el desacuerdo con autoridades ambientales y empresas mineras.

– Suelo:

- Poca fertilidad que dificulta el desarrollo de actividades agrícolas, con concentraciones de hierro. (Bejarano, 2019)

Infraestructura

Aproximadamente una tercera parte está conformada por casas hechas de barro y madera, y las demás son en ladrillo, sin mayor detalle en diseños ni enchapado.

Vías: todas destapadas sin distinción de vías peatonales y carreteras.

Manejo de suelos en Boquerón

La información relacionada con el manejo de suelos en la comunidad se obtuvo a partir de una encuesta realizada a 60 personas mayores de edad, cuyos resultados se presentan a continuación:

La mayor parte de la muestra encuestada es de sexo femenino, entre los 18 y los 40 años de edad con educación formativa hasta básica secundaria.

“En los últimos años el 48% de los habitantes de Boquerón ha aplicado actividades agrícolas, en parcelas reservadas para esta actividad principalmente cercanas a sus viviendas” (Bejarano, 2019).

El 79% de los habitantes de boquerón que han aplicado actividades agrícolas han utilizado algún tipo de práctica agronómica para la conservación de su suelo, donde resaltan el uso de abonos verdes, fertilizantes y labranza mínima aplicada al suelo. (Bejarano, 2019)

“El 65% de los habitantes de boquerón realizan actualmente actividades agrícolas mayor parte l hacen a pequeña escala y solo el 42% de estos lo ve como una opción comercial fuera de su autoconsumo” (Bejarano, 2019).

El 75% de los habitantes de Boquerón consideran que su suelo está de medianamente deteriorado a muy deteriorado, es decir que presenta rasgos de surcos, compactación, muy poca vegetación, con cárcavas y/o con signos de fuerte erosión y rasgos de sobrepastoreo. Y el 82% ven de muy necesario a urgente la aplicación de un tratamiento para su suelo de fines agrícolas. (Bejarano, 2019)

Menos del 50% del área destinada para estas actividades cubre más de 1 ha, con mayor parte de mano de obra propia de la familia de cada agricultor, con siembra de especies nativas como principal práctica vegetativa de conservación.

El 80% de los habitantes de Boquerón que realizan actividades agrícolas miden los resultados de sus prácticas de conservación de suelo a partir de observaciones propias, contra un 20% que miden sus rendimientos, opinan que el mayor obstáculo para el establecimiento de estas prácticas corresponde a la falta



Figura 2. Prácticas agrícolas

de dinero seguido de la falta de mano de obra, y aportan que existen factores adicionales como el comercio y transporte, la contaminación y riesgo de animales salvajes.

Las prácticas de manejo y conservación del suelo que esta comunidad aplica son realizadas en su mayoría en sus parcelas agrícolas de forma manual, y como se muestra en la figura de la pregunta 15, esta comunidad realiza pocas actividades de ganadería en sus predios o no son frecuentes (Bejarano, 2019).

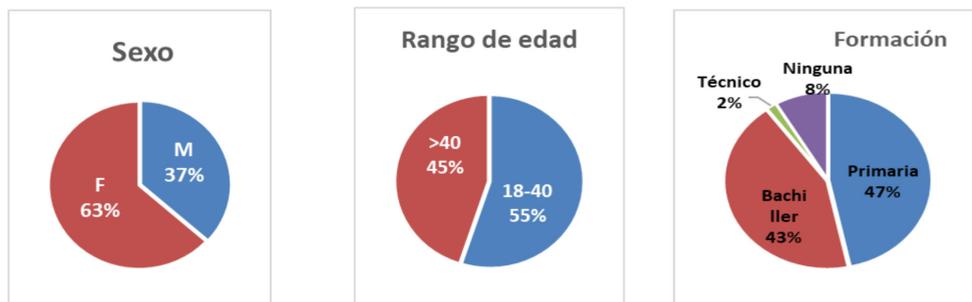


Figura 1. Manejo de los suelos en la comunidad, según sexo, rango de edad y formación

Por último, como se ve en la figura porcentual de la pregunta 16, el 67% los habitantes de Boquerón creen que las condiciones actuales de su suelo se deben a las actividades mineras aledañas en términos generales de impacto ambiental y social. (Bejarano, 2019)

Estrategias para enfrentar los desafíos de la comunidad

Programa de Talleres y Deliberación State College, Pensilvania, Penn State University

En esta fase se desarrollaron una serie de talleres relacionados con el manejo de comunidades, en los cuales se



Figura 3. Tipo de espacio

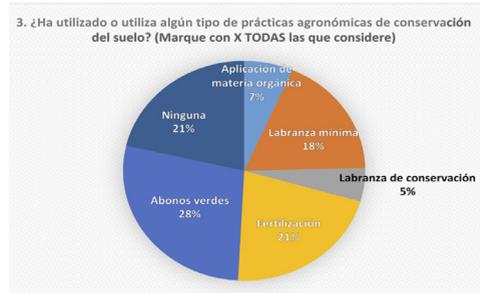


Figura 4. Prácticas agronómicas de conservación

contó con la participación de expertos relacionados con las siguientes temáticas: desarrollo internacional, equidad de género, evaluación de activos y necesidades de las comunidades, conocimiento local, proyectos de extensión.

También se hizo una presentación del proyecto trabajado por la Fundación Universitaria del Área Andina llamado “Biorremediación de suelos afectados

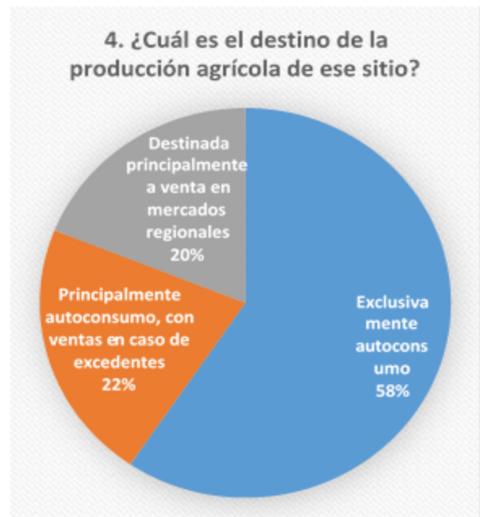


Figura 5. Destino de producción

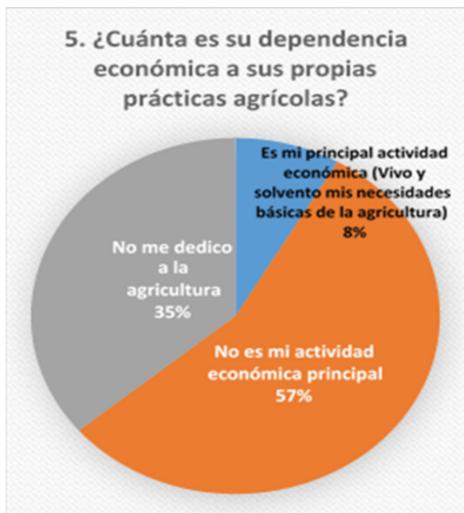


Figura 6. Dependencia económica

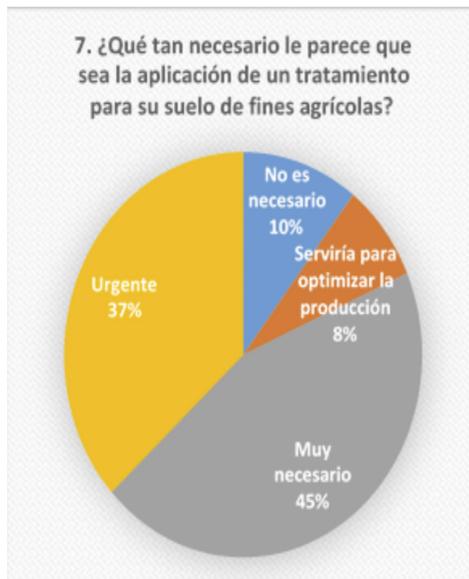


Figura 8. Necesidad de tratamiento



Figura 7. Estado del suelo

8. ¿Cuál es el tamaño del área que está destinada a estas prácticas?

