Cespedesia

Publicación de INCIVA
Instituto para la Investigación y la Perseveración del Patrimonio Cultural y Natural del Valle del Cauca
ISSN 0121-0866

GOBERNACIÓN Departamento del Valle del Cauca
paraíso de todos
INCIVA Patrimonio Vital

Fotografía carátula:
Juan Carlos Hincapié Consonni
@pajaro.pajarero

Volumen 34 - 2024
Número 94 - 95

CESPEDESIA
Publicación en honor al científico vallecaucano y prócer de la Independencia de Colombia
JUAN MARIA CÉSPEDES (1774 -1848)

Dedicada a la divulgación de investigaciones científicas del patrimonio natural y cultural
Boletín científico de la Gobernación del Valle del Cauca editado por

INCIVA
Instituto para la Investigación y la Preservación del
Patrimonio Cultural y Natural del Valle del Cauca

Registrado en la Sección de Registro de Propiedad Intelectual
y Publicaciones del Ministerio de Gobierno. Resolución No. 0270 de marzo de 1972

Licencia del Ministerio de Comunicaciones NO. 341
Registro No. 516 de tarifa para Libros y Revistas
Permiso No. 341- Adpostal
ISSN - 0121- 0866

La responsabilidad de las ideas y conceptos emitidos
en esta publicación corresponden a sus autores.

Toda correspondencia debe dirigirse
CESPEDESIA - INCIVA
Calle 6 No. 24 - 80 Avenida Roosevelt, Cali Colombia
Correo electrónico: cespedesia@inciva.gov.co
PBX 57 2 5146848
https://www.inciva.gov.co/v2/cespedesia

CESPEDESIA

Licencia del Ministerio de Comunicaciones NO. 341
Registro No. 516 de tarifa para Libros y Revistas
Permiso No. 341- Adpostal
ISSN - 0121- 0866

Dilian Francisca Toro Torres
Gobernadora del Valle del Cauca

Emily Vanessa Veléz Avila
Directora INCIVA

Liza Nathalia Rodríguez Galvís
Secretaria General Gobernación del Valle del Cauca

Editor: Felipe A. Estela Uribe
Asistente Editorial: Liliana García Meneses
Diseño y Diagramación: Victor Alfonso Cerón Gallego

Diseño de carátula: Laura Daniela Salazar Moncaleano
Fotografía de carátula: Juan Carlos Hincapié Consonni
@pajaro.pajarero

Prohibida la reproducción total o parcial de esta obra sin autorización de los editores y de los propietarios del copyright

GOBERNACIÓN Departamento del Valle del Cauca
paraíso de todos
INCIVA Patrimonio Vital

Cespedesia

Volumen 34 Numero 94 - 95 Diciembre 2024

TABLA DE CONTENIDO

Presentación, Emily Vanessa Vélez Ávila, Directora INCIVA 5

Nota editorial, Felipe A. Estela Uribe, Editor Cespedesia 6

In Memoriam Humberto Álvarez López (1943 -2024) 7

Biodiversidad y Conservación

- Arbolado de un bosque urbano en Cali: descripción, usos y captura de carbono. Robert Arango-López, Valentina Orozco-Llanos, Diana María Cruz-Tejada y Diana Carolina Acosta-Rojas 9
- Aportes al conocimiento del arrecife de El Muelle, en el Parque Nacional Natural Gorgona. Mateo López-Victoria y María Gabriela Quirama 21
- Importancia de los insectos para los agroecosistemas: elementos del paisaje para su preservación en el Valle del río Cauca Leonardo Fabio Rivera-Pedroza, Santiago Velásquez-Martínez, Carolina Camargo-Gil 31
- Descripción del microbioma fecal de las aves *Columba livia* y *Coragyps atratus* de Cali, Colombia. Miguel A. Calderón, Diana López-Álvarez, Andrés Castillo 45
- Solapamiento de nichos y dinámicas de depredación de las especies invasoras *Rattus* ssp. en la Isla Gorgona. Melany Villegas, Alejandra Jiménez, José Luis Moreno, Marlyn Zuluaga, Guisela Chaves, Maria Gabriela Quirama, Vladimir Rojas y Mateo López-Victoria 63
- Registros históricos de otáridos (Otariidae) en el Pacífico colombiano y cinco nuevos registros de lobos y leones marinos. Daniela Cruz-Gallo y Mateo López-Victoria 73

Notas

- Agresión interespecífica en dos especies de zambullidores (Aves: Podicipedidae). Luis Germán Naranjo **81**
- Avifauna de Bajo Nuevo y Bajo Alicia, los territorios más septentrionales de Colombia. Felipe A. Estela **83**

Antropología, Ciencias Sociales y Museografía

- Historia ambiental de la explotación de carbón mineral en el Valle del Cauca. Hernando Uribe - Castro **87**
- Puerto Mallarino: navegación, tranvía, puentes y gentes a las orillas del río Cauca. Diana Jovanna Romero-Tenorio y Enith Zulema Astaiza-Grande **105**
- Renovación del guión museográfico del Museo Arqueológico Calima: un ejercicio para facilitar la apropiación social del conocimiento. María del Mar López-Rojas, Alexander Clavijo-Sánchez, Tatiana Restrepo-Duque **117**

Artículo de reflexión

- Biodiversidad y cambio climático: un análisis al marco de política local y departamental. Rafael Vergara-Varela, María Eugenia Rodríguez-Vásquez **135**

PRESENTACIÓN

El año 2024 quedará marcado en la historia del Valle del Cauca como un año de grandes avances en materia de ciencia, cultura y conservación. La realización de la COP 16, un evento de talla mundial, nos permitió posicionar a nuestra región como un referente en biodiversidad y patrimonio cultural.

En este contexto y con el apoyo de la Gobernación del Valle del Cauca, INCIVA se propuso como objetivo reactivar la emblemática revista Cespedesia, una herramienta fundamental para la difusión del conocimiento científico en nuestro departamento. Hoy, con gran satisfacción, presentamos esta nueva edición, fruto del esfuerzo conjunto de investigadores, académicos y amigos del conocimiento.

La reactivación de Cespedesia no es solo la recuperación de una publicación científica de renombre y tradición, sino también la reafirmación de nuestro compromiso con la investigación y la divulgación del conocimiento. Este número especial, coordinado por el destacado investigador Felipe Estela Uribe, nos ofrece una visión panorámica amplia y profunda de la riqueza natural y cultural de nuestro territorio.

Desde estudios sobre la historia ambiental de la explotación del carbón mineral hasta investigaciones sobre la biodiversidad de nuestros ecosistemas, pasando por análisis sobre el cambio climático y la importancia de los insectos para los agroecosistemas, los artículos que conforman esta edición nos invitan a reflexionar sobre la importancia de la ciencia para construir un futuro en armonía con la naturaleza y la cultura.

Es importante destacar que esta publicación no habría sido posible sin la valiosa colaboración de las universidades y empresas de la región, quienes aportaron sus conocimientos y experiencias para enriquecer el contenido de la revista.

Con la reedición de Cespedesia, el INCIVA reafirma su compromiso con la generación y difusión del conocimiento científico, y se posiciona como un referente en la investigación sobre el patrimonio natural y cultural del Valle del Cauca.

Esperamos que esta revista sea un estímulo para futuras investigaciones y contribuya a fortalecer la comunidad científica de nuestra región.

Agradecemos a todos los autores que hicieron posible esta publicación, a nuestro editor invitado por su invaluable labor, y a todas las instituciones y personas que nos apoyaron en este proyecto.

Emily Vanessa Vélez Ávila

Directora INCIVA

Santiago de Cali, diciembre de 2024

NOTA EDITORIAL

Este renacer de Cespedesia representa una gran noticia en el gremio ambiental del Valle del Cauca y de todo el país, porque es un medio para la presentación de información científica de alto valor sobre el patrimonio natural y arqueológico regional y nacional.

Este nuevo número de la revista contiene trece contribuciones novedosas sobre historia natural de distintos animales, manejo de especies en áreas protegidas y bosques urbanos, entre otros. Todas estas investigaciones, han pasado por una revisión con buen rigor científico. Se ha cambiado la diagramación clásica de la revista y también estará publicada de forma virtual. Con lo cual se convierte en una revista moderna y de fácil acceso para todo el que se interese en consultarla.

La publicación de este número especial se concibió para celebrar que nuestra ciudad y departamento, fueron seleccionados para albergar la COP16, el evento mundial más importante sobre conservación de la biodiversidad.

Pero también es el primer paso para Cespedesia continúe en el tiempo y siga siendo la excelente revista que siempre fue. La publicación tiene más de 50 años de tradición y seguirá aportando información científica para el conocimiento y la conservación del patrimonio natural y cultural.

Como parte del compromiso institucional con el patrimonio cultural del Valle del Cauca, el INCIVA ha trabajado bastante en todo lo referente a fortalecer los centros patrimoniales a cargo. En cuanto al Museo Arqueológico Calima, se ha formulado una propuesta museológica enfocada en mejorar los elementos mediadores del museo, de tal manera que se fortalezca su capacidad comunicativa. Para ello, se realizó la actualización del guión científico y museográfico que ha guiado los propósitos educativos del museo como bien de interés cultural y patrimonial del departamento del Valle del Cauca. Esto, en el marco del proyecto "Fortalecimiento conceptual y museográfico del Museo Arqueológico Calima para facilitar la apropiación social del conocimiento", presentado a la convocatoria Hilando Sueños de Región, financiada con recursos de regalías y liderada por la Fundación Zoológica de Cali.

Este nuevo número de Cespedesia está dedicado a la memoria del Profesor Humberto Álvarez - López, pionero de la ornitología nacional y profesor durante más de 40 años en la Universidad del Valle, quien falleció en el mes de octubre de 2024.

Felipe A. Estela Uribe
Editor Revista Cespedesia

IN MEMORIAM

Humberto Álvarez López (1943 - 2024) nació en Medellín, siempre tuvo el deseo de investigar y trabajar en la naturaleza, por ello estudió Ingeniería Forestal en la Universidad Nacional de Medellín. Su tesis de pregrado la hizo en el Urabá, específicamente en el Parque Nacional Natural Río León. Posteriormente se vinculó a la Universidad del Valle en 1977, donde enseñó ornitología y conservación durante 40 años, hasta que se retiró en el año 2007.

Su legado ornitológico es inconmensurable, pero sin duda el mayor aporte de su vida académica es la enorme cantidad de estudiantes que pasaron por sus cursos y se permearon de su conocimiento y pasión por la conservación de las aves y la biodiversidad nacional. Esto también incluye decenas de estudiantes que hicieron tesis con él, aprendiendo más de su rigor científico, pero sobre todo de la calidad humana de un profesor único e irrepetible.

Las fotografías de aves que se presentan en este número especial de Cespedesia son dos de las especies que más investigó durante su vida académica: el Carriquí (*Cyanocorax yncas*) y el Cucarachero (*Troglodytes aedon*).

Carriquí (*Cyanocorax yncas*)
Fotografía: Juan Carlos Hincapié Consonni.

Arbolado de un bosque urbano en Cali: descripción, usos y captura de carbono

Robert Arango-López[1*], Valentina Orozco-Llanos[1], Diana María Cruz-Tejada[1,2], Diana Carolina Acosta-Rojas [1,3]

1 - Fundación Zoológica de Cali

2 - Afiliación actual: Departamento de Biología, Unidad de Botánica, Universidad de Pisa, Italia

3 - Afiliación actual: Real Jardín Botánico de Kew, Inglaterra

* - Autor de correspondencia: robert.arango@fzc.com.co

Resumen

Los bosques urbanos brindan servicios ecosistémicos que promueven el bienestar de la población y la resiliencia en las ciudades, contribuyen a mitigar el cambio climático y resultan siendo una fuente importante de recursos genéticos de especies amenazadas. Este trabajo tuvo como objetivo elaborar un inventario del arbolado en el bosque municipal de Cali en un área de 12,1 hectáreas, para conocer su estructura, los usos comunes de las especies, el estado de conservación y la captura de carbono que realiza. Analizamos 962 árboles de 119 especies, distribuidas en siete categorías de la Lista Roja según la IUCN, donde el 50,3% del arbolado mide entre 3,18 a 27,5 cm de DAP; y el 31.3% miden entre 5,13 y 8,76 m de alto, el 80,8% de las especies reportan al menos un uso y la cantidad de carbono capturado por estos individuos corresponde a 27,25 t C/ha. Con estos resultados destacamos la importancia de los arbolados urbanos para vincularlos a estrategias de conservación *ex situ*, resaltamos su rol en la mitigación del cambio climático y fomentamos la priorización de especies que tienen un impacto mayor en la captura de carbono en futuras intervenciones sobre espacios urbanos.

Palabras claves: Especies amenazadas, importancia ecológica, biomasa, conservación, inventario.

Abstract

Urban forests provide ecosystem services that promote the population's well-being and resilience in cities, contribute to mitigating climate change, and are an important source of genetic resources for endangered species. This work aimed to develop an inventory of trees in the municipal forest of Cali in an area of 12.1 hectares to know its structure, the common uses of the species, the conservation status, and the carbon sequestration it performs. We analyzed 962 trees of 119 species, distributed in seven categories of the Red List according to the IUCN, where 50.3% of the trees measure between 3.18 to 27.5 cm DBH, and 31.3% measure between 5.13 and 8.76 m high, 80.8% of the species report at least one use and the amount of carbon captured by these individuals corresponds to 27.25 t C/ha. With these results, we highlight the importance of urban woodlands to link them to *ex situ* conservation strategies, highlight their role in climate change mitigation, and encourage the prioritization of species that have a greater impact on carbon sequestration in future interventions on urban spaces.

Keywords: Threatened species, ecological relevance, biomass, conservation, inventory.

Introducción

Los bosques urbanos son ecosistemas vitales que ofrecen múltiples servicios ecosistémicos, tales como la mejora de la calidad del aire, la reducción de la radiación solar y la temperatura, la captura de carbono y la conservación de la biodiversidad. Estos servicios son esenciales para promover el bienestar de la población urbana y aumentar la resiliencia de las ciudades (Arroyave-Maya et al., 2019). Además, mantener y cuidar la salud de estos ecosistemas contribuye significativamente al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), tales como hambre cero, salud y bienestar, agua limpia y saneamiento, ciudades y comunidades sostenibles, acción por el clima y vida en ecosistemas terrestres (United Nations, 2000). Por lo tanto, estudiar bosques urbanos es crucial para desarrollar estrategias de conservación y manejo sostenible que aseguren la salud y la sostenibilidad a largo plazo de las áreas urbanas.

El calentamiento global, provocado por la acumulación de gases de efecto invernadero como el metano (CH_4), el óxido nitroso (N_2O) y, especialmente, el dióxido de carbono (CO_2), ha incrementado debido a actividades antropogénicas (Torres-Torres et al., 2017; Pimienta-de la Torre et al., 2019). Los bosques juegan un papel crucial en el ciclo natural del carbono, capturándolo mediante la fotosíntesis y almacenándolo en forma de biomasa. La biomasa, compuesta por materia orgánica aérea y subterránea, se acumula a lo largo del tiempo y es esencial para estimar la fijación de carbono, lo que convierte a los bosques en una herramienta importante para la mitigación del cambio climático (Fonseca-González, 2017).

Además de los servicios ecosistémicos, los bosques urbanos albergan especies vegetales que pueden clasificarse como plantas útiles. Los usos de estas plantas pueden ser directos (alimentos, medicamentos, materiales) o indirectos (protección del suelo, agua, calidad del aire). Las plantas útiles pueden ser silvestres, introducidas, cultivadas o consideradas malas hierbas, y sus usos han sido registrados en distintos periodos de tiempo, escalas y niveles económicos (Pironon et al., 2024). Conocer y clasificar la riqueza vegetal de los bosques urbanos es esencial para promover su conservación y aprovechamiento por parte de las comunidades urbanas.

En Santiago de Cali, existen pequeños bosques urbanos, como el Ecoparque de las Garzas, el Ecoparque Río Pance, la Universidad del Valle, el Jardín Botánico de Cali y el Zoológico de Cali, entre otros. Estos sitios cuentan con catálogos botánicos que permiten conocer la diversidad de plantas que los conforman (Tokura et al., 1996; Botina-Papamija y García-Salazar, 2005; Herrera-Hurtado, 2009). Sin embargo, la información acerca de los usos de las especies en estos bosques es escasa o está desagregada.

Por lo tanto, el objetivo de este trabajo es elaborar un inventario de los árboles presentes en el bosque municipal de Cali que incluya la documentación de su estado de conservación, los diversos usos que estas plantas proveen y la captura de carbono que ejercen. Este estudio es vital para promover la conservación y el uso sostenible de los recursos naturales en el entorno urbano, contribuyendo así a la resiliencia y sostenibilidad de la ciudad.

Métodos

Área de estudio

El estudio se realizó en el bosque municipal de la ciudad de Santiago de Cali en Colombia (Figura

1), ubicado al oeste de la ciudad (3° 26’ 53.85” N, 76° 33’ 33.93” W). El área de estudio se encuentra a 916 msnm, presentando una temperatura media de 24°C y una precipitación media anual de 1200 mm, lo que consolida un clima cálido semiárido (CVC, 2015). El estudio abarcó 12,1 hectáreas del bosque, sobre los predios del Zoológico de Cali y el restaurante Hacienda del Bosque. Esta área ha sido manejada por la Fundación Zoológica de Cali desde hace más de 40 años con un equipo de jardinería que cuida y enriquece el arbolado permanentemente. Los árboles que hacen parte de este estudio están distribuidos por los senderos, hábitats de animales, zonas de tránsito de solo personal autorizado, áreas restringidas al público, borde del río Cali, jardines y plazoletas.

Muestreo del arbolado

Con el objetivo de hacer un inventario del arbolado del bosque municipal de Cali, se recorrieron las 12,1 ha del área de estudio para localizar todas las plantas leñosas cuyo tallo en la base formará un tronco manifiesto y que más arriba se ramifican en forma de copa (Rzedowsky, 2006). De las plantas que contaron con dichas características, se consideraron incluyeron en el inventario del arbolado aquellas con una circunferencia a la altura del pecho (CAP) mayor o igual a 10 cm. La CAP se obtuvo al envolver el tronco con una cinta métrica y registrar la medida de este a 1,3 m de altura. Adicionalmente, se estimó la altura de los árboles usando un clinómetro (Mostacedo y Fredericksen, 2000) y la posición geográfica mediante un GPS Garmin eTrex 10.

Taxonomía y vulnerabilidad de especies

Para hacer la identificación taxonómica de las especies de plantas leñosas del bosque municipal de Cali, se revisaron los individuos con binoculares en búsqueda de estructuras reproductivas. Debido a que las plantas leñosas del área de estudio incluyen especies ampliamente conocidas en el arbolado de la ciudad, estas fueron identificadas con relativa facilidad in situ por profesionales de jardinería y botánica. Sin embargo, para aquellos individuos más raros que no fue posible identificarlos taxonómicamente de manera in situ fue necesaria la colecta de material fresco y fotográfico para la consulta con expertos botánicos. Cabe resaltar que 454 individuos presentan etiquetas de identificación (números no consecutivos entre 249639 al 301047) como parte del Censo Arbóreo de Santiago de Cali, ejecutado

Figura 1. Área de estudio en el Bosque Municipal de Cali, ubicado en el perímetro urbano de la ciudad.

por el Departamento Administrativo de Gestión Ambiental (DAGMA, 2013). Una vez obtenido el primer listado de especies, la lista de nombres científicos fue depurada utilizando Plants of the World Online (POWO 2024).

Para evaluar el estado de amenaza de las plantas leñosas del bosque municipal de Cali, las especies registradas en el inventario fueron contrastadas con el listado oficial de especies silvestres amenazadas de Colombia según la Resolución 0126 de 2024, del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Aquellas especies con algún grado de amenaza fueron clasificadas según las nueve categorías propuestas por la IUCN como: (1) no evaluado, (2) datos insuficientes, (3) preocupación menor, (4) casi amenazado, (5) vulnerable, (6) en peligro, (7) en peligro crítico, (8) extinto en estado silvestre y (9) extinto (IUCN, 2024).

Estructura y diversidad del arbolado

Para describir la estructura del arbolado del bosque municipal de Cali, se hizo una caracterización de los árboles en términos de: (1) su distribución diamétrica, (2) su distribución de alturas y (3) los índices de diversidad de especies. La distribución diamétrica de los árboles revela la composición de una comunidad de plantas a partir de su tamaño considerando como indicador el diámetro a la altura del pecho (DAP). El DAP se calculó a partir del CAP. Para graficar la distribución diamétrica y de alturas de los árboles, se procesó la información con base en el establecimiento de categorías de acuerdo con los valores máximos y mínimos de cada parámetro y con el número de individuos. Los intervalos de clase o categorías se establecieron siguiendo la metodología de Rangel y Velásquez (1997).

Para describir la diversidad del arbolado del bosque municipal de Cali, se realizó el cálculo de los índices ecológicos de diversidad (Shannon-Wiener, N1), dominancia (Simpson) y equidad (Pielou).

El índice de Shannon-Wiener (H') considera la riqueza (número de especies) y la equidad (distribución de los individuos entre las especies); mide la incertidumbre para predecir a qué especie pertenece un individuo escogido al azar en una muestra.

$$H' = -\sum(p_i \ln p_i)$$

Donde p_i es la proporción de individuos de la i-ésima especie = n_i/N (Shannon, 1948).

El número de Diversidad de Hill (N1) permite una mejor interpretación del índice de Shannon-Wiener ya que sus unidades son números de especies, expresan lo que se conoce como número efectivo de especies, midiendo el grado de distribución de las abundancias relativas entre especies.

$$N_1 = e^{H'}$$

Donde: H' índice de Shannon-Wiener (en este caso calculado con logaritmos naturales) (Cué - García *et al*., 2019).

El índice de Simpson (D) permite conocer la probabilidad de que dos individuos elegidos al azar en una muestra pertenezcan a la misma especie. Este índice se ve influenciado por la importancia de las especies más dominantes.

$$D = 1 - \sum(p_i)^2$$

Donde p_i es la proporción de individuos de la i-ésima especie = n_i/N (Valdez *et al*., 2018).

El índice de Equidad de Pielou (J') mide la uniformidad, es decir, cómo se distribuyen los individuos entre las especies. Su valor va de 0

a 1, donde 1 indica que todas las especies son igualmente abundantes y 0 indica que no existe uniformidad entre las especies.

$$J'=H'/H'_{max}$$

Donde $H'_{max} = ln\ (S)$, H' = índice de Shannon-Wiener y S = número total de especies (Valdez *et al.*, 2018).

$$J'=H'/ln(s)$$

Usos y captura de carbono del arbolado

Para identificar la provisión de usos por parte de las especies de plantas leñosas presentes en el bosque municipal de Cali, se creó una base de datos de plantas con sus usos, los cuales fueron identificados a partir de la clasificación de usos de Pironon et al., 2024. Dicha categorización de los usos sigue la clasificación de Cook (1995), definiendo que las plantas pueden proveer 10 usos: (1) medicinal, (2) material, (3) usos ambientales, (4) alimenticio, (5) combustible, (6) forraje para vertebrados, (7) recursos genéticos, (8) usos sociales, (9) tóxico y (10) alimentación para invertebrados.

Para calcular la cantidad de carbono capturada por los árboles del bosque municipal de Cali se calculó inicialmente la biomasa aérea de cada individuo para el área total muestreada y se hizo una extrapolación para poder estimar la biomasa aérea por hectárea. Para cada individuo, se utilizaron las ecuaciones alométricas que se describen a continuación, de acuerdo con su hábito de crecimiento (i.e. árbol o palma):

- Árboles (Álvarez *et al.*, 2012)

*Biomasa (Kg) = EXP(-2,261 + 0,937 * ln (DAP)²*D*H)*

Donde DAP= Diámetro (cm); D= Densidad de madera (g/cm³); H= Altura (m)

- Palmas (Goodman *et al.*, 2013)

*Biomasa (Kg)= EXP (-3,3488 + 2,7483 * ln (DAP)*

Donde DAP= Diámetro (cm)

La densidad de madera de cada una de las especies fue obtenida automáticamente con el paquete BIOMASS (Rejpou-Mechain *et al.,* 2017) en el software R Core Team versión 4.3.2 (2023) que usa las bases de datos Chaves et al. (2009) y Zanne et al. (2009). Se generó una delimitación para Sur América Tropical y se adicionó el conjunto de datos de Álvarez et al. (2012) específico para Colombia. Finalmente, para determinar la cantidad de carbono equivalente que se encuentra acumulada en el área muestreada, se asumió que la biomasa es 50% carbono (Schlesinger y Bernhardt, 2013).

Análisis de datos

Todos los análisis y gráficos se realizaron en el entorno R (R versión 4.3.2; R Core Team, R Foundation for Statistical Computing, Viena, AT). Específicamente, se utilizaron los paquetes de R ggplot2 (Wickham, 2016) y ggpubr (R Core Team, R Foundation for Statistical Computing, Viena, AT) para elaborar las figuras.

Resultados

Taxonomía y vulnerabilidad de especies

Se registraron un total de 962 árboles en las 12.1 ha dentro del bosque municipal de Cali. Estos árboles representan 119 especies de plantas/morfoespecies, de las cuales cinco fueron identificadas a nivel de género y 114 a nivel de especie. Las especies

de plantas identificadas representan siete clados, 99 géneros y 34 familias. Las tres especies más abundantes fueron *Guazuma ulmifolia* (Malvaceae), *Mangifera indica* (Anacardiaceae) y *Pithecellobium dulce* (Fabaceae). Las familias con mayor número de especies fueron Fabaceae (22 especies), Arecaceae (17 especies) y Moraceae (11 especies). De acuerdo con la Red List (IUCN, 2024), 95 especies analizadas se encuentran bajo 7 categorías distintas y 24 no han sido evaluadas aún. *Brugmansia arborea* se encuentra extinto en estado silvestre; *Hyophorbe lagenicaulis* se encuentra críticamente amenazada. *Swietenia macrophylla* se encuentra en peligro. *Adonidia merrillii*, *Cedrela odorata* y *Handroanthus chrysanthus* son especies vulnerables. *Chrysalidocarpus lutescens* y *Guarea pyriformis* se encuentran casi amenazadas. *Averrhoa carambola* y *Mangifera indica* se encuentran con Datos Insuficientes. 85 especies se encuentran con preocupación menor y 24 especies aún no han sido evaluadas (Figura 2.)

Estructura y diversidad del arbolado

El DAP promedio del arbolado es de 35 cm, incluyendo palmas como *Adonidia merrillii* (Arecaceae) con 3,18 cm de DAP hasta árboles como el de *Enterolobium cyclocarpum* (Fabaceae) con 194,2 cm de DAP. La distribución diamétrica del arbolado muestra que el 50,3% de los individuos muestreados se encuentra en la primera clase diamétrica que incluye árboles de 3,18 a 27,5 cm de DAP (Figura 3). El arbolado presenta una altura promedio de 9,8 m, incluyendo arbustos desde 1,5 m como *Dracaena fragrans* (Asparagaceae) hasta palmas como *Washingtonia filifera* (Arecaceae). La distribución de alturas del arbolado muestra que el 31,3% de los árboles se encuentra en la segunda clase de altura con alturas entre 5,13 y 8,76 m (Figura 3). En términos de diversidad de especies, el índice de Shannon-Wiener (H) del arbolado es de 3,72, el número de Hill (N1) es 41,24, el índice de dominancia de Simpson (D) es 0,95 y el índice de equidad de Pielou (J) es 0,78.

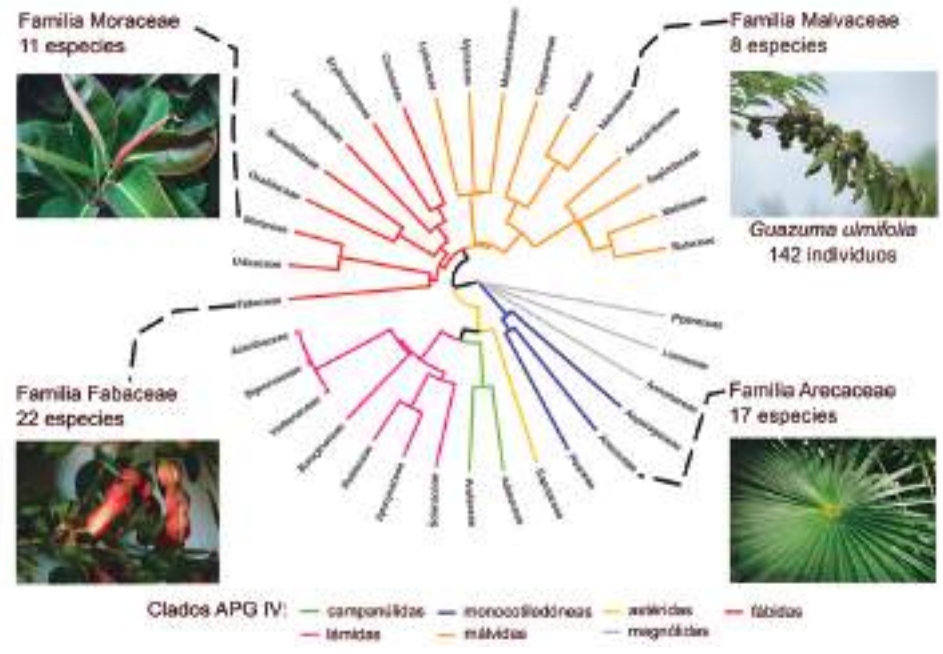


Figura 2. Árbol filogenético de árboles y arbustos en el bosque municipal de Cali, Valle del Cauca, Colombia. El árbol filogenético muestra los siete clados en colores diferentes y las puntas del cladograma están a nivel de familia. Las fotografías ejemplifican a la especie y a las cuatro familias más abundantes del área de estudio.

Usos y captura de carbono del arbolado

Se encontró que el 80,8% de las especies de árboles registradas en el Zoológico municipal de Cali provee al menos un uso, mientras que el 19,2% no provee ningún uso. La especie que reporta el mayor número de usos es *Spathodea campanulata* (Bignoniaceae), brindando nueve de los diez usos evaluados (i.e. Esta especie no reporta uso para alimentación de invertebrados). El uso más reportado que brindan las especies de árboles registradas en el área de estudio es el medicinal, seguido del uso alimenticio y del uso para fines ambientales (Figura 4).

Se calculó que los 962 individuos presentes en el área total muestreada acumulan una biomasa aérea de 659,59 toneladas. A su vez, la cantidad de carbono capturado por estos individuos corresponde a 27,25 tC/ha. Las especies que capturan mayor cantidad de carbono fueron *Cananga odorata* (Annonaceae), *Crateva tapia* (Capparaceae) y *Myrcianthes rhopaloides* (Myrtaceae) (Anexo 1. Apéndice de especies).

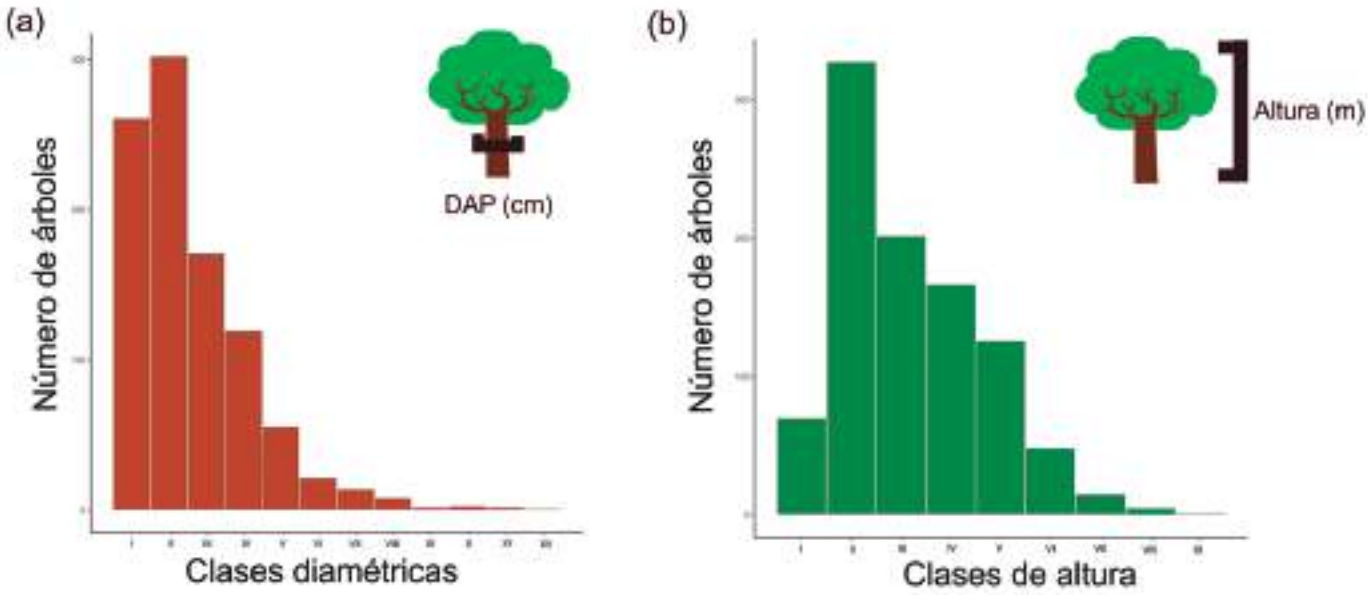


Figura 3. Distribución de árboles y arbustos por: (a) clases diamétricas y (b) clases de altura en el bosque municipal de Cali, Valle del Cauca, Colombia. En la Figura 3a, cada clase diamétrica (n = 12) incluye un intervalo de DAP de 16 cm, mientras que en la Figura 3b, las clases de altura (n = 9) el intervalo es de 4 m.