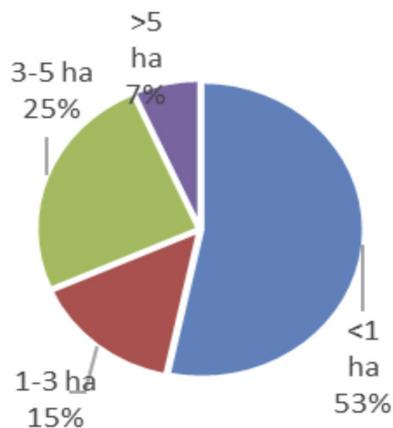


Figura 9. Tamaño del área

9. ¿Con qué mano de obra se cuenta para esta actividad?

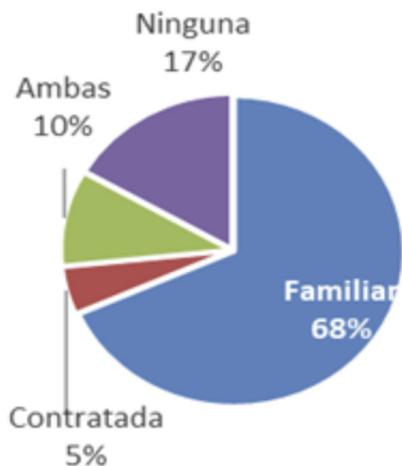


Figura 10. Mano de obra

11. ¿De qué forma mide los resultados de las prácticas de conservación de suelo en sistemas agrícolas y agroforestales?

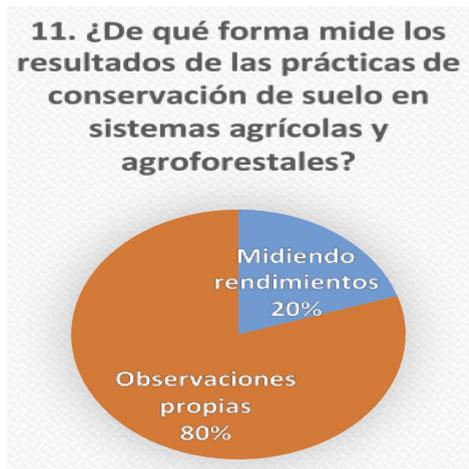


Figura 12. Medición de resultados

10. ¿Qué prácticas vegetativas de conservación utiliza?

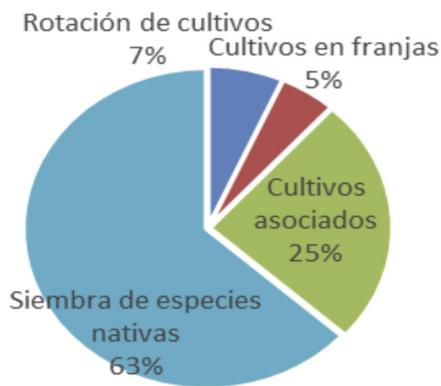


Figura 11. Prácticas vegetativas

12. ¿Qué obstáculos ha identificado para el establecimiento de estas prácticas? (Se puede marcar más de una opción)



Figura 13. Posibles obstáculos

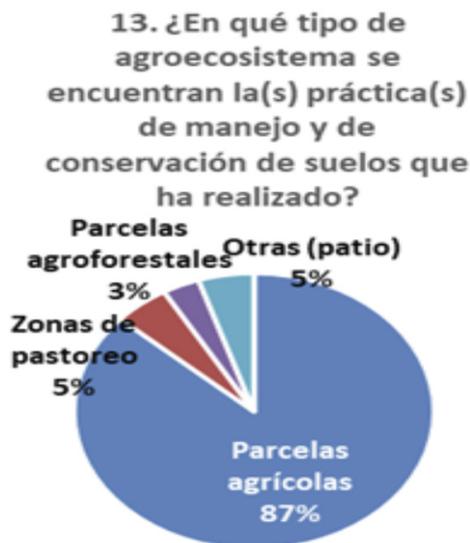


Figura 14. Agroecosistemas

por minería en la comunidad de Boquerón en el municipio de Valledupar-Cesar, Colombia”, dentro de esta parte se hizo una explicación de la comunidad rural de Boquerón, destacando que está ubicada en el corredor minero del Cesar, rodeada de tres grandes minas de carbón, de las cuales recibe impactos ambientales sobre el suelo, el agua, el aire, lo social y lo cultural, debido a esto esta población requiere de apoyo de diferentes instituciones para desarrollar actividades económicas que les permita salir de la pobreza.

A partir de la información presentada se realizaron unos talleres interdisciplinarios, en los cuales se involucraron docentes y estudiantes de las universidades

14. En caso de parcelas agrícolas ¿cuál es el tipo de labranza que normalmente se utiliza?

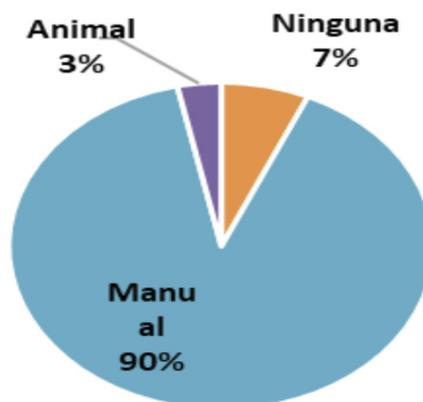


Figura 15. Tipo de labranza

15. En caso de zonas de pastoreo ¿Cuántas cabezas de ganado se encuentran en el predio?



Figura 16. Ganado

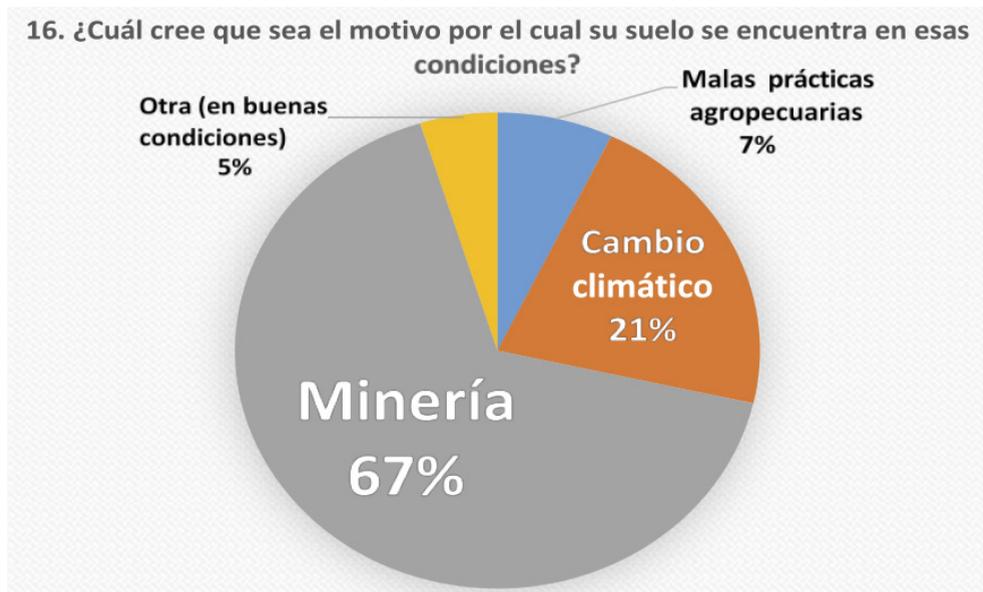


Figura 17. Motivo del suelo contaminado

Penn State, Jorge Tadeo y Areandina, con el fin de definir temas de investigación conjuntas que involucren cada una de las temáticas desarrolladas por estas instituciones, desde la perspectiva de la sociología rural, la biología ambiental y la ingeniería de minas.

Programa de Talleres y Deliberación Valledupar, Fundación Universitaria del Área Andina

En esta fase se realizaron presentaciones por parte de los miembros de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Básicas de la Fundación Universitaria del Área Andina y se generaron espacios de interacción con algunas comunidades

rurales. Inicialmente, se expusieron los resultados del proyecto de investigación que se está desarrollando con la comunidad de Boquerón, se mostraron los avances desde que se regresó de Penn State hasta la fecha, dentro de estos resultados se reflejó la realización de una encuesta de suelos, así como también la caracterización socioeconómica de la comunidad.

Luego se llevaron a cabo las presentaciones de los docentes, en las cuales se abordaron las siguientes temáticas: contexto ambiental del Cesar, mencionando las potencialidades y la manera como la universidad ha estado trabajando a favor de estas; suelos del Cesar, el impacto de la minería y la importancia de usar el

biochar para mejorar estos suelos.

Dentro de esta etapa se celebró un evento de socialización del proyecto de Strong 100 K desde la perspectiva de cada una de las universidades participantes a los estudiantes, docentes, miembros de Boquerón y personal externo asociado a la minería.

Durante los espacios de interacción con las comunidades rurales del Cesar, una estudiante de Ingeniería Industrial, que pertenece a Boquerón hizo una presentación en compañía de algunos miembros de la junta de acción comunal, en la cual explicó la realidad que están viviendo y el proceso de reasentamiento en el que están inmersos desde hace más de ocho años. Además, una estudiante indígena del programa Ingeniería de Minas realizó una presentación acerca de la comunidad indígena arhuaca, en la que destaca sus problemáticas y las actividades económicas a las que ellos se dedican. Por último, una mujer líder de la comunidad de excombatientes de las Fuerzas Armadas Revolucionarias de Colombia (FARC) que están en el Cesar, explicó acerca del apoyo que están recibiendo de Areandina y de su interés en que cada vez más instituciones los apoyen.

Esta fase culminó con una jornada

de conclusiones en la cual cada integrante del proyecto Strong 100 K redactó una pregunta de investigación, que se expuso en el tablero y, luego, entre todos clasificaron esas preguntas por temas y se les asignó un número en función del grado de prioridad. Como resultado de esa actividad se definieron las siguientes líneas de investigación para trabajar:

- Cambios ambientales generados por la industria agrícola, extractiva y el cambio climático.
- Construcción de conocimiento a partir del trabajo con comunidades indígenas y rurales, excombatientes de las FARC y víctimas, desde la perspectiva de género y juventud.

Cambios ambientales asociados a industria extractiva, agrícola y cambio climático

Durante la jornada en la que se interactuó con diferentes comunidades rurales, quedó en evidencia que las industrias extractivas tales como la minería, las industrias agrícolas y el cambio climático cada vez más están generando unos impactos directos e indirectos sobre las comunidades, por eso la necesidad de estudiar más a fondo estos temas e identificar desde la perspectiva de la

sociología rural, la biología ambiental y la ingeniería de minas las estrategias que permitan la resiliencia a esos cambios ambientales.

La minería de carbón a cielo abierto, por las características de las actividades que desarrolla en sus primeras etapas, debe quitar la capa vegetal para extraer los mantos de carbón. El material removido debe ser almacenado para ubicarlo, una vez la extracción de los mantos de carbón ha culminado, estos procedimientos son permitidos por las autoridades encargadas de entregar las licencias ambientales, pero el suelo y los árboles son recursos que evolucionan en centenares y miles de años y que desempeñan un papel importante en la sostenibilidad del planeta. El deterioro de estos recursos debe ser cuidado a perpetuidad y su desaparición debe alertarnos por la sostenibilidad ambiental de la región. Las actividades agropecuarias de la región son intensivas en uso del recurso suelo y requieren también un manejo sostenible.

Comunidades: indígenas y rurales,

excombatientes, comunidad científica

Otro de los hallazgos encontrados es que la comunidad científica debe trabajar de la mano con las comunidades presentes en las regiones, ya que estas comunidades tienen un conocimiento valioso para la sociedad, en el Cesar. Las comunidades clave que se definieron para trabajar en el futuro son las indígenas, rurales y excombatientes de las FARC, quienes requieren del apoyo de las universidades para mejorar sus condiciones socioeconómicas y contribuir al cuidado del medio ambiente.

Género y juventud

Sin duda alguna, uno de los aspectos que más preocupación genera en comunidades es la discriminación de la mujer y la falta de oportunidades para la juventud, en términos de acceso a la educación y empleo formal; por eso, desde este proyecto se definió como una prioridad involucrar este tipo de personas en el desarrollo de cada una de las investi-



Figura 18. Líneas de acción para enfrentar los desafíos de las comunidades en el Cesar

gaciones, con el fin de ayudar a que el futuro de estas comunidades sea mejor.

Bienestar social que contribuya a la búsqueda de la paz

Teniendo en cuenta que Colombia está viviendo un tiempo de posconflicto, en el cual se están buscando estrategias para garantizar una paz estable y verdadera, el apoyo a estas comunidades va a brindar espacios que permitan generar en estas personas el deseo de vivir en un ambiente seguro y confiable para sus familias.

Conclusiones

Este proyecto benefició a las instituciones y a sus estudiantes, ya que se pudo compartir experiencias, conocimiento, ideas, que se combinaron en un único proyecto que impactará la comunidad rural de Boquerón, mediante la promoción de cambio social y desarrollo económico. Además, se abrieron nuevas posibilidades para los estudiantes de Estados Unidos y Colombia para adquirir experiencia internacional por primera vez, así como también se fortalecieron las relaciones, al construir una fuerte y duradera alianza que permaneció una vez que el proyecto Strong 100 K finalizó, por medio de programas de intercambio académico y proyectos de investigación internacional avalados por

convocatorias.

“El desarrollo de agricultura fue una de las actividades económicas de esta comunidad que más se desarrollaban en el pasado y que aún se desarrolla en mucha menor medida, esto en relación con su problemática ambiental” (Bejarano, 2019). Para asegurar la sostenibilidad de la población es necesario que se desarrollen actividades económicas diferentes a la minería, tales como la agricultura, el turismo y los servicios ambientales en un entorno de paz.

El ejercicio invita a buscar estrategias para afrontar los fenómenos de variabilidad climática que impacta la sostenibilidad ambiental del territorio, acentuado por minería de carbón a cielo abierto y prácticas poco adecuadas de manejo del suelo en las actividades agrícolas y pecuarias del territorio.

Referencias

- Bejarano, D. (2019). *Propuesta de transferencia tecnológica en tratamiento de suelos con modelo aplicativo en la zona carbonífera del Cesar (comunidad rural de Boquerón, en el municipio de La Jagua de Ibirico)* [proyecto de investigación dirigido para optar por el título de ingeniero de minas, Fundación Universitaria del Área Andina, sede Valledupar].
- Bonet-Morón, J. y Aguilera-Díaz, M. (2020). Cincuenta años de la economía del Cesar:

- de la agroindustria del algodón a la extracción del carbón. *Economía & Región*, 13(1), 7-65.
- Cotler, H. y Cuevas, M. (2017). *Estrategias de conservación de suelos en agroecosistemas de México*. Fundación Río Arronte, I. A. P. Espacios Naturales y Desarrollo Sustentable A. C.
- Fundación Universitaria del Área Andina. (2019). Acuerdo 44 del Consejo Superior 18 de junio del 2019. Proyecto Educativo Institucional PEI.
- Galvis, J., Cotes, D., Orozco, J. y Mendoza, M. (2020). Investigaciones en ingenierías. En M. Mendoza, L. Díaz y G. Gutiérrez, *Los procesos de innovación agropecuaria: un acercamiento desde la perspectiva para el Departamento del Cesar*. Uniediciones.
- González, J. (2011). *Manual de transferencia de tecnología y conocimiento*. 2.^a ed. The Transfer Institute.
- Gutiérrez, R. (2017). Cooperación universitaria, sociedad del conocimiento y sustentabilidad social. *Revista OBIES*, 2, 17-26.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2017). Resolución 2254 (norma de calidad del aire ambiente). http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/resoluciones/96-res__2254__de2017.pdf
- Rubio-Hurtado, M., Vila, R. y Sánchez, A. (2018). Una comunidad de práctica virtual para la transferencia del conocimiento entre la universidad y las organizaciones. *Revista Tecnología, Ciencia y Educación*, 10(1), 92-108.
- Rubiralta, M. (2011). Transferencia a las empresas de la investigación universitaria. Fundación Cotec para la Innovación Tecnológica. http://informecotec.es/media/29_Transf_Empr_Invest_Univ.pdf
- Sánchez, T. (2017). *Modelo de capacidad dinámica de innovación en grupos de investigación de instituciones de educación superior de Colombia* [tesis doctoral, Universidad EAM].