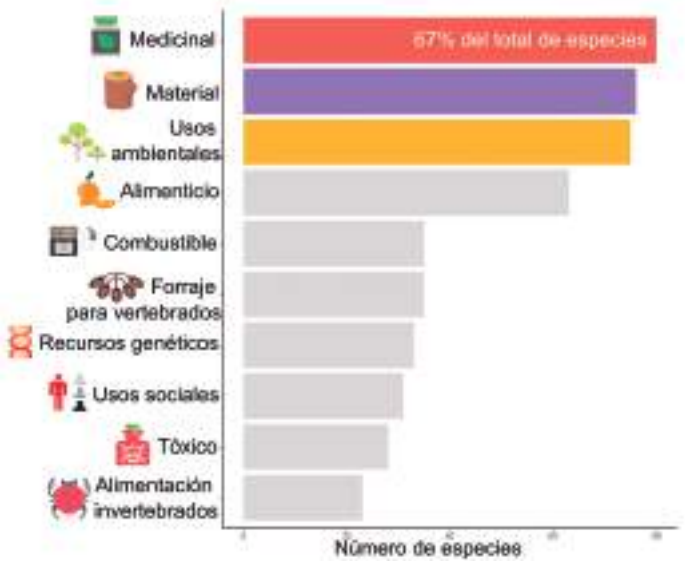


Figura 4. Usos de las especies de árboles presentes en el Zoológico municipal de Cali. En el eje X de la gráfica se muestra el número de especies de árboles, mientras que el eje Y muestra las 10 categorías de usos. Las tres categorías de uso más común están coloreadas de naranja (Primera categoría de uso más frecuente), amarillo (Segunda categoría de uso más frecuente) y morado (Tercera categoría de uso más frecuente), mientras que las categorías de uso restantes se encuentran coloreadas de gris.

Discusión

El inventario florístico del bosque municipal de Cali revela una notable diversidad, con un total de 962 árboles pertenecientes a 119 especies. Este alto nivel de diversidad indica la riqueza biológica y la complejidad ecológica del área. La identificación de especies bajo algún grado de amenaza, según el listado oficial de especies silvestres amenazadas de Colombia, subraya la importancia de estos bosques urbanos para la conservación de plantas amenazadas. El análisis estructural del arbolado muestra una alta proporción de árboles jóvenes, lo que puede indicar una fase de regeneración o recuperación. La distribución de alturas complementa esta observación, sugiriendo una estructura vertical relativamente joven y dinámica. Los índices de diversidad indican una alta diversidad y una distribución equitativa de las especies, con una comunidad arbolada dominada por unas pocas especies clave, como *Guazuma ulmifolia* y *Mangifera indica*. La funcionalidad del arbolado en el bosque municipal de Cali es diversa, con un 80.8% de las especies registradas proporcionando al menos un uso. La captura de carbono es otro aspecto crucial, contribuyendo significativamente a los servicios ecosistémicos del bosque. Estudiar y entender estos aspectos es vital para desarrollar estrategias de conservación y manejo sostenible que aseguren la salud y la sostenibilidad a largo plazo de estas áreas urbanas.

Taxonomía y vulnerabilidad de especies

Londoño y Torre (2014) en el Bosque Seco tropical en regeneración Bataclán en la ciudad de Cali, registraron 41 especies de árboles donde 11 de ellas coinciden con las reportadas en este estudio. Solo *T. gigantea, C. gossypiifolius*, *Psidium guajava, Leucaena leucocephala* y *Zanthoxylum rhoifolium* han sido reportadas para otros bosques secos tropicales del Valle del Cauca (González y Devia, 1994; Adarve *et al.,* 2010; Torres *et al.*, 2012). Algunas especies encontradas en este estudio como *Samanea saman* y *Pithecellobium dulce* juegan un papel importante para las aves como se demostró por Torres et al., 2014 donde 29 especies de aves hicieron uso de Chiminango (*Pithecellobium dulce*), en términos de alimentación, reposo y/o reproducción; mientras que para Samán (*Samanea saman*) se registraron 37 especies alimentándose y reposando. Esto resalta la importancia y rol ecológico de los 74 Chiminangos y los 25 Samanes que se encuentran en la zona de estudio como fuente de recursos para las aves de la zona. Por otro lado, Guácimo (*Guazuma ulmifolia*) es una especie altamente usada como forrajeo en ganadería y la hace altamente importante para la salud de los bosques su excelente capacidad de regeneración natural debido a su abundante producción de frutos y semillas, que resulta en una propagación facilitada por el consumo de sus frutas por aves y murciélagos (Lombo et al., 2023), razón por la cual los 142 individuos de Guácimo en la zona de estudio se convierten en una fuente importante de recursos alimenticios para la avifauna. Finalmente, *Mangifera indica*, es una especie cuyo fruto es alto en contenido graso y resulta muy atractiva para las aves frugívoras como los periquitos bronceados (*Brotogeris jugularis*), una especie común en la ciudad de Cali (Eusse y Palacios, 2018), y que además es una fuente importante de alimento para las personas en época de cosecha, lo que le otorga un valor natural y social a los 96 individuos de Mango que se encuentran en la zona de estudio.

En la zona de estudio encontramos especies como

la *Brugmansia arborea* cuya categoría de amenaza se encuentra en Extinto en Estado Silvestre según la última evaluación realizada en 2014 (IUCN, 2024), donde la composición de sus alcaloides y metabolitos secundarios extraídos de la planta son la razón del intensivo y continuo uso en la medicina tradicional en las américas (Rojas et. al, 2023), lo que ha disminuido sus poblaciones naturales y la ha puesto en riesgo. Otra especie que encontramos en la zona de estudio amenazada en peligro crítico fue *Hyophorbe lagenicaulis* o Palma Botella, endémica de las Islas Mauricio y cuyas poblaciones han disminuido drásticamente en los últimos 150 años debido a la introducción de animales como cabras y conejos en las zonas naturales (Asmussen et al, 2011); y *Swietenia macrophylla* que actualmente se encuentra En Peligro y listada en el apéndice II del CITES que se llevó a cabo en la COP12 en respuesta a décadas de sobreexplotación y tala ilegal generalizada especialmente en la cuenca amazónica (Grogan y Schulze, 2008) que se ha llevado a la disminución de las poblaciones silvestres y a la pérdida de equilibrio ecológico en los bosques. Con la presencia de estas especies que se encuentran bajo categorías de amenazas en la zona de estudio, se puede afirmar la importancia de la consolidación y conservación de los arbolados urbanos que incluyan especies amenazadas como un recurso *ex situ* que pueda ser usando en estrategias de conservación y recuperación de poblaciones silvestres que disminuyan el grado de amenaza (Asmussen *et al*, 2011).

Estructura y composición

En cuanto a los índices ecológicos, el índice de diversidad de Shannon-Wiener puede presentar resultados que varían entre 0,5 y 5 considerando que valores superiores a 3 se refieren a muestras altas en diversidad de especies (Medrano Meraz et al., 2017), el resultado obtenido H' = 3,72 refleja una diversidad de especies alta para el bosque urbano del Zoológico de Cali. Por su parte el número efectivo de especies N1 fue 41,24, es decir, que el arbolado del Zoológico de Cali presenta una diversidad de especies similar a lo que se esperaría encontrar en un bosque con 41 especies con abundancias iguales, es decir, una alta diversidad de especies.

El índice de dominancia de Simpson (D = 0,95) al ser un valor cerca de 1 refuerza el resultado de los índices anteriores sugiriendo una alta diversidad. Finalmente, el índice de equidad de Pielou (J = 0,78) al obtener un resultado cercano a 1 indica que los individuos están distribuidos de manera uniforme entre las distintas especies reportadas en el Zoológico de Cali. En resumen, los resultados obtenidos para los índices ecológicos señalan que en el área de estudio se cuenta con alta diversidad de especies y que los individuos están distribuidos de manera uniforme entre las especies.

Usos y captura de carbono del arbolado

En las 12,1 hectáreas que abarcó este estudio ha consolidado una biomasa de 659,59 toneladas que tiene una tasa de captura de carbono de 27,25 t/ha, cuyos valores son representativos respecto a la tasa promedio de Carbono almacenado por bosques como los reportados por Torres, et. al, 2017 en el Jardín Botánico del Pacífico, Mecana, Bahía Solano, Chocó, un bosque con edad aproximada de 12 años 31,3 t C/ha, un bosque de 30 años 45,2 t C/ha y un bosque de 40 años 68,1 t/ha. En algunos casos no se recomienda el uso de las ecuaciones alométricas para el cálculo de la

biomasa en zonas urbanas dado que los individuos están sometidos a constantes mantenimientos y podas, que pueden afectar las medidas a lo largo del tiempo. Sin embargo, en este caso, a pesar de que la ecuación utilizada para la biomasa de los árboles tiene en cuenta la altura, no hemos hecho un cálculo a lo largo del tiempo que afecte los resultados obtenidos. Teniendo en cuenta que los sistemas con mayor crecimiento e incremento de la biomasa presentan mayor acumulación de carbono (FONAM, 2005), sugiere que el arbolado en la zona de estudio, cuyo 50,3% de los individuos se encuentra en la primera clase diamétrica pueden estar en crecimiento y su almacenamiento de carbono puede ser mucho mayor. Las especies con más altas tasas de captura de carbono (Anexo 1) las convierte en potenciales especies para priorizar en la planificación de enriquecimientos de arbolados urbanos, con el fin de fortalecer a las zonas urbanas en la captura y almacenamiento de carbono.

Conclusiones

El arbolado del bosque Municipal de Cali presenta especies de alta importancia para la avifauna de la zona, proporcionando refugio, lugares de reposo y alimento.

Los arbolados urbanos son una fuente importante de recursos genéticos para vincular especies con algún grado de amenaza a programas de conservación que pretendan recuperar las poblaciones silvestres en diferentes territorios.

La alta diversidad que presenta el bosque municipal de Cali permite el aprovechamiento de recursos como alimentación y refugio para diversidad de especies de fauna que habitan la cuenca media del río Cali.

Los bosques urbanos promueven el bienestar en las ciudades ya que contribuyen a controlar el cambio climático debido al almacenamiento y fijación de carbono.

Agradecimientos

Al ecólogo Camilo Londoño Andrade, la ingeniera agrónoma Ana María Cardona Andrade y al biólogo Andrés Ramos por la identificación taxonómica y registro de los datos.

Literatura Citada

Adarve, J. B., Torres, A. M., Home, J., Vargas, J. A., Rivera, K., Duque, O. L., Cárdenas, M., Londoño, V. y A. M. González. 2010. Estructura y riqueza florística del Parque Natural Regional el Vínculo - Buga, Colombia. Cespedesia, 32: 23-38.

Agudelo-Guinand, M. 2009. Biomasa aérea y contenido de carbono en bosques de *Quercus humboldtii* y *Colombobalanus excelsa*: corredor de conservación de robles Guantivá – La Rusia – Iguaque (Santander – Boyacá). Santiago de Cali.

Álvarez, E., Duque, A., Saldarriaga, J., Cabrera, K., de las Salas, G., del Valle, I., Lema, A., Moreno, F., Orrego, S., y L. Rodríguez. 2012. Tree above-ground biomass allometries for carbon stocks estimation in the natural forest of Colombia. Forest Ecology and Management: 297-308.

Angelsen, A., y Wunder, S. 2003. Exploring the forest–poverty link: Key concepts; Issues and research implications. Indonesia: CIFOR, Occasional Paper 40.

Arroyave-Maya, M. D., Posada-Posada, M. I., Nowak, D. J., y Hoehn, R. E. 2019. Remoción de contaminantes atmosféricos por el bosque urbano en el Valle de Aburrá. Colombia Forestal: 5-19.

Asmussen-Lange, C. B., Maunder, M., y Fay, M. F. 2011. Conservation genetics of the critically endangered Round Island bottle palm, *Hyophorbe lagenicaulis* (Arecaceae): can cultivated stocks supplement a residual wild population? Botanical Journal of the Linnean Society, 167: 301-310.

Backeus, S., Wikstrom, P., y Lamas, T. 2005. A model

for regional analysis of carbon sequestration and timber production. Forest Ecology and Management, 2161: 28-40.

Basu, P. 2009. A green investment. If growing forests in India can generate lucrative carbon credits, then why isn't everyone planting trees? News feature. Nature, 457: 144-146.

Botina - Papamija, J. R., y García Salazar, L. 2005. Árboles y arbustos del ecoparque río Pance. Cali: Corporación autónoma regional del Valle del Cauca (CVC).

Cárdenas, D., y Ramírez, J. G. 2005. Plantas útiles y su incorporación a los sistemas productivos del departamento del Guaviare (Amazonía colombiana). Caldasia: 95-110.

Castellanos Camacho, L. I. 2011. Conocimiento etnobotánico, patrones de uso y manejo de plantas útiles en la cuenca del río Cane-Iguaque (Boyacá-Colombia); una aproximación desde los sistemas de uso de la biodiversidad. Ambiente y Sociedad: 45-75.

Cruz, M. C. D. 2016. Bonos de carbono: un instrumento en el sistema financiero internacional. Libre Empresa, 13: 11-33.

Cué - García, J. L., Changa, E., Carrión, M., Valleros, h., Ipiales, C., Lara, J., Navarrete, P., Noquez, A., Muñoz, N., Mejía, A., Pailacho, J.C., Yamberla, J.,y Toctaguano, C. 2019. Indicadores de biodiversidad del componente arbóreo de la granja Yuyucocha, Ibarra, Ecuador. Journal international of applied sciences nature and tourism: 1-10.

CVC. 2015. Estudio para la Microzonificación Climática para el Municipio de Santiago de Cali. Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca.

DAGMA. 2013. Censo Arbóreo de Santiago de Cali. Departamento Administrativo de Gestión Ambiental.

Diazgranados, M. 2022. A taxonomic summary of useful plants in Colombia. En: R. Negrão, A. K. Monro, C. Castellanos-Castro, y M. Diazgranados, Catalogue of useful plants of Colombia. Bogotá: Royal Botanic Gardens.

Eamus, D., McGuinness, K., y Burrows, W. 2000. Review of allometric relationships for estimating woody biomasa for Queensland, the northern territory and western Australia. National Carbon accounting system. Technical report 5. Australian Greenhouse Office.

Estupiñán-González, A. C., y Jiménez-Escobar, N. D. 2010. Uso de las plantas por grupos campesinos en la franja tropical del parque nacional natural paramillo (Córdoba, Colombia). Caldasia: 21-38.

Eusse-González D. y T. Cano- Palacios. 2018. Sembrando plantas para cosechar aves. Asociación para el estudio y conservación de las aves en Colombia - Calidris. Cali, Colombia.

Feuillet Hurtado, C., Macías Pinto, D., y Chito-Cerón, E. 2011. Plantas útiles para la elaboración de artesanías en el departamento del Cauca (Colombia). Boletín científico centro de museos museo de historia natural: 40-59.

FONAM. 2005. Boletín CO^2 comercio. Dedicado a Informar Sobre las Oportunidades del Mercado de Carbono.

Fonnegra G, R., y Jiménez R, S. L. 1999. Plantas Medicinales Aprobadas en Colombia. Medellín: Editorial Universidad de Antioquia.

Fonseca-González, W. 2017. Revisión de métodos para el monitoreo de biomasa y carbono vegetal en ecosistemas forestales tropicales. Revista de Ciencias Ambientales: 91-109.

Giraldo Quintero, S. E., Bernal Lizarazú, M. C., Morales Robayo, A., Pardo Lobo, A. Z., y Gamboa Molano, L. 2015. Descripción del uso tradicional de plantas medicinales en mercados populares de Bogotá, D.C. NOVA: 73-80.

González, S. M. y Devia, W. 1995. Caracterización fisionómica de la flora de un bosque seco secundario en el corregimiento de Mateguadua, Tuluá Valle. Cespedesia, 20: 35-65.

Goodman, R. C., Phillips, O. L., del Castillo Torres, D., Freitas, L., Tapia Cortese, S., Monteagudo, A., y Baker, T. R. 2013. Amazon palm biomass and allometry. Forest Ecology and Management: 994-1004.

Grogan, J., y Schulze, M. 2008. Estimating the number of trees and forest area necessary to supply internationally traded volumes of big-leaf mahogany (*Swietenia macrophylla*) in Amazonia. Environmental Conservation, 351: 26-35.

Herrera-Hurtado, S. 2009. Árboles de la Universidad del Valle. Cali: Programa Editorial Universidad del Valle.

IUCN. 2024. The IUCN Red List of Threatened Species. Versión 2024-1.

Londoño L, V. y Torres G, A.M. 2015. Estructura y composición vegetal de un bosque seco tropical en regeneración en Bataclán (Cali, Colombia). Colombia Forestal 181: 71-85

Lombo, D. F., Burbano, E., Arias, J. A., y Rivera, M. 2023. Carbon storage in tree biomass dispersed in pastures in the arid Caribbean region of Colombia. Forest Systems, 321.

Medrano Meraz, M. d., Hernández, F. J., Corral Rivas, S., y Nájera Luna, J. A. 2017. Diversidad arbórea a diferentes niveles de altitud en la región de El Salto, Durango. Revista Mexicana de Ciencias forestales.

Mostacedo, B., y Fredericksen, T. 2000. Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en ecología vegetal (Vol. 87. Santa Cruz, Bolivia: Proyecto de Manejo Forestal Sostenible (BOLFOR).

Pimienta-de la Torre, D. D., Reyes-Reyes, J., Rodríguez-Morales, J. A., y Marroquín-Morales, P. 2019. Estimación de biomasa aérea total y contenido de carbono de *Pinus maximinoi* H.E. Moore en Las Margaritas, Chiapas, México. Avances en investigación agropecuaria, 31-41.

Pironon, S., Ondo, I., Diazgranados, M., Allkin, R., Baquero, A., Cámara-Leret, R., Canteiro, C., Dennehy-Carr, Z., Govaerts, R., Hargreaves, S., Hudson, A.J., Lemmens, R., Milliken, W., Nesbitt, M., Patmore, K., Schmelzer, G., Turner, R.M., Van Andel, T.R., Ulian, T., Antonelli, A., Willis, K.J 2025. The global distribution of plants used by humans. Science: 293-297.

POWO. 2024. Plants of the World Online. Facilitado por la Royal Botanic Gardens, Kew.

R Core Team. 2023 R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.

Rangel, J., y Velázquez, A. 1997. Métodos de estudio de la vegetación.

Réjpu-Mérchain, M., Tanguy, A., Piponiot, C., Chave, J., y Hérault, B. 2017. Biomass: an R package for estimating above-ground biomass and its uncertainty in tropical forest. Methods in Ecology and Evolution: 1163-1167.

Rojas, S., Madrinan, S., Stahl, M., y Harter, K. J. 2023. Cultural use of tropane alkaloids of *Brugmansia* species and cultivars in Colombia depends on local plant growth environment rather than genetic diversity. bioRxiv, 2023-11.

Rzedowski, J., 2006. Vegetación de México. 1ra. Edición digital, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, 504 pp.

Schlegel, B., Gayoso, J., y Guerra, J. 2000. Medición de la capacidad de captura de carbono en bosques de Chile y promoción en el mercado mundial: Manual de procedimientos: Muestreos de biomasa forestal. Valdivia, Chile, Universidad Austral de Chile.

Schlesinger, W. H., y Bernhardt, E. S. 2013. Biogeochemistry an analysis of global change. Oxford: Elsevier.

Shannon, C. 1948. A Mathematical Theory of Communication. The Bell System Technical Journal: 623-656.

Tokura, Y., Botero, L. F., Rondon, M. A., y Villanueva, G. 1996. Especies forestales del Valle del Cauca. Cali: Corporación autónoma regional del Valle del Cauca (CVC).

Torres, A. M., Adarve, J. B., Cárdenas, M., Vargas, J. A., Londoño, V., Rivera, K., Home, J., Duque, O. L. y González, A. M. 2012. Dinámica sucesional de un fragmento de bosque seco tropical del Valle del Cauca, Colombia. Biota Colombiana, 13: 66-87.

Torres-González, A.M., Vargas-Figueroa, J.A., Guevara -Ibarra, L., Llano-Almario, M. Pineda, J. A. Orrego, Duque -Palacio, O. L., Moreno-Cavazos, M. P., y Ruiz -Idarraga, J. M. 2014. Uso de *Samanea saman* y *Pithecellobium dulce* (Fabaceae: Mimosoideae) por aves en el Jardín Botánico Universitario, Cali, Colombia. Revista de Ciencias, 18: 63-78.

Torres-Torres, J. J., Mena-Mosquera, V. E., y Álvarez-Dávila, E. 2017. Carbono aéreo almacenado en tres bosques del jardín botánico del Pacífico, Chocó, Colombia.

United Nations. 2000. United Nations millennium declaration.

Valdez, C. G., Guzmán, M. A., Valdés, A., Forougbakhch, R., Alvarado, M. A., y Rocha, A. 2018. Estructura y diversidad de la vegetación en un matorral espinoso prístino de Tamaulipas, México. Revista de Biología Tropical.

Aportes al conocimiento del arrecife El Muelle, en el Parque Nacional Natural Gorgona

Mateo López-Victoria[1,*] y María Gabriela-Quirama[1]

[1]Departamento de Ciencias Naturales y Matemáticas, Facultad de Ingeniería y Ciencias, Pontificia Universidad Javeriana Cali, Valle, Colombia

* Autor de Correspondencia: malov@javerianacali.edu.co

Resumen

El monitoreo de arrecifes coralinos constituye una herramienta fundamental para medir la respuesta de estos ecosistemas frente a las perturbaciones naturales y antropogénicas. En la isla Gorgona, el arrecife El Muelle sufrió afectaciones significativas durante las dos décadas en que esta isla funcionó como prisión de máxima seguridad, porque es el arrecife más cercano a las instalaciones y porque a su lado funcionaba el único muelle de acceso a Gorgona. Desde que fue declarada área protegida, se ha observado una notable recuperación de las áreas coralinas del Parque, aunque no todas han sido monitoreadas de manera sistemática. Este estudio evaluó la variabilidad de la cobertura coralina y la composición del andamiaje arrecifal del arrecife El Muelle, además de estimar su extensión total, para evaluar su estado de recuperación/expansión en el tiempo. Los resultados revelaron que El Muelle ha aumentado su área en un 90%, y exhibe una cobertura coralina superior al 85%, dominada por especies del género *Pocillopora*. No obstante, se desconoce si los factores de estrés asociados al cambio climático, como el reciente fenómeno de El Niño 2023, han tenido impactos negativos sobre este arrecife. Implementar monitoreos periódicos sera cruciales para determinar si las crecientes amenazas del cambio climático global comprometerán su resistencia en el futuro. Se debe aprovechar la cercanía de este arrecife a las instalaciones del Parque, como punto de referencia de la recuperación de las áreas coralinas más afectadas históricamente.

Palabras Clave: Arrecife coralino, cobertura coralina, Pacifico Oriental Tropical, CCA, conservación coralina.

Abstract

Coral reef monitoring is a fundamental tool for measuring the response of these ecosystems to natural and anthropogenic disturbances. On Gorgona Island, El Muelle reef was significantly affected during the two decades that this island was used as a maximum-security prison, because it is the closest reef to the facilities and because next to it was the only access dock to Gorgona. Since it was declared a protected area, there has been a remarkable recovery of the coraline areas of the Park, although not all have been monitored systematically. This study evaluated the variability of coral cover and the composition of the reef scaffold of El Muelle reef, in addition to estimating its total extension, to assess its state of recovery/expansion over time. The results revealed that El Muelle has increased its area by 90%, and exhibits a coral cover of over 85%, dominated by species of the genus *Pocillopora*. However, it is unknown whether stressors associated with climate change, such as the recent El Niño 2023, have had negative impacts on this reef. Implementing periodic monitoring will be crucial to determine if increasing threats from global climate change will compromise its resilience in the future. The proximity of this reef to the Park's facilities should be taken advantage of as a reference point for the recovery of the reef.

Keywords: Old Pier Reef, Coral cover, Eastern Tropical Pacific, CCA, coral restoration.

Introducción

El mundo ha perdido el 50% de los arrecifes de coral, y para 2050 las predicciones climáticas indican un alto riesgo de perder el 90% de los que quedan, si no se reducen las emisiones de gases de efecto invernadero y las perturbaciones antropogénicas (IPCC, 2023). Ante estas amenazas, el monitoreo a largo plazo se ha convertido en la principal herramienta para cuantificar el grado de afectación y el estado de salud de los arrecifes de coral (Smith et al., 2016; Reimer et al., 2024). La mayoría de los arrecifes coralinos del Pacífico Oriental Tropical (POT), como los del Golfo de Panamá (Panamá), Golfo de Papagayo (Costa Rica) e Isla Gorgona (Colombia), han sido objeto de monitoreo a lo largo del tiempo, lo que ha permitido comprender los mecanismos de adaptación y recuperación frente al cambio climático (Glynn et al, 2017a, Zapata, 2017; Palmer et al., 2022). Los resultados derivados de estos análisis han permitido concluir que los arrecifes del POT muestran un potencial de resistencia al cambio climático, debido a las extremas condiciones ambientales en las que se han desarrollado y a la dominancia de corales Pocilloporidos, conocidos por su alta tolerancia al estrés térmico (Romero-Torres et al., 2019; Palacio-Castro et al., 2023).

En Colombia se implementa el Sistema de Monitoreo de Arrecifes Coralinos (Garzón-Ferreira et al., 2002) desde hace más de dos décadas, para generar información histórica sobre la variabilidad de los componentes clave de los arrecifes y entender el deterioro de estos ecosistemas para la toma de decisiones en cuanto a estrategias de gestión, conservación y restauración. Este sistema dejó instaladas estaciones permanentes de monitoreo en el principal arrecife del Parque (La Azufrada), y se sumaron estaciones adicionales en dos arrecifes más (Playa Blanca y La Ventana), en lo que constituye el sistema de monitoreo de mayor duración y cobertura del Pacífico colombiano (ver Zapata, 2017).

Los arrecifes coralinos de Gorgona están entre los de mayor extensión y desarrollo de la región (Glynn et al., 2017b). Aparte de los arrecifes ya mencionados, y que han sido monitoreados durante décadas, se han evaluado puntual y ocasionalmente otras áreas coralinas de menor tamaño, sin llegar a monitoreos continuados (Zapata y Vargas-Ángel, 2003). El arrecife El Muelle es el tercero más extenso del costado oriental de la Isla, con un área aproximada de 0.26 ha (Mejía-Rentería et al., 2024). Este arrecife estuvo particularmente expuesto a afectaciones antropogénicas, debido a que tenía justo al lado el muelle de acceso al penal, con toda la carga que ello supuso por las actividades relacionadas con la prisión (e.g., descargue de materiales e insumos para la prisión, relevos de personal, ingreso de prisioneros y visitantes, etc.). Estas condiciones provocaron una reducción significativa en tamaño, estructura y composición de especies durante, al menos, las dos décadas en las que operó la prisión (Zapata, 2001).

Más recientemente, se planificó la construcción de un nuevo muelle para operaciones de una base naval de Guardacostas de la Armada Nacional, que se había planeado ubicar en el mismo sitio que ocupara el muelle original de la prisión (https://www.minambiente.gov.co/gorgona/). Sin embargo, evaluaciones cualitativas realizadas por investigadores y personal del Parque evidenciaron una recuperación y expansión significativa de este arrecife, desde que se mitigaron las amenazas antropogénicas provenientes de la prisión, lo que llevó a replantear el mejor lugar para un nuevo muelle. En este contexto, nuestro estudio

tuvo como objetivo caracterizar y evaluar la variabilidad de la cobertura coralina entre 2017 y 2020, y la composición del andamiaje arrecifal de El Muelle, con el fin de estimar su estado de salud y la recuperación ocurrida durante las últimas décadas. La ausencia de monitoreos periódicos en este arrecife ha generado una carencia de información que dificulta la toma de decisiones informadas respecto al ordenamiento marítimo del área protegida, en lo referente a los mejores puntos de acceso mediante una construcción. Por lo tanto, este trabajo sugiere conservar esta formación coralina, prevenir su afectación por construcciones e implementar un monitoreo continuado que sirva como soporte para la toma de decisiones.

Área de Estudio

La isla Gorgona (2°58'10" N - 78°11'05" W) es un Parque Nacional Natural situado a 30 km del punto más cercano de la costa pacífica colombiana. Los arrecifes coralinos mejor desarrollados de la Isla se extienden a lo largo de 1 km y cubren al menos 19 ha de fondo marino (Zapata y Vargas-Ángel, 2003; Mejía et al., 2024). Están ubicados hacia el costado oriental, cerca de la playa, donde el efecto de las mareas mínimas afecta las zonas más someras. Este estudio se centró en el arrecife más pequeño, conocido como El Muelle (2°57'38.4"N 78°10'25.9"W), ubicado a <50 m al sur del antiguo Muelle del Penal (Figura 1).

Las condiciones para el desarrollo coralino de la Isla están fuertemente influenciadas por la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT), que genera dos períodos oceanográficos opuestos: un período frío asociado a la surgencia del Golfo de Panamá, entre enero y abril, con temperaturas de <19 ºC, seguido de un período cálido que varía entre 26 y 29 ºC, acompañado por periodos de alta precipitación (4.000-8.000 mm·año^{-1}) (Giraldo et al., 2008; Zapata, 2017). Debido a las condiciones del Pacífico Tropical, la Isla también está expuesta a los fenómenos climáticos del El Niño-Oscilación del Sur (ENSO), con temperaturas de hasta 30-32ºC, y mareas bajas extremas entre enero y abril (Vargas-Ángel et al., 2001; Zapata y Vargas-Ángel, 2003; Giraldo et al., 2008; Zapata, 2017).

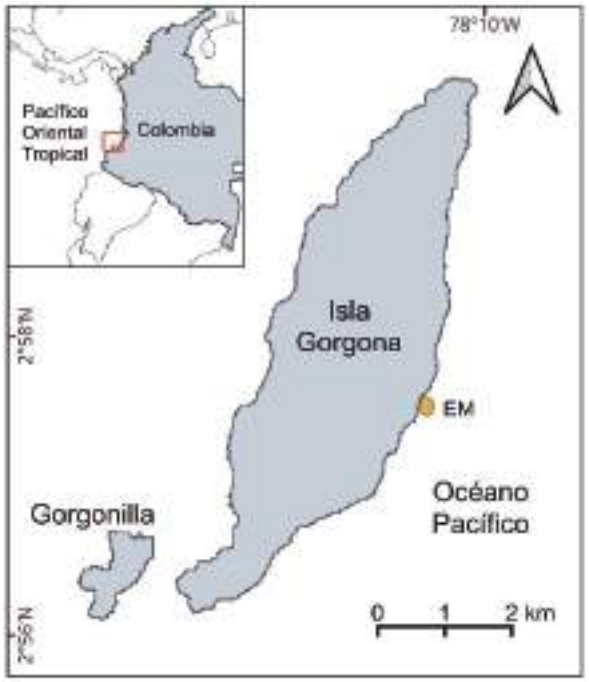


Figura 1. Ubicación de la isla Gorgona y sitio de monitoreo EM: arrecife El Muelle

Métodos

En 2017 se realizaron recorridos alrededor del arrecife para elaborar un mapa detallado de la superficie total del andamiaje coralino y de los bordes con parches de coral que han sido influenciados por las dinámicas de dispersión asexual del frente arrecifal. El recorrido se realizó mediante buceo autónomo, arrastrando con una cuerda un GPS Garmin® que, en superficie, operaba en modo ruta de trazado fino, tomando datos cada 3 s. Los trayectos obtenidos fueron procesados en

el software de información geográfica QGIS®, en el que se pulieron los contornos para generar el polígono resultante. Para comprobar la idoneidad y precisión del polígono, realizamos un empalme con ortofotomosaicos de alta resolución obtenidos a partir de sobrevuelos con dron, tomados en 2018 por Mejía et al. (2024, https://doi.org/10.1594/PANGAEA.967590). Esta comparación también permitió la evaluación de la precisión y utilidad del método tradicional de cartografía por GPS, en contraste con los ortofotomosaicos.

En 2017, se instalaron diez transectos fijos lineales a lo largo del arrecife, orientados en dirección sur-norte y separados entre sí por 10 m de longitud. La distribución y posición de estos transectos se ajustaron a la morfología del arrecife, perpendicular a la costa: cinco transectos internos (hacia la costa de la Isla), y cinco transectos externos (hacia el mar abierto). En octubre de 2017 y noviembre de 2020 se monitorearon los tres grupos funcionales bentónicos comúnmente utilizados para evaluar la salud de los arrecifes: coral duro, algas en tapete y frondosas, y algas calcáreas incrustantes (CCA) (2016). La cobertura se estimó siguiendo el método del Sistema de Monitoreo de Arrecifes Coralinos (SIMAC; Garzón et al., 2002), empleando transecto de cadena. Las algas en tapete y las algas carnosas se consideraron como categorías separadas durante la recolección de datos, pero debido a la escasez de algas carnosas, ambas categorías se combinaron bajo la denominación de algas. Debido a que los datos no cumplían los supuestos de normalidad y homocedasticidad, se realizó un análisis de varianza no paramétrico con la prueba de Wilcoxon para muestras pareadas, con el año como factor. Este análisis se realizó utilizando el software R (R Core Team, 2019).

La profundidad media del arrecife se estimó utilizando una cinta métrica con un plomo atado al extremo, el cual se hundió al lado de cada varilla de transecto. Cada medición de profundidad se registró con la hora exacta. Posteriormente, se ajustaron los datos de profundidad en función de la marea cero, utilizando el software Wxtide (https://tablademareas.com/co/cauca/guapi), y se estimó la profundidad respecto a la marea 0 (Tabla 1), para obtener la profundidad promedio del arrecife.

Resultados

El arrecife El Muelle presentó un área aproximada de 0.31 hectáreas, y se extiende 106 m bordeando la costa de la Isla. Está constituido por un andamiaje compacto, en el que predominan ecoformas de Pocilloporidos. El arrecife está bordeado por planicies arenosas de corales dispersos que se han desprendido progresivamente del andamiaje coralino. El Muelle se ha desarrollado sobre una plataforma angosta, con una profundidad máxima de 2 m, seguida de un frente arrecifal que hace transición a una planicie de arena, en la mitad norte, y a un talud pronunciado en la mitad sur (Figura 2).

El área estimada en este estudio fue un 90% mayor que la reportada por Zapata y Vargas-Ángel (2003), con un incremento en la longitud total de 61 m. La comparación con ortofotomosaicos de alta resolución generados por Mejía-Rentería et al. (2024) reveló algunas discrepancias entre las áreas estimadas mediante imágenes y las obtenidas por métodos tradicionales de campo (Figura 3). Durante los recorridos de cartografía se logró estimar que ~0.05 ha del arrecife se encuentran representadas por colonias de coral dispersas en las planicies arenosas y el talud del sector sur, hacia mar abierto. La alta resolución de los

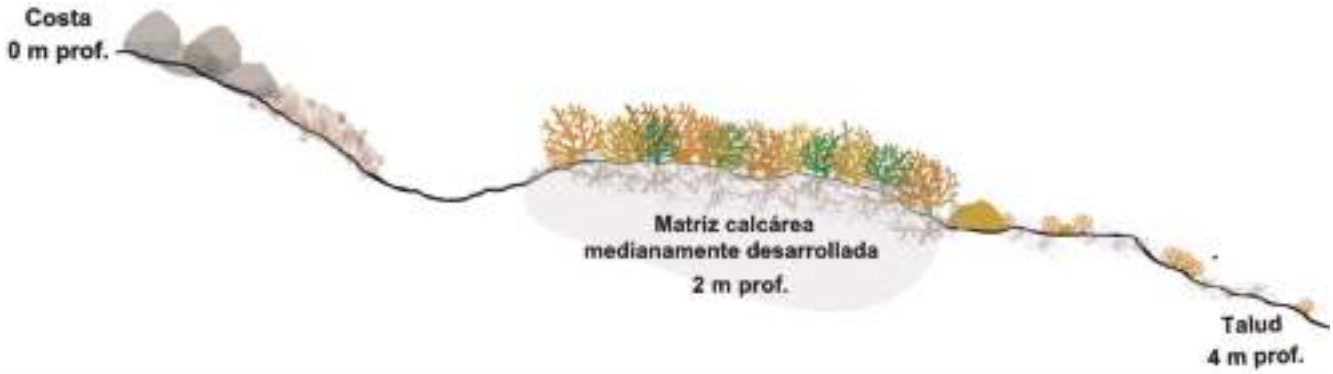


Figura 2. Perfil del arrecife el Muelle, en donde se muestra la zonación y composición coralina dominada por Pocilloporidos.

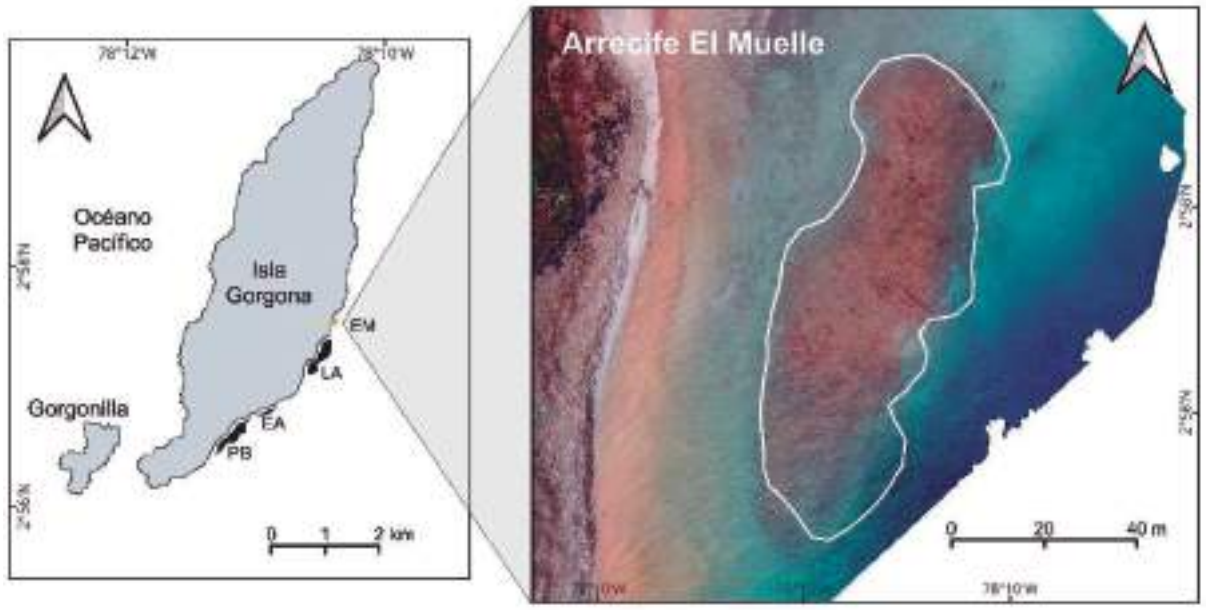


Figura 3. Cartografía detallada y ubicación del arrecife El Muelle con respecto a los principales arrecifes del costado oriental de la isla. EM: El Muelle; LA: La Azufrada; EA: El Arrecifito; PB: Playa Blanca. La cartografía del arrecife El Muelle fue elaborada en el presente estudio y se comparó con los ortofotomosaicos publicados por Mejía-Rentería et al. (2024).

ortofotomosaicos no permite visualizar la zona del talud, que presenta una inclinación de 30° a 60° (Zapata y Vargas-Ángel, 2003), y que alcanza una profundidad de >20 m (Figura 2). En esta zona, las colonias rodadas de Pocilloporidos han formado pequeñas aglomeraciones sobre el fondo arenoso y los escombros coralinos.

Se registraron un total de diez especies (Figura 4), con una baja presencia de corales masivos del género *Pavona* spp y *Porites* spp, especies de las que solo se registraron pequeñas colonias y algunos reclutas sobre escombros, principalmente en la base del arrecife, hacia mar abierto. *Pocillopora damicornis* fue la especie dominante, con una cobertura promedio del 75,6% (±23,04), seguida por *Pocillopora capitata*, que alcanzó un 23,14% (±23,28). Las demás especies de coral registradas se presentaron con baja frecuencia y cobertura (<1%). No se observó variabilidad en las coberturas monitoreadas a lo largo de la serie temporal, y la tendencia de los grupos funcionales se mantuvo constante, con una baja presencia

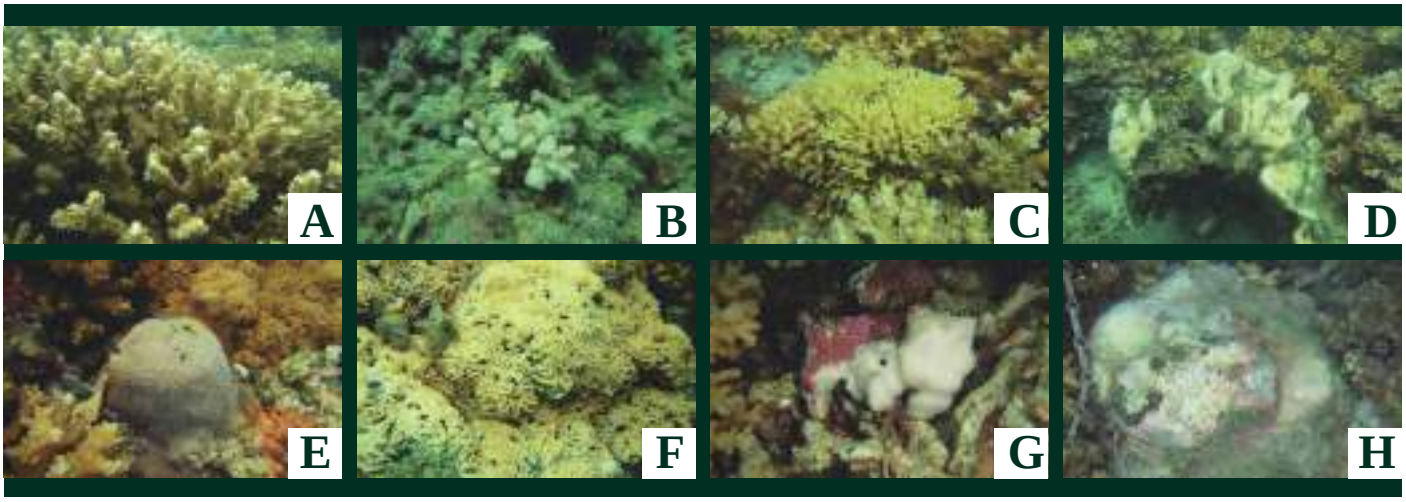


Figura 4. Especies de coral presentes en el arrecife El Muelle en la Isla Gorgona. A. *Pocillopora* c.f. *capitata*. B. *Passamocora* c.f. *stellata*. C. *Pocillopora damicornis*. D. *Pavona clavus*. E. *P. gigantea*. F. *P. varians*. G. *Porites* c.f. *lobata*. H. *Pavona* sp.

de algas filamentosas competidoras por espacio (Figura 5). La cobertura coralina promedio se mantuvo por encima del 80%, exhibiendo un ligero incremento del 3% durante los tres años de intervalo entre las dos series temporales, pero sin diferencias estadísticamente significativas.

Discusión

El Muelle es un arrecife franjeante que exhibe una estructura arrecifal saludable para la serie de tiempo estudiada, con una cobertura coralina superior al 85%, dominada principalmente por las especies del complejo *Pocillopora* (*sensu lato*; ver Pinzón y La Jeunesse, 2011), desde el transarrecife hasta el frente arrecifal, donde la diversidad de especies tiende a ser mayor. En esta última zona se observa una presencia significativa de otras especies de Pocilloporidos, y colonias masivas de *Pavona* spp y *Porites* spp, configuración que ha persistido desde las primeras descripciones del El Muelle (Cantera, 1983). El arrecife ha aumentado su andamiaje arrecifal en un 90% durante los

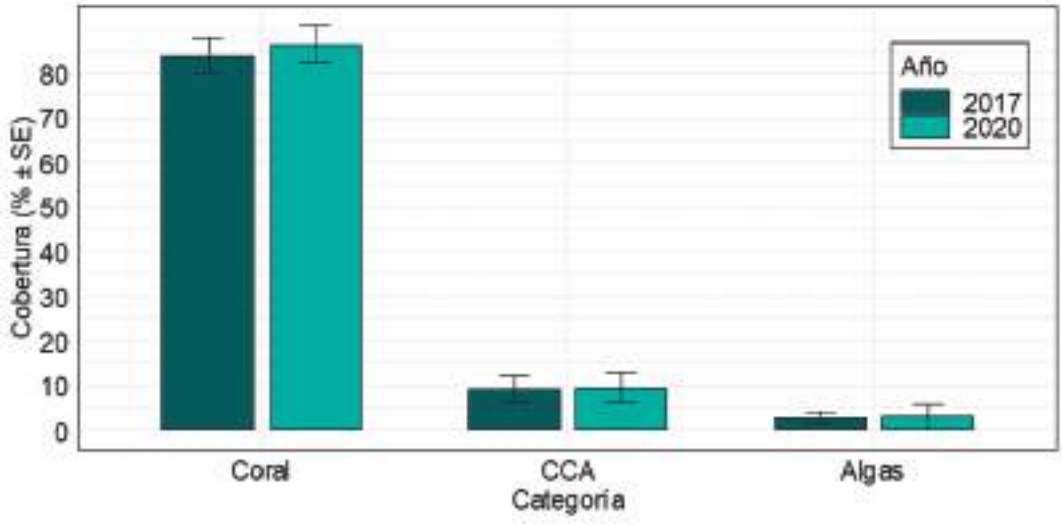


Figura 5. Comparación de coberturas coralinas entre 2017 y 2020 del arrecife El Muelle. Coral (83% ± 4.0 SE vs 86% ± 3.0 SE, p = 0.769), algas (2.8% ± 1.2 vs 2.9% ± 2.7, p = 0.921) y CCA (9% ± 3.4 vs 9.4% ± 3.0, p = 0.195).

últimos 20 años (Glynn et al., 1982; Cantera, 1983; Barrios y López-Victoria, 2001), alcanzando un área estimada de 0.31 ha. La cartografía generada en este estudio complementa los resultados obtenidos por Mejía-Rentería et al. (2024), donde los ortofotomosaicos de alta resolución estimaron un área ligeramente menor, de 0.26 ha. El Muelle presenta un mosaico de corales Pocilloporidos que se han desprendido del arrecife y aglomerado en el talud, a una profundidad promedio de 5 m, en una zona que no es visible en los ortofotomosaicos, debido a la pendiente pronunciada que alcanza rápidamente una profundidad aproximada de 20 m. En base a la cartografía generada, se puede considerar que las dinámicas de reproducción asexual, junto con otros factores que promueven la fragmentación y rodamiento de corales en el POT (fragmentación física y coralívoria, Muñoz et al., 2015; Zapata, 2017, Glynn et al., 2017b), además de la buena salud del arrecife, han impulsado su expansión hacia la planicie arenosa (hacia el norte y hacia el sur) y el talud.

Nuestros resultados mostraron una estabilidad en el tiempo de la cobertura de CCA y una cobertura significativamente baja de algas filamentosas que colonizan corales muertos, lo que indica un potencial de estabilidad saludable en la estructura del arrecife El Muelle. A pesar de que el desempeño ecológico de las CCA ha sido subestimado, estas son fundamentales para la salud de los arrecifes, ya que cementan y calcifican los espacios intersticiales del sustrato, además de generar señales químicas que suprimen el crecimiento y reclutamiento de algas filamentosas (Smith et al., 2016; Gómez-Lemos y Díaz-Pulido, 2017). En los principales arrecifes de la Isla, La Azufrada y Playa Blanca, se han observado ciclos dinámicos de mortalidad y recuperación de la cobertura coralina a lo largo de décadas, resultado de la interacción entre exposiciones a mareas bajas extremas, eventos ENSO y procesos biológicos del arrecife (Zapata, 2010, 2017). Estas dinámicas han provocado periodos de alta abundancia de algas filamentosas en las zonas más someras, debido a la mortalidad coralina. Aunque las perturbaciones recurrentes de la isla pueden reducir la cobertura de coral vivo y aumentar la cobertura algal, una alta densidad de CCA, erizos y peces herbívoros puede mitigar este efecto, facilitando la recuperación de los corales (ver Glynn et al., 2014; Zapata, 2017; Edmunds et al., 2019). Por lo tanto, resulta importante complementar los monitoreos periódicos de cobertura bentónica con la biomasa y diversidad de los grupos funcionales de peces e invertebrados. Esto ayudará a comprender cómo las interacciones ecológicas influyen en el mantenimiento de cobertura coralina en El Muelle e identificar si existen diferencias en las dinámicas de mortalidad y recuperación en comparación con otros arrecifes de la Isla.

El fenómeno de El Niño 1996-97 provocó una de las primeras pérdidas más catastróficas en la cobertura de coral del POT debido a eventos masivos de blanqueamiento asociados con estrés térmico (Glynn et al., 2017b), que causaron una gran mortalidad en los arrecifes de la Isla Gorgona (Vargas-Ángel et al., 2001). Sumado a esto, el arrecife El Muelle sufrió una reducción significativa durante las décadas en que la Isla fue utilizada como prisión de máxima seguridad hasta 1984. No obstante, desde 2015, se han llevado a cabo diversas acciones de restauración coralina en la Isla que incluyen intervenciones de trasplante y guarderías de coral en el arrecife el Muelle (Lizcano-Sandoval et al., 2018; Ishida-Castañeda et al., 2019). El proyecto más reciente,

"Un millón de corales por Colombia" (https://cop26.minambiente.gov.co/un-millon-de-corales-por-colombia/), ha contribuido con trasplantes en el costado sur del arrecife El Muelle, apoyado por las investigaciones continuas en restauración coralina de la Pontificia Universidad Javeriana Cali y la Universidad del Valle. El aumento de la cobertura coralina en el costado sur del arrecife y la gran abundancia de corales pueden ser signos de recuperación atribuibles al cese de las actividades de la prisión y a las intervenciones de restauración coralina realizadas.

El último evento de blanqueamiento coralino a nivel global asociado al Niño 2023, ha puesto los análisis de series temporales en el centro de la investigación sobre el impacto del cambio climático en los arrecifes coralinos. Estos análisis permiten una comprensión más profunda de las dinámicas de mortalidad y supervivencia de los corales a lo largo del tiempo, facilitando el desarrollo de estrategias de conservación y restauración adaptativas que aborden los mecanismos ecológicos específicos de cada región. En la actualidad, es raro encontrar poblaciones de coral tan abundantes como las del arrecife El Muelle (Tebbett et al., 2023). Sin embargo, el presente estudio tiene una serie temporal limitada, lo que restringe la evaluación completa de la resistencia de este arrecife frente a los numerosos factores estresantes que están aumentando exponencialmente y causando una mayor frecuencia de eventos de blanqueamiento y enfermedades coralinas a nivel global (Hughes et al., 2023; Reimer et al., 2024).

Se desconoce si la recuperación del arrecife en la última década, atribuible a la inactividad de la prisión, el efecto de protección del área y las acciones de restauración, se ha visto comprometida por las crecientes amenazas del cambio climático. Por lo tanto, la certeza sobre si han existido efectos negativos en los últimos años para un arrecife que ha mostrado un alto potencial de estabilidad estructural solo se puede obtener mediante monitoreos periódicos. La continuidad en el monitoreo no sólo evaluará la efectividad de las estrategias de conservación, sino que también apoyará la toma de decisiones para futuros planes de construcción en la isla y proporcionará información crucial para entender la adaptación y recuperación de los arrecifes en el contexto del cambio climático.

Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento a todo el personal del PNN Gorgona, en cabeza de su Jefe, Ximena Zorrilla, por todo el apoyo logístico y su permanente interés y respaldo a la generación de información científica que soporte la toma de decisiones. A la Pontificia Universidad Javeriana por el respaldo a nuestra investigación, a través de recursos para la investigación, materiales y equipos.

Literatura Citada

Edmunds, P. J., Adam, T. C., Baker, A. C., Doo, S. S., Glynn, P. W., Manzello, D. P., Silbiger, N. J., Smith, T. B., y Fong, P. 2019. Why more comparative approaches are required in time-series analyses of coral reef ecosystems. Marine Ecology Progress Series 608: 297-306

Garzón-Ferreira, J., Reyes-Nivia, M. C., y Rodríguez-Ramírez, A. 2002. Manual de métodos del SIMAC: Sistema Nacional de Monitoreo de Arrecifes Coralinos en Colombia. INVEMAR, Santa Marta.

Giraldo, A., Rodríguez-Rubio, E., y Zapata, F. 2008. Condiciones oceanográficas en isla Gorgona, Pacífico oriental tropical de Colombia. Latin American Journal of Aquatic Research, 36(1), 121–128.

Glynn, P. W., Alvarado, J. J., Banks, S., Cortés, J., Feingold, J. S., Jiménez, C., Maragos, J. E., Martínez, P., Maté, J. L.,

Moanga, D. A., Navarrete, S., Reyes-Bonilla, H., Riegl, B., Rivera, F., Vargas-Ángel, B., Wieters, E. A., y Zapata, F. A. 2017a. Eastern Pacific Coral Reef Provinces, Coral Community Structure and Composition: An Overview. In P. W. Glynn, D. P. Manzello, y I. C. Enochs (Eds.), Coral Reefs of the Eastern Tropical Pacific: Persistence and Loss in a Dynamic Environment (pp. 107–176). Springer Netherlands.

Glynn, P. W., Mones, A. B., Podestá, G. P., Colbert, A., y Colgan, M. W. 2017b. El Niño-Southern Oscillation: Effects on Eastern Pacific Coral Reefs and Associated Biota. In P. W. Glynn, D. P. Manzello y I. C. Enochs (Eds.), Coral Reefs of the Eastern Tropical Pacific: Persistence and Loss in a Dynamic Environment (pp. 251–290). Springer Netherlands.

Glynn, P. W., Prahl, H. von. y Guhl, F. 1982. Coral reef of Gorgona Island, Colombia, with special reference to corallivores and the influence on community structural reef development. Anales del Instituto de Investigaciones Marinas de Punta Betín. 12: 185-214.

Glynn, P., Enochs, I., Afflerbach, J., Brandtneris, V., y Serafy, J. 2014. Eastern Pacific reef fish responses to coral recovery following El Niño disturbances. Marine Ecology Progress Series 495: 233-247.

Gómez-Lemos, L. A., y Diaz-Pulido, G. 2017. Crustose coralline algae and associated microbial biofilms deter seaweed settlement on coral reefs. Coral Reefs 36: 453–462.

Hughes, T. P., Anderson, K. D., Connolly, S. R., y Heron, S. F. 2023. The changing state of coral reef ecosystems under climate change. Current Biology, 33: 664-673.

IPCC. (2023). Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 184 pp.

Ishida-Castañeda, J., Pizarro, V., López-Victoria, M., y Zapata, F. 2019. Coral reef restoration in the Eastern Tropical Pacific: Feasibility of the coral nursery approach: Coral reef restoration: nursery approach. Restoration Ecology, 28.

Lizcano-Sandoval, L.D., Londoño-Cruz, E., Zapata, F. 2018. Growth and survival of *Pocillopora damicornis* (Scleractinia: Pocilloporidae) coral fragments and their potential for coral reef restoration in the Tropical Eastern Pacific. Marine Biology Research 14:887–897.

Mejía-Rentería, J. C., Cantera-Kintz, J. R., y Zapata, F. A. 2024. High-resolution imagery of the coral reefs of Gorgona Island, Colombian Pacific Ocean: An improved view for monitoring and research. Bulletin of Marine Science, 100: 471–482.

Moberg, F., y Folke, C. 1999. Ecological goods and services of coral reef ecosystems. Ecological Economics, 29: 215-233.

Muñoz, C. G., Wild, C. y Zapata, F. A. 2015. Drift logs are effective agents of physical coral fragmentation in a tropical eastern Pacific coral reef. Bulletin of Marine Science. 91: 375-376.

Palacio-Castro, A. M., Smith, T. B., Brandtneris, V., Snyder, G. A., van Hooidonk, R., Maté, J. L., Manzello, D., Glynn, P. W., Fong, P., y Baker, A. C. 2023. Increased dominance of heat tolerant symbionts creates resilient coral reefs in near-term ocean warming. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 120: e2202388120.

Palmer, C., Jiménez, C., Bassey, G., Ruiz, E., Villalobos Cubero, T., Chavarría Diaz, M. M., Harrison, X. A., y Puschendorf, R. 2022. Cold water and harmful algal blooms linked to coral reef collapse in the Eastern Tropical Pacific. PeerJ, 10: e14081.

Pinzón, J.H. y LaJeunesse, T.C. 2011. Species delimitation of common reef corals in the genus *Pocillopora* using nucleotide sequence phylogenies, population genetics and symbiosis ecology. Molecular Ecology 20: 311-325.

R Core Team. 2021. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Viena, Austria.

Reimer, J. D., Peixoto, R. S., Davies, S. W., Traylor-Knowles, N., Short, M. L., Cabral-Tena, R. A., Burt, J. A., Pessoa, I., Banaszak, A. T., Winters, R. S., Moore, T., Schoepf, V., Kaullysing, D., Calderon-Aguilera, L. E., Wörheide, G., Harding, S., Munbodhe, V., Mayfield, A., Ainsworth, T., y Voolstra, C. R. 2024. The Fourth Global Coral Bleaching Event: Where do we go from here? Coral Reefs, 43: 1121–1125.

Romero-Torres, M., Acosta, A., Palacio-Castro, A. M., Treml, E. A., Zapata, F. A., Paz-García, D. A., y Porter, J. W. 2020. Coral reef resilience to thermal stress in the Eastern Tropical Pacific. Global Change Biology 26: 3880-3890.

Smith, J. E., Brainard, R., Carter, A., Grillo, S., Edwards, C., Harris, J., Lewis, L., Obura, D., Rohwer, F., Sala, E., Vroom, P. S., y Sandin, S. 2016. Re-evaluating the health of coral reef communities: Baselines and evidence for human impacts across the central Pacific. Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences 283: 1822 - 1985.

Tebbett, S. B., Connolly, S. R., y Bellwood, D. R. 2023. Benthic composition changes on coral reefs at global scales. Nature Ecology and Evolution, 7: 71–81.

Vargas-Ángel, B., Zapata, F. A., Hernández, H., y Jiménez, J. M. (2001). Coral and coral reef responses to the 1997-98 El Niño event on the Pacific coast of Colombia. Bulletin of Marine Science 69: 111–132.

Zapata, F. 2001. Formaciones Coralinas de Isla Gorgona. 27-39p En: Barrios, L.M. y López-Victoria, M. 2001. Gorgona Marina: Contribución al conocimiento de una isla única. INVEMAR, Serie de Publicaciones Especiales No. 7, Santa Marta, 160p.

Zapata, F. A. 2017. Temporal dynamics of coral and algal cover and their drivers on a coral reef of Gorgona Island, Colombia (Eastern Tropical Pacific). Revista de La Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, 41: 306-310

Zapata, F. A., y Vargas-Ángel, B. 2003. Corals and coral reefs of the Pacific coast of Colombia. In J. Cortés (Ed.), Latin American Coral Reefs: 419-447. Elsevier Science.

Zapata, F. A., y Vargas-Ángel, B. (2003). Corals and coral reefs of the Pacific coast of Colombia. In Latin American coral reefs. Elsevier Science: 419-447.

Zapata, F. A., Rodríguez-Ramírez, A., Caro-Zambrano, C., y Garzón-Ferreira, J. 2010. Mid-term coral-algal dynamics and conservation status of a Gorgona Island (Tropical Eastern Pacific) coral reef. Revista de Biología Tropical 58: 81-94.

Importancia de los insectos para los agroecosistemas: elementos del paisaje para su preservación en el valle del río Cauca

Leonardo Fabio Rivera-Pedroza[1,*], Santiago Velásquez-Martínez[2] y Carolina Camargo-Gil[2]

1 - Centro de investigación de la caña de azúcar - Cenicaña.

2 - Hacienda San Roque, Sonso, Valle del Cauca.

* - Autor de Correspondencia: leonardo.fabio.rivera@correounivalle.edu.co

Resumen

Los artrópodos, que incluyen a los insectos, desempeñan un papel fundamental en la provisión de diversos servicios ecosistémicos, como la polinización y el control de plagas. No obstante, algunos grupos pueden causar enfermedades y afectar los cultivos. Por lo tanto, es de vital importancia manejar adecuadamente las tierras agrícolas para sostener sus poblaciones y mantener un equilibrio adecuado en el sistema. Algunos cultivos mantienen áreas de vegetación natural adyacentes para fomentar la presencia de insectos benéficos, los cuales necesitan plantas con flores como hábitat y fuente de recursos. Esta estrategia conocida como control biológico por conservación proporciona especies de insectos parasitoides y artrópodos depredadores que se encargan de controlar las plagas del cultivo. En el agroecosistema de caña de azúcar en el valle geográfico del río Cauca, se ha observado que los espacios marginales como los corredores ribereños, los callejones y los linderos albergan poblaciones de insectos que contribuyen al control de plagas en el cultivo. En este artículo quisimos mostrar la importancia de los insectos en los agroecosistemas y describir algunas de las estructuras del paisaje en haciendas con cultivos de caña que pueden apoyar la conectividad y hábitats para la preservación de los insectos.

Palabras clave: Agropaisaje, servicios ecosistémicos, control biológico por conservación, espacios no cultivados, refugios de benéficos.

Abstract

Arthropods, including insects, play a fundamental role in providing various ecosystem services, such as pollination and pest control. However, some groups can cause diseases and affect crops. Therefore, it is of vital importance to properly manage agricultural lands to sustain their populations and maintain an adequate balance in the system. Some crops maintain areas of natural vegetation nearby to promote the presence of beneficial insects, which require flowering plants as habitat and resource sources. This strategy, known as conservation biological control, provides species of parasitic insects and predatory arthropods that are responsible for controlling crop pests. In the sugarcane agroecosystem of the Cauca River valley, it has been observed that marginal spaces such as riparian corridors, alleys, and edges host insect populations that contribute to pest control in the crop. In this article, we wanted to highlight the importance of insects in agroecosystems and describe some of the landscape structures in sugarcane farms that can support connectivity and habitats for the preservation of insects.

Keywords: Agrolandscape, Ecosystem services, biological control, Uncultivated spaces, Beneficial refuges.

Introducción

Los artrópodos son los animales más diversos del planeta, abarcando tanto a los insectos como a otros animales con exoesqueleto como crustáceos y arácnidos. En general los insectos son reconocidos por sus seis patas, tres segmentos corporales (cabeza, tórax, abdomen), dos antenas y usualmente uno o dos pares de alas, condiciones que los han hecho dominar la vida terrestre. Este grupo incluye a las abejas, hormigas, mariposas, saltamontes, escarabajos, libélulas, moscas entre muchos otros.

Se estima que existen aproximadamente 5,5 millones de especies de insectos terrestres y siete millones de artrópodos en total, lo que constituye más del 80% de todos los animales terrestres. Del total, el 85% se encuentra en regiones tropicales y templadas del sur (Stork, 2018). Esta amplia diversidad es crucial para los ecosistemas, no solo por el elevado número de especies presentes, sino también por los numerosos servicios ecosistémicos que proporcionan como por el flujo de energía a otros niveles tróficos, lo cual es fundamental para la conservación de la biodiversidad. (Gurr et al., 2004).

Muchos de ellos desempeñan un papel crucial en la polinización, afectando el rendimiento de aproximadamente el 75% de los tipos de cultivos más importantes del mundo y contribuyendo significativamente a la producción de semillas, frutas y vegetales (Evans y Shao, 2022; Garibaldi et al., 2013). Además, son fundamentales en la descomposición de la materia orgánica en el suelo y en ecosistemas acuáticos como humedales, estanques, arroyos y riachuelos, lo que contribuye a agua más limpia para personas, vida silvestre y plantas (Losey y Vaughan, 2006). Más allá de estas funciones, son cruciales como controladores biológicos de plagas, regulando sus poblaciones (Tscharntke et al., 1998). Adicionalmente, en los ecosistemas agrícolas, naturales y urbanos, los insectos constituyen la base de redes alimenticias para muchos otros organismos como aves, mamíferos, anfibios y reptiles, influyendo en la apariencia, estructura, complejidad y biodiversidad de los paisajes (Gurr et al., 2004).

No obstante, algunos insectos y otros artrópodos tienen un efecto negativo. Para el caso de la salud pública, tienen alta relevancia por su papel como vectores de patógenos (Camargo et al., 2021) pues causan un 17% de todas las enfermedades infecciosas y más de 700.000 muertes por enfermedades al año alrededor del mundo (Belluco et al., 2013; Jantzen da Silva Lucas 2020). Un ejemplo de esto es la malaria, una enfermedad transmitida por mosquitos del género *Anopheles*, que causa un número significativo de muertes anualmente a nivel mundial. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), en 2019 se estimaron aproximadamente 229 millones de casos de malaria, con unas 409,000 muertes relacionadas con la enfermedad ese mismo año. Incluso, se escatima la molestia causada por especies de insectos hematófagos, como zancudos, mosquitos, moscas y tábanos, que cada vez son un problema de salud pública, problema que se ha acrecentado en los últimos años debido a la creciente población humana que se expande hacia territorios poblados por animales, así como a los cambios en la distribución geográfica de los animales y la tenencia de mascotas.

En cuanto a la agricultura son considerados importantes plagas para los cultivos, siendo

capaces de dañar vegetales, animales y humanos a través de diferentes mecanismos de acción como defoliar hojas, barrenar tallos y raíces o chupar hojas y tallos. Los problemas por plagas pueden causar pérdidas significativas en plantaciones forestales, cultivos, productos agrícolas o generar contaminación a los productos agrícolas amenazando la seguridad alimentaria (Belluco et al., 2023). Incluso pueden ser plagas que causan picaduras dolorosas e irritantes al ganado, tras la ingestión de sangre, lo cual tiene consecuencias en la producción. Adicionalmente, las especies invasoras de insectos pueden causar estragos en los cultivos afectando negativamente las funciones y el equilibrio de los ecosistemas.

Las autoridades de salud pública deben apoyar diferentes estrategias (es decir, identificación e implementación de opciones culturales, mecánicas, químicas y biológicas) para garantizar un manejo eficaz de las plagas (Belluco et al., 2023). Por esta razón se hace necesario preservar las poblaciones de los insectos benéficos que regulan las poblaciones de los insectos que se convierten en plagas o transmisores de enfermedades, evitando que sus poblaciones excedan los límites naturales. Por ejemplo, en sistemas acuáticos, varias especies de libélulas en sus estados larvales son depredadores que pueden funcionar como controladores biológicos contra mosquitos vectores de enfermedades (Ong'wen et al., 2020), lo cual subraya la importancia de preservar insectos que controlan otras especies para nuestro bienestar.

La creciente globalización y los cambios climáticos están constantemente alterando la abundancia, diversidad y distribución de las comunidades de insectos. Las poblaciones de muchas especies de insectos han estado disminuyendo a nivel mundial, un problema reconocido por entomólogos y ambientalistas desde finales de la década de 1930 (Patch, 1938; van Klink et al. 2020; Wagner et al. 2021). Se estima que existe una pérdida de biodiversidad de insectos de 0.98% anual y del 8.89% en cada década (van Klink et al. 2020). Adicionalmente, en 2017, un estudio a largo plazo encontró declives de más del 75% de los insectos en áreas protegidas en Alemania, lo que inició debates internacionales sobre la extensión de los declives globales de insectos (Hallmann et al., 2017; Montgomery et al., 2020). Esta disminución es preocupante dado el papel crítico que los insectos desempeñan en las redes alimenticias y los servicios ecosistémicos, y podría contribuir a otros cambios, como las disminuciones observadas en las poblaciones de aves insectívoras. Estos análisis han proporcionado suficiente evidencia para justificar la preocupación por la disminución de insectos e impulsar esfuerzos para detener y revertir estas tendencias (Forister et al., 2019; Wagner et al. 2021). La pérdida parcial o total de comunidades de insectos puede tener consecuencias devastadoras en las redes alimentarias (Lister y García, 2018) y reducir la capacidad de recuperación de un área después de perturbaciones (Isbell et al., 2019).