Evaluación del impacto ambiental y la capacidad de carga turística de la quebrada Las Gachas (Guadalupe, Santander) y formulación de medidas de manejo

Daniela Delgado Orduz, Oriana Paola García González, Luis Fernando Gutiérrez Fernández

Recibido: 19 de abril del 2020. Recibido en revisión: 24 de mayo del 2021. Aceptado: 9 de noviembre del 2021.

DOI: <https://doi.org/10.33132/27114260.1988>

Resumen

Este estudio tiene como objetivo planear la actividad turística que se lleva a cabo en la quebrada Las Gachas, ubicada en el municipio de Guadalupe, en el departamento de Santander (Colombia), para lo que se realizaron cuatro actividades principales: identificación y evaluación de impactos, identificación y evaluación de peligros y riesgos, cálculo de la capacidad de carga turística y finalmente se realizan algunas recomendaciones en cuanto a las medidas de manejo necesarias para prevenir, mitigar, compensar y/o corregir los impactos negativos originados por el turismo. Dentro de los principales resultados se obtuvo un límite de 101 visitantes por día para el atractivo en sí, que pueden ingresar por los dos senderos de acceso, lo que dejó en evidencia una restricción por parte del área de baño y una clara insostenibilidad en ciertas épocas del año (temporada alta), lo que llega a someter el atractivo a presiones de hasta siete veces las aconsejables.

Palabras clave: capacidad de carga turística, turismo sostenible, turismo de naturaleza.

Introducción

Colombia es un país en donde el sector del turismo mostraba una tendencia al crecimiento, por ejemplo, en el 2019 se obtuvieron cifras históricas, antes de la crisis desatada por la pandemia de la

COVID-19. Después de esta dificultad, de acuerdo con la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (Cepal) para el país se prevé una contracción en el ingreso del turismo que se estima en USD 5700 millones, lo que implicaría una re-

ducción de un 1 % del PIB y una pérdida aproximada de 195 000 puestos de trabajo en este sector, equivalente a 1,2 % de la población ocupada (Cepal, 2020).

A pesar de las cifras anteriores se presume una recuperación del turismo y, en especial, del asociado a la naturaleza, en que la sostenibilidad debe ser un eje central para el desarrollo, la competitividad y el crecimiento del sector, lo que es sumamente importante para Colombia, que es conocido por ser un territorio megadiverso. Según cifras presentadas en la Política de Turismo Sostenible: unidos por la naturaleza, se cuenta con cinco regiones, dos océanos, tres cordilleras, 314 tipos de ecosistemas, más de 1000 áreas protegidas, casi 2000 especies de aves y 3179 orquídeas (Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, 2020).

Siguiendo con los números anteriores es posible afirmar que Colombia presenta una gran opción de crecimiento en el sector turístico, basada en su capital natural y su gran biodiversidad, lo que permite su consolidación como receptor de turismo de naturaleza. Sin embargo, el crecimiento en flujo de visitantes debe estar acompañado por una gestión integral, de manera que se garantice la sostenibilidad de las áreas visitadas y la satisfacción del visitante, de la co-

munidad anfitriona y de las necesidades ambientales, económicas, sociales y estéticas del lugar, que se respete la integridad cultural, los procesos ecológicos esenciales, la diversidad biológica y los sistemas de soporte de la vida (Linares y Morales, 2014; Tapia, 2015).

Surgen entonces preguntas clave como: ¿cuántos turistas son demasiados?, ¿cómo se puede determinar esto? y, ¿cómo se pueden manejar los impactos negativos que surjan? (Gutiérrez-Fernández *et al.*, 2021; Wall, 2020), que deben ser resueltas en un área de gran capital natural y cuyo turismo depende de las condiciones más prístinas posibles, como, por ejemplo, la quebrada Las Gachas.

La presente investigación da respuesta a las preguntas anteriores. Inicia con la identificación y valoración de los impactos socioambientales producto de la actividad turístico-recreativa en el área de baño de la quebrada Las Gachas y sus senderos de acceso, con la finalidad de establecer las medidas de manejo que permitan planificar y ordenar el turismo, de modo que se pueda garantizar la sostenibilidad del capital natural de la zona y, por ende, del atractivo en sí.

Otro elemento primordial para prevenir las situaciones de degradación

ambiental en las áreas turísticas, de uso popular para las zonas de reserva natural, fue el número máximo de turistas que pueden ingresar al atractivo, al emplear la metodología del cálculo de la capacidad de carga turística y lograr responder así a la pregunta: ¿cuántos turistas se consideran demasiados y que podrían causar un impacto ambiental significativo?

Por último, se evaluaron los riesgos que corren las personas, mediante la identificación de los peligros y la valoración desde una óptica de seguridad y salud ocupacional, con el fin de tener los elementos necesarios para preservar la integridad del visitante y lograr que tenga una buena experiencia durante su visita.

Metodología

La investigación se realizó por medio de un estudio de caso, al seleccionar la quebrada Las Gachas, ubicada Guadalupe (Santander) por la importancia que ha despertado en los años recientes como atractivo turístico.

Para la recolección de información se realizó una fase de campo en la cual se recabó información para:

- Identificar y valorar los impactos ambientales mediante una matriz de Importancia (Fernández-Vítora *et al.*, 1997).

- Identificar los peligros, los controles existentes, evaluar el riesgo y así poder determinar la probabilidad de que se materialicen los riesgos y poder calcular la magnitud de sus consecuencias, mediante el uso sistemático de la información disponible, y empleando la guía para la identificación de los peligros y la valoración de los riesgos en seguridad y salud ocupacional, de acuerdo con la Guía Técnica Colombiana 45 (GTC 45).
- Calcular la capacidad de carga turística (Cifuentes, 1992).
- Identificar posibles acciones en el atractivo turístico con el fin de prevenir, mitigar, compensar y/o corregir los impactos negativos, los riesgos a los que está expuesto el visitante y poder cumplir con el número máximo de vistas que pueden recibirse.

Más adelante se llevó a cabo un análisis de toda la información recolectada en campo y se terminó de depurar la información con el fin de obtener resultados en cada uno de los puntos anteriores y formular un plan de manejo para el área de estudio.

Identificación y evaluación de impactos en los sistemas físico, biótico, socioeconómico y cultural

Para llevar a cabo la identificación y evaluación de los impactos que se pueden originar por el desarrollo de las actividades turísticas en la quebrada Las Gachas se empleó la matriz múltiple que tiene la particularidad de establecer una serie de factores ambientales que se ven afectados por la acción humana, es decir, permite identificar todas las posibles consecuencias, asegurando que ninguna alteración importante sea omitida en cada sistema (Avellaneda, 2008).

Más adelante, se evaluaron las diferentes actividades turísticas o se proyec-

ta ofertar en la zona, como senderismo, observación de flora y fauna, actividad de baño en la quebrada y observación del paisaje con un impacto, con la metodología propuesta por Vicente Conesa Fernández-Vítora (1997).

Para la cuantificación del impacto ambiental que se da sobre factores, subsistemas y sistemas ambientales se calculó el valor total del impacto, el valor relativo del impacto, el valor del factor, el valor del componente y el valor del subsistema, para tener el porcentaje del impacto sobre los sistemas físico, biótico, socioeconómico y cultural.