Por esta razón para la conservación de los insectos es crucial comprender los factores que determinan dónde y cómo viven estos organismos, con el fin de mantener ecosistemas fuertes y productivos que apoyen a los insectos benéficos que minimicen el impacto de insectos plagas. Es crucial reconocer la importancia de los servicios ecosistémicos que los insectos proporcionan, ya que esto motiva a las personas a tomar medidas para conservar su diversidad. También es fundamental evaluar las estructuras paisajísticas que pueden

servir como refugio para estos organismos, los cuales desempeñan un papel vital en nuestros ecosistemas. En esta revisión describimos la importancia de los insectos en los entornos agrícolas y algunas estructuras del paisaje que benefician la biodiversidad.

En la naturaleza, las diferentes especies están conectadas unas con otras. Las interacciones entre plantas y animales representan una arquitectura de la biodiversidad con redes y patrones de organización (Bascompte y Jordano, 2014). En los agroecosistemas, los insectos juegan papeles importantes y son fundamentales por las interacciones con los cultivos. Algunas de estas interacciones que hemos logrado comprender y resaltar su importancia como la polinización y el control de plagas; pero esta importancia no siempre es comprendida y es subvalorada, en consecuencia, la sostenibilidad de las redes tróficas puede verse afectada (Sánchez-Bayo y Wyckhuys, 2019) (Figura 1).

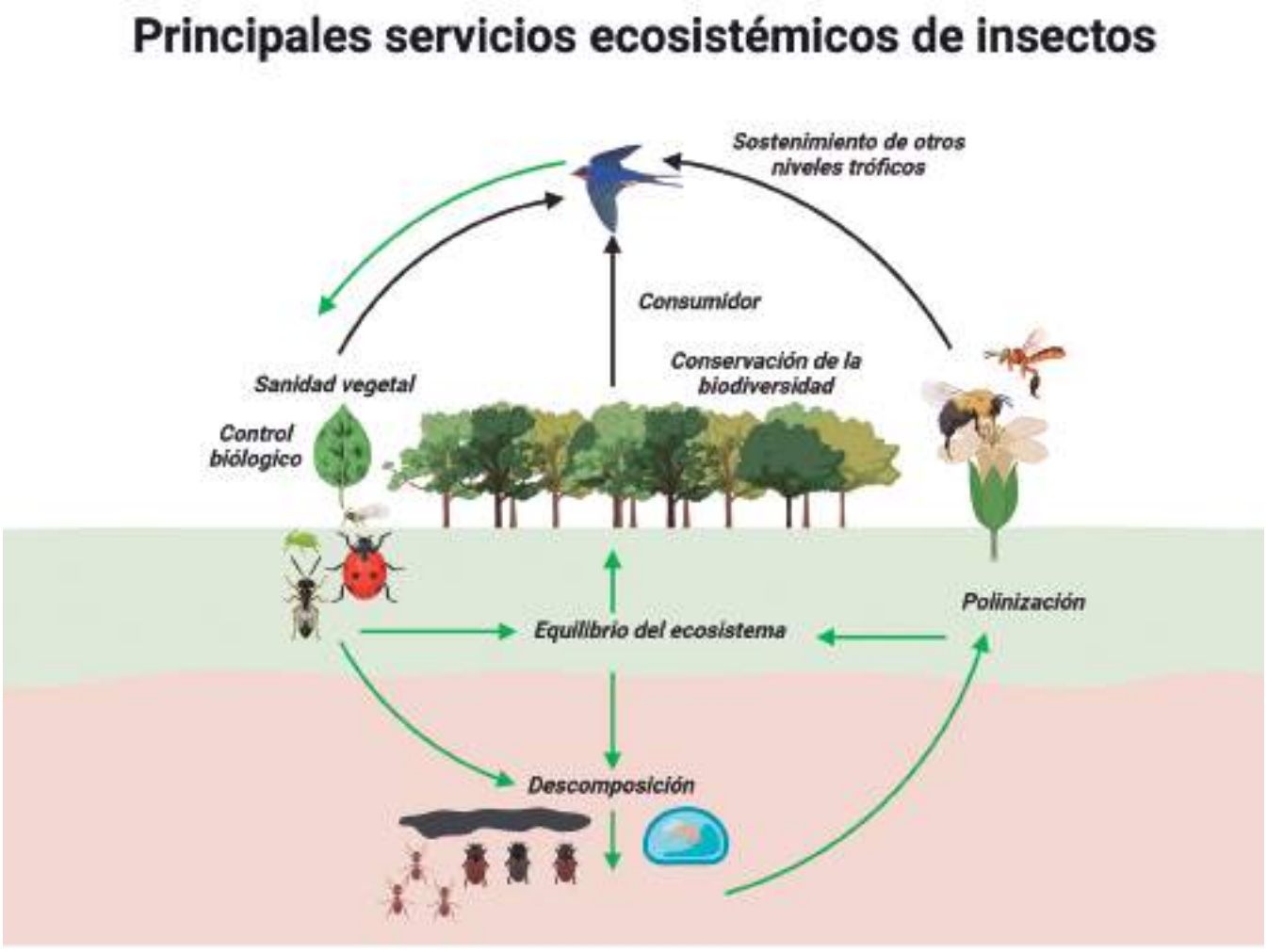


Figura 1. Representación gráfica de los servicios ecosistémicos de los insectos en los agroecosistemas y las interacciones entre estos servicios ecosistémicos.

La amplia gama de servicios ecosistémicos proporcionados por los insectos tiene un valor económico anual estimado de 57 billones de dólares (Losey y Vaughan, 2006). Los insectos polinizadores, como abejas, moscas de las flores y mariposas, desempeñan un papel crucial al polinizar más del 85% de las plantas con flores silvestres (Ollerton et al., 2011) y más del 75% de las especies de cultivos agrícolas (Klein et al., 2007). En Colombia, las abejas y otros insectos proporcionan servicios de polinización que son importantes en cultivos clave como el café, las pasifloras, el tomate y el cacao que dependen en gran medida de la zoopolinización. En el caso del café, las abejas son importantes para determinar la formación de frutos; la fauna polinizadora local (polinización abierta) explica un aumento de 10,5 ± 2,0% en la maduración final del fruto del café (Bravo-Monroy, 2015). Otro caso es el de la polinización de las orquídeas, grupo de plantas donde Colombia ocupa el primer lugar en diversidad. Los machos las abejas euglosinas (Apidae: Euglossini) recolectan recursos aromáticos de las orquídeas que funcionan como precursores de compuestos para atraer a las hembras durante la reproducción (Ramírez, et al., 2002) y a su vez polinizan las flores, con lo cual este grupo de plantas y abejas están estrechamente relacionados unos de otros.

En el proceso agrícola suele generar parches de hábitat natural donde antes existían los ecosistemas nativos, que, según el manejo, pueden ser pequeños y aislados unos de otros (Forman, 1995). Los parches son diferentes en estructura y composición a la matriz que las rodea. Se ha demostrado que los paisajes agrícolas con baja calidad de hábitat afectan la diversidad silvestre al disminuir el movimiento de las especies entre parches (Perfecto et al., 2009), lo que lleva a su desaparición y con esto su función en el ecosistema.

De la misma forma, los parches de hábitat natural pequeños tienden a comportarse como islas, con riesgo de ser sumideros para las poblaciones y metapoblaciones que subsisten en él (Herrera, 2011). Una metapoblación es un conjunto de poblaciones que interactúan a través de la migración de individuos entre ellas, con lo cual, tanto calidad del hábitat, como flujo de individuos, son importantes para su subsistencia (Hanski y Simberloff 1997).

No obstante, una buena planificación del agropaisaje puede generar un mejor hábitat para las especies silvestres que existen asociadas a los cultivos. La matriz agrícola es quizás el hábitat más importante en el que se pueden aplicar criterios adecuados de conservación (Perfecto y Vandermeer, 2010; Herrera, 2011). Este elemento del paisaje puede soportar poblaciones de especies nativas ya que tiene la capacidad de modular el contexto de los fragmentos de hábitat remanente y el grado de conectividad paisajística, y con ello puede contribuir al relajamiento de las propiedades inherentes a los fragmentos. Incluso, en mayor o menor medida puede aportar recursos para algunas especies, complementando así los recursos presentes en el hábitat nativo remanente y atenuar efectos nocivos como el efecto borde que genera la matriz sobre los hábitats naturales (Dunning et al., 1992).

En ese sentido, el tipo de modelo agrícola es importante, ya que algunos hábitats promueven más recursos para las especies silvestres y mayores posibilidades de movimiento entre fragmentos de vegetación natural (Herrera, 2011).

En los cultivos de caña de azúcar en el valle del río Cauca, existe una diversidad considerable de insectos asociados. Entre las plagas importantes para la caña se encuentran los barrenadores del tallo del género *Diatraea*, que incluyen especies como *Diatraea saccharalis*, *D. tabernella*, *D. indigenella* y *D. busckella*. (Vargas et al. 2018) También se encuentran barrenadores del orden Coleoptera, como *Methamasius* sp y *Rynchophorus palmarum*, que también afectan la palma de aceite en Colombia. El salivazo o "mión de los pastos" (*Aeneolamia varia*) es la segunda plaga más relevante en el cultivo de la caña, además de plagas secundarias como pulgones, entre ellos *Sipha flava* y *Malanaphis sacchari*, así como defoliadores como *Mocis latipes*, el cogollero (*Spodoptera frugiperda*) y el gusano cabrito (*Caligo illereus*) (Bustillo 2011).

Desde los años 40, el control biológico ha sido la estrategia principal para gestionar la plaga más significativa de la caña de azúcar, el barrenador del tallo *Diatraea* spp. La introducción de enemigos naturales como la mosca taquínida *Lydella minense* y el braconido *Cotesia flavipes* para controlar las larvas de esta plaga, así como *Trichogramma exiguum* para controlar los huevos, ha sido ampliamente reconocida como la principal medida de control de Diatraea en el valle del río Cauca. Además de estos, existen otros controladores naturales como la mosca taquínida *Genea jainesy*, la avispa *Alabagrus stigma* y diversas especies nativas de *Trichogramma* que contribuyen al control de *Diatraea*. Tanto las especies introducidas como las autóctonas necesitan refugios para mantener sus poblaciones, es por lo que desde Cenicaña y la agroindustria se han realizado esfuerzos para mantener espacios que sirvan de fuentes de néctar y refugio para estas especies.

Durante los últimos años, el enfoque de la producción agrícola incluye cambios como la reducción del uso de pesticidas y herbicidas químicos para proteger y conservar la fauna de enemigos naturales que controlan plagas (Nicholls, 2008). Adicionalmente, en muchos cultivos se buscan crear refugios de vegetación natural cercanos a los cultivos, para incentivar esta misma fauna. Las especies que controlan plagas requieren de plantas con flores, ya que muchas de ellas se alimentan de polen y/o néctar, o son un buen sustrato para encontrar sus presas (Vargas et al., 2022).

El control biológico por conservación (CBC) es una de las estrategias de control biológico que busca mejorar las condiciones de hábitat y recursos de los enemigos naturales que habitan en el entorno de los cultivos para reducir los efectos de las plagas (De Bach 1964; Vargas et al., 2022). Esta práctica es una forma de incrementar la heterogeneidad del paisaje, a la vez que se promueve un servicio de los ecosistemas como es la regulación de plagas y enfermedades (Vargas et al., 2022).

En el caso del valle geográfico del río cauca, en los agroecosistemas con caña de azúcar, se han realizado estudios que demuestran la importancia de los espacios marginales (corredores ribereños, callejones, linderos, entre otros) para las poblaciones de insectos, en cuanto al control de plagas de dicho cultivo (Rivera et al., 2019).

El actual paisaje del valle geográfico del río cauca está conformado por una matriz de 240.534 ha que se encuentra cultivada con caña de azúcar, algunos parches de bosque seco tropical, humedales, madre vieja y otros cultivos (Asocaña, 2024). En los agropaisajes la estructura y composición de los elementos (parche, matriz y corredor) del paisaje

son fundamentales para la prestación de servicios ecosistémicos como los de regulación.

Los corredores de este paisaje están conformados por el río Cauca y sus afluentes, sin embargo, cuando se analiza el paisaje a una escala de hacienda, dichos corredores son linderos y márgenes de acequias, franjas lineales de vegetación natural bordeando diferentes recursos de la red hídrica, que albergan parte de la biodiversidad de los ecosistemas originales. Se especula que los cultivos como el de la caña de azúcar no proporcionan suficientes recursos, afectando las funciones y los servicios ecosistémicos. No obstante, se ha venido indagando en todas las implicaciones de la presencia de estas franjas de vegetación natural para el balance de los cultivos de este agropaisaje y las oportunidades ambientales y sociales para la región.

En este sentido, es importante determinar qué disponibilidad de espacios se cuenta en el entorno de las haciendas cultivadoras que puedan permitir incluir vegetación natural diferente a la cultivada y manejada por el hombre.

Los Espacios No Cultivados con Caña (ENCC) representan un área en toda hacienda cañicultora donde se puede incluir y/o dar paso a procesos de regeneración y sucesión natural. Se encuentra representados por callejones cañeros, linderos, márgenes de quebradas, microambientes de conservación, acequias, infraestructura, potreros y espacios despejados o con pastos alrededor de la casa.

Estos ENCC han sido subvalorados, subutilizados y se les presta poco interés, su manejo no ha sido el más adecuado, generando incluso gastos adicionales y afectando negativamente el cultivo de caña, en muchas ocasiones de manera involuntaria y por desconocimiento de las interacciones ecológicas entre el cultivo y los ecosistemas. Constituye un reto rediseñar el manejo de estos espacios a través de prácticas agroecológicas, que contribuyan a la mitigación de los impactos ambientales y económicos causados por su inadecuado manejo.

Caso de estudio: Espacios No Cultivados con Caña en la hacienda San Roque, Sonso (Guacarí, Valle del Cauca, Colombia).

En el año 2012, se identificaron en la finca San Roque las dinámicas temporales y espaciales de los ENCC. Además de caracterizar las prácticas con enfoque agroecológico que se pueden implementar en dichos espacios. Y por último se indagó sobre los posibles beneficios ambientales, sociales y económicos de la implementación de prácticas agroecológicas en los ENCC. Lo anterior con el propósito de analizar las prácticas agroecológicas que mejor se adaptan a las condiciones temporales, espaciales, biofísicas, sociales y económicas de una finca cañera en el municipio de Sonso, Valle del Cauca, para aportar a su sostenibilidad.

La finca San Roque, se encuentra ubicada en el corregimiento de Sonso, municipio de San Juan Bautista de Guacarí, en el departamento del Valle del Cauca, Colombia. Está a 1000 msnm, con temperatura promedio de 24° Celsius, precipitación promedio 1100 mm (IGAC, 1969; Quintero et al., 2008). Por el predio pasan tributarios del río Sonso que desemboca en el río Cauca. Limita con fincas cañeras y una carretera. Hace parte de la matriz dominante del paisaje como lo es la agricultura industrial de la caña de azúcar.

Tiene una extensión total aproximada de 22,6 hectáreas. Por las características de manejo y cobertura se determinaron 2 tipos de espacios;

el primero corresponde al cultivo de la caña y los canales de riego, que representan el 87.5% (19,8 ha) del área total de la finca. El otro tipo son los ENCC que corresponden al 12,5% (2,8 ha) aproximadamente de la extensión total. Las 9 unidades fisionómicas identificadas se presentan a continuación en la tabla 1.

Tabla 1. Área correspondiente a cada unidad fisionómica, dentro de la finca cañera San Roque, corregimiento de Sonso, municipio de San Juan Bautista de Guacarí, Valle del Cauca, Colombia.

Unidades fisionómicas de la finca San Roque	Área (ha)	% respecto al área total
Caña de azúcar	19,60	86,72
Callejones cañeros	1,27	5,62
Potrero	0,60	2,65
Infraestructura	0,48	2,12
Margen de quebradas	0,22	0,97
Canales	0,18	0,80
Espacios alrededor de la casa	0,12	0,53
Linderos	0,10	0,44
Microambientes de conservación (humedal y guadual)	0,05	0,13
Total (ha)	**22,6**	**100,00**

Extensión, dinámica temporal, espacial y manejo de los espacios no cultivados con caña

Se encontraron y se definieron 7 tipos de unidades fisionómicas en los ENCC. La extensión de cada unidad fisionómica y su proporción dentro del área total de los espacios no cultivados se presenta en la tabla 2.

Tabla 2. Unidades fisionómicas encontradas en los espacios no cultivados, su extensión y porcentaje de ocupación respecto al área total de estos espacios.

Unidades fisionómicas de los espacios no cultivados con caña	Área (ha)	% respecto al área total de los ENCC
Callejones cañeros	1,27	44,7
Potrero	0,60	21,1
Margen de quebradas	0,22	7,7
Espacios alrededor de la casa y kiosco	0,12	4,2
Linderos	0,10	3,5
Infraestructura	0,48	16,9
Microambientes de conservación	0,05	1,8
Total (ha)	**2,8**	**100,00**

Por la temporalidad de uso de los ENCC durante las diferentes fases del proceso productivo de este cultivo, se identificaron y establecieron dos tipos de espacios en la hacienda San Roque.

a. Espacios temporales

Corresponden a los callejones cañeros, los cuales son utilizados durante algunos momentos del cultivo de la caña: siembra, fertilización, cosecha, etc.

Callejones cañeros. Son unidades fisionómicas en forma de franjas o corredores, que utiliza la maquinaria pesada, en algunas fases del proceso productivo de la caña como: siembra, subsolada, fertilización, corte, transporte y construcción de acequias. Su uso es el de vías para el tránsito de maquinaria. La otra función que cumple es la de dividir las suertes y tablones del cultivo de caña (CENICAÑA, 1995).

En esta finca los callejones tienen entre 4-5 m de ancho en promedio y su longitud varía dependiendo de su configuración espacial en el sistema productivo. Representan el 5,6 % (12707,3 m^2) de la extensión total de la finca, en área corresponde al segundo lugar después del cultivo de la caña; y en los espacios no cultivados representa la zona con mayor extensión 44,7% (Figura 2).

En la mayoría de las fincas cañeras debido a la cultura de la "limpieza" (malezas) y el mal manejo los convierten en gastos adicionales, por la aplicación de herbicidas. Llegando a impactar negativamente sobre el cultivo de la caña, como consecuencia de la desaparición de los nichos para los entomopatógenos, además de los problemas ambientales como consecuencia de la aplicación de herbicidas (erosión, contaminación, etc.).

b. Espacios permanentes

Representados en los linderos, margen de quebradas, infraestructura, potrero, espacios alrededor de la casa y microambientes de conservación. Los cuales no se ven afectados directamente, en ningún momento del proceso productivo de la caña con corte en verde.

Figura 2. Mapa de las unidades fisionómicas y las subdivisiones realizadas en la finca San Roque, corregimiento de Sonso, municipio de San Juan Bautista de Guacarí, Valle del Cauca, Colombia.

Linderos. Corresponden a las áreas sobre la superficie del suelo que se encargan de delimitar las fronteras espaciales en la finca. En promedio sus dimensiones corresponden a 1,3 metros de ancho y su longitud varía dependiendo de la distribución. Representan el 0,4% del área total de la finca con 1018,9 m^2. Se estableció que este 1,3 m de ancho no se ve afectado en ninguna de las fases del proceso productivo de la caña (Figura 2).

A pesar de no representar grandes áreas y no ser tenidos en cuenta en muchas ocasiones para la planificación de fincas cañeras, toman gran importancia en paisajes tan transformados y homogéneos como el del valle geográfico del río Cauca, para la conservación de la biodiversidad en paisajes rurales (Múgica et al., 1999).

En estos espacios se han ido sembrando forrajes (botón de oro, guácimo, nacedero, matarratón, pastos, entre otros), especies forestales (caoba, cedro rosado, nogal cafetero, guayacán, balso) y se ha realizado un control selectivo (manual) de malezas. Conformando linderos con diversos nichos, recursos (néctar) y condiciones (microclimas) para depredadores y parasitoides de plagas en la caña (Altieri, 1999, Pérez, 2004, Bustillo, 2011). Además, se evitan procesos de erosión, aportan a la conservación del recurso hídrico, generan ingresos extras por medio de maderas finas, forrajes, control de plagas en caña entre otros y se constituyen corredores ecológicos.

Por su estructura y permanencia en el tiempo esta unidad fisionómica al igual que los márgenes de quebradas tienen un alto potencial para establecer y mejorar las poblaciones de insectos benéficos, además de permitir la movilidad de las especies en el paisaje.

Margen de quebradas. Se define como el ancho en sentido paralelo a la quebrada, de suelo que bordea el curso de agua. Este no se utiliza en ningún momento de las fases del cultivo con caña. Esta unidad fisionómica corresponde, aproximadamente el 1% (2221 m^2) del área total y en las unidades fisionómicas de los ENCC corresponde a la tercera unidad con mayor área, representa el 7,7% (Figura 2).

En estos espacios se han establecido sistemas agroforestales con especies como el balso, guáimaro, caracolí, botón de oro además de algunos frutales como el mango, guanábana, cítricos, entre otros.

Los márgenes de quebradas son un espacio bastante amplio que puede tener un mejor manejo, el cual aporte a la sostenibilidad de esta finca, mediante las prácticas agroecológicas. Pero se ha observado que la ausencia de vegetación arbórea y/o arbustiva en gran parte del margen de las quebradas, ha generado procesos de erosión típicos bajo estas condiciones (Cenicafé, 1975, Rivera, 2001). La vegetación en general (hierbas, árboles, arbustos, entre otras) a través de sus raíces amarra el suelo, evitando deslizamientos, protegiendo el suelo de la erosión, regulando el agua, entre otras (Perea et al., 2003; Rivera, 2001).

Potrero. Se definió como el área dedicada al cultivo de pasto estrella (*Cynodon* sp.) cobertura dominante, donde los bovinos interactúan con el suelo, clima, vegetación y otros animales (Dávila et al., 2005). La finalidad de este espacio es la alimentación de los bovinos. Tiene una extensión aproximada de 6000 m^2 lo que representa el 2,6 % del área total de la finca. En cuanto a los espacios no cultivados con caña representa el segundo lugar con el 21,1% (Figura 2).

Dejar la dependencia a los alimentos e insumos generados fuera de la finca, constituye uno de los pilares de la agroecología, ya que le otorga un mayor grado de sostenibilidad, reduce su huella ecológica, otorga mayor estabilidad frente algún tensor ambiental, permite la independencia a insumos externos, entre otras (Altieri, 1999, Gliessman, 2002). Lo anterior da la pauta para considerar una posible opción de manejo de los potreros en la finca San Roque, la cual se centra en el diseño de sistemas silvopastoriles.

Espacios alrededor de la casa. Se definieron como aquellas áreas circundantes a la casa, bodega, establos y kiosco. La extensión es de 1200 m^2 y corresponde al 0,5%, de la extensión total, en cuanto al área que ocupa en los espacios no cultivados su proporción es del 4,2%. A pesar de las labores mecánicas intensivas que se realizan para el cultivo de la caña estos se mantienen sin afectaciones (Figura 2).

Infraestructura. Comprende una extensión aproximada de 4800 m^2, representando el 2,1% del área total y el tercer espacio no cultivado más grande con casi el 17%. Corresponden a zonas que por su cobertura (cemento), manejo y uso se diferencian de otros espacios (Figura 2).

Microambientes de conservación. Se establecieron dos microambientes de conservación en sitios que presentaron agua correspondiente a un humedal, inmerso en el potrero con tan solo 200 m^2 y el otro es un guadual de aproximadamente 300 m^2 que se encuentra en los espacios alrededor del kiosco. Esta unidad es la de menor área, representa tan solo el 0,2% de la extensión total de la finca y el 1,8% de los espacios no cultivados (Figura 2).

A este tipo de espacios no se le realiza ningún tipo de manejo extractivo y/o productivo, desde que se es propietario de la finca (5 años). Tampoco se desarrollan prácticas de manejo orientadas a la conservación, salvo la no extracción. Antiguamente según las entrevistas semiestructuradas a los trabajadores se realizaban entresaques al guadual, lo que genera en la actualidad guaduas de poco espesor y no se justifique hacer un aprovechamiento.

Conclusiones. Es necesario implementar prácticas que promuevan los procesos ecológicos, mejoren la salud y calidad de los suelos para garantizar la prestación de bienes y servicios ambientales a generaciones futuras.

La transición en la adopción de prácticas agroecológicas constituye un aprendizaje constante, el cual tiene como fin mejorar las condiciones sociales, ambientales y económicas de los productores, mediante la recuperación de saberes tradicionales, intercambio de experiencias, semillas, aprendizajes, diversificación ecológica y económica, minimizando la dependencia de insumos externos al agroecosistema.

Los espacios no cultivados con caña en el valle geográfico del río Cauca constituyen áreas actualmente desaprovechadas, pero con un alto potencial para implementar prácticas de agricultura sostenible que mejoren el desempeño ambiental, social y económico de estos sistemas productivos. Sin embargo, para implementarlas se debe tener en cuenta las dinámicas temporales y espaciales, además de conocer las condiciones biofísicas de los espacios no cultivados.

Al rediseñar el manejo de los ENCC se generan externalidades positivas en el ámbito ambiental, económico y social. Las cuales repercuten positivamente en los cultivos de caña, además de ser la puerta de entrada para hacer un mejor

manejo del cultivo de la caña de azúcar en el valle geográfico del río Cauca. Además, se contribuye con el mejoramiento en la conectividad del paisaje del valle geográfico del río Cauca. El cual debido ha perdido su estructura, funcionalidad e identidad, además de disminuir la calidad en los servicios ambientales y afectar de manera negativa los procesos ecológicos.

El uso de los ENCC durante las fases productivas de la caña: siembra, subsolada, fertilización, surcada, CAT, etc. Se limita a los callejones, canales, vías y parte de la infraestructura. No obstante, estas dinámicas temporales y espaciales no generan limitantes importantes para la aplicación de prácticas agroecológicas, en dichos espacios.

Literatura Citada

Altieri, M. 1999. Agroecología: Bases científicas para una agricultura sustentable Nordan-Com. Montevideo.

Asocaña, 2024. Aspectos generales del sector agroindustrial de la caña. Informe anual 2023-2024.

Bascompte, J., P. Jordano, C.J. Meli´an, J.M. Olesen. 2003. The Nested Assembly of Plant-Animal Mutualistic Networks. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 100: 9383-9387.

Belluco, S., Bertola, M., Montarsi, F., Di Martino, G., Granato, A., Stella, R., Martinello, M., Bordin, F., y Mutinelli, F. 2023. Insects and Public Health: An Overview. Insects 14: 240.

Belluco, S., Losasso, C., Maggioletti, M., Alonzi, C.C., Paoletti, M.G., y Ricci, A. 2013. Edible Insects in a Food Safety and Nutritional Perspective: A Critical Review. Compr. Rev. Food Sci. Food Saf. 12: 296-313.

Bravo-Monroy, L., Tzanopoulos, J. y Potts, S.G. 2015. Ecological and social drivers of coffee pollination in Santander, Colombia. Agriculture, Ecosystems and Environment, 211, 145-154.

Bustillo, A. 2011. Parasitoides, predadores y entomopatógenos que afectan las plagas de la caña de azúcar en Colombia. Centro de investigación de la caña de azúcar de Colombia Cenicaña.

Camargo, C., Alfonso-Parra, C., y Díaz, S. 2021. Spatial and temporal population dynamics of male and female *Aedes albopictus* at a local scale in Medellín, Colombia. Parasites Vectors 14: 312.

CENICAÑA. 1995. El cultivo de la caña en la zona azucarera de Colombia. Cali.

Dávila, O., Ramírez, E., Rodríguez, M., Gómez, R., y Barrios, C. 2005. El manejo del potrero. Proyecto Enfoques Silvopastoriles Integrados para el Manejo de Ecosistemas Colombia, Costa Rica y Nicaragua. CATIE.

Dunning, J.B., Danielson, B.J., Pulliam, H.R. 1992. Ecological processes that affect populations in complex landscapes. Oikos 65: 169-175.

Evans, N.M., Shao, S. 2022. Mycotoxin Metabolism by Edible Insects. Toxins, 14: 217.

Forister, M.L., Pelton E.M., y Black S.H. 2019. Declines in insect abundance and diversity: We know enough to act now. Conservation Science and Practice 1: e80.

Forman, R.T.T. 1995. Land Mosaics. The Ecology of Landscapes and Regions. Cambridge University Press, Cambridge.

Garibaldi, L. A., Steffan-Dewenter, I., Winfree, R., Aizen, M. A., Bommarco, R., Cunningham, S. A., y Morales, C. L. 2013. Wild pollinators enhance fruit set of crops regardless of honeybee abundance. Science: 1608-1611.

Gliessman, S. 2002. Agroecología: procesos ecológicos en agricultura sostenible. Turrialba, C.R. CATIE.

Gurr, G. M., Wratten, S. D., y Altieri, M. A. 2004. Ecological engineering for pest management: Advances in habitat manipulation for arthropods. CABI Publishing.

Hallmann, C.A., Sorg M., Jongejans E., Siepel H., Hofland N., et al. 2017. More than 75 percent decline over 27 years in total flying insect biomass in protected areas. PLOS ONE 1210: e0185809.

Hanski, I., y Simberloff, D. 1997. The metapopulation approach, its history, conceptual domain and application to conservation. En: Hanski, I. Simberloff, D., eds. Metapopulation Biology, pp. 5-26. Academic Press, San Diego, CA.

Herrera, J.M. 2011. El papel de la matriz en el mantenimiento de la biodiversidad en hábitats fragmentados. De la teoría ecológica al desarrollo de estrategias de conservación. Ecosistemas: 21-34.

IGAC. 1969. Estudio detallado de suelos, para fines agrícolas, del sector plano de los municipios de Ginebra, Guacarí, Cerrito y Palmira. Bogotá.

Isbell, F., Tilman, D., Reich, P. B., y Clark, A. T. 2019. Deficits of biodiversity and productivity linger a century after agricultural abandonment. Nature Ecology and Evolution, 311: 1533-1538.

Jantzen da Silva Lucas, A., Menegon de Oliveira, L., da Rocha, M., y Prentice, C. 2020. Edible Insects: An Alternative of Nutritional, Functional and Bioactive Compounds. Food Chem. 311: 126-202.

Klein, A. M., Vaissiere, B. E., Cane, J. H., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S. A., Kremen, C., y Tscharntke, T. 2007. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. Proceedings of the Royal Society B: Biological sciences, 274: 303-313.

Lister, B.C., y García, A. 2018. Climate-driven declines in arthropod abundance restructure a rainforest food web. Proceedings of the National Academy of Sciences 115: e10397-e10406.

Losey, J. E., y Vaughan, M. 2006. The economic value of ecological services provided by insects. Bioscience 564: 311-323.

Montgomery, G.A., Dunn R.R., Fox R., Jongejans E., y Leather S.R. 2020. Is the insect apocalypse upon us? How to find out. Biological Conservation 241: e108327.

Múgica, M., Fernandez, J., Martinez, C., Sastre, P., Atauri, J., Montes, C. 1999. Integración territorial de espacios naturales protegidos y conectividad ecológica en paisajes mediterráneos. Andalucía.

Nicholls, E., Spector, S., Louzada, J., Larsen, T., Amezquita, S., Favila, M. E., y Network, T. S. R. 2008. Ecological functions and ecosystem services provided by Scarabaeinae dung beetles. Biological Conservation 1416: 1461-1474.

Ollerton, J., Winfree, R., y Tarrant, S. 2011. How many flowering plants are pollinated by animals? Oikos 1203: 321-326.

Ong'wen, F., Onyango, P.O. y Bukhari, T. 2020. Direct and indirect effects of predation and parasitism on the *Anopheles gambiae* mosquito. Parasites and Vectors 13: 43.

Patch, E. M. 1938. Without Benefit of Insects Bulletin of the Brooklyn Entomological Society 331: 1-9.

Perea, J., Villegas, J., Cerquera, Y., y Cortés, M. 2003. Evaluación y documentación de prácticas sobresalientes sobre el manejo de la cosecha y maduración de la guadua en el departamento del Huila. Fundación para el desarrollo de la ingeniería, Ed. Área Ministerio. Neiva, Huila.

Pérez, N. 2004. Manejo ecológico de plagas. CEDAR, La Habana.

Perfecto, I., Vandermeer, J., Wright, A. 2009. Nature's matrix: linking agriculture, conservation and food sovereignty, London, Earthscan.

Quintero, R., García, A., Cortés, A., Muñoz, F., Stember, J., Alí Carbonell, J., y Osorio, C. 2008. Grupos homogéneos de suelos del área dedicada al cultivo de la caña de azúcar en el valle del río Cauca segunda aproximación. Centro de investigación de la caña de azúcar de Colombia Cenicaña, 37. Cali.

Ramírez, S. R., Hernández, C., Link, A., López-Uribe, M. M. 2015. Seasonal cycles, phylogenetic assembly, and functional diversity of orchid bee communities. Ecology and Evolution, 59: 1896-1907.

Rivera, J. 2001. Utilización del Nacedero *Trichanthera gigante*. Para la prevención y recuperación de áreas degradadas por erosión y remociones basales en suelos de ladera colombiana.

Rivera-Pedroza, L. F., Escobar, F., Philpott, S. M., y Armbrecht, I. 2019. The role of natural vegetation strips in sugarcane monocultures: Ant and bird functional diversity responses. Agriculture, Ecosystems and Environment: 284.

Sánchez-Bayo, F., y Wyckhuys, K. A. G. 2019. Worldwide decline of the entomofauna: A review of its drivers. Biological Conservation 32: 8-27.

Stork, N. E. 2018. How Many Species of Insects and Other Terrestrial Arthropods Are There on Earth? Annual review of entomology 63: 31–45.

Tscharntke, T., Gathmann, A., y Steffan-Dewenter, I. 1998. Bioindication using trap-nesting bees and wasps and their natural enemies: Community structure and interactions. Journal of Applied Ecology 355: 708-719.

van Klink, R. 2020. Meta-analysis reveals declines in terrestrial but increases in freshwater insect abundances. Science 368, 417–420.

Wagner, D. L., Fox, R., Salcido, D. Vargas, G., Lastra, L. A., Ramírez, G. D., y Solís, M. A. 2018. The *Diatraea* complex Lepidoptera: Crambidae in Colombia 's Cauca River Valley: making a case for the geographically localized approach. Neotropical Entomology 47: 395-402.

Vargas, G., Rivera-Pedroza, L.F., García, L.F., y Jahnke, S.M. 2023. Conservation biological control as an important tool in the Neotropical region. Neotropical Entomology 52: 134-151.

Wagner, D. L., Grames, E. M., Forister, M. L., Berenbaum, M. R., y Stopak, D. 2021. Insect decline in the Anthropocene: Death by a thousand cuts. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 1182: e2023989118.

Descripción del microbioma fecal de las aves *Columba livia* y *Coragyps atratus* de Cali, Colombia.

Miguel A. Calderón[1], Diana López-Álvarez[2] y Andrés Castillo[1,*]

1- Universidad del Valle, Cali, Colombia

2- Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira, Colombia

* - Autor de Correspondencia: andres.castillo.g@correounivalle.edu.co

Resumen

En el presente estudio se determinó la composición del microbioma gastrointestinal de *Columba livia* y *Coragyps atratus* a partir de muestras fecales recolectadas en Cali, así como de secuencias de *C. livia* de Países Bajos y China, *C. atratus* de Estados Unidos y *G. fulvus* de Emiratos Árabes. Se identificaron 943 ASVs en las muestras de Cali y 2415 ASVs en todas las muestras. Para Cali, los phyla más abundantes fueron Proteobacteria (57%) y Firmicutes (42%). En general, para *C. livia* las familias más abundantes fueron Enterobacteriaceae (51,6%), Enterococcaceae (14,9%) y Clostridiaceae (6,3%), mientras que para *C. atratus* y *G. fulvus* fueron Fusobacteriaceae (4,2%), Micrococcaeae (4,1%), Peptostreptococcaceae (11,7%) y Moraxellaceae (3,1%). En las muestras de Cali se detectó la presencia de microorganismos con potencial patogénico pertenecientes a los géneros *Streptococcus*, *Campylobacter*, *Chlamydia* y *Atopobium* en *C. livia* y *Clostridium, Klebsiella*, *Helicobacter* y *Fusobacterium* en *C. atratus*. Existen diferencias en la composición taxonómica de especies que comparten una ubicación, pero también entre organismos de una misma especie o nicho que habitan lugares distintos.

Palabras clave: bacteria, ARNr 16S, patógeno, diversidad microbiana, paloma, buitre, gallinazo.

Abstract

In the present study the composition of the gastrointestinal microbiome of *Columba livia* and *Coragyps atratus* was determined from fecal samples collected in Cali, as well as sequences from *C. livia* from the Netherlands and China, *C. atratus* from the United States, and *G. fulvu*s from the Emirates. Arabs. 943 ASVs were identified in the Cali samples and 2415 ASVs in all samples. For the samples from Cali, the most abundant phyla were Proteobacteria (57%) and Firmicutes (42%). In general, for *C. livia* the most abundant families were Enterobacteriaceae (51.6%), Enterococcaceae (14.9%) and Clostridiaceae (6.3%), while for *C. atratus* and *G. fulvus* they were Fusobacteriaceae (4 .2%), Micrococcaeae (4.1%), Peptostreptococcaceae (11.7%) and Moraxellaceae (3.1%). In the samples from Cali, the presence of microorganisms with pathogenic potential *Streptococcus lutetiensis*, *Campylobacter concisus*, *Chlamydia psittaci*, *C. lari* and *Atopobium vaginae* was detected in *C. livia* and *Clostridium calaveris*, *Klebsiella pneumoniae*, *Helicobacter canadensis*, *Fusobacterium mortiferum*, *C. jejuni*, *C. lari*, *C. psittaci* and *C. novyi* in *C. atratus*. There are differences in the taxonomic composition of species that share a location, but also between organisms of the same species or niche that inhabit different places.

Keywords: bacteria, 16S rRNA, pathogen, microbial diversity, pigeon, vulture.

Introducción

El tracto gastrointestinal de los animales está habitado por millones de microorganismos, lo que lo hace una de las comunidades bacterianas más grandes en los animales, que experimenta procesos de coevolución con su hospedero y puede afectar su salud e incrementar parámetros de fitness (Rosenberg y Zilber-Rosenberg, 2013). En especial, el grupo taxonómico aves está conformado por individuos con características de vida contrastantes como comportamiento migratorio, capacidad de vuelo, dieta, sistemas de apareamiento, longevidad y fisiología que pueden influir en la composición del microbioma gastrointestinal del individuo. Los estudios sobre composición del microbioma de aves y su influencia en el organismo son temas de investigación que en los últimos años se han visto reforzados por los métodos de secuenciación masiva de las técnicas moleculares (Sun *et al.*, 2022). Dado que la composición del microbioma puede ser afectada por variables como la taxonomía, la dieta, la edad o el comportamiento y la variedad de especies y nichos que pueden ocupar las aves, este grupo puede estar asociado a una mayor diversidad de microorganismos gastrointestinales en comparación con otros grupos de animales. Sin embargo, la información disponible sobre la composición del microbioma intestinal en aves en comparación con la de otros vertebrados como los mamíferos es muy inferior y se ha centrado principalmente en aves de interés comercial o al aislamiento de patógenos específicos (Waite y Taylor, 2015; Grond *et al.*, 2018).

A pesar de que las aves son indicadores de la salud de un ecosistema, son también potenciales portadores de microorganismos y patógenos presentes en su tracto gastrointestinal, que puedan afectar su salud y además puedan ser transmisibles por su materia fecal a mamíferos como los humanos, por lo que ha recibido un gran interés la determinación de su rol epidemiológico (Ebani *et al.*, 2021). La especie *Columba livia* (Paloma Doméstica), es un ave columbiforme que en las ciudades se encuentra en congregaciones de numerosos individuos que vuelan y perchan juntos en contacto estrecho con los humanos, lo que además la hace un posible transmisor de patógenos (Spennemann y Watson, 2017; Mia, Hasan y Hasnath, 2022). Por otro lado, *Coragyps atratus* (gallinazo o buitre negro) pertenece a los buitres del nuevo mundo y son carroñeros obligados continuamente expuestos a los microorganismos presentes en la carne descomposición o basuras (Plaza, Blanco and Lambertucci, 2020). En los últimos años han aumentado el número de estudios que buscan determinar la composición del microbioma gastrointestinal en estas aves, el nivel de influencia de factores intrínsecos y extrínsecos en esta composición y su importancia (Roggenbuck *et al.*, 2014; Hird *et al.*, 2015; Grond *et al.*, 2018; Zepeda-Mendoza *et al.*, 2018; Bodawatta *et al.*, 2022). Estos estudios se han realizado principalmente por amplificación y secuenciación de la región del gen ARNr 16S en muestras fecales, de piel y tracto gastrointestinal (Sun *et al.*, 2022).

Colombia es uno de los países con mayor riqueza de aves en el mundo (Vélez *et al.*, 2021). Sin embargo, solo se encontró un estudio sobre composición del microbioma en *Zonotrichia capensis* en Cundinamarca y no existe información para palomas y gallinazos en el país. En Cali, *C. livia* se encuentra distribuida por toda la ciudad, principalmente en plazas y parques. Asimismo, *C. atratus* se encuentra generalmente asociado a los caños y zonas de acumulación de basuras. Ambas especies de aves son de interés para la salud pública por su cercanía con los humanos, los patógenos a los que se encuentran expuestas y a que no existe información sobre la composición de sus comunidades bacterianas gastrointestinales en la ciudad de Cali. Conocer la composición bacteriana de estas especies permitirá aumentar a nivel global la información disponible sobre el microbioma gastrointestinal en aves y generar para Cali una línea base para el establecimiento y comprensión de las comunidades bacterianas asociadas a sus aves. Por lo anterior, el objetivo de este trabajo fue describir y comparar el microbioma fecal de las especies de aves *C. livia* y *C. atratus* de la ciudad de Cali y otros países, identificando los microorganismos potencialmente patógenos que podrían transmitir estas aves a través de su materia fecal en la ciudad.

Materiales y métodos

Colecta de muestras

Entre abril y junio de 2021, se recolectaron tres muestras fecales de *C. livia* y *C. atratus,* en Cali (Figura S1). Dos muestras de *C. livia* se recolectaron en plazas públicas (COLP3, COLP1) y otra en una zona residencial aledaña a una plaza de mercado (COLP2). Las muestras de *C. atratus* se recolectaron en un caño con residuos de basuras y materia orgánica (COLG2), una en zona rural de la ciudad (COLG1) y un caño de una plaza de mercado (COLG3). Todas las muestras se mantuvieron a -80 ºC hasta el momento de la extracción. Adicionalmente, se descargaron del European Nucleotide Archive (ENA) siete muestras de *C. livia*: tres de China (CHI1-3) y cuatro de Países Bajos (HOL1-4), seis de *Coragyps atratus* (Estados Unidos, USA1-6) y tres de *Gyps fulvus* (Emiratos Árabes Unidos, EAU1-3) (Figura 1, Tabla 1). El muestreo contó con el aval del Comité de Ética en Investigación para la Fauna y Flora de la Facultad de Ciencias Naturales y Exactas de la Universidad del Valle "Acta de concepto a proyecto de investigación # 10 del 28 de octubre de 2021".

Tabla 1. Metadato de las muestras utilizadas.

Muestra	Nombre referencia	Especie	Ciudad	País
CAM1	COLP1	*Columba livia*	Cali	
D2	COLP2	*Columba livia*	Cali	
SF1	COLP3	*Columba livia*	Cali	
LR1	COLG1	*Coragyps atratus*	Cali	
PE2	COLG2	*Coragyps atratus*	Cali	Colombia
SE1	COLG3	*Coragyps atratus*	Cali	Colombia
CATRA1	USA1	*Coragyps atratus*	NN	Estados Unidos
CATRA2	USA2	*Coragyps atratus*	NN	Estados Unidos
CATRA3	USA3	*Coragyps atratus*	NN	Estados Unidos
CATRA4	USA4	*Coragyps atratus*	NN	Estados Unidos
CATRA5	USA5	*Coragyps atratus*	NN	Estados Unidos
CATRA6	USA6	*Coragyps atratus*	NN	Estados Unidos
GYF1	EAU1	*Gyps fulvus*	NN	Emiratos Árabes
GYF3	EAU2	*Gyps fulvus*	NN	Emiratos Árabes
GYF4	EAU3	*Gyps fulvus*	NN	Emiratos Árabes
CLIVSQ1	CHI1	*Columba livia*	Beijing	China
CLIVSQ2	CHI2	*Columba livia*	Beijing	China
CLIVSQ3	CHI3	*Columba livia*	Beijing	China
CLIVDIE1	HOL1	*Columba livia*	Groningen	Países Bajos
CLIVDIE2	HOL2	*Columba livia*	Groningen	Países Bajos
CLIVDIE3	HOL3	*Columba livia*	Groningen	Países Bajos
CLIVDIE4	HOL4	*Columba livia*	Groningen	Países Bajos

Figura 1. Mapa de procedencia de las muestras utilizadas. Colombia: *C. livia* (n=3), *C. atratus* (n=3). Holanda: *C. livia* (n=3). China: *C. livia* (n=3). Estados Unidos: *C. atratus* (n=6). Emiratos Árabes: *G. fulvus* (n=3).

Extracción de ADN y secuenciación de la región ARNr 16S

La extracción del ADN se realizó empleando el kit DNeasy PowerSoil kit (Qiagen, Hilden, Alemania) siguiendo el protocolo suministrado por el fabricante. La calidad del ADN se evaluó con el espectrofotómetro Nanodrop 2000 (Thermo Fisher Scientific). Las muestras fueron secuenciadas para la región hipervariable V3-V4 del gen ARNr 16S mediante Illumina Hiseq 6000 para obtener lecturas pareadas de 301 pb.

Análisis bioinformático

Los análisis taxonómicos se realizaron empleando el programa QIIME2 versión 2021.11 (Boleyn *et al.*, 2019). El control de calidad de las lecturas se realizó con el plugin DADA2 con corte a las 250 bases y eliminación de las secuencias quiméricas. Estas secuencias se alinearon para asignación en ASVs con la base de datos SILVA 138-99-nb (Quast *et al.*, 2013). Los análisis estadísticos se realizaron utilizando el programa R v4.1.2 con los paquetes tidyverse v1.3.1 (Wickham *et al.*, 2019), devtools v2.4.3 (Wickham, Hester y Chang, 2021), qiime2R v0.99.6 (Bisanz, 2018), phyloseq v1.38.0 (McMurdie y Holmes, 2013), microbiome v1.16.0 (Leo y Sudarshan, 2017), microbiomeutilities v1.00.16 (Shetty *et al.*, 2018) y DESeq2 v1.34.0 (Love *et al.* 2014). Las gráficas de abundancia se realizaron con ggplot2 (Wickham, 2016) y los diagramas de Venn con el plugin jvenn (Bardou *et al.*, 2014). Además, se realizaron análisis de coordenadas principales (PCoA) para visualizar las similitudes y diferencias entre los datos y se calcularon índices de diversidad para los tratamientos por especie y ubicación, riqueza (ASVs observados), diversidad (Shannon) y dominancia (Simpson) con el paquete phyloseq

en R. Las especies potencialmente patogénicas y zoonóticas se identificaron a partir de las secuencias asociadas a ASVs con el Nucleotide BLAST del NCBI y su caracterización como patogénica o no según información disponible en la literatura. Por último, PICRUSt2 se utilizó para predecir el potencial funcional de la microbiota basada en el gen del ARNr 16S a partir de datos bibliográficos de los taxones encontrados. Las funciones predichas (KO) se colapsaron en vías jerárquicas de MetaCycPath utilizando la función completa picrust2_pipeline.py de la línea de comandos (Douglas *et al.*, 2020).

Resultados

Análisis de composición bacteriana

Para las muestras de Cali se secuenciaron 949,156 lecturas Illumina. En promedio se obtuvieron 158,192.66 ± 22,540.01 (min: 137,437; max: 173,624) por muestra. Después del control de calidad, se conservaron en promedio 76,565 ± 13,051.31 (min: 50,767; max: 120,686) lecturas. En total se obtuvieron 1,754,337 lecturas Illumina, con un promedio de 79,742.6 ± 86,250.5 (min: 1,666; max: 314,514). Después del control de calidad, se conservaron en total para las muestras de Cali 459,390 lecturas con un promedio de 76,565 ± 13,051.31 (min: 50,767; max: 120,686) lecturas y 467,449 lecturas con un promedio de 29,215.5 ± 40,986.9 (min: 847; max: 151,446) para las secuencias extranjeras. Para Cali se obtuvieron 943 ASVs y en total 2415 ASVs correspondientes al dominio Bacteria (Tabla 2, Figura S2).

Tabla 2. Resumen información del procesamiento de lecturas

Sampleid #q2:types	Entrada numérico	Filtrado numérico	% pasaron filtro numérico	Denoised numérico	No quimérico numérico	% no quimérico numérico
CAM1	194618	175614	90.24	174651	120686	62.01
CATRA1	9349	8636	92.37	6998	6724	71.92
CATRA2	7495	6884	91.85	5716	5522	73.68
CATRA3	8120	7453	91.79	6621	6457	79.52
CATRA4	11468	10616	92.57	8783	8247	71.91
CATRA5	9966	9102	91.33	8396	8028	80.55
CATRA6	11043	9889	89.55	8606	7862	71.19
CLIVDIE1	33244	28614	86.07	28230	12367	37.2
CLIVDIE2	10392	8914	85.78	8637	4889	47.05
CLIVDIE3	14323	12517	87.39	12329	4932	34.43
CLIVDIE4	1666	1334	80.07	1261	847	50.84
CLIVSQ1	42106	40985	97.34	40903	39769	94.45
CLIVSQ2	49979	48708	97.46	48641	45974	91.99
CLIVSQ3	48228	46929	97.31	46874	46227	95.85
D2	158849	144557	91	143881	81485	51.3
GYF1	50625	41157	81.3	40355	23069	45.57
GYF3	314514	259287	82.44	255558	151446	48.15
GYF4	182663	156150	85.49	154426	95089	52.06
LR1	137437	124808	90.81	122973	50767	36.94
PE2	173624	154413	88.94	152022	63356	36.49
SE1	137851	125090	90.74	122053	65643	47.62
SF1	146777	131667	89.71	130882	77453	52.77

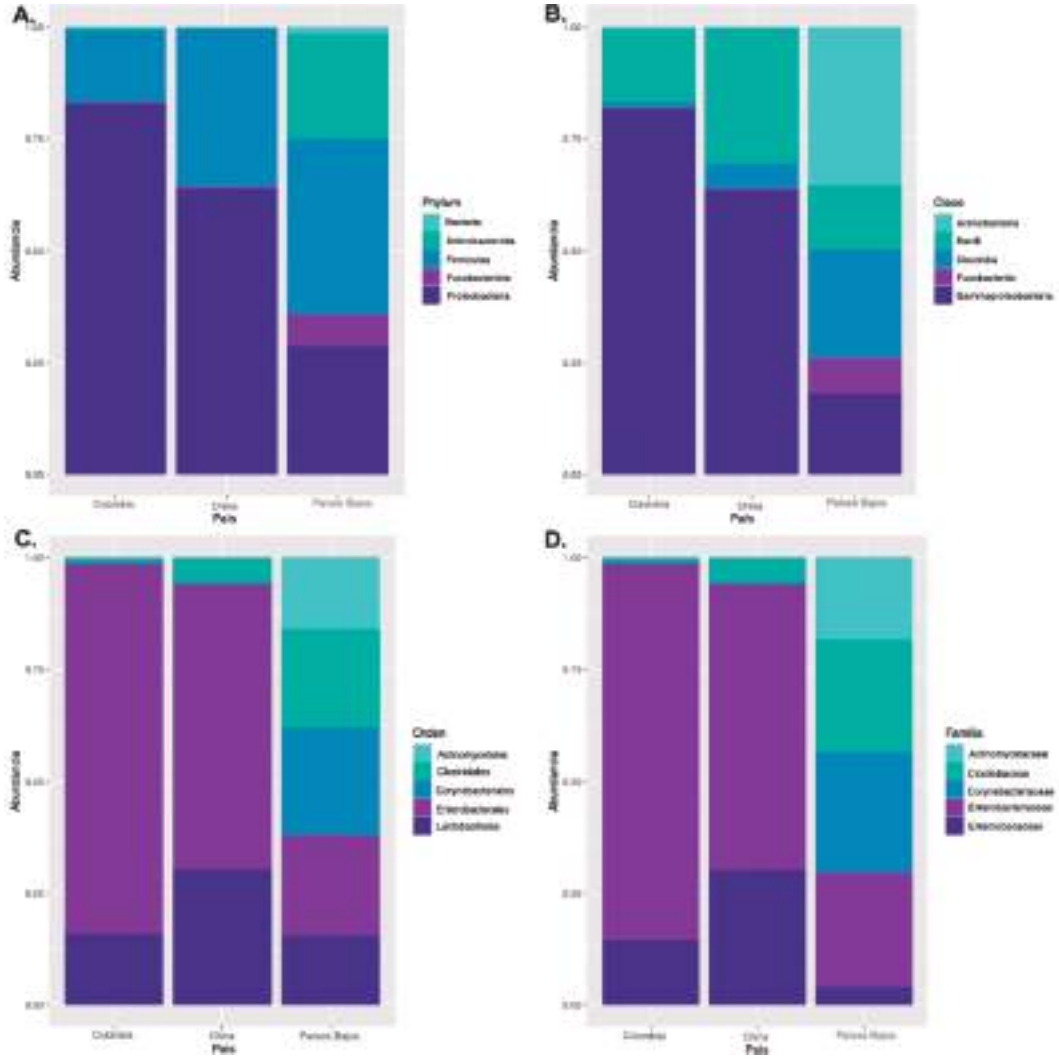


Figura 2. Abundancia relativa de bacterias para las muestras de buitres por país: A. Phylum B. Clase C. Orden D. Familia.

Las lecturas correspondientes a Cali se asignaron taxonómicamente a 19 phyla (99,8%), 45 clases (99,77%), 109 órdenes (99,2%), 158 familias (98,4%), 196 géneros (96,3%) y 21 especies (12,9%) (Tabla 1 y Figura 2). Para *C. livia*, los phyla Proteobacteria (83,1%) y Firmicutes (16,2%) fueron los más abundantes. En *C. atratus*, Firmicutes (76,9%), Proteobacteria (9,6%), Fusobacteria (7,6%) y Campilobacterota (3,8%) fueron los más abundantes (Figura 2A). En las muestras de China se encontraron 4 phyla: Proteobacteria (64%), Firmicutes (35,8%), Actinobacteriota (0,05 %) y Patescibacteria (0,004 %). En las secuencias de *C. livia* de Países Bajos los phyla más abundantes fueron Firmicutes (40,2%), Actinobacteriota (33,5%), Proteobacteria (16,7%) y Fusobacteriota (7,3%) (Figura 2A). Para las muestras de *C. atratus* de Estados Unidos, los phyla más abundantes fueron Firmicutes (32,2%), Proteobacteria (22,7%), Actinobacteriota (20,7%), Chloroflexi (8,2%) y Bacteroidota (8,1%). Para *G. fulvus* los phyla más abundantes fueron Firmicutes (70,9%), Proteobacteria (21,4%), Fusobacteriota (4,3%) y Actinobacteriota (2,6%) (Figura 3A). Las muestras de *C. livia y C. atratus* de Cali compartieron diez phyla (Figura 3). Para *C. atratus* se encontraron nueve phyla exclusivos: Fusobacteriota, Campilobacterota, Myxococcota,

Verrucomicrobiota, Deferribacterota, Gemmatimonadota, Bdellobrionota, Sumerlaeota y Abditibacteriota (Figura 3A). Las tres agrupaciones por país para palomas compartieron tres phylum: Actinobacteriota, Firmicutes y Proteobacteria (Figura 3B). Asimismo, todas las muestras de buitres compartieron 11 phyla: Cyanobacteria, Patescibacteria, Chloroflexi, Deinococcota, Planctomycetota, Bacteroidota, Actinobacteriota, Campilobacterota, Fusobacteriota, Proteobacteria y Firmicutes (Figura 3C).

A nivel de clase, las más abundantes en Cali para las muestras de *C. livia* fueron Gammaproteobacteria (83%), Bacilli (14,7%) y Clostridia (1,5%) (Figura 2B). Para *C. atratus*, las clases más abundantes fueron Clostridia (55%), Bacilli (21,8%), Gammaproteobacteria (8,8%), Fusobacteria (7,6%) y Campylobacteria (3,8%) (Figura 3B). Para las secuencias de palomas de Países Bajos las clases más abundantes fueron Actinobacteria (32,9%), Clostridia (22,4%), Gammaproteobacteria (16,4%), y Bacilli (13,2%). En las secuencias de palomas de China

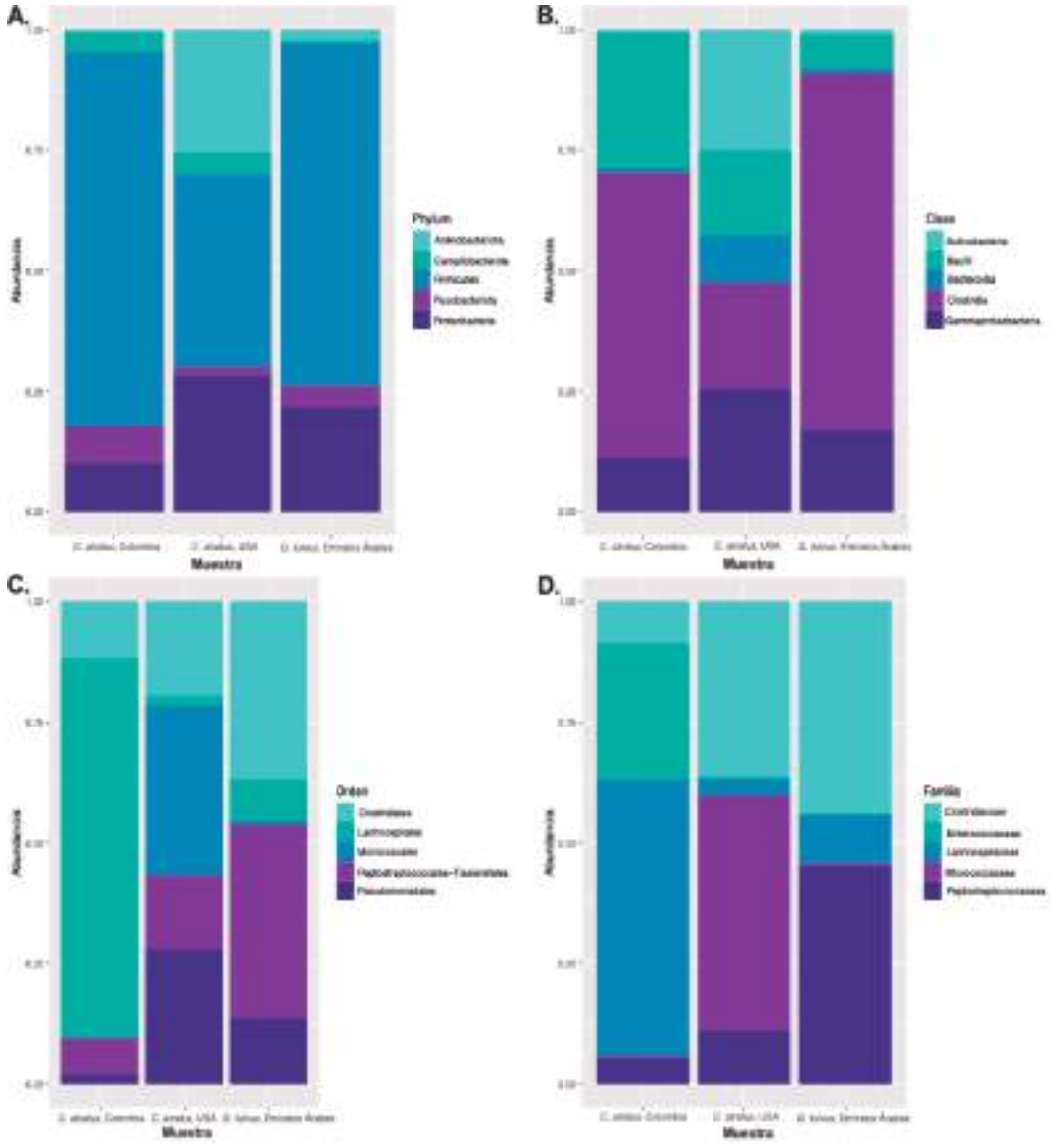


Figura 3. Abundancia relativa de bacterias para las muestras de palomas por país: A. Phylum B. Clase C. Orden D. Familia.

BIODIVERSIDAD Y CONSERVACION

Gammaproteobacteria (64,1%), Bacilli (29,8%) y Clostridia (5,93%) fueron las más abundantes (Figura 1B). Para las muestras de *C. atratus* de Estados Unidos, las clases más abundantes fueron Gammaproteobacteria (20,1%), Actinobacteria (20,1%), Clostridia (16,7%), Bacilli (13,7%) y Bacteroidia (8,1%). Para *G. fulvus* las clases más abundantes fueron Clostridia (63,8%), Gammaproteobacteria (18,6%), Fusobacteriia (4,3%), Negativicutes (4,1%) y Bacilli (3%) (Figura 3B).

Las muestras de *C. livia* y *C. atratus* de Cali compartieron 17 clases. En las muestras de *C. atratus* se encontraron 27 clases exclusivas (Figura 3D). Todos los grupos de *C. livia* compartieron las clases Gammaproteobacteria, Bacilli, Clostridia, Actinobacteria y Negativicutes (Figura 3E). Asimismo, todas las muestras de buitres compartieron 16 clases (Figura 3F).

A nivel de Orden para las muestras de Cali, los más abundantes para *C. livia* fueron Enterobacterales (80,4%), Lactobacillales (13,2%) y Pseudomonadales (2,5%) (Figura 2C). Para *C. atratus* los órdenes más abundantes fueron Lachnospirales (44,5%), Lactobacillales (19,6%), Fusobacteriales (7,6%), Enterobacterales (7,4%) y Clostridiales (6,1%) (Figura 3C). Para las secuencias de *C. livia* de Países Bajos los órdenes más abundantes fueron Corynebacteriales (13,5%), Enterobacterales (12,8%), Clostridiales (12,3%), Actinomycetales (9,2%) y Lactobacillales (8,6%). En las secuencias de palomas de China los principales órdenes fueron Enterobacterales (64,1%), Lactobacillales (29,1%) y Clostridiales (5,9%) (Figura 1C). Para las muestras de *C. atratus* de Estados Unidos los órdenes más abundantes fueron Micrococcales (16%), Pseudomonadales (12,6%), Bacillales (9,9%), Clostridiales (8,3%) y Thermomicrobiales (7,8%). Para *G. fulvus,* los órdenes más abundantes fueron Peptostreptococcales-Tissierellales (30,1%), Clostridiales (28,2%), Pseudomonadales (13,1%), Lachnospirales (5,3%) y Fusobacterales (4,3%) (Figura 2C).

Las muestras de *C. livia* y *C. atratus* de Cali compartieron 42 órdenes. En las muestras de *C. atratus* de Cali se encontraron 60 órdenes exclusivos, mientras que en las de *C. livia* siete (Figura S2G). Todas las muestras de *C. livia* compartieron 14 órdenes (Figura S2H). Para las muestras de buitres se encontró que todos compartieron 38 órdenes (Figura S2I).

A nivel de Familia para las muestras de Cali, las más abundantes en el caso de C. livia fueron Enterobacteriaceae (80,4%), Enterococcaceae (11,5) y Clostridiaceae (1,1%) (Figura 1D). Para *C. atratus,* las familias más abundantes fueron Lachnospiraceae (44,2%), Enterococccceae (17,2%), Fusobacteriaceae (7,6%), Enterobacteraceae (7,2%) y Clostridiaceae (6,1%) (Figura 2D). Para las secuencias de *C. livia* de Países Bajos, las familias más abundantes fueron Corynebacteriaceae (13,1%), Enterobacteriaceae (63,5%), Clostridiaceae (12,3%), Actinomycetaceae (9,2%) e Intrasporangiaceae (8,1%). En las secuencias de palomas de China las principales familias fueron Enterobacteriaceae (64,1%), Enterococaceae (28,8%) y Clostridiaceae (5,9%) (Figura 1D). Para las muestras de *C. atratus* de Estados Unidos las familias más abundantes fueron Micrococcaceae (11,9%), Clostridiaceae (8,3%),

Planococcaeae (8,2%) y Moraxellaceae (7,9%). Para *G. fulvus* las familias más abundantes fueron Peptostreptococcaceae (29%), Clostridiaceae (28,2%), Pseudomonadaceae (11,8%), Lachnospiraceae (5,3%) y Fusobacteriaceae (4,3%) (Figura 2D).

Las muestras de *C. livia* y *C. atratus* de Cali compartieron 50 familias. En las muestras de *C. atratus* de Cali se encontraron 98 familias exclusivas, mientras que en *C. livia* 11 (Figura S2J). Todas las muestras de *C. livia* compartieron 14 familias, mientras que para las muestras de Cali 25 fueron exclusivas (Figura S2K). Todas las muestras de buitres compartieron 46 familias, mientras que para las muestras de Cali 50 fueron exclusivas (Figura S2L).

A nivel de Género para las muestras de Cali, los más abundantes en el caso de *C. livia* fueron *Escherichia-Shigella* (80,4%), *Enterococcus* (11,5%), *Psychrobacter* (2,5%), *Clostridium sensu stricto 1* (1%) y *Lactobacillus* (0,7%). Para *C. atratus* los géneros más abundantes fueron *Tyzzerella* (24,6%), *Epulopiscium* (19%), *Enterococcus* (17,2%), *Fusobacterium* (7,6%) y *Escherichia-Shigella* (5,5%). Para las secuencias de *C. livia* de Países Bajos los géneros más abundantes fueron Corynebacterium (13,1%), *Escherichia-Shigella* (12,6%), *Candidatus Arthromitus* (11%) y *Streptobacillus* (6,9%). En las secuencias de palomas de China los principales géneros fueron *Escherichia-Shigella* (64,09 %), Enterococcus (28,75 %), *Candidatus Arthromitus* (3,56 %), *Clostridium sensu stricto 1* (2,05 %) y *Turicibacter* (0,74 %). Para las muestras de *C. atratus* de Estados Unidos los géneros más abundantes fueron *JG30-KF-CM45* (7,76 %), *Herbaspirillum* (3,69 %), *Glutamicibacter* (3,4%), *Arcobacter* (3,35 %) y *Chryseobacterium* (3,29%). Para *G. fulvus* los órdenes más abundantes fueron *Clostridium sensu stricto 1* (26,67 %), *Paeniclostridium* (25,94 %), *Pseudomonas* (11,85 %), *Fusobacterium* (4,25 %) y *Megamonas* (3,81 %) (Tabla S1).

Las muestras de *C. atratus* y *C. livia* de Cali compartieron 40 géneros. En las muestras de *C. atratus* de Cali se encontraron 138 géneros exclusivos, mientras que en las de *C. livia* 22. Todas las muestras de *C. livia* compartieron 11 géneros, mientras que para las muestras de Cali 37 fueron exclusivos. Para las muestras de buitres se encontró que todos compartieron 34 géneros, mientras que para las muestras de Cali 87 fueron exclusivos (Tabla S1).

A partir de las lecturas normalizadas y el promedio global para cada familia se encontró que para *C. livia* en los tres países se compartieron las familias Enterobacteriaceae (51,6 % ± 5,1 %), Enterococcaceae (14,9 % ± 12,1%) y Clostridiaceae (6,3 % ± 12,3 %). En promedio, el total de lecturas normalizadas asignadas a otros ASVs correspondió al 27,3 % ± 13,8 %. Asimismo, en los tres tratamientos por país y especie se encontraron las familias Fusobacteriaceae (4,2% ± 5,6%), Micrococcaceae (4,1 % ± 6,5 %), Peptostreptococcaceae (11,7 % ± 2,6 %) y Moraxellaceae (3,1 % ± 1,2%). Adicionalmente, el promedio de lecturas normalizadas asignadas a otros ASVs correspondió al 76,9 % ± 6,3 % (Figura 3A). A nivel de cada país para *C. livia*, Colombia y China (COL; CHI) compartieron las mismas familias más abundantes: Enterobacteriaceae (78,5 % ± 13,8 %; 63,5 % ± 22,3 %),

Enterococcaceae (13,3 % ± 0,8 %; 29,6 % ± 25,4 %), Clostridiaceae (1 % ± 15,5 %; 5,6 % ± 4,8 %) y ASVs (7,2 % ± 3,6 %; 1,3 % ± 1,2 %). Para las muestras de Países Bajos (HOL) las familias más abundantes fueron Corynebacteriaceae (13,1 % ± 20%), Enterobacteriaceae (12,6 % ± 22,4 %), Clostridiaceae (12,3 % ± 23,8 %) y ASVs (61,9 % ± 20,9 %) siendo el grupo que obtuvo el mayor porcentaje de ASVs pertenecientes a otras familias.