Por último, se determinaron los impactos ambientales asociados a cada una

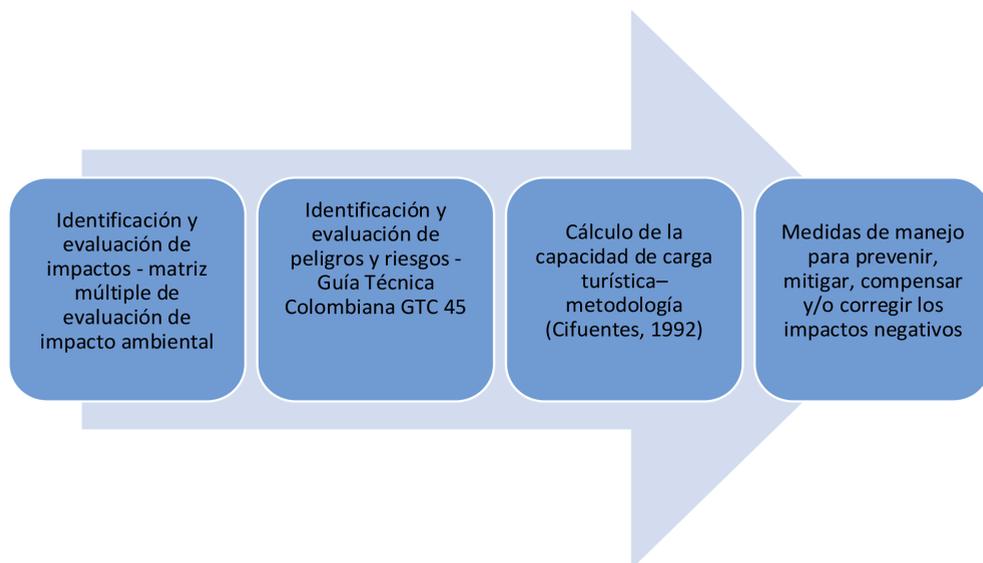


Figura 1. Fases metodológicas
Fuente: elaboración propia.

de las funciones ecosistémicas como la regulación climática, la regulación hídrica, la sujeción del suelo, la función de refugio de fauna y flora silvestre y la información estética (Delgado-Orduz y García-González, 2019).

Identificación de peligros y valoración de riesgos

En este punto se quería identificar el riesgo al que está expuesto el turista y su visita a la quebrada Las Gachas fuera segura, para lo que se empleó la GTC 45, versión 2012 (Icontec, 2012). Esta guía propone las directrices y establece las escalas para identificar los peligros y valorar los riesgos, lo que facilita entender a qué se expone el turista y, así, generar acciones para que el desarrollo de las actividades turístico-recreativas sean seguras.

A continuación, se describe brevemente la fórmula con la cual la GTC 45 calcula el nivel del riesgo (NR) (Icontec, 2012):

$$NR = NP \times NC$$

Dónde:

NP: nivel de probabilidad

NC: nivel de consecuencia

El nivel de probabilidad (NP), corresponde a la siguiente fórmula:

$$NP = ND \times NE$$

Dónde:

ND: nivel de deficiencia

NE: nivel de exposición

Cálculo de la capacidad de carga turística

El uso de la capacidad de carga turística (CCT) se puede remontar hasta mediados de la década de 1930, cuando la creciente demanda de actividades recreativas al aire libre suscitó la preocupación de los gestores de los parques nacionales estadounidenses (Manning, 2011). En Latinoamérica se popularizó su uso con la metodología propuesta por Miguel Cifuentes (1992) y Cifuentes *et al.* (1999); en Colombia cobra importancia, debido al aumento en el número de visitantes que recibe el país, encontrando para los últimos años trabajos para los Lagos Tarapoto y el municipio de Puerto Nariño en el Amazonas, Seaflower en San Andrés y El Encenillo en Cundinamarca (Gutiérrez-Fernández *et al.*, 2021; Gutiérrez-Fernández y Rodríguez Torres, 2019; Gutiérrez-Fernández y Sierra, 2015; Ulloa *et al.*, 2017).

De acuerdo con la metodología de capacidad de carga turística el número máximo de visitas que un área puede

recibir, debe incluir en su cálculo las condiciones físicas, biológicas y de gestión de la zona y se subdivide en tres: capacidad de carga física (CCF), capacidad de carga real (CCR) y capacidad de carga efectiva (CCE), para calcular esta última se requiere haber calculado previamente la capacidad de carga de manejo (CCM), (Cifuentes, 1992, Cifuentes *et al.*, 1999).

Plan de manejo ambiental

Para poder pensar en un turismo sostenible en la quebrada Las Gachas es indispensable contar con programas que permitan prevenir, mitigar, corregir y compensar los impactos que se ocasionan por la actividad turística. Para la formulación de dichos programas se tuvo en cuenta la información recolectada en campo y su análisis.

Descripción de la zona de estudio

La quebrada Las Gachas está ubicada a 4 kilómetros aproximadamente del casco urbano del municipio de Guadalupe, (Santander, Colombia) (figura 2); a pesar de no ser el único atractivo, es considerado uno de los más emblemáticos; entre otros atractivos se encuentran el pozo La Gloria, la Cueva del Perico, la Cueva del Verraco, la chorrera La Lla-

nera, El balneario El Salitre y el Santuario Nuestra Señora de Guadalupe.

Territorialmente, el área de estudio corresponde a una microcuenca que nace en la vereda Sabaneta y desemboca en una cascada de 20 metros de altura. Este destino turístico es característico por la roca que lo conforma, en forma de lajas de color rojizo a lo largo de 1400 metros, en la que se encuentran más de 200 pequeñas piscinas naturales, que son en sí el atractivo turístico (figura 3).

Resultados

Identificación de impactos ambientales

Por medio del uso de la matriz múltiple de evaluación de impacto ambiental se identificaron las diferentes actividades turísticas que se realizan en el área de interés, como senderismo, observación de flora y fauna, actividad de baño en la quebrada y observación del paisaje. De acuerdo con la metodología se obtuvo que el senderismo y la actividad de baño en la quebrada tienen un impacto de nivel medio, siendo los valores de 39,4% y 46,3% respectivamente, cabe señalar que no se obtienen de tipo alto.

Más adelante, se realizó la valoración del impacto que se ocasiona en los

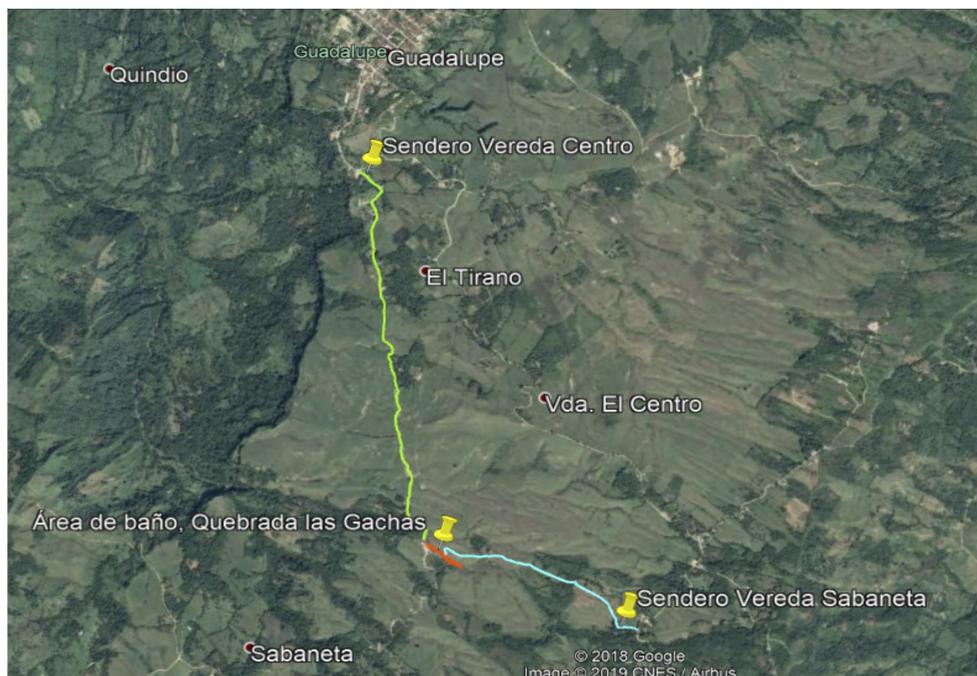


Figura 2. Mapa del área de estudio

Fuente: Delgado-Orduz y García-González (2019).

sistemas físico, biótico, socioeconómico y cultural, y se encontró el mayor impacto negativo sobre el componente físico con un valor equivalente al $-9,2\%$. De igual forma, se pudieron establecer impactos positivos sobre el sistema socioeconómico, debido a que la generación de empleo y el desarrollo comunitario, que conlleva la actividad turística, siendo valorado con $3,5\%$.

Considerando los impactos identificados se procedió a evaluar la afectación ambiental sobre las funciones y los servicios ecosistémicos, para lo cual se

tuvieron en cuenta cinco funciones: regulación climática, regulación hídrica, refugio de fauna y flora, sujeción del suelo e información estética. Se obtuvo como resultado que la función con un mayor porcentaje de impacto es la de ser refugio de fauna y flora con $-6,6\%$ (figura 4).

Identificación y evaluación de peligros y riesgos del turista

De acuerdo con las directrices de la Guía Técnica Colombiana GTC 45 se identificaron los diferentes peligros a los



Figura 3. Imagen in situ del atractivo turístico (quebrada Las Gachas)

Fuente: Delgado-Orduz y García-González (2019).

que pueden estar expuestos los individuos que visitan la quebrada Las Gachas en el momento de realizar las actividades turísticas. Se identificó exposición al riesgo de deslizamiento y caída en uno de los pozos profundos que se encuentran en el espejo de agua, ahogamiento por inmersión en temporadas de lluvia y hurto en los senderos de acceso al área de baño de la quebrada.

En cuanto a la valoración de los riesgos se encontró que la posibilidad de caer en los pozos profundos de la quebrada y que se produzca el ahogamiento del turista por inmersión, arrojó el nivel de riesgo I; para el caso de riesgo por hurto se valoró como nivel de riesgo II, por lo tanto,

debe ser objeto de programas para disminuir su materialización. (Delgado-Orduz y García-González, 2019).

Cálculo de capacidad de carga turística. Metodología Cifuentes

Capacidad de carga física (CCF)

El cálculo de la capacidad de carga física se realizó para los dos senderos de entrada, el que se encuentra en la vereda Centro y el de Sabaneta, y para el área que se utiliza para baño en la quebrada Las Gachas, se obtuvieron los siguientes valores:

Capacidad de carga real (CCR)

Al igual que con la capacidad de carga física, se calculó la real para cada área de interés turístico y se identificaron siete factores de corrección, que fueron utilizados de acuerdo con las características específicas de cada sitio. Los factores utilizados se explican a continuación:

- a. Factor de corrección accesibilidad del sendero (FCacc): este factor se tuvo en cuenta en los dos senderos y en el área de baño de la quebrada, debido a las pendientes que son de tipo medio y alto, lo que puede llegar a generar problemas de desplazamiento de algunos turistas.

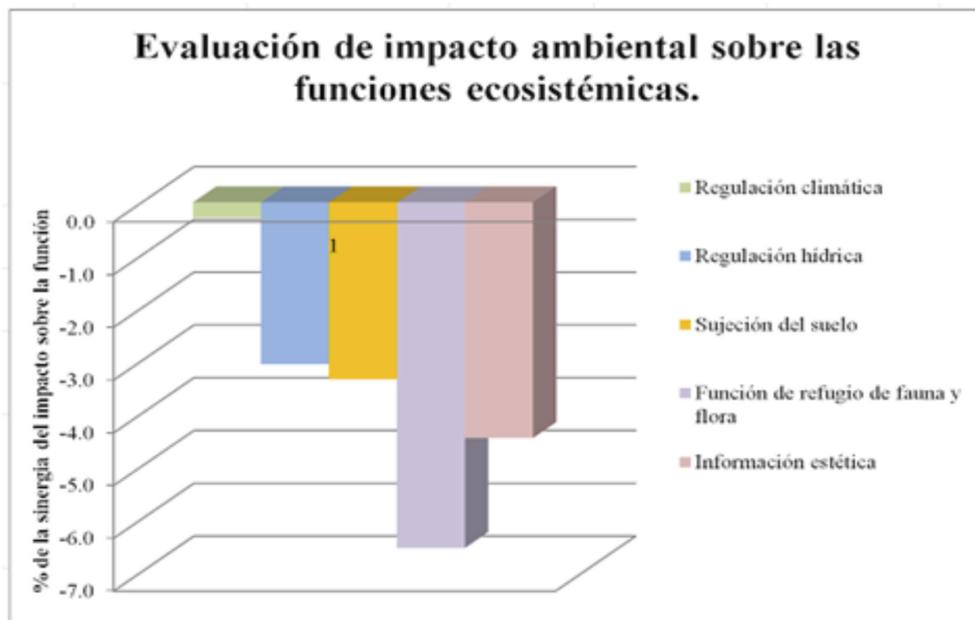


Figura 4. Porcentaje de la sinergia del impacto sobre la función ecosistémica
Fuente: Delgado Orduz y García-González (2019).

- b. Factor de encharcamiento en el sendero (FCchar): en los senderos se presentan algunos lugares en donde existen encharcamientos del terreno, lo que desmejora la percepción del visitante sobre el acceso al área de baño y puede llegar a dificultar el tránsito por los senderos.
- c. Factor de paso por quebradas (FC-queb): el área de estudio presenta una gran riqueza hídrica, lo que se evidencia en que en ambos senderos de acceso es necesario atravesar fuentes de agua dificultando el desplazamiento de los turistas y ocasionando un impacto y posible contaminación.
- d. Factor de corrección de precipitación (FCpre): es necesario tener en cuenta este factor de corrección, ya que la presencia de fuertes lluvias puede generar un incremento en el caudal de la quebrada y aumentar el riesgo para el visitante, al igual que encharcamiento de los senderos, lo que reduce la experiencia del turista.
- e. Factor de corrección de corrección de brillo solar (FCsol): se tuvo en cuenta este factor, ya que la vege-

tación arbórea aledaña a los senderos es casi inexistente y en el área de baño no existe, por lo tanto, el visitante está totalmente expuesto al sol durante el acceso y mientras está en el área de baño y hacia el mediodía esto llega a ser un inconveniente.

- f. Factor de presencia de pozos profundos en área de baño (FCpf): como se mencionó, la quebrada Las Gachas está compuesta por más de 200 pozos, que son turísticos; algunos son muy profundos lo que representa un riesgo para el visitante.
- g. Factor de corrección cierres temporales de la quebrada Las Gachas (FCct): la quebrada tiene una estacionalidad bimodal en el régimen

de lluvias y, en épocas de verano intenso, no hay suficiente agua, por lo tanto, se dan cierres en el lugar.

En la tabla 2 se muestran los cálculos para los dos senderos y el área de baño. Cabe señalar nuevamente que el uso de los factores depende exclusivamente de su aplicabilidad, por ejemplo, la presencia de pozos profundos solo se utilizó para el área de baño en la quebrada Las Gachas.