Análisis de diversidad bacteriana, rutas metabólicas y microorganismos patógenos

Se estimaron índices ecológicos de diversidad para describir la composición de la comunidad de las muestras de Cali. Las muestras de *C. livia* tuvieron bajos índices de diversidad alfa (riqueza observada; índice de Shannon; índice de Simpson), siendo COLP3 (129; 2,58; 0,89) de la plaza de San Francisco la que obtuvo la mayor riqueza, seguida de COLP1 (95; 2,08; 0,81) del Centro Administrativo Municipal y por último COLP2 (84; 2,36; 0,85) de Santa Elena (Figura 4.A). Por otro lado, las muestras de *C. atratus* tuvieron índices de diversidad superiores a los de *C. livia*: COLG1 (170; 2,90; 0,84), COLG2

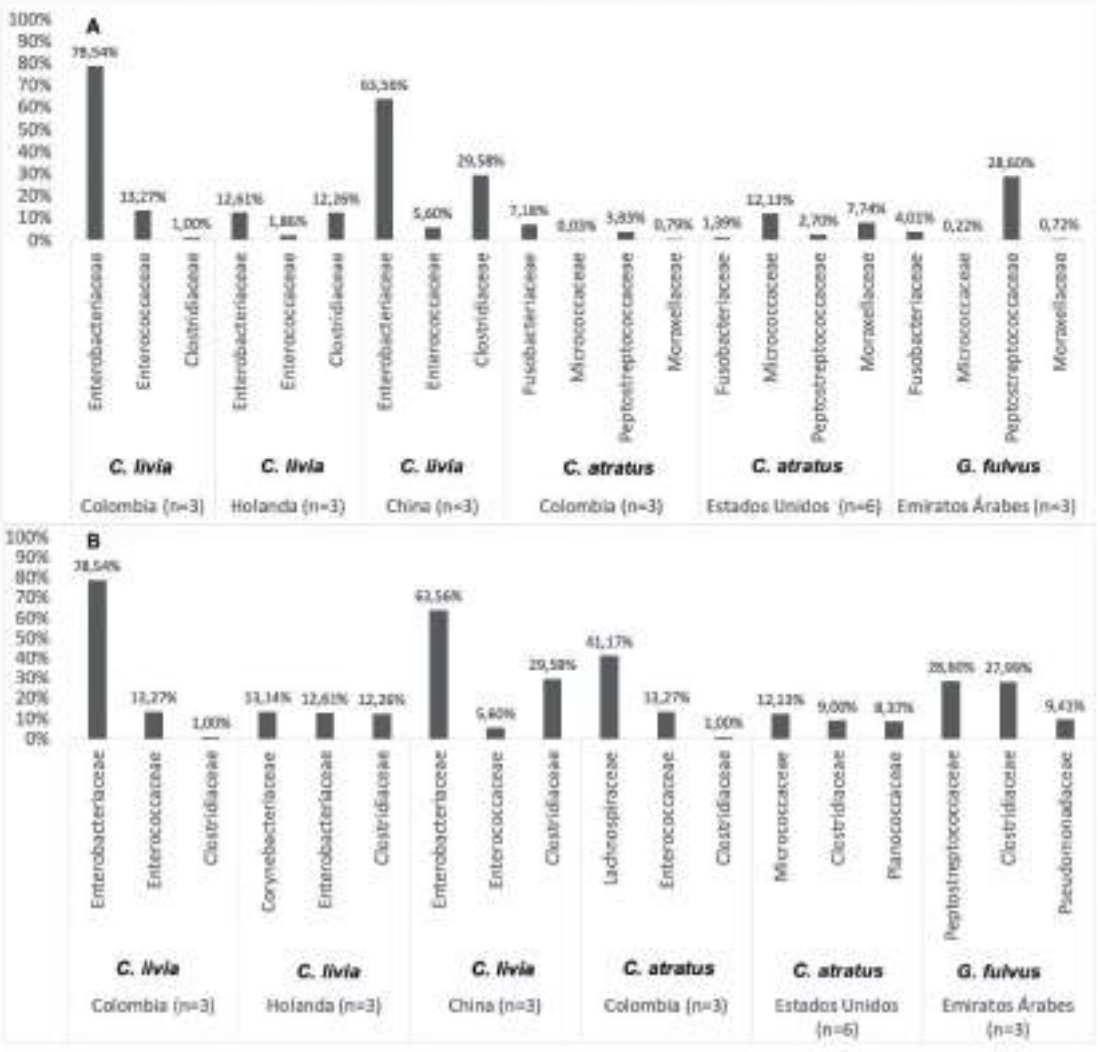


Figura 3. A. Porcentaje de familias compartidas más abundantes por especie y ubicación. **B.** Porcentaje de familias más abundantes por especie y ubicación.

(200; 2,97; 0,91) y COLG3 (363; 2,83; 0,88) tomadas en las zonas de La Reforma, Petecuy y Santa Elena, respectivamente (Figura 4.B). No se presentaron diferencias significativas en los índices de diversidad alfa entre las muestras de *C. livia* y *C. atratus* (Tabla 3).

Para los análisis de diversidad beta, el diagrama PCoA empleando el índice de Bray-Curtis evidenció una separación de las muestras a partir de la composición de las comunidades bacterianas de cada especie. El primer eje registró el 17,2 % de la varianza en la composición y separó las muestras de Estados Unidos de los demás países. El segundo eje registró el 12,7 % de la varianza y las muestras de *C. livia* y *C. atratus* de Colombia se separaron entre sí. Adicionalmente, dos muestras de *C. atratus* se observan más cercanas a las muestras de Holanda, China y Emiratos Árabes (Figura 5.A). La abundancia relativa de la composición de las comunidades bacterianas difirió entre las especies. El análisis DESeq2 reveló que, para las muestras de Cali, *Campylobacter* y *Catellicoccus* tuvieron abundancias significativamente mayores en *C. atratus* que en *C. livia* (Figura 5.B). Las muestras de *C. livia* de Colombia tuvieron una abundancia significativamente mayor de cuatro géneros que las muestras de China y Holanda (Figura S3A, Figura S3B). Las muestras de *C. atratus* presentaron seis géneros significativamente más abundantes que las muestras de Estados Unidos y de Emiratos Árabes (Figura S3C, Figura S3D).

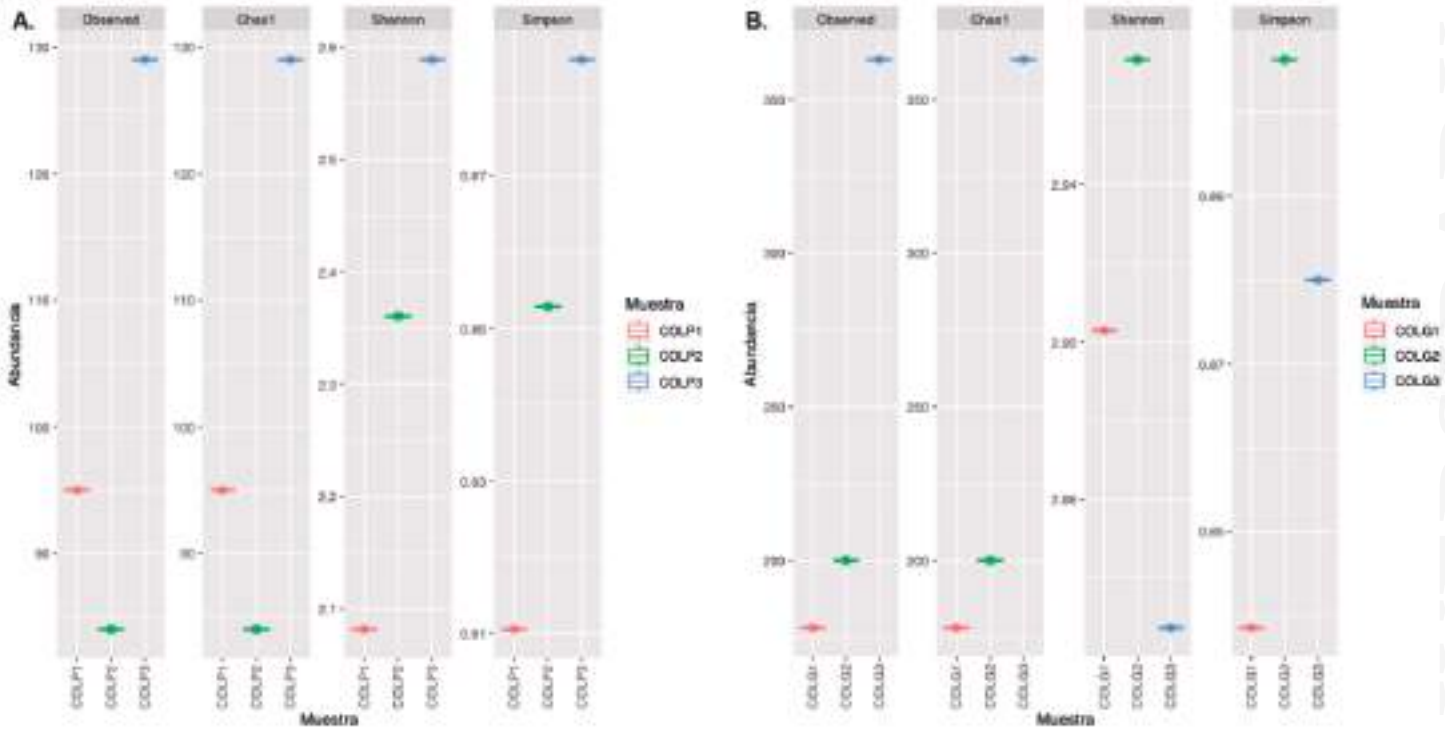


Figura 4. A. Índices de riqueza de ASVs (amplicon sequence variant), diversidad (Shannon), dominancia (Simpson) de las comunidades bacterianas de C. livia. **B.** Índices de riqueza de ASVs (amplicon sequence variant), diversidad (Shannon), dominancia (Simpson) de las comunidades bacterianas de C. atratus.

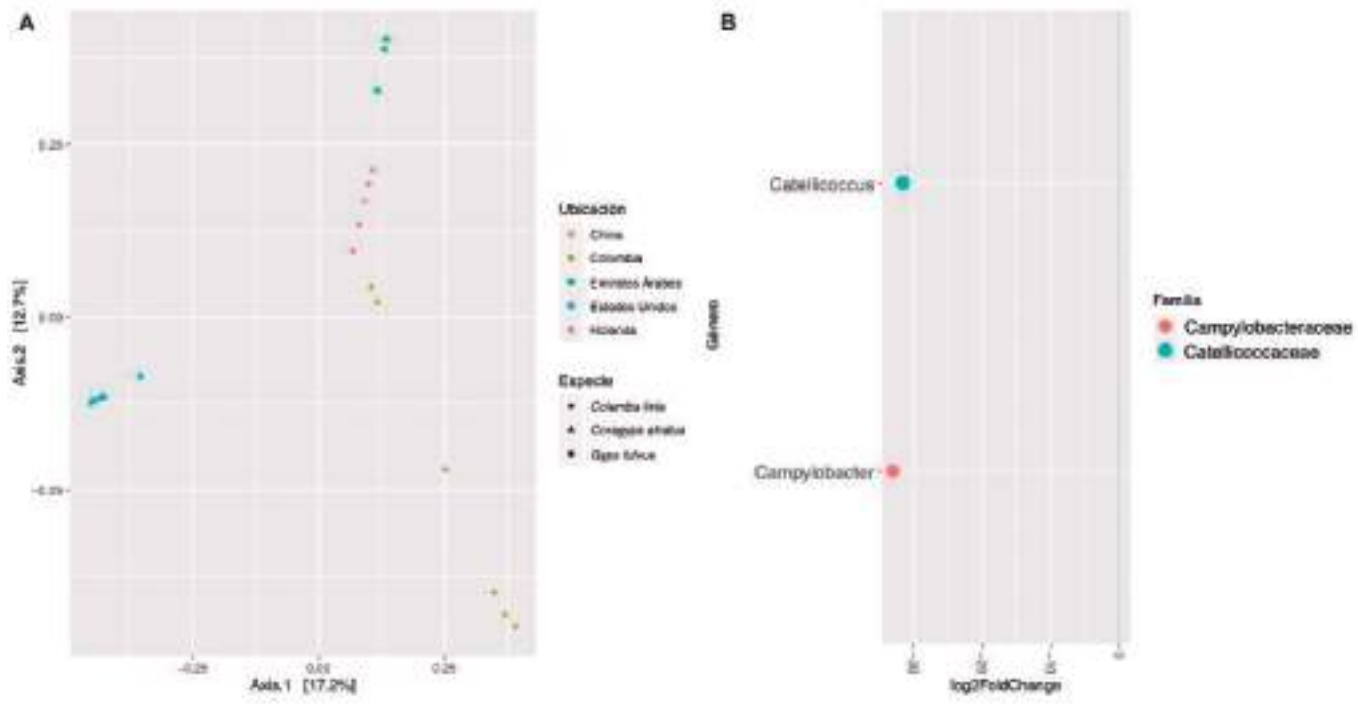


Figura 5. A. Análisis de coordenadas principales (PCoA) para las seis muestras de *C. atratus* y *C. livia* de la ciudad de Cali usando Bray-Curtis con la abundancia relativa de las muestras. **B.** Relación logarítmica transformada de la abundancia relativa de géneros bacterianos entre las muestras de *C. livia* y *C. atratus* de la ciudad de Cali.

Las rutas metabólicas microbianas se estimaron basadas en el gen ARNr 16S con el software PICRUSt y las comparaciones entre las muestras de *C. livia* y *C. atratus* de Cali se realizaron en el software STAMP. Los análisis de predicción funcional mostraron que en el caso de *C. livia* las bacterias se encuentran ampliamente asociadas a rutas de glucólisis por Entner-Doudoroff, fermentación, oxidación de ácidos grasos, degradación de carboxilato, degradación de la glucosa y biosíntesis de ácidos grasos. Estas rutas están asociadas, entre otras, a *E. coli.* Otras rutas abundantes asociadas a especialmente a *C. atratus,* fueron biosíntesis de fosfolípidos, biosíntesis de ácidos grasos, biosíntesis de aminoácidos, biosíntesis de nucleótidos, glucólisis anaeróbica, biosíntesis de vitaminas, degradación de nucleótidos, síntesis de glucógeno, entre otros.

La búsqueda de microorganismos potencialmente patógenos en las muestras arrojó como resultado la presencia en *C. livia* de *Streptococcus lutetiensis*, *Campylobacter concisus, Chlamydia psittaci*, *Campylobacter lari* y *Atopobium vaginae*. Asimismo, las especies encontradas en *C. atratus* fueron *Clostridium calaveris, Klebsiella pneumoniae*, *Helicobacter canadensis, Fusobacterium mortiferum, Campylobacter jejuni*, *Campylobacter lari*, *Chlamydia psittaci* y *Clostridium novyi*.

Discusión

En las muestras de Cali se encontraron 19 phyla correspondientes al dominio Bacteria. Para *C. livia*, los phyla más abundantes fueron Proteobacteria y Firmicutes con un 99,28% de las lecturas, mientras que para *C. atratus* los phyla más abundantes fueron Firmicutes, Proteobacteria, Fusobacteria y

Campilobacterota, que representaron el 97,9% de las lecturas. Para Colombia no existe información sobre el microbioma gastrointestinal en estas aves. Otros estudios realizados en *Z. capensis* en Colombia, aves neotropicales de Costa Rica y Perú y aves neotropicales Columbiformes y Passeriformes de Venezuela encontraron entre los phyla más abundantes Proteobacteria, Firmicutes y Bacteroidetes en abundancias promedio similares a las aquí reportadas (Hird *et al.*, 2015; García-Amado *et al.*, 2018; Escallón, Belden and Moore, 2019). Estos resultados son similares a los obtenidos en otros estudios, en los que para *C. livia* los phyla más abundantes son Firmicutes y Actinobacteria, y para *C. atratus,* Clostridia y Fusobacteria (Roggenbuck *et al.*, 2014; Dietz *et al.*, 2022). Firmicutes es un phylum comúnmente encontrado en los tractos gastrointestinales de aves salvajes, al igual que Proteobacteria y son los phyla a los que corresponden la mayoría de secuencias potencialmente patogénicas que se encontraron en las muestras (Bodawatta *et al.*, 2022). Adicionalmente, los resultados concuerdan con los reportados por Hird y colaboradores (2015), con un enriquecimiento de Proteobacteria y un déficit de Actinobacteria en comparación con los datos reportados por Waite y Taylor (2014), que pueden deberse a los factores intrínsecos y extrínsecos de las aves o condiciones de muestreo.

Para todas las muestras analizadas en el PCoA se observa una tendencia de influencia de la taxonomía y la geografía, cuyos ejes explican un 29,9% de la varianza. Se ha determinado que la taxonomía es el factor más determinante en la composición del microbioma, de forma que las aves pertenecientes a la misma especie, género o familia tendrán microbiomas similares (Ley *et al.*, 2008; Dewar *et al.*, 2013; Hird *et al.*, 2015). Esto concuerda con los resultados de Hird y colaboradores (2015), en el que para la muestra de ave de la familia Columbidae los phyla más abundantes fueron Firmicutes y Proteobacteria y con los diagramas de Venn (Figura S2), en los que todas las muestras de *C. livia* comparten 14 familias, y para las muestras de *C. atratus* de Colombia que comparten un mayor número de familias con las de Estados Unidos (84) en comparación con las muestras de *G. fulvus* (58). Una posible explicación a porqué las muestras de *C. livia* y *C. atratus* de Cali comparten un considerable número de familias (50), es el comportamiento y nicho ecológico de los gallinazos, que puede asociarlos a un espectro más amplio de fuentes de alimentación y los exponga a una gran cantidad de microorganismos en común con *C. livia*. Lo anterior sería concordante con la evidencia de que otros factores como la ecología del hospedero, su dieta y fuente de alimentación son factores igualmente relevantes (Hird *et al.*, 2015; Youngblut *et al.*, 2018). Sin embargo, el nivel de influencia de la geografía no está muy bien determinado dado que en algunos estudios han determinado que su efecto es muy bajo (Hird *et al.*, 2015), pero en otros se ha visto que la ubicación sí está relacionada significativamente con la microbiota gastrointestinal (Hird *et al.*, 2014). Adicionalmente, dado que la dieta es un factor con una gran influencia, los cambios geográficos podrían implicar también cambios en la dieta y microorganismos asociados a esta, por lo que muestras de una misma especie, pero de distintas ubicaciones geográficas tendrían diferencias en la composición de su microbioma (Davidson *et al.*, 2020).

De acuerdo con un estudio realizado en mamíferos por Ley *et al* (2009), el tipo de dieta tiene una estrecha relación con el microbioma de los individuos. Estudios realizados en aves rapaces y hienas evidencian una alta abundancia de microorganismos de los phylum Firmicutes, Proteobacteria, Actinobacteria, Bacteroidetes y Fusobacteria (Heitlinger *et al.*, 2017; Oliveira *et al.*, 2020). Otro estudio realizado en animales carnívoros y herbívoros determinó que los carnívoros tienen una mayor presencia de los phyla / familias Fusobacteria / Fusobacteriaceae, Firmicutes / Clostridiaceae, Firmicutes / Lachnospiraceae y Bacteroidetes / Bacteroiaceae y que el microbioma en carnívoros es altamente variable e inconsistente en y entre especies (Zoelzer, 2021). Otro estudio realizado en osos omnívoros encontró en estos una mayor abundancia de los phyla Firmicutes y Proteobacteria y el género *Escherichia-Shigella* (Trujillo *et al.*, 2022). La presencia de los géneros *Lactobacillus*, *Clostridium, Escherichia* y *Streptococcus* se ha documentado frecuentemente en aves como microorganismos con roles en la degradación de polisacáridos y la síntesis de moléculas como cadenas cortas de ácidos grasos y aminoácidos (Bodawatta *et al.*, 2022). Esta información concuerda con los resultados obtenidos para las muestras de Cali *C. livia* y *C. atratus* con dietas omnívora y carroñera, respectivamente. Cabe resaltar que entre los phyla obtenidos en diferentes estudios se destaca en abundancia Actinobacteria, que no tuvo una abundancia importante en las muestras de Cali.

Otros factores importantes que influyen en la composición del microbioma de las aves son su comportamiento y fuentes de alimentación (Grond *et al.*, 2018; Sun *et al.*, 2022). En una investigación desarrollada en aves migratorias y residentes por Bisson y colaboradores (2009), se determinó que las aves residentes tenían en sus plumas una mayor diversidad de microorganismos que las migratorias, posiblemente por una mayor exposición por actos de forrajeo. En el caso de *C. livia,* las muestras fueron tomadas de zonas con un contacto estrecho con humanos en las que son alimentadas por estos o tienen alta disponibilidad de alimentos. Esto puede reducir la necesidad de búsqueda y forrajeo, lo que implica que el ave se expone menos a microorganismos distintos a los que se encuentran presentes en los alimentos que suelen suministrarles o lugares donde perchan y como tal, tener comunidades bacterianas menos diversas. De forma similar, *C. atratus.* se encuentra de forma cercana al hombre en la ciudad, pero su labor de forrajeo es mayor dado que no es directamente alimentado por el humano y suele estar asociado a zonas de basuras y desechos, lo que los expone a una mayor cantidad de microorganismos y como tal tener comunidades bacterianas más diversas. Adicionalmente, la exposición a estas fuentes de alimentación hace que entre los microorganismos que se encuentren también haya más con potencial patogénico (Plaza *et al*, 2020).

La fisiología del tracto gastrointestinal es otro factor influyente en la composición del microbioma gastrointestinal de un individuo. En aves, el tracto gastrointestinal se divide en 9 secciones: cavidad oral, esófago, buche, proventrículo, molleja, intestino delgado, ciego, intestino largo y cloaca. Entre especies se presentan variaciones en las características de especies como el pH, el contenido de oxígeno y las comunidades microbianas

que regulan la colonización de otras bacterias, incluso patogénicas (Grond *et al.*, 2018). En el caso particular de *C. atratus* el estómago tiene un alto pH que ayuda a regular los microorganismos que colonizan (Plaza, Blanco and Lambertucci, 2020). Por otro lado, estudios han sugerido que la composición del microbioma es uno de los factores de mayor influencia en la protección al interactuar con el sistema inmune del hospedero y mediar la resistencia a la colonización de patógenos (Zepeda Mendoza *et al.*, 2018).

De acuerdo con lo reportado en la literatura, *C. livia* ha sido descrita como un portador de una gran cantidad de microorganismos con potencial patogénico y zoonótico para los seres humanos (Magnino *et al.*, 2009). En la clasificación taxonómica se encontró que para la familia Enterobacteriaceae la base de datos SILVA categorizó a nivel de género 328,034 lecturas como *Escherichia-Shigella*. Estos resultados pueden deberse a que la similaridad nucleotídica entre estos géneros es alta, lo que dificulta su diferenciación por métodos moleculares como la secuenciación del gen ARNr 16S (Devanga-Ragupathi *et al.*, 2018). Adicionalmente, algunos autores han planteado que, desde el punto de vista genómico, no existen diferencias fuertes que permitan separar ambos géneros y las especies del género *Shigella* son simplemente serotipos de *Escherichia* (Pettengill, Pettengill and Binet, 2016). El hallazgo de microorganismos con potencial patogénico del género *Streptoccocus*, *Campylobacter*, *Klebsiella* y la especie *Chlamydia psittaci* concuerda con lo reportado en otros estudios para *C. livia,* siendo esta última una infección común en las palomas a nivel mundial (Tanaka *et al.*, 2005; Magnino *et al.*, 2009; Santos *et al.*, 2020). A pesar de la distribución global y contacto estrecho que pueda tener *C. livia* con el humano, el riesgo de zoonosis de microorganismos patógenos de palomas a humanos es bajo pero existente (Haag- Wackernagel y Moch, 2004). Para *C. atratus*, su tipo de dieta, su relativa proximidad con los humanos en las ciudades y alimentación de fuente antropogénicas como basureros podría convertir a los buitres en fuentes de enfermedades causadas por patógenos zoonóticos que afecten a animales domésticos y seres humanos (Ogada *et al,* 2012; Oro *et al.*, 2013; Moleón *et al.*, 2014; Meng *et al.*, 2017; Plaza, Blanco and Lambertucci, 2020). Sin embargo, no se han reportado hasta el momento casos de transmisión buitre a humano, lo que no implica que no pueda ocurrir (Plaza *et al,* 2020).

Conclusiones

Las comunidades de bacterias encontradas en la materia fecal de *C. livia* y *C. atratus* de Colombia difieren en su composición taxonómica con las muestras de otros países. Enterobacteriaceae y Enterococcaceae fueron las familias más abundantes y frecuentes en *C. livia,* mientras que para *C. atratus* y *G. fulvus* fueron Fusobacteriaceae y Peptostreptococcaceae. Individualmente, las familias más abundantes para *C. livia* fueron similares en todos los casos, a excepción de Holanda, donde la familia más abundante fue Corynebacteriaceae. Para los buitres la composición bacteriana fue mucho más heterogénea y para las muestras de Colombia las familias más abundantes fueron Lachnospiraceae y Enterococcaceae. Los resultados sugieren una alta influencia de la dieta y la ubicación geográfica, y además concuerdan con la importancia de la taxonomía del huésped sobre el microbioma. Adicionalmente, se detectó

la presencia de microorganismos con potencial patogénico y zoonótico del género *Campylobacter*, *Streptococcus*, *Chlamydia* y *Atopobium* en las muestras de *C. livia* y *Clostridium*, *Klebsiella*, *Helicobacter*, *Fusobacterium*, *Campylobacter* y *Chlamydia* en *C. atratus*. El mayor número de lecturas correspondientes a microorganismos potencialmente patogénicos se encontró en las muestras de *C. atratus*, sin embargo, la mayor cercanía de *C. livia* con el ser humano podría incrementar el riesgo de zoonosis. Este estudio establece una línea base para el monitoreo del microbioma asociado a *C. livia* y *C. atratus* en la ciudad de Cali y su importancia en la salud pública. Como perspectivas a futuro, se espera continuar con el seguimiento de la composición del microbioma gastrointestinal, incluyendo un mayor número de muestras e incluso otras especies de aves, que permita evaluar y establecer los microorganismos asociados frecuentemente al grupo taxonómico aves, su influencia en la salud de estas y las posibles implicaciones en enfermedades de transmisión zoonóticas en la ciudad de Cali.

Agradecimientos

Al señor Davis Travis, que permitió la recolección de la muestra de gallinazo en la zona de La Reforma.

Literatura citada

Bardou, P. et al. 2014. jvenn: an interactive Venn diagram viewer, BMC Bioinformatics, 15 1, p. 293. Available at: https://doi.org/10.1186/1471-2105-15-293.

Bisanz, J.E. 2018. qiime2R: Importing QIIME2 artifacts and associated data into R sessions. Available at: https://github.com/jbisanz/qiime2R.

Bodawatta, K.H. et al. 2022. Avian gut microbiomes taking flight, Trends in Microbiology, 30 3, pp. 268–280. Available at: https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.tim.2021.07.003.

Bolyen, E. et al. 2019. Reproducible, interactive, scalable and extensible microbiome data science using QIIME 2, Nature Biotechnology, 37 8, pp. 852–857. Available at: https://doi.org/10.1038/s41587-019-0209-9.

Davidson, G.L. et al. 2020. Diet induces parallel changes to the gut microbiota and problem-solving performance in a wild bird, Scientific Reports, 10 1, p. 20783. Available at: https://doi.org/10.1038/s41598-020-77256-y.

Devanga Ragupathi, N.K. et al. 2018. Accurate differentiation of *Escherichia coli* and *Shigella* serogroups: challenges and strategies, New Microbes and New Infections, 21, pp. 58–62. Available at: https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.nmni.2017.09.003.

Dewar, M.L. et al. 2013. Interspecific variations in the gastrointestinal microbiota in penguins, Microbiology Open, 2 1, pp. 195–204. Available at: https://doi.org/https://doi.org/10.1002/mbo3.66.

Dietz, M.W. et al. 2022. Gut microbiota of homing pigeons shows summer-winter variation under constant diet indicating a substantial effect of temperature, bioRxiv, p. 2022.05.18.492417. Available at: https://doi.org/10.1101/2022.05.18.492417.

Douglas, G.M. et al. 2020. PICRUSt2 for prediction of metagenome functions, Nature Biotechnology, 38 6, pp. 685–688. Available at: https://doi.org/10.1038/s41587-020-0548-6.

Ebani, V. V et al. 2021. Survey on the Presence of Bacterial and Parasitic Zoonotic Agents in the Feces of Wild Birds, Veterinary Sciences. Available at: https://doi.org/10.3390/vetsci8090171.

Escallón, C., Belden, L.K. y Moore, I.T. 2019. The Cloacal Microbiome Changes with the Breeding

Season in a Wild Bird, Integrative Organismal Biology, 1 1, p. oby009. Available at: https://doi.org/10.1093/iob/oby009.

García-Amado, M.A. et al. 2018. Comparison of gizzard and intestinal microbiota of wild neotropical birds, PLOS ONE, 13 3 p. e0194857. Available at: https://doi.org/10.1371/journal.pone.0194857.

Grond, K. et al. 2018. The avian gut microbiota: community, physiology and function in wild birds, Journal of Avian Biology, 49 11, p. e01788. Available at: https://doi.org/https://doi.org/10.1111/jav.01788.

Heitlinger, E. et al. 2017. The Intestinal Eukaryotic and Bacterial Biome of Spotted Hyenas: The Impact of Social Status and Age on Diversity and Composition, Frontiers in Cellular and Infection Microbiology. Available at: https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fcimb.2017.00262.

Hird, S.M. et al. 2014. Sampling locality is more detectable than taxonomy or ecology in the gut microbiota of the brood-parasitic Brown-headed Cowbird *Molothrus ater*, PeerJ. Edited by R. Toonen, 2, p. e321. Available at: https://doi.org/10.7717/peerj.321.

Hird, S.M. et al. 2015. Comparative Gut Microbiota of 59 Neotropical Bird Species, Frontiers in Microbiology. Available at: https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmicb.2015.01403.

Leo, L. y Sudarshan, S. 2017. Tools for microbiome analysis in R. Microbiome package version 1.16.0, Bioconductor. Available at: http://microbiome.github.com/microbiome.

Ley, R.E. et al. 2008. Evolution of Mammals and Their Gut Microbes, Science, 320 5883, pp. 1647–1651. Available at: https://doi.org/10.1126/science.1155725.

Love, M.I., Huber, W. y Anders, S. 2014. Moderated estimation of fold change and dispersion for RNA-seq data with DESeq2, Genome Biology, 15 12, p. 550. Available at: https://doi.org/10.1186/s13059-014-0550-8.

McMurdie, P.J. y Holmes, S. 2013. phyloseq: An R Package for Reproducible Interactive Analysis and Graphics of Microbiome Census Data, PLOS ONE, 8 4, p. e61217. Available at: https://doi.org/10.1371/journal.pone.0061217.

Mia, M.M., Hasan, M. y Hasnath, M.R. 2022. Global prevalence of zoonotic pathogens from pigeon birds: A systematic review and meta-analysis, Heliyon, 8 6, p. e09732. Available at: https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09732.

Oliveira, B.C.M. et al. 2020. The fecal microbiota of wild and captive raptors, Animal Microbiome, 2 1, p. 15. Available at: https://doi.org/10.1186/s42523-020-00035-7.

Pettengill, E.A., Pettengill, J.B. y Binet, R. 2016. Phylogenetic Analyses of Shigella and Entero invasive *Escherichia coli* for the Identification of Molecular Epidemiological Markers: Whole-Genome Comparative Analysis Does Not Support Distinct Genera Designation, Frontiers in Microbiology. Available at: https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmicb.2015.01573.

Plaza, P.I., Blanco, G. y Lambertucci, S.A. 2020. Implications of bacterial, viral and mycotic microorganisms in vultures for wildlife conservation, ecosystem services and public health, Ibis, 162 4, pp. 1109–1124. Available at: https://doi.org/https://doi.org/10.1111/ibi.12865.

Quast, C. et al. 2013. The SILVA ribosomal RNA gene database project: improved data processing and web-based tools, Nucleic Acids Research, 41 D1 , pp. D590–D596. Available at: https://doi.org/10.1093/nar/gks1219.

Roggenbuck, M. et al. 2014. The microbiome of New World vultures, Nature Communications, 5 1 , p. 5498. Available at: https://doi.org/10.1038/ncomms6498.

Rosenberg, E. y Zilber-Rosenberg, I. 2013. Role of Microorganisms in Adaptation, Development, and Evolution of Animals and Plants: The Hologenome

Concept BT - The Prokaryotes: Prokaryotic Biology and Symbiotic Associations, in E. Rosenberg et al. eds. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, pp. 347–358. Available at doi.org/10.1007/978-3-642-30194-0_117.

Shetty, S.A. et al. 2018. Microbiomeutilities: An R package for utilities to guide in-depth marker gene amplicon data analysis, Ecophysiological insights into the human intestinal microbiota: from single strains to defined consortia, p. 95.

Spennemann, D. y Watson, M. 2017. Dietary Habits of Urban Pigeons Columba *livia* and Implications of excreta pH–A Review, European Journal of Ecology, 3, pp. 27–41. Available at: https://doi.org/10.1515/eje-2017-0004.

Sun, F. et al. 2022. The avian gut microbiota: Diversity, influencing factors, and future directions, Frontiers in Microbiology. Available at: https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmicb.2022.934272.