Cálculo de la capacidad de manejo (CM)

Para el cálculo de la capacidad de manejo se evaluaron las siguientes variables: personal, infraestructura y equipamiento, teniendo en cuenta la cantidad disponible, el estado en que se encuentran, si la localización es la ade-

Tabla 1. Datos requeridos y resultado de la capacidad de carga física

Área de interés	Superficie disponible en metros (S)	Superficie requerida por una persona (SP)	Tiempo necesario para visitar el lugar (TV)	Horario de visita (HV)	Capacidad de carga física (CCF)
Sendero Vereda Centro	2710 m	1 m	2 h/visitante	12 h/día	16 260 visitas/día
Sendero Vereda Sabaneta	1420 m	1 m	0,6 h/visitante (36 min)	12h/día	28 400 visitas/día
Área de baño Quebrada Las Gachas	2627,6 m ²	1 m ²	2 h/visitante	8 h/día	10 510 visitas/día

Fuente: Delgado-Orduz y García-González (2019).

Tabla 2. Resultados de la capacidad de carga real

Factores de corrección	Sendero vereda Centro	Sendero vereda Sabaneta	Área de baño quebrada Las Gachas
Factor de corrección accesibilidad al sendero (FCacc)	0,732225	0,86466	0,61708
Factor de corrección encharcamiento en el sendero (FCchar)	0,75181	0,98296	-
Factor de corrección de paso por quebradas (FCqueb)	0,99864	0,99847	-
Factor de corrección de precipitación (FCpre)	0,81986	0,81986	0,31930
Factor de corrección de brillo solar (FCsol)	0,68014	0,68014	0,56675
Factor de pozos profundos (FCpf)	-	-	0,99859
Factor de cierres temporales (FCct)	-	-	0,84658
Capacidad de carga real (CCR)	4984 visitas/día	13 439 visitas/día	992 visitas/día

Fuente: Delgado-Ordúz y García-González (2019).

cuada y, por último, la funcionalidad, lo que arrojó los siguientes resultados (tabla 3).

Cálculo de la capacidad de carga efectiva (CCE)

Finalmente, en la tabla 4 se calculó la capacidad de carga efectiva, la cual establece el número máximo de visitas que puede recibir cada lugar de interés.

Es importante señalar, de acuerdo con los resultados, que la capacidad de carga efectiva que es limitante es el área de baño de Las Gachas, que únicamente permite 101 visitantes por día, mientras que los senderos permitirían un flujo hacia la quebrada de 505 y 1362 turistas al día, que circularían por los senderos de las veredas Centro y Sabaneta respectivamente, para un total de 1867 personas.

Tabla 3. Resultados de la capacidad de manejo (CM)

Variable	Valor
Infraestructura	0,277
Personal	0,027
Equipamiento	0
Capacidad de manejo (CM)	10,136 %

Fuente: Delgado-Orduz y García-González (2019).

Teniendo en cuenta lo señalado, se establece que la capacidad de carga turística de todo el atractivo no puede ser superior a la que arroja el área de baño de la quebrada, por lo que producto de la presente investigación se recomienda que el ingreso de los turistas que transitan por los senderos se realice por medio de porcentajes de la siguiente manera:

35%: 35 visitas que ingresan por el sendero 1-vereda Centro.

65%: 66 visitas que ingresan por el sendero 2-vereda Sabaneta.

De acuerdo con lo anterior, el total de personas que pueden ingresar es de:

$66 \text{ visitas/día} + 35 \text{ visitas día} = 101 \text{ visitas/día}$.

El porcentaje otorgado a cada sendero se estableció teniendo en cuenta las condiciones de ambos, siendo el de la vereda Sabaneta de mayor facilidad de acceso, mientras que el sendero de la vereda Cen-

Tabla 4. Resultados de la capacidad de carga efectiva (CCE)

Área de estudio	Capacidad de carga efectiva (CCE)
Vereda Centro	505 visitas/día
Vereda Sabaneta	1362 visitas/día
Área de baño de la quebrada	101 visitas/día

Fuente: Delgado-Orduz y García-González (2019).

tro representa grandes dificultades para el tránsito de las personas, al no disponer de una adecuada infraestructura. Además, se tuvo en cuenta que el sendero Vereda Sabaneta no es solo utilizado por los visitantes, sino que es una ruta de tránsito de la comunidad local, pues se encuentran algunas viviendas en sus alrededores.

Medidas de manejo ambiental

Como resultado de la valoración de impactos, de la identificación de riesgos y de la capacidad de carga se establece la necesidad de contar con programas de manejo con el fin de planificar el turismo que se recibe en la quebrada Las Gachas y, de esta forma, mitigar, compensar, prevenir y corregir los impactos negativos generados sobre los componentes del entorno: físico, biótico, socioeconómico y cultural. De la misma forma, se proponen dos programas para controlar los riesgos del lugar para la salud humana (tabla 5).

Tabla 5. Programas de manejo ambiental

Tipo de medida de manejo	Programas de manejo ambiental
Monitoreo	Monitorear calidad de agua en la quebrada Las Gachas Medir de los niveles de presión sonora Reforestar en la ronda hídrica de la quebrada Las Gachas Mejorar las condiciones de vida de las comunidades en aspectos socioeconómicos por medio de la implementación de la Política de Turismo Comunitario
Seguimiento	Reconocer, implementar y transmitir el manual “No deje rastro” a los turistas Adecuar el sitio turístico con las obras de infraestructura necesarias para el desarrollo de las actividades turísticas Establecer una tarifa fija y un punto de control para el ingreso de turistas Implementar puntos ecológicos de disposición de residuos sólidos
Contingencia	Reducir el riesgo por ahogamiento, deslizamiento y caída en pozos profundos Evitar el riesgo por hurto en los senderos de acceso

Fuente: Delgado-Orduz y García-González (2019).

Análisis de resultados

Identificación de los impactos ambientales en los sistemas físico, biótico, socioeconómico y cultural

Conforme al concepto de turismo sostenible y las implicaciones de este se puede afirmar que en el destino turístico de la quebrada Las Gachas (área de baño y senderos de acceso) no se realiza la actividad de forma adecuada, siendo las actividades de senderismo y baño las evaluadas con un mayor porcentaje de impacto, que se sucede sobre los sistemas físico y biótico. Di-

chos impactos se caracterizan por la transformación del paisaje y el cambio en la percepción paisajística, elementos naturales que han sido intervenidos de manera continua, debido al flujo de visitantes que sobrepasa lo establecido en la presente investigación, que aunque no se pudo determinar un número exacto, por entrevistas con la población local, sí se estableció que es superior a 101 visitantes/día.

Otro aspecto relevante es la contaminación auditiva, que se origina por las actividades conexas al turismo como comercio de productos en inmediaciones de

la quebrada, dado que los comerciantes para promover la venta emplean equipos de sonido a elevados volúmenes, lo que genera una presión sonora, que ocasiona perturbaciones en la tranquilidad de las personas que buscan una interacción con la naturaleza y además es un elemento perturbador de la fauna local.

La cobertura vegetal es otro elemento que se ve alterado, ya que el comportamiento del visitante no tiene un respeto por los helechos y plántulas de árboles de especies nativas de la zona como el guandalay (*Jacaranda mimosifolia*) y el guayacán (*Guaiacum officinale*), que son arrancados para llevar como recordatorios, lo que con el tiempo puede llegar a afectar la sucesión natural y el equilibrio ecológico de la microcuenca, que puede afectar el curso de la quebrada.

Con respecto al sistema socioeconómico y cultural, se identificaron impactos tanto de carácter negativo como positivo. Los negativos son conflictos entre la comunidad local y los turistas, debido al comportamiento del visitante que al no tener un sentido de pertenencia y no estar sensibilizados para mejorar su comportamiento, arrojan residuos sólidos al suelo, lo que afecta el atractivo en sí y contamina el recurso hídrico.

En cuanto a los impactos positivos queda en evidencia que la actividad turística en la quebrada Las Gachas es una oportunidad para producir cambios benéficos en la dinámica de empleo, para beneficiar a la población anfitriona e involucrarla, al ser ella la encargada de prestar los servicios de transporte, hospedaje, comida, bebidas y venta de artesanías, entre otros.