Trujillo, S.M. et al. 2022. Intrinsic and extrinsic factors influence on an omnivore s gut microbiome, PLOS ONE, 17 4, p. e0266698. Available at: https://doi.org/10.1371/journal.pone.0266698.

Vélez, D. et al. 2021. Distribution of birds in Colombia, Biodiversity Data Journal, 9, p. e59202. Available at: https://doi.org/10.3897/BDJ.9.e59202.

Waite, D. y Taylor, M. 2015. Exploring the avian gut microbiota: current trends and future directions, Frontiers in Microbiology. Available at: https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmicb.2015.00673.

Wickham, H. 2016. ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis. Springer-Verlag New York. Available at: https://ggplot2.tidyverse.org.

Wickham, H. et al. 2019. Welcome to the Tidyverse, Journal of open source software, 4 43 , p. 1686.

Wickham, H., Hester, J. y Chang, W. 2021. Devtools: Tools to Make Developing R Packages Easier; 2.4. 3. CRAN.

Youngblut, N.D. et al. 2018 Host diet and evolutionary history explain different aspects of gut microbiome diversity among vertebrate clades, Nature Communications, 10.

Zepeda-Mendoza, M.L. et al. 2018. Protective role of the vulture facial skin and gut microbiomes aid adaptation to scavenging, Acta Veterinaria Scandinavica, 60 1, p. 61. Available at: https://doi.org/10.1186/s13028-018-0415-3.

Zoelzer, F., Burger, A.L. y Dierkes, P.W. 2021. Unraveling differences in fecal microbiota stability in mammals: from high variable carnivores and consistently stable herbivores, Animal Microbiome, 3 1, p. 77. Available at: https://doi.org/10.1186/s42523-021-00141-0.

Solapamiento de nichos y dinámicas de depredación de las especies invasoras *Rattus* en la Isla Gorgona

Melany Villegas[1], Alejandra Jiménez[1], José Luis Moreno[1], Marlyn Zuluaga[1], Guisela Chaves[1], Maria Gabriela Quirama[1], Vladimir Rojas[1] y Mateo López-Victoria[1,*]

1 - Pontificia Universidad Javeriana Cali

*- Autor de Correspondencia: malov@javerianacali.edu.co

Resumen

Las especies introducidas pueden tener efectos profundos en los ecosistemas insulares a través de la competencia con especies nativas o la depredación directa. Este estudio examinó la dieta de las ratas invasoras en la isla Gorgona para determinar su impacto sobre las poblaciones nativas de cangrejos. En abril de 2016, se capturaron 31 ratas entre El Poblado y el Centro de Buceo. Catorce fueron identificadas como *Rattus norvegicus* (8 hembras, 6 machos) y 17 como *Rattus rattus* (15 hembras, 2 machos). A pesar de que los residentes de la Isla informaron haber observado restos de cangrejos en las madrigueras de las ratas y e indicios de depredación de las ratas invasoras a reptiles y aves, nuestros hallazgos descartan, por el momento, una presión de depredación significativa de estas especies invasoras para los cangrejos nativos. La dieta de ambas especies se compone principalmente de material vegetal, por lo que se ha identificado un posible traslape de nichos entre las dos especies de ratas introducidas y la rata semiespinosa nativa. Estos hallazgos subrayan la urgente necesidad de continuar investigando las repercusiones ecológicas de las ratas invasoras, como una amenaza significativa para el equilibrio ecológico de la Isla.

Palabras clave: Conservación, *Rattus,* Especies invasoras, Islas, Pacífico colombiano.

Abstract

Introduced species can have profound effects on island ecosystems through competition with native species or direct predation. This study examined the diet of invasive rats on Gorgona Island to determine their impact on native crab populations. In April 2016, 31 rats were captured between El Poblado and the Diving Center. Fourteen were identified as Rattus *norvegicus* (8 females, 6 males) and 17 as *Rattus rattus* (15 females, 2 males). Although island residents reported observing crab remains in rat burrows and evidence of predation by invasive rats on reptiles and birds, our findings currently do not demonstrate any significant predation pressure from these invasive species on the island's native crabs. The diet of both *Rattus* species is primarily composed of vegetal material, indicating a potential niche overlap between the two introduced rat species and the native spiny rat. These findings underscore the urgent need for continued research into the ecological repercussions of invasive rats as a significant threat to the island's ecological balance.

Keywords: Conservation, *Rattus*, Invasive species, Native crabs, Colombian Pacific.

Introducción

La colonización humana en islas oceánicas remotas ha ocasionado cambios drásticos en las dinámicas ecológicas, alterando significativamente la estructura y función de los ecosistemas, incluso desde antes que los científicos llegaran a documentarla (Keegan y Diamond, 1987; Connor et al., 2012; Castilla-Beltrán et al., 2021). Las actividades relacionadas con el establecimiento humano en las islas incluyen la tala de bosques, la construcción de infraestructura, la explotación de recursos, el tránsito de embarcaciones para el transporte de personas y mercancías, y la introducción de especies no nativas (Castilla-Beltrán et al., 2021; Fernández-Palacios et al., 2021). Entre los efectos más perjudiciales para las pequeñas y aisladas poblaciones de los ecosistemas insulares se encuentra la introducción de especies no nativas, que con frecuencia se convierten en invasoras, y pueden inducir una fuerte dinámica depredador-presa, o alterar la competencia por espacio y alimento, reduciendo la abundancia de especies nativas (Russell et al., 2017; Spatz et al., 2017). La rata negra (*Rattus rattus*) y la rata noruega (*Rattus norvegicus*) se encuentran entre los roedores más ampliamente distribuidos a nivel mundial (Feng y Himsworth, 2013), En particular, *R. rattus* ha sido clasificada como una de las 100 especies invasoras más perjudiciales del mundo, debido a su significativo impacto en la competencia y depredación con especies nativas (Ramírez et al., 2011).

Aunque las islas representan solo el 5.3% de la superficie terrestre global (Tershy et al., 2015), son auténticos epicentros de biodiversidad y, paradójicamente, también de pérdida de especies (Tershy et al., 2015; Spatz et al., 2017). Los ecosistemas insulares son vulnerables a las especies invasoras debido a su alto endemismo y la falta de grandes depredadores o herbívoros (Castilla-Beltrán et al., 2021) que permite a las especies introducidas ocupar los nichos de las especies nativas, e incluso transmitir parásitos o enfermedades que afectan gravemente a la fauna local (Smith et al., 2006). En la isla Gorgona se reconoce actualmente la presencia de *R. rattus y R. norvegicus*, que se cree llegaron durante el funcionamiento de la Prisión en la Isla, entre 1960 y 1984, o incluso antes, cuando Gorgona estuvo ocupada como propiedad privada (Puerta, 1986; Chavez et al., 2011). Bajo estas circunstancias, es crucial generar conocimiento sobre la ecología de las ratas invasoras en Gorgona, dado que la literatura sobre estas especies es escasa. Este estudio se enfocó en analizar la dieta de las ratas invasoras para evaluar si ejercen presión depredadora sobre especies nativas, especialmente los cangrejos terrestres *Cardisoma crassum, Gecarcinus nobili, G. quadratus, Jonhgarthia planata* y *Hypolobecera gorgonensis,* de los cuales se ha observado una disminución en sus poblaciones de acuerdo a la comunidad local de la Isla. Además, se investigó su distribución, proporción de sexos y especies (*R. rattus* y *R. norvegicus*) para fundamentar medidas de manejo y control para las autoridades ambientales.

Área de Estudio

La isla Gorgona (2°58’10” N - 78°11’05” O) está situada a 30 km del punto más cercano de la costa pacífica colombiana. Presenta un clima caracterizado por temperaturas medias anuales de 26 °C, con una humedad relativa promedio del 90% y una precipitación promedio anual de

6.891,4 mm (PNNG, 2023). Gorgona alberga una gran variedad de ambientes, como bosques de mangle y selva húmeda tropical con abundante vegetación que cubren el 86% de la Isla, lo que favorece la confluencia de una alta diversidad biológica dentro de un espacio relativamente pequeño que combina ecosistemas insulares y marinos (PNNG, 2023). La Isla presenta una pequeña urbanización llamada El Poblado (Figura 1) que ha ocasionado disminución de la cobertura vegetal, la introducción de plantas ornamentales y la instalación de fuentes de iluminación que favorecen la proliferación y concentración de insectos (PNNG, 2023). El estudio se llevó a cabo en tres sitios principales alrededor del centro poblado de la Isla (Figura 1). El primero corresponde a la zona del Poblado, donde se colocaron trampas en la casa Payán, los alrededores del comedor y la zona de casas. La segunda zona corresponde a las bodegas de residuos sólidos y almacenes, donde se guardan elementos de trabajo, material de reciclaje y residuos de comida. La tercera zona fue el Centro de Buceo, que para entonces se encontraba inactivo. Este Centro se encuentra luego de pasar una quebrada por el camino que lleva del Poblado a Palmeras.

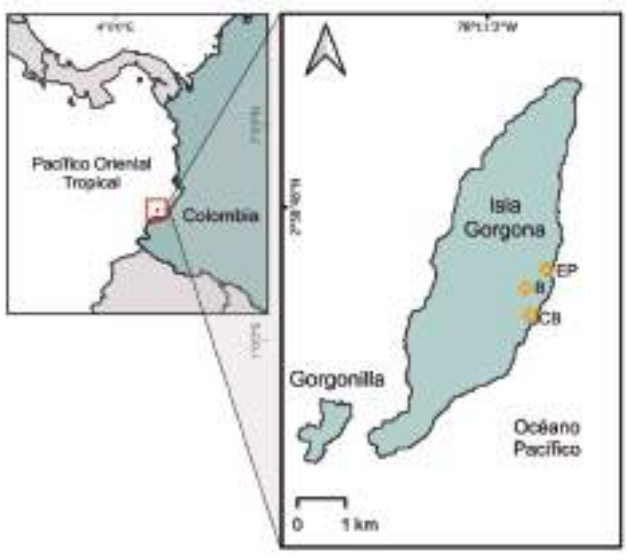


Figura 1. Ubicación de la isla Gorgona y sitios de muestreo. (EP) El Poblado. (B). Bodegas. (CB) Centro de Buceo.

Métodos

Captura de roedores

Para la captura de los individuos se utilizaron 25 trampas Tomahawk y 7 trampas Havahaart, distribuidas alrededor de tres zonas principales (Figura 1). Las zonas del Poblado y el depósito de residuos sólidos y almacenes fueron seleccionados por ser lugares con comida abundante para las ratas, mientras que el Centro de Buceo se seleccionó por ser un lugar distante de las zonas anteriormente mencionadas. Los cebos utilizados consistieron en una mezcla de avena, esencia de vainilla, aceite de pescado y comida para gatos. Por otro lado, para cada trampa se llevó registro de su posición, hora de apertura y cierre e individuos capturados.

Procesamiento de individuos capturados

Los individuos capturados fueron sacrificados dentro de la trampa utilizando una inyección letal intramuscular de 5 ml de bicarbonato de sodio en agua. Los individuos muertos fueron luego transportados hasta la estación de investigación donde, con un calibrador y una balanza, se registraron medidas de la cola, patas, orejas, longitud total y peso corporal. Luego se inyectó el estómago de cada rata con formol, para conservar los contenidos, y se asignó una etiqueta a cada rata procesada, con el consecutivo de captura y la trampa correspondiente, para finalmente ser almacenadas en bolsas gruesas con alcohol al 96%.

Entrevistas en campo

Se entrevistaron ocho personas con diferentes funciones en el Parque y con una experiencia en la Isla que osciló entre los 4 y los 19 años de presencia

(definida como haber tenido a Gorgona como su sitio de morada principal). Dos de ellos se encargan de las funciones relacionadas con el servicio del restaurante, otro es técnico administrativo y el resto trabaja en el área operativa, con funciones asociadas al mantenimiento y cuidado del Parque (tareas de control y vigilancia de pesquería ilegal, monitoreo de tortugas, censo de ballenas, turismo, educación ambiental, control de las ratas invasoras, entre otros), por lo que muchos de ellos conocen y frecuentan la mayor parte de la Isla.

Identificación de especies

Inicialmente se procesaron los cráneos de todas las ratas depositandolos en un terrario con coleópteros derméstidos, con el fin de obtener el cráneo libre de tejido diferente al óseo. Posteriormente, se midió de cada uno de los cráneos la longitud del diastema, correspondiente a la distancia desde el par de incisivos hasta el inicio de la fila molar. Además, se midió la longitud de la fila molar de cada individuo, utilizando un calibrador con precisión de 0,1 mm. Con estas medidas se realizó el cociente entre el diastema y la fila molar y, respecto a este valor, se clasificaron los cráneos. Para *Rattus rattus* el diastema es apenas más largo que la fila molar, mientras que en *Rattus norvegicus* el diastema es casi dos veces más largo que la fila molar (Mengak y Moore, 2012). Por otro lado, para complementar la clasificación de las especies se utilizaron otros caracteres definitorios como la proporción de la longitud de la cola respecto a la longitud total de la rata. Además, se realizaron observaciones de las crestas parietales y la forma de la bóveda craneana de cada individuo, buscando crestas parietales más paralelas para *Rattus norvegicus* y crestas redondeadas para *Rattus rattus* (Glass y Thies, 1997).

Análisis de contenidos estomacales

Se disectaron las ratas utilizando unas tijeras Mayo rectas de 13 cm. Se extrajo el estómago desde la zona del cardias unido al intestino delgado, el ciego y el intestino grueso; cada segmento se midió por separado, con ayuda de una regla de 30 cm, y se registraron los valores correspondientes. Posteriormente, se extrajeron los contenidos del estómago y el ciego, y se pesaron en la balanza por separado, para luego ser almacenados en recipientes diferentes en alcohol al 70%. Además, se registró el sexo del individuo buscando ovarios o testículos, y registrando la presencia de embriones y otros caracteres reproductivos. Para la revisión de los contenidos, se extendieron los contenidos de estómago y ciego en cajas Petri de 100 x 15 mm, y se secaron en un horno de bombillos, para facilitar la separación, clasificación y reconocimiento del material. El contenido se revisó utilizando un estereoscopio Nikon SMZ445, para clasificar el material en categorías, según fuera su origen (vegetal, animal, cangrejo, otros invertebrados, y material digerido). Las categorías se definieron teniendo en cuenta los principales alimentos encontrados en los estómagos y teniendo como referencia el estudio de Riofrío-Lazo y Páez-Rosas (2015), en el que estudiaron la dieta de *Rattus rattus* en Galápagos, y definieron categorías para la clasificación de los contenidos. Para cada contenido de estómago y ciego se estimaron los porcentajes y abundancias relativas de las categorías y se registraron los valores.

Resultados

Identificación de especies, abundancia de la población y proporción de sexos

Basados en las diferentes medidas morfométricas, se identificaron un total de 31 ratas, de las cuales 17 corresponden a la especie *Rattus rattus* y 14 a *Rattus norvegicus*. Los sitios con mayores capturas fueron el Centro de Buceo (n=13) y las Bodegas (n=11). Las abundancias relativas de las especies por sitio de muestreo, en relación al total de individuos capturados, se muestran en la Tabla 1. Un total de 15 individuos de *Rattus rattus* eran hembras y 2 machos, mientras que en *Rattus norvegicus* 7 fueron hembras y 5 machos (con dos individuos sin sexo identificable). Se observó una considerable variabilidad en los patrones de coloración del pelaje en ambas especies, lo que complicó la identificación basada únicamente en esta característica.

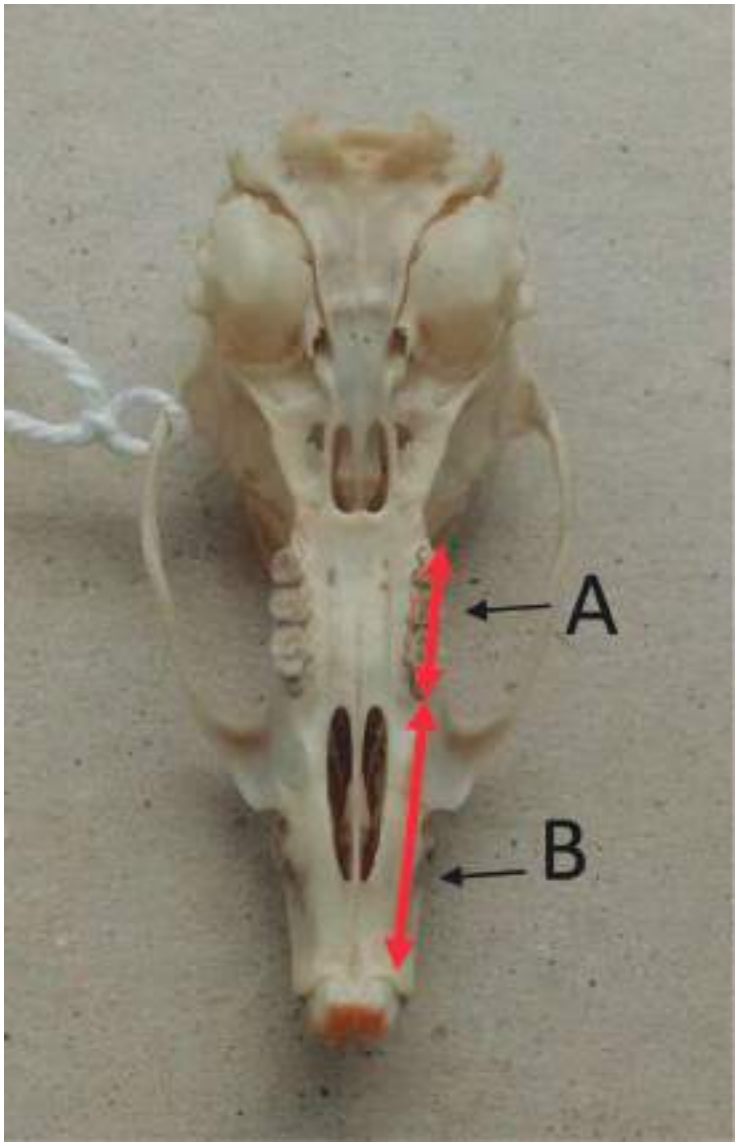


Figura 1 Cráneo de *Rattus norvegicus*. Se muestra el carácter principal usado para la identificación, en *R. norvegicus* la longitud del diastema (B) es alrededor de dos veces la longitud de la fila molar (A). Fotografía: Mateo López - Victoria

Tabla 1. Número de ratas capturadas por sitio de muestreo. Abundancia relativa de las especies por sitio en paréntesis (%).

Sitio	Especie		Total por sitio
	Rattus rattus	*Rattus norvegicus*	
El Poblado	4 (12.9)	3 (9.7)	7
Bodegas	4 (12.9)	7 (22.6)	1
Centro de Buceo	9 (29.0)	4(12.9)	13
Total por especie	**17**	**14**	**31**

Análisis de contenidos estomacales

La categoría con mayor abundancia relativa por sitio en los contenidos de los estómagos fue material vegetal, con valores que variaron entre 0.43 y 0.56. Por otro lado, gran parte de los contenidos corresponden a cebo y material sin identificar (ver Tabla 2). *R. norvegicus* presentó mayor abundancia relativa de material vegetal (AR= 0.51) que *R. rattus* (AR= 0.49). La presencia de material animal en las dos especies fue la misma (AR= 0.12). Sin embargo, en individuos *R. rattus* se encontraron tres quelas de cangrejo equivalentes a una abundancia relativa de 0.01.

Tabla 2. Abundancias relativas (AR) de los contenidos de estómago. Se muestran los valores relativos de las categorías para cada sitio de trampeo y para el total de ratas por especie.

Categoría Alimento	AR por sitio			AR por especie	
	El Poblado n=6	Bodegas n=10	Centro de Buceo n=13	*R.rattus n=17*	*R.norvegicus n=12*
Material Vegetal	0.43	0.56	0.47	0.49	0.51
Material animal	0.13	0.19	0.08	0.12	0.12
Pelos	0.03	0.11	0.05	0.06	0.04
Cangrejo	0.00	0	0	0.01	0
Otros Invertebrados	0.10	0.02	0.03	0.05	0.03
Otros	0	0.06	0	0	0.05
Material inerte y otros	0.44	0.25	0.45	0.39	0.37
Cebo	0.26	0.06	0.19	0.14	0.18
Artificial	0.02	0	0.01	0.01	0.00
Piedras	0.01	0.01	0.05	0.05	0.01
Material digerido (sin identificar)	0.15	0.18	0.20	0.19	0.18

En los contenidos de los ciegos la mayor parte fue material inerte y otros, con valores por encima de 0.40 de material sin identificar para las tres localidades (Tabla 3). El material animal obtuvo los menores valores de abundancia relativa por localidades y por especie. Sin embargo, hubo un valor alto en los contenidos de pelo (AR=0.20) y otros invertebrados (AR=0.15) en las ratas capturadas en El Poblado.

Entrevistas en campo: historias recientes de las ratas de Gorgona

Las entrevistas se llevaron a cabo con miembros clave de la comunidad de Gorgona, incluidos operarios de la isla con años de experiencia en el área que han observado el comportamiento de las ratas invasoras a lo largo del tiempo y el impacto en la fauna nativa (Tabla 1). Los ecosistemas de Gorgona han experimentado cambios significativos debido a la introducción de ratas (*Rattus* spp.), y la destrucción de hábitat desde la llegada de los primeros pobladores. Las poblaciones de *Boa constrictor* y *Bothrops atrox* en la Isla Gorgona han mostrado un notable declive, según reportan los pobladores locales. Estas especies, que se cree depredan sobre las ratas invasoras, ya no se observan con la misma frecuencia en los senderos o en la vegetación cercana al Poblado. Los miembros de la comunidad de Gorgona atribuyen esta disminución a los cambios en el hábitat causados por la llegada del primer operador turístico en 2007, cuando se removieron áreas cercanas al Poblado que constituían el hábitat principal de la rata semiespinosa (*Proechimys semispinosus*), una presa clave para ambas serpientes. Como consecuencia, las poblaciones

Tabla 3. Abundancias relativas (AR) de los contenidos del ciego. Se muestran los valores relativos de las categorías para cada sitio de trampeo y para el total de ratas por especie.

Categoría Alimento	AR por sitio			AR por especie	
	El Poblado n=6	Bodegas n=10	Centro de Buceo n=13	*R.rattus n=17*	*R.norvegicus n=12*
Material Vegetal	0.19	0.34	0.36	0.31	0.33
Material animal	0.36	0.10	0.16	0.19	0.17
Pelos	0.20	0.06	0.10	0.11	0.12
Cangrejo	0.01	0	0.01	0.00	0
Otros Invertebrados	0.15	0.04	0.03	0.08	0.03
Otros	0	0	0.02	0	0.02
Material inerte y otros	0.45	0.56	0.48	0.50	0.50
Cebo	0.23	0.04	0.05	0.12	0.02
Artificial	0.05	0.01	0.02	0.02	0.01
Piedras	0.04	0.02	0.06	0.03	0.07
Material digerido (sin identificar)	0.13	0.50	0.36	0.33	0.40

de serpientes pudieron haberse desplazado hacia zonas montañosas, reduciendo su presencia cerca al poblado, donde actualmente predominan estas ratas invasoras.

Discusión

La relativa abundancia similar de las dos especies invasoras del género *Rattus* sugiere que la isla proporciona recursos alimenticios y hábitats suficientes para permitir su coexistencia. *R. rattus* es más abundante en zona costeras tropicales (Bonnefoy et al., 2008), aunque se ha observado su presencia en áreas templadas (King et al., 2011) mientras que *R. norvegicus* está mejor adaptado a climas templados (King et al., 2011). Sin embargo, ambas especies se han extendido por todo el mundo a áreas urbanas y rurales con presencia de algún tipo de cuerpo de agua natural para crear sus madrigueras (Traweger et al., 2006; Flannelly et al., 1986). Es probable que, los pequeños ríos y cuerpos de agua rodeados de vegetación características de la selva tropical de Gorgona, aumenten aún más la idoneidad de hábitat que les permite crear las madrigueras a estas ratas. Aunque ambas especies han sido registradas en las mismas áreas, se ha evidenciado que las poblaciones de *R. rattus* y *R. norvegicus* presentan diferencias interespecíficas en la ocupación de sus respectivos nichos ecológicos por espacio para nidos y recursos. Se ha observado que *R. norvegicus*, tiene preferencias alimentarias más amplias, con una dieta más omnívora y presenta un comportamiento de exclusión competitiva más agresiva hacia *R. rattus,* que presenta una dieta de frutos y semillas (Feng y Himsworth, 2013; Guiry et al., 2024). Lo anterior sugiere que, puede haber una competencia por alimento con especies que ocupan un nicho similar, como la rata nativa semi-espinosa (*Proechymis semispinosus*) abundante en islas con alta cobertura forestal (Adler, 2000). Esta rata nativa se alimenta de frutos y semillas de grandes tamaños, funcionando como depredadores y dispersores importantes del sotobosque (Carvajal y Alder, 2008). Adicionalmente, esta especie tiene un notable potencial como fuente nutricional para las comunidades locales, como ha sido documentado por su consumo en la región del Chocó (Asprilla-Perea et al., 2012).

Durante las primeras dos noches, se capturó una cantidad significativa de individuos, pero en las noches posteriores, la captura de *R. rattus* y *R. norvegicus* disminuyó notablemente. Este patrón puede estar relacionado con la liberación de señales químicas por parte de las ratas capturadas en condiciones de estrés. Se ha evidenciado que los roedores son capaces de liberar feromonas de alarma, las cuales pueden alterar el comportamiento de los demás individuos y reducir sus actividades exploratorias y el riesgo de ser depredados (Kiyokawa et al., 2006). Por lo tanto, cambiar las trampas de ubicación podría ayudar a minimizar este efecto y aumentar las tasas de captura al reducir la influencia de las señales químicas en las ratas no capturadas. La disminución observada de *Gecarcinus nobili* en la isla inicialmente se atribuyó a la depredación por parte de estas especies invasoras. Sin embargo, los resultados no proporcionaron evidencia suficiente para establecer una correlación directa entre la presencia de las ratas y la disminución de los cangrejos, dado que las quelas encontradas representaron sólo una fracción mínima del total de los contenidos analizados. En la isla Gorgona, la dieta de las ratas está predominantemente compuesta por material vegetal. En particular,

el contenido animal se limitó mayormente a artrópodos, incluidos hormigas, élitros de coleópteros y algunos segmentos de miriápodos. Estos hallazgos son consistentes con el estudio de Riofrío-Lazo (2015), que documentó que la dieta de *R. rattus* y *R. norvegicus* está mayoritariamente compuesta por material vegetal, como frutos y semillas, con una ingesta de artrópodos considerablemente menor.

Nuestros resultados sugieren un posible traslape de nichos entre las dos especies de ratas introducidas y la rata semiespinosa nativa. Nuestros hallazgos descartan, por el momento, una presión de depredación significativa de estas especies invasoras sobre los cangrejos nativos de la isla. No obstante, se sabe que las dietas de estos dos roedores son en extremo versátiles, lo que los ha convertido de especies comensalista (Aplin, 2003), logrando colonizar y, en ocasiones infestar, muchos ecosistemas alrededor del mundo (Feng y Himsworth, 2013; Spatz et al., 2017; Guiry et al., 2024). Es importante hacer un seguimiento a las poblaciones de estos roedores introducidos, y su potencial impacto sobre la fauna nativa de Gorgona, ya sea por depredación o por competencia.

Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento a todo el personal del PNN Gorgona, en cabeza de su Jefe, Ximena Zorrilla, por todo el apoyo logístico y su permanente interés y respaldo a la generación de información científica que soporte la toma de decisiones. A la Pontificia Universidad Javeriana por el respaldo a nuestra investigación, a través de recursos para la investigación, materiales y equipos.

Literatura citada

Adler, G. H. (2000). Tropical tree diversity, forest structure and the demography of a frugivorous rodent, the spiny rat (*Proechimys semispinosus*). Journal of Zoology 250:57–74.

Aplin, K. P., Chesser, T., ten Have, J. (2003). Evolutionary biology of the *genus Rattus*: profile of an archetypalrodent pest. In: Singleton GR, Hinds LA, Krebs CJ, Spratt DM (eds) Rats, mice and people: Rodent biology and management. ACIAR, Canberra, pp 487–498

Asprilla-Perea, J., Mosquera Martinez, Y., y Moreno-López, A. (2012). *Proechimys semispinosus* (Spiny rats): A native species with promising potential for Afro-Colombian communities in the Chocó Department, Colombia. Caldasia, 34, 385–396.

Bonnefoy, X., Kampen, H. y Sweeney, K. (2008). Public health significance of urban pests. World Health Organization, Copenhagen.

Castilla-Beltrán, Á., de Nascimento, L., Fernández-Palacios, J.-M., Whittaker, R. J., Willis, K. J., Edwards, M., y Nogué, S. (2021). Anthropogenic transitions from forested to human-dominated landscapes in southern Macaronesia. Proceedings of the National Academy of Sciences, 118(40), e2022215118. https://doi.org/10.1073/pnas.2022215118

Feng, A., y Himsworth, C. (2013). The secret life of the city rat: A review of the ecology of urban Norway and black rats (*Rattus norvegicus* and *Rattus rattus*). Urban Ecosystems, 17. https://doi.org/10.1007/s11252-013-0305-4

Fernández-Palacios, J. M., Kreft, H., Irl, S. D. H., Norder, S., Ah-Peng, C., Borges, P. A. V., Burns, K. C., de Nascimento, L., Meyer, J.-Y., Montes, E., y Drake, D. R. (2021). Scientists' warning – The outstanding biodiversity of islands is in peril. Global Ecology and Conservation, 31, e01847. https://doi.org/10.1016/j.gecco.2021.e01847

Flannelly, K. J., Kemble, E. D., y Hori, K. (1986). Structure, contents, and distribution of roof rat (*Rattus rattus*) burrows in a rain forest. Journal of Comparative Psychology, 100(3), 208–214.

Glass, B. P., y Thies, M. L. (1997). A key to the skulls of North American mammals. BP Glass.

Gregory, H. Adler. (1995). Fruit and Seed Exploitation by Central American Spiny Rats, *Proechimys semispinosus*, Studies on Neotropical Fauna and Environment, 30:4, 237-244.

Guiry, E., Kennedy, R., Orton, D., Armitage, P., Bratten, J., Dagneau, C., Dawdy, S., de, Francia, Gaulton, B., Givens, , Sala, O., Laberge, A., Lavin, M., Miller, H., Minkoff, M. F., Niculescu, T., Noël, S., … Buckley, M. (2024). The ratting of North America: A 350-year retrospective on *Rattus species* compositions and competition. Science Advances, 10(14), eadm6755. https://doi.org/10.1126/sciadv.adm6755

Keegan, W. F., y Diamond, J. M. (1987). 2 - Colonization of Islands by Humans: A Biogeographical Perspective. In M. B. Schiffer (Ed.), Advances in Archaeological Method and Theory (pp. 49–92). Academic Press. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-003110-8.50005-0

King, C. M., Foster, S., y Miller, S. (2011). Invasive European rats in Britain and New Zealand: Same species, different outcomes. Journal of Zoology, 285(3), 172–179. https://doi.org/10.1111/j.1469-7998.2011.00827.x.

Kiyokawa, Y., Shimozuru, M., Kikusui, T., Takeuchi, Y., y Mori, Y. (2006). Alarm pheromone increases defensive and risk assessment behaviors in male rats. Physiology y behavior, 87(2), 383-387.

Mengak, M. T., y Moore, W. F. (2012). Key to the Skulls of Adult Mammals of Georgia and the Southeastern United States.

PNNG: Parque Nacional Natural Gorgona. (2023). Plan de manejo. Parque nacional natural Gorgona 2018-2023. Acceso: https://www.parquesnacionales.gov.co/wp-content/uploads/2020/10/plan-de-manejo-pnn-gorgona.pdf

Puerta, M.V., 1986.- Estos son los sueños de Gorgona. Boletín Cultural y Bibliográfico, 7 (23): 35-44.

Ramírez, H E., Ortega, M., Pérez, W A. y Marín, D. (2011). Historia de las especies de mamíferos exóticos en Colombia. Boletín científico museo de historia natural, 15 (2): 139 – 156.

Riofrío-Lazo, M., y Páez-Rosas, D. (2015). Feeding Habits of Introduced Black Rats, *Rattus rattus*, in Nesting Colonies of Galapagos Petrel on San Cristóbal Island, Galapagos. PloS one, 10(5), e0127901.

Russell, J. C., Meyer, J.-Y., Holmes, N. D., y Pagad, S. (2017). Invasive alien species on islands: Impacts, distribution, interactions and management. Environmental Conservation, 44(4), 359–370. https://doi.org/10.1017/S0376892917000297

Smith, K. F. y Carpenter, S. M. (2006). Potential spread of introduced black rat (*Rattus rattus*) parasites to endemic deer mice (*Peromyscus maniculatus*) on the California Channel Islands. Diversity and Distributions, 12: 742-748.

Spatz, D. R., Zilliacus, K. M., Holmes, N. D., Butchart, S. H. M., Genovesi, P., Ceballos, G., Tershy, B. R., y Croll, D. A. (2017). Globally threatened vertebrates on islands with invasive species. Science Advances, 3(10), e1603080. https://doi.org/10.1126/sciadv.1603080

Tershy, B. R., Shen, K.-W., Newton, K. M., Holmes, N. D., y Croll, D. A. (2015). The Importance of Islands for the Protection of Biological and Linguistic Diversity. BioScience, 65(6), 592–597. https://doi.org/10.1093/biosci/biv031

Traweger, D., Travnitzky, R., Moser, C., Walzer, C., y Bernatzky, G. (2006). Habitat preferences and distribution of the brown rat (*Rattus norvegicus* Berk.) in the city of Salzburg (Austria): Implications for an urban rat management. Journal of Pest Science, 79(3), 113–125. https://doi.org/10.1007/s10340-006-0123-z

Registros históricos de otáridos (Otariidae) en el Pacífico colombiano y cinco nuevos registros de lobos y leones marinos

Daniela Cruz-Gallo[1*] y Mateo López-Victoria[1]

Programa de Biología, Departamento de Ciencias Naturales y Matemáticas, Facultad de Ingeniería y Ciencias, Pontificia Universidad Javeriana Seccional Cali, Calle 18 No. 118-250, C.P. 760031 Pance, Cali, Colombia

*Autor de Correspondencia: danielacruzgallo@gmail.com

Resumen

Los registros de otáridos en Colombia son esporádicos; por lo general corresponden a individuos errantes provenientes de colonias ubicadas en costas y mares territoriales de otros países. Esta nota presenta una revisión bibliográfica sobre los avistamientos de otáridos en el Pacífico colombiano, presentamos además cinco nuevos registros. La búsqueda se basó en documentos publicados y en la recopilación de nuevos registros que contaban con material fotográfico disponible. La identificación de las especies se realizó utilizando guías especializadas y opiniones de expertos. El resultado final es una consolidación de todos los avistamientos de otáridos en el Pacífico colombiano, junto con una discusión sobre las posibles causas de su presencia en estas localidades del país.