Se evaluó el porcentaje de la sinergia de los impactos sobre las funciones ecosistémicas, y se encontró que la función de refugio de fauna y flora es la más afectada con un porcentaje del -6,6%, viéndose impactada por contaminación auditiva, debido al ruido generado por los equipos de sonido; pérdida de cobertura vegetal, producto de la deforestación que se lleva a cabo en la ronda hídrica de la quebrada, y alteración de hábitats de fauna y flora.

Los impactos anteriores, al presentarse conjuntamente en el ecosistema, pueden ocasionar efectos nocivos para las especies que conforman su estructura, lo que puede llegar a ocasionar una disminución de la función ecosistémica.

Matriz de identificación de riesgos

Conforme a la metodología utilizada se encontró que el principal riesgo para la salud humana es la posibilidad

de deslizarse y caer en uno de los pozos profundos que se encuentran en la quebrada. Es importante señalar que estos pozos son el principal atractivo, por lo que no es factible prohibir su uso.

El riesgo se origina principalmente por piedra, que se encuentra cubierta por una cobertura de algas, lo que facilita el deslizamiento de las personas, provoca caídas y riesgo de heridas graves o hasta la muerte; también, se tuvo en cuenta para la valoración del riesgo que los pozos profundos tienen una profundidad mayor a los 3 metros. El nivel de riesgo es mayor en la temporada de lluvias, ya que el agua de la quebrada aumenta y llena los pozos que conforman este cuerpo hídrico.

Por último, aunque no es un riesgo asociado al territorio y sus características, existe la posibilidad de que el visitante sea víctima de hurto en los senderos de acceso al área de baño de la quebrada, especialmente, en el sendero ubicado en la vereda Centro. Este riesgo se vería controlado con presencia de la Policía Nacional en los senderos.

Cálculo de la capacidad de carga turística

El sendero con mayor capacidad de carga fue el de Sabaneta, con una afluencia máxima de 1362 visitas/día, mientras

que el que atraviesa la vereda Centro se tiene menos de la mitad al ser calculadas 505 visitas/día y, en todo caso, el número limitante fue el del área de baño de la quebrada, ya que solo permite el ingreso de 101 visitantes.

De acuerdo con la información que se recolectó durante la fase de campo, con la ayuda de los pobladores locales y la asociación Proguadalupe, se estableció que la época de temporada alta de afluencia de turistas es en julio, y después desde noviembre hasta principios de febrero. Esta temporada de afluencia de turismo se presenta también los fines de semana que tienen un festivo y, algunas veces, durante los fines de semana en los que se celebran fechas importantes.

Cabe señalar que el flujo de turistas que ingresa al área de baño de la quebrada durante la temporada alta alcanza a ser mayor a 700 personas por día, este valor no es un número exacto, debido a que no se realiza control al ingreso. Al analizar el dato de la capacidad de carga del área de baño, se observa que en ciertas épocas van hasta siete veces más turistas de lo que se recomienda, lo cual trae como consecuencias impactos negativos que causan una afectación y deterioro del atractivo turístico.

Se proponen programas de manejo, debido a que durante la fase de campo se notó que la planificación y el manejo del turismo no existen, tanto para los dos senderos de acceso como para el área de baño de la quebrada. La infraestructura turística y la presencia de personal y equipamiento es casi inexistente, siendo la capacidad de manejo de tan solo el 10,14%, lo que restringe mucho el flujo de turistas que pueden visitar la quebrada Las Gachas y además muestra que es un turismo no planificado y que no cumple con las condiciones para ser sostenible.

Conclusiones

La metodología conformada por cuatro fases (figura 1) permite tener una evaluación de los impactos, los riesgos, del número de turistas que pueden ingresar y de las acciones necesarias para mejorar y propender porque la actividad turística se realice de forma sostenible.

Es importante resaltar la necesidad de realizar una evaluación de riesgos a la salud humana, lo que permite planificar de forma responsable y segura la visita por parte del turista a la quebrada Las Gachas.

El uso de la medición de la capacidad de carga permitió establecer el número

máximo de visitantes para cada una de las zonas de estudio, lo que deja ver una restricción por parte del área de baño y una clara insostenibilidad en ciertas épocas del año (temporada alta), llegando a ser sometido el atractivo a presiones de hasta siete veces las aconsejables.

En general, se pudo establecer que la sostenibilidad del turismo en la quebrada Las Gachas no solo depende de establecer un número máximo de visitantes, sino de mirar de forma holística la actividad turística y poder planificar y manejarla de forma adecuada.

Referencias

- Avellaneda, C. A. (2008). Evaluación de impacto ambiental: conceptos, metodologías y estudio de casos. Universidad El Bosque.
- Cifuentes, M. (1992). Determinación de capacidad de carga turística en áreas protegidas (Catie (ed.)). <https://doi.org/10.17533/udea.espo.n53a03>
- Cifuentes Arias, M., Mesquita, C. A. B., Méndez, J., Morales, M. E. y Aguilar, N. (1999). Capacidad de carga turística de las áreas de uso público del Monumento Nacional Guayabo, Costa Rica (No. 338.4791 C236c). WWF.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (Cepal). (2020). Evaluación de los efectos e impactos de la pandemia de COVID-19 sobre el turismo en América Latina y el Caribe. <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/46551>

- Delgado-Ordúz, D. y García-González, O. P. (2019). Formulación del plan de manejo ambiental para el desarrollo del ecoturismo en la Quebrada las Gachas, Guadalupe, Santander.
- Fernández-Vítora, V. C., Ripoll, V. C., Ripoll, L. A. C. y Garro, V. R. (1997). Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental (No. PA 333.72 C66.). Mundi-Prensa.
- Gutiérrez-Fernández, F. y Sierra, S. A. (2015). Cálculo de la capacidad de carga turística del lago Tarapoto-Puerto Nariño (Amazonas-Colombia). *Journal of Technology*, 14(1), 85-96.
- Gutiérrez-Fernández, F. y Rodríguez Torres, S. (2019). Cálculo de acogida turística multicriterio (catum), caso de estudio Haynes cay, ubicado en el Archipiélago de San Andrés-Colombia (reserva mundial de la biósfera-“seaflower”). *Revista Interamericana de Ambiente y Turismo*, 15(1), 28-45. <https://doi.org/10.4067/s0718-235x2019000100028>
- Gutiérrez-Fernández, L. F., Martínez-Daza, S., Gómez Acosta, C., Gil Pérez, V. y Cabezas Pinzón, L. V. (2021). Cálculo de la capacidad de carga y capacidad de acogida turística multicriterio para la reserva biológica El Encenillo, Guasca, Cundinamarca, Colombia. *Investigaciones Turísticas*, 21, 224. <https://doi.org/10.14198/inturi2021.21.11>
- Instituto Colombiano de Normas Técnica y Certificación. (2012). Gtc-45. Icontec, 571, 1-38.
- Linares, H. y Morales, G. (2014). Del desarrollo turístico local. Su comportamiento complejo. *PASOS. Revista de Turismo y Patrimonio Cultural*, 12(2), 453-466. <http://www.redalyc.org/pdf/881/88130205003.pdf>
- Manning, R. E. (2011). Studies in outdoor recreation: Search and research for satisfaction. *Studies in Outdoor Recreation: Search and Research for Satisfaction*, 1-468. <https://doi.org/10.5860/choice.37-6230>
- Ministerio de Comercio, Industria y Turismo. (2020). Política de turismo sostenible: unidos por la naturaleza.
- Tapia, G. (2015). Turismo sostenible. Introducción y marco financiero Introducción. http://bibliotecadigital.econ.uba.ar/download/rimf/rimf_v2_n1_02.pdf
- Ulloa, D., Rodríguez, A. M. y Gutiérrez-Fernández, F. (2017). Cálculo de los límites de cambio aceptable (LAC) en el casco urbano del municipio de Puerto Nariño-Amazonas, Colombia. *Revista de Tecnología*, 16(2), 78-89.
- Wall, G. (2020). From carrying capacity to overtourism: A perspective article. *Tourism Review*, 75(1), 212-215. <https://doi.org/10.1108/TR-08-2019-0356>