Palabras Clave: Otariidae, Mamíferos marinos, colombian Pacific, climatic oscillations

Abstract

Otariid sightings in Colombia are sporadic, the records correspond to wandering individuals from colonies located in the territorial seas of other countries. This paper presents a literature review about otariid sightings in the Colombian Pacific and five new records. The search was based on published documents and the investigation of new records of which photographic material was available. Species identification was based on guides and expert opinions. The final result is a consolidation of all the sightings of otariids in the Colombian Pacific, and a discussion about the possible causes of their appearance in these localities of the country.

Key words: Otariidae, marine mammals, colombian Pacific, climatic oscillations

Introducción

Los otáridos son mamíferos que se han adaptado a la vida en mar abierto y en márgenes costeros de tierra firme o hielo. El cuerpo de estos animales es hidrodinámico, sus aletas se caracterizan por la disminución del tamaño de los huesos del brazo y la prolongación de los huesos de la mano. Toda la superficie de su cuerpo está cubierta de pelo denso, que les proporciona aislamiento térmico y protección contra la abrasión. La reproducción y crianza de los lobos y leones marinos tiene lugar en tierra firme o hielo, y las hembras paren anualmente un solo cachorro (Rodríguez y Bastida 2004, Berta *et al*. 2006). Las hembras crecen a lo largo de toda su vida, pero el crecimiento se ralentiza cuando alcanzan la madurez sexual, entre los 2 y 5 años. Los machos pueden ser dos veces más pesados que las hembras, en especies sudamericanas, y comienzan a participar en actividades reproductivas cuando tienen entre 7 y 12 años (Trillmich y Ono 1991, Romero 2009). Estos mamíferos se concentran en colonias de cientos o miles de individuos, pero pueden encontrarse individuos solitarios que hacen largas travesías, hasta cientos de kilómetros de distancia de sus colonias de origen probablemente relacionadas con factores intrínsecos como la época de reproducción y los cambios comportamentales consecuentes de este período, o con factores extrínsecos como las anomalías climáticas (Capella *et al.* 2002, Pérez-Alvarez *et al.* 2013, Sepúlveda *et al.* 2015).

Pese a que no existen colonias de lobos y leones marinos en el Pacífico colombiano y, por ende, no se puede hablar de una riqueza de especies de estos mamíferos en el país, existe información publicada sobre registros confirmados de individuos solitarios. Al menos cuatro especies han sido confirmadas: *Arctocephalus australis* (Flórez-González y Capella 2001), *Arctocephalus galapagoensis* (Flórez-González y Capella 2001, Capella *et al*. 2002, Herrera Carmona *et al*. 2011), *Otaria flavescens* (Capella *et al*. 2002) y *Zalophus wollebaeki* (Palacios *et al*. 1997, Capella *et al*. 2002, Herrera Carmona *et al*. 2011). Uno de los primeros reportes de otáridos en el Pacífico colombiano fue registrado en el mes de marzo de 1970, en Isla Palma, y a partir de ese registro, todos los demás estudios que incluyen información sobre este grupo de mamíferos se han basado en avistamientos ocasionales. En el presente trabajo se consolidan todos los registros consignados en literatura científica publicada, y se adicionan cinco nuevos registros con algunas posibles explicaciones sobre la presencia de estos organismos en aguas del Pacífico colombiano.

Materiales y métodos

Se realizó una revisión de literatura científica publicada sobre lobos y leones marinos (Otariidae) en el Pacífico colombiano y una búsqueda de nuevos registros que no hubiesen sido publicados. La revisión de literatura se hizo a través del motor de búsqueda en internet Google Scholar, bibliotecas de las principales universidades en Cali y consultas a expertos. La búsqueda de registros no publicados se hizo a través de consultas telefónicas y personales a los centros de buceo en Cali, esfuerzo que fue replicado entre los dueños de esos centros de buceo y la comunidad de buzos recreativos que habitualmente utilizan sus servicios. Treinta y dos de los treinta y siete avistamientos totales se obtuvieron de la revisión de literatura. Los cinco registros adicionales, no publicados, corresponden a avistamientos soportados por fotografías o videos hechos por Juan Andrés Medina, estudiante de Biología de la Pontificia Universidad Javeriana Cali, por Jorge Alberto Ramírez, Camilo Fandiño y Alfredo Parra, buzos recreativos, y por Miguel Puyo, propietario del hotel La Kuka, en Playa

Guachalito. Uno de los nuevos registros solo pudo ser identificado hasta familia; los cuatro registros restantes fueron identificados hasta género. Los nuevos registros fueron reportados en localidades entre la isla Gorgona (2°58'N, y 78°11'W) y Cabo marzo (6°53''N, y 77°36''W).

Para explorar preliminarmente la hipótesis de que los viajes esporádicos de lobos y leones marinos al Pacífico colombiano pueden estar relacionados con eventos ambientales, se revisó la información sobre registros de ocurrencia de eventos climáticos de El Niño y La Niña en la página de Golden Gate Weather Services (www.ggweather.com). Se relacionaron las fechas de ocurrencia de anomalías climáticas con las fechas de avistamientos de otáridos en el Pacífico colombiano.

Resultados y Discusión

Cinco nuevos registros respaldados con fotografías fueron logrados en el costado occidental de Isla Palma, Bahía Málaga, en Nuquí, en Playa Guachalito, en la isla Gorgona y en Cabo Marzo (Figura 1). El consolidado de todos los avistamientos de lobos y leones marinos hechos en el Pacífico colombiano arrojó un total de 37 registros de cuatro especies de otáridos (Anexo 1). Adicionalmente, se presenta un mapa que indica las localidades a lo largo del Pacífico colombiano donde fueron reportados los avistamientos que se registran en la Tabla 1 (Figura 2).

A partir de los registros consignados en la Tabla 1 y de la ocurrencia o no de anomalías climáticas cercanas a las fechas de los avistamientos se observó que independientemente de si hubo o no anomalía climática, se hicieron avistamientos de estos mamíferos marinos en aguas colombianas. En cuanto al aspecto espacial de los registros, se distribuyen por toda la costa continental del país en el Pacífico, así como en las dos islas principales, Malpelo y Gorgona.

Figura 1. Nuevos registros de lobos y leones marinos en el Pacífico colombiano: A) Lobo marino en el costado occidental de Isla Palma (Foto: Juan Andrés Medina). B) Lobo marino en Nuquí, Chocó (Foto: Jorge Alberto Ramírez). C) Lobo marino en Playa Guachalito, Chocó (Foto: Miguel Puyo). D) Lobo marino en la isla Gorgona (Foto: Camilo Fandiño). E) León marino en Cabo marzo, Chocó (Foto: Alberto Parra)

Figura 2. Mapa general del Pacífico colombiano, con las localidades donde se han registrado otáridos históricamente (con base en los registros relacionados en la Tabla 1.

La mayor cantidad de avistamientos de lobos marinos registrados en el Pacífico colombiano corresponden a la especie *Zalophus wollebaeki* con doce registros. Esta especie se encuentra normalmente en las islas Galápagos y presenta una colonia en la isla de la Plata, en la costa del Ecuador (1°17'S, y 81°04'W) (Ceballos *et al. 2010*). *Arctocephalus galapagoensis* es la siguiente especie más recurrente en las aguas del Pacífico colombiano, con 11 registros, y sus colonias se restringen a las islas Galápagos (Montero-Cordero *et al.* 2010). Con solo tres avistamientos, la especie *Otaria flavescens* también ha sido reportada en el Pacífico colombiano. Esta especie presenta uno de los rangos geográficos más amplios entre los otáridos: se encuentra desde Torres en el sur de Brasil (26°20'S, 49°43'W) hasta Cabo de Hornos en el extremo sur de la costa atlántica (55°58'S, 67°17'W), y desde Cabo de Hornos hasta Zorritos en el norte de Perú (3°40'S, 80°40'W) (Cappozzo y Perrin 2009). Se reporta un solo avistamiento de la especie *Arctocephalus australis*, lobo marino que se distribuye a lo largo de las costas del Atlántico Sur Occidental en el sur de Brasil, Uruguay, Argentina y las islas Malvinas, y en el Pacífico Sur Oriental en Chile y Perú. (Cárdenas-Alayza 2018).

A partir de las distribuciones de las colonias de lobos y leones marinos se ha planteado que los individuos solitarios reportados en el Pacífico colombiano realizan excursiones viajando entre 900 y 2.400 km desde sus colonias de origen (Capella *et al.* 2002). Los cinco nuevos avistamientos obtenidos se pueden considerar incursiones puntuales y aisladas de individuos errabundos, teniendo en cuenta las dinámicas poblacionales "habituales" de lobos y leones marinos con amplios ámbitos de forrajeo. En *Otaria flavescens*, por ejemplo,

se estableció que los viajes de las hembras duran una media de 3.4 días, y que la distancia media de viaje es cercana a 206 km. Por otro lado, los viajes de los machos pre-reproductores duran una media de 5.7 días, y la distancia media de viaje es cercana a 591 km (Campagna *et al*. 2001).

Teniendo en cuenta que los movimientos de los individuos dentro de las colonias abarcan distancias relativamente pequeñas, los avistamientos en el Pacífico colombiano de individuos solitarios podrían estar relacionados con cambios ambientales, resultado de eventos climáticos. El Niño es una condición oceanográfica/ meteorológica que causa el arrastre de aguas cálidas hacia las corrientes oceánicas frías, a lo largo del margen oriental del Pacífico tropical (Trillmich y Ono 1991). Durante esta oscilación climática, la distribución y la calidad de las presas para los pinnípedos disminuye, generando cambios en el comportamiento migratorio y la dispersión reproductiva en las colonias (Trillmich 1993). Una hipótesis es que, el impacto de estas oscilaciones climáticas, como El Niño, pueden ocasionar la reducción de la capacidad de carga de las localidades donde se distribuyen normalmente los lobos y leones marinos (Trillmich 1993), y por esta razón, individuos jóvenes buscan desplazarse a otras zonas de forrajeo, algunas de ellas en el Pacífico colombiano.

Otra hipótesis es que los efectos del Fenómeno Frío del Pacífico contribuyan a que los lobos y leones marinos lleguen hasta las aguas del Pacífico colombiano. La Niña se manifiesta en Colombia como una disminución de la temperatura superficial del océano y un aumento de las precipitaciones. En términos generales, se refiere al enfriamiento de las aguas del Pacífico central y oriental, gracias al fortalecimiento de los vientos alisios del este (Pabón-Caicedo *et al.* 2001). La explicación de la presencia de lobos y leones marinos en Colombia durante La Niña supone que, al enfriarse las aguas del Pacífico colombiano, se alcanzan temperaturas cercanas a las de aguas templadas de otras latitudes del Pacífico oriental, donde se encuentran las colonias de otáridos. Bajo estas conexiones temporales entre masas de agua con temperaturas semejantes, algunos machos jóvenes o machos sub-adultos podrían buscar nuevos espacios para colonizar, saliendo de sus colonias y llegando al Pacífico colombiano, ayudados por las corrientes superficiales.

Al margen de estos dos escenarios de oscilaciones climáticas favoreciendo el desplazamiento de otáridos hacia aguas colombianas, los registros de estos mamíferos en años considerados neutros sugieren que su presencia en el país no necesariamente está asociada a, aunque sí puede ser favorecida por, anomalías climáticas. En cualquier caso, el hecho de que todos los registros en aguas colombianas hayan sido efectuados en forma esporádica y no obedezcan a un programa de monitoreo con una metodología estandarizada, dificulta los análisis, así como respuesta a estos interrogantes. Por lo pronto, y por tratarse de organismos que no tienen colonias reproductivas en Colombia, mantener al menos estos registros organizados y actualizados es un primer paso para comprender algo de su ecología en aguas cálidas del Pacífico Este tropical.

Agradecimientos

Queremos agradecer a Juan Andrés Medina, Jorge Alberto Ramírez, Camilo Fandiño, Alfredo Parra y Miguel Puyo, por el material fotográfico proporcionado sobre avistamientos de lobos marinos en el Pacífico colombiano. También a los biólogos Marc Webber, Lilián Flórez y Juan Capella, por su contribución en la identificación de los individuos fotografiados.

Literatura citada

Berta A., JL Sumich y KM Kovacs. 2006. Pinniped Evolution and Systematics. In: Berta A, JL Sumich y KM Kovacs (eds). Marine Mammals Evolutionary Biology 2: 27-50. Academy Press, San Diego.

Campagna C, R Werner, W Karesh, MR Marín, F Koontz, R Cook y C Koontz. 2001. Movements and location at sea of South American sea lions (*Otaria flavescens*). The Zoological Society of London 255(2): 205-220.

Capella JJ, L Flórez-González, P Falk-Fernández y DM Palacios. 2002. Regular appearance of otariid pinnipeds along the Colombian Pacific coast. Aquatic Mammals 28(1): 67-72.

Capozzo HL y WF Perrin. 2009. South american sea lion *Otaria flavescens*. In Perrin WF, B Würsig y JGM Thewissen (eds). Encyclopedia of Marine Mammals 2: 1076-1079. Academy Press.

Cárdenas-Alayza S. 2018. South american fur seal *Arctocephalus australis*. In: Würsig B, JGM Thewissen y KM Kovacs (eds). Encyclopedia of Marine Mammals 3: 905-907. Academy Press.

Ceballos G, S Pompa, E Espinoza y A García. 2010. Extralimital distribution of Galápagos (*Zalophus wollebaeki*) and northern (*Eumetopias jubatus*) sea lions in México. Aquatic mammals 36(2): 188-194.

Flórez-González L y Capella JJ. 2001. Mamíferos marinos locales y regionales. En: Barrios L y M López-Victoria (eds). Gorgona marina: Contribución al conocimiento de una isla única, pp. 133-140. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives de Andreis, Santa Marta.

Herrera-Carmona J.C, J.J Capella-Azueta, G.A Soler, S. Bessudo, C. García y L. Flórez-González. 2011. Ocurrencia y tasas de encuentro de mamíferos marinos en las aguas de la isla Malpelo y hacia el continente. En: Acero y López-Victoria (eds). Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras, pp. 57-78. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives de Andreis, Santa Marta.

Montero-Cordero A, D Martínez Fernández y G Hernández-Mora. 2010. Mammalia, Carnívora, Otariidae, *Arctocephalus galapagoensis* Heller, 1904: First continental record for Costa Rica. Check List 6(4): 630-632.

Palacios DM, F Félix, L Flórez-González, JJ Capella, D Chiluiza y BJM Haase. 1997. Sightings of Galápagos sea lions (*Zalophus californianus wollebaeki*) on the coasts of Colombia and Ecuador. Mammalia 61(1): 114-116.

Pabón Caicedo JD, J Zea, G León, G Hurtado, OC González y JE Montealegre. 2001. La atmósfera, el tiempo y el clima. En: Leyva P (ed). El medio ambiente en Colombia, pp. 34-113. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Bogotá.

Pérez-Alvarez MJ, P Carrasco, M Sepúlveda y RA Quiñones. 2013. Comparison of behavioral patterns of south american sea lions between breeding and non-breeding seasons. Revista de Biología Marina y Oceanografía 48(1): 155-163

Rodríguez D y R Bastida. 2004. Lobos marinos y focas. En: Boschi EE y MB Cousseau (eds). La vida entre mareas: vegetales y animales de las costas de Mar del Plata, Argentina, pp. 309-322. Instituto Nacional de investigación y Desarrollo Pesquero, Buenos Aires.

Romero A. 2009. Marine Mammals of the World III: Pinnipeds, other carnivores, and Sirenia. In: Romero A (ed). The Biology of Marine Mammals 1: 156-217. Arkansas State University, Jonesboro.

Sepúlveda M, M Santos, R Veas, L Muñoz, D Olea, R Moraga y W Sielfeld. 2015. Annual, seasonal and daily variation in the abundance of the south american sea lion *Otaria flavescens* in two breeding colonies in Northern Chile. Revista de Biología Marina y Oceanografía 50(2): 205 – 220

Trillmich F y KA Ono. 1991. Pinnipeds and El Niño, 293 pp. Springer-Verlag, New York.

Trillmich F. 1993. Influence of rare ecological events on pinniped social structure and population dynamics. The Zoological Society of London. 66: 95 -114.

Anexo 1. Consolidado histórico de registros de otáridos en el Pacífico colombiano y registro de ocurrencia de anomalías climáticas

	Especie	Fecha de registro	Ocurrencia de anomalía	Lugar de registro	Latitud	Longitud	Fuente de registro del avistamiento
1	Otariidae sp.	marzo 1970	Neutro	Isla Palma	3°54'N	77°21'W	Capella *et al*. 2002
2	Otariidae sp.	abril 1972	Neutro	Isla Palma	3°54'N	77°21'W	Capella *et al*. 2002
3	*Arctocephalus australis*	marzo 1983	El Niño	Isla Gorgona	2°58'N	78°11'W	Flórez-González y Capella 2001
4	*Zalophus wollebaeki*	18 noviembre 1983	La Niña	Isla Gorgona	2°58'N	78°11'W	Palacios *et al*. 1997
5	*Zalophus wollebaeki*	21 diciembre 1983	La Niña	Isla Gorgona	2°58'N	78°11'W	Palacios *et al*. 1997
6	*Zalophus wollebaeki*	18 abril 1984	Neutro	Isla Gorgona	2°58'N	78°11'W	Palacios *et al*. 1997
7	*Zalophus wollebaeki*	22 septiembre 1987	El Niño	Isla Gorgona	2°58'N	78°11'W	Palacios *et al*. 1997
8	*Zalophus wollebaeki*	Finales de 1988	La Niña	Isla Gorgona	2°58'5N	78°11'W	Palacios *et al*. 1997
9	*Otaria flavescens*	1993	Neutro	Bocana Limones	2°40'N	77°51'W	Capella *et al*. 2002
10	*Arctocephalus galapagoensis*	mayo 1993	Neutro	Isla Gorgona	2°58'N	78°11'W	Flórez-González y Capella 2001
11	*Arctocephalus galapagoensis*	mayo 1996	Neutro	Tumaco	1°50'N	78°47'W	Capella *et al*. 2002
12	*Otaria flavescens*	28 agosto 1996	Neutro	El Almejal beach	6°8'N	77°18'W	Capella *et al*. 2002
13	*Arctocephalus galapagoensis*	junio 1997	El Niño	Isla Gorgona	2°58'N	78°11'W	Flórez-González y Capella 2001
14	Otariidae sp.	junio 1997	El Niño	Golfo de Tribugá	6°N	77°20'W	Capella *et al*. 2002
15	*Arctocephalus galapagoensis*	17 junio 1997	El Niño	Tumaco	1°50'N	78°47W	Capella *et al*. 2002
16	*Arctocephalus galapagoensis*	12 julio 1997	El Niño	Coqui	5°37'N	77°23'W	Capella *et al*. 2002
17	*Arctocephalus galapagoensis*	septiembre 1997	El Niño	Isla Gorgona	2°58'N	78°11'W	Flórez-González y Capella 2001
18	*Zalophus wollebaeki*	diciembre 1997	El Niño	Tumaco	1°50'N	78°47'W	Capella *et al*. 2002
19	*Arctocephalus galapagoensis*	11 marzo 1998	El Niño	Tumaco	1°50'N	78°47'W	Capella *et al*. 2002
20	*Arctocephalus galapagoensis*	23 marzo 1998	El Niño	Tumaco	1°50'N	78°47'W	Capella *et al*. 2002
21	*Zalophus wollebaeki*	mayo 1998	El Niño	Tumaco	1°50'N	78°47'W	Capella *et al*. 2002
22	*Arctocephalus galapagoensis*	10 mayo 1998	El Niño	El Valle	6°7'N	77°25'W	Capella *et al*. 2002

	Especie	Fecha de registro	Ocurrencia de anomalía	Lugar de registro	Latitud	Longitud	Fuente de registro del avistamiento
24	*Zalophus wollebaeki*	23 julio 1998	La Niña	Isla Malpelo	3°58'N	81°35'W	Capella *et al*. 2002
25	*Arctocephalus galapagoensis*	agosto 1998	La Niña	Tumaco	1°50'N	78°47'W	Capella *et al*. 2002
26	Otariidae sp.	agosto 1999	La Niña	Isla Gorgona	2°58'N	78°11'W	Capella *et al*. 2002
27	*Zalophus wollebaeki*	marzo 2000	La Niña	Isla Malpelo	3°58'N	81°35'W	Capella *et al*. 2002
28	*Otaria flavescens*	10 abril 2001	Neutro	Cabo Corrientes	5°30'N	77°40'W	Capella *et al*. 2002
29	*Zalophus* sp.	2004	–	Cabo marzo	6°53'N	77°36'W	Alberto Parra
30	*Arctocephalus galapagoensis*	2005	–	Isla Malpelo	4°00'N	81°35'W	Herrera Carmona *et al*. 2011
31	*Zalophus wollebaeki*	octubre 2005	Neutro	Isla Malpelo	4°00'N	81°35'W	Herrera Carmona *et al*. 2011
32	*Zalophus wollebaeki*	noviembre 2005	La Niña	Isla Malpelo	4°00'N	81°35'W	Herrera Carmona *et al*. 2011
33	*Zalophus wollebaeki*	agosto 2009	El Niño	Isla Malpelo	4°00'N	81°35'W	Herrera Carmona *et al*. 2011
34	*Arctocephalus* sp.	febrero 2019	El Niño	Playa Guachalito	5°37'N	77°24'W	Miguel Puyo
35	*Arctocephalus* sp.	4 mayo 2019	El Niño	Isla Palma	3°54'N	77°21'W	Juan Andrés Medina
36	*Arctocephalus* sp.	4 mayo 2019	El Niño	Nuquí	5°42'N	77°16'W	Jorge Alberto Ramírez
37	Otariidae sp.	17 diciembre 2019	Neutro	Isla Gorgona	2°58'N	78°11'W	Camilo Fandiño

Agresión interespecífica en dos especies de zambullidores (Aves: Podicipedidae)

Luis Germán Naranjo[1]

1.Investigador independiente, ludocitrus@gmail.com.

Resumen

En esta nota se describe varias instancias de comportamiento agonístico territorial entre individuos adultos de las dos especies de zambullidores presentes en los humedales del alto valle del río Cauca, incluyendo la usurpación de un nido.

Abstract

This note describes several agonistic encounters among adults of the two species of grebes occurring in the wetlands of the upper Cauca River valley, including one nest usurpation.

Según la concepción tradicional de la teoría del nicho ecológico, la competencia entre especies estrechamente relacionadas puede reducirse mediante varios mecanismos: especialización morfológica, explotación de diferentes recursos, diferenciación de estrategias reproductivas, etcétera (Koffel et al. 2021). Las especies emparentadas que viven en un mismo hábitat usualmente difieren tanto en morfología como en estrategias de vida y, en consecuencia, los contactos agonísticos interespecíficos son relativamente infrecuentes.

El zambullidor chico (*Tachybaptus dominicus*) y el zambullidor piquigrueso (*Podilymbus podiceps*) son simpátricos desde Arizona y Texas en el suroeste de los Estados Unidos hasta Perú y Argentina (Blake 1977), en donde habitan charcas y lagunas con abundante vegetación flotante y emergente. Ambas especies explotan recursos alimenticios similares tales como hemípteros y coleópteros acuáticos, larvas de odonatos y pequeños peces (ver Muller y Storer 2020 y Storer 2020 para una recopilación de referencias sobre sus dietas) y además construyen plataformas flotantes similares, empleando restos de plantas acuáticas, para anidar. Sin embargo, difieren significativamente en tamaño (22–27 cm; 112–182 g [Storer 2020] *vs*. 30.5–38.1 cm; 253–568 g [Muller y Storer 2020]) y las diferencias en la forma y el tamaño de sus picos probablemente minimizan la competencia por el alimento.

Durante 1981 y 1982, como parte de un estudio de la avifauna asociada a la ganadería en el norte del Valle del Cauca (Naranjo 1992), hice observaciones semanales en una pequeña laguna (9.721 m^2), en las inmediaciones de Ansermanuevo (76°W, 4°47'N, 930 m), en donde estos dos zambullidores estaban presentes de manera continua y al menos *T. dominicus* anidaba regularmente. El 24 de marzo de 1982 encontré un nido flotante de esta especie, en el cual había tres huevos. Durante las siguientes cuatro semanas hice seguimiento de este nido con un telescopio 15-30X y binoculares 8 x 30. Durante las primeras 16 horas (tiempo acumulado) de observación no registré ningún tipo de despliegue agonístico de las dos aves adultas a pesar de la proximidad de varias aves acuáticas al nido (*Nomonyx dominicus, Dendrocygna bicolor, D. autumnalis, Gallinula galeata* y *Jacana jacana*) y el único individuo de *P. podiceps* presente en la laguna estuvo siempre muy retirado de la plataforma de anidación.

El 21 de mayo a las 07:35, cuando arribé al sitio de observación, noté que el nido estaba vacío y que uno de los zambullidores chicos estaba empujando con el pico un huevo que flotaba en la superficie mientras su compañero asumía la postura de alerta descrita por Storer (1976). Cuando el primer adulto llegó a la plataforma, subió a ella y tomó el huevo con el pico, sosteniéndolo un par de segundos antes de regresar al agua. En ese preciso momento un zambullidor piquigrueso adulto emergió detrás del nido en una

postura agresiva y se zambulló por debajo del nido para atacar a la pareja de zambullidores chicos. Durante los siguientes ocho minutos esta acción se repitió tres veces, la última de las cuales el agresor persiguió a la pareja corriendo sobre la superficie del agua, antes de retornar a la plataforma y subirse a ella para echarse durante los siguientes seis minutos. Entre las 08:29 y las 09:00, cuando terminé mi observación, el zambullidor piquigrueso atacó 15 veces a uno o a ambos zambullidores chicos, en aparente defensa del nido.

La usurpación de este nido no se puede interpretar como robo pues al día siguiente encontré la estructura desocupada a pesar de que los tres zambullidores involucrados en el incidente aún estaban en la laguna. Por otra parte, la competencia por sitios de anidación o por material para construir plataformas tampoco es una causa probable de este comportamiento. La laguna tenía un amplio cinturón de vegetación emergente alrededor del espejo de agua y su fondo estaba cubierto de material vegetal en descomposición.

Durante los dos meses siguientes observé nuevos ataques del zambullidor piquigrueso a la pareja de zambullidores chicos, lo mismo que dos tipos de interacciones agresivas de estos hacia por lo menos cuatro especies de aves acuáticas: además del zambullidor piquigrueso, hacia *N. dominicus, D. bicolor* y *G. galeata.* El primero consistió en un despliegue de amenaza seguido por una persecución correteando sobre la superficie de la laguna y el segundo, ataques directos por debajo del agua sin ningún tipo de despliegue de amenaza precedente. Estas interacciones agonísticas adicionales sugieren una hipótesis alterna para explicar la usurpación del nido de los zambullidores chicos, relacionada con el tamaño de la laguna en la que hice mis observaciones, pues de su área total apenas 1.385 m^2 corresponden al espejo de agua en el que se concentraba la mayor parte de la avifauna de este sitio. Gross (1949) señaló que, en pequeños ambientes acuáticos, los zambullidores piquigruesos dominan a los zambullidores chicos e incluso pueden atacar y dar muerte a sus polluelos, mientras que Storer et al. (1976) mencionan que durante la época reproductiva los zambullidores piquigruesos amenazan y persiguen a los zambullidores chicos. Dado que el agresor en este incidente era un ave adulta en plumaje reproductivo, resulta entonces plausible suponer que se haya tratado de un evento de agresión territorial interespecífica.

Literatura citada

Blake, E. R. 1977. Manual of Neotropical Birds, Part 1. Chicago: The University of Chicago Press.

Gross, A. O. 1949. The Antillean Grebe at central Soledad, Cuba. Auk 66:42.

Koffel, T., Daufresne, T. y C. A. Klausmeier. 2021. From competition to facilitation and mutualism: a general theory of the niche. Ecological Monographs 91(3), e01458.

Muller, M. J. y R. W. Storer. 2020. Pied-billed Grebe (*Podilymbus podiceps*), version 1.0. In Birds of the World (A. F. Poole y F. B. Gill, Editors). Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, NY, USA. https://doi.org/10.2173/bow.pibgre.01

Naranjo, L.G. 1992. Estructura de la avifauna en un área ganadera en el Valle del Cauca, Colombia. Caldasia 17:55-66.

Storer, R. W. 1976. The behavior and relationships of the Least Grebe. San Diego Soc. Nat.Hist. Trans. 18:113-126.

Storer, R. W. 2020. Least Grebe (*Tachybaptus dominicus*), versión 1.0. In Birds of the World (A. F. Poole, Editor). Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, NY, USA. https://doi.org/10.2173/bow.leagre.01

Storer, R. W., W. R. Siegfried y J. Kinahan. 1976. Sunbathing in grebes. Living Bird 14:45-56.

Avifauna de Bajo Nuevo y Bajo Alicia, los territorios más septentrionales de Colombia

Felipe A. Estela[1]

1 - Pontificia Universidad Javeriana - Cali, felipe.estela@javerianacali.edu.co.

Resumen: En esta nota presento las aves registradas en la Isla Cayo Bajo Nuevo, el territorio más norte de Colombia. Durante una expedición científica en noviembre del 2021 observé doce especies de aves marinas. Estos resultados es una primera aproximación al conocimiento de la biodiversidad terrestre de este pequeño territorio.

Abstract: In this note, I present the bird species recorded on Bajo Nuevo key Island, the northernmost territory of Colombia. During a scientific expedition in November 2021, I observed twelve species of seabirds. These results represent a first approach to the understanding of the terrestrial biodiversity of this small territory.

La reserva de Biosfera Seaflower, ubicada en el Caribe colombiano, se comprende de dos islas grandes (San Andrés y Providencia-Santa Catalina), seis cayos terrestres (Albuquerque, Bolívar, Roncador, Serrana, Serranilla y Bajo Nuevo) y dos zonas poco profundas, constituidas principalmente por arrecifes de coral, con poco territorio emergido (Quitasueño y Bajo Alicia) (CORALINA – INVEMAR, 2012). Estos cayos se encuentran a algunos cientos de millas náuticas de distancia de las islas principales. En estos territorios sólo se encuentra personal de la Armada Nacional y en los cayos cercanos a San Andrés (Albuquerque y Bolívar) también hay pescadores raizales que ocasionalmente pernoctan en los cayos. Estos cayos han sido visitados ocasionalmente desde hace algunas décadas por científicos colombianos, primordialmente biólogos marinos estudiado la biodiversidad asociada a los arrecifes.

Como parte de un programa de aumento del conocimiento y apropiación social de estos territorios colombianos, la Comisión Colombiana del Océano emprendió desde el año 2012 un plan de expediciones científicas a cada una de las islas y cayos de la Reserva Seaflower. En el año 2021 se visitó Bajo Nuevo, el territorio más septentrional de Colombia. Además, se visitó brevemente Bajo Alicia. Bajo Nuevo es una barra de arena, de 65 m de largo, 10 m de ancho y 1.5 m de altura (Figura 1). La cantidad de área emergida depende de la dinámica de oleaje y vientos. En el cayo no hay vegetación, y solo hay un faro con estructura de acero y escombros de la plataforma en concreto de un faro anterior (Figura 2). En el mes de noviembre de 2022 hice observaciones de aves en Cayo Bajo

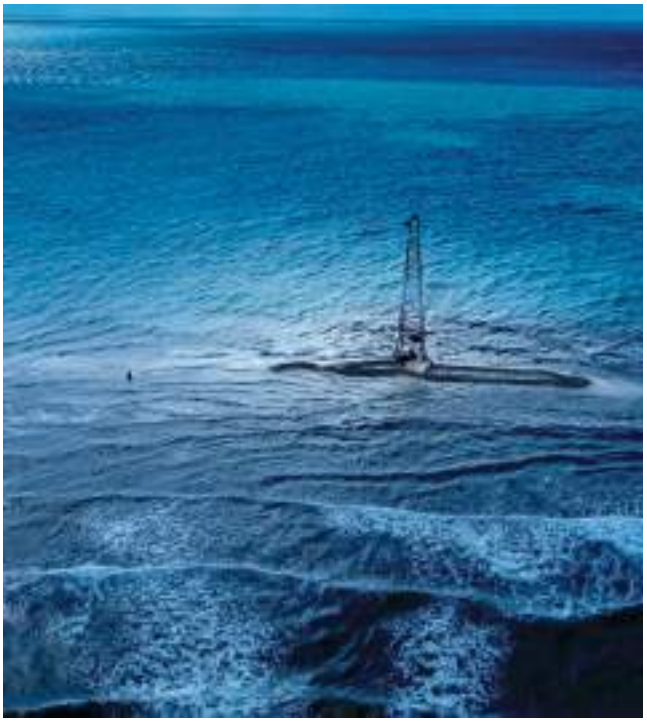


Figura 1. Vista aérea de Bajo Nuevo, Caribe Colombiano. Foto: Santiago Estrada

Figura 2. Terreno emergido de Bajo Nuevo.
Foto: Santiago Estrada

Nuevo durante cuatro días efectivos en el cayo (26, 27, 29 y 30 de noviembre de 2021), además de dos días de observaciones desde el barco (25 y 28 de noviembre de 2021) y unas observaciones adicionales en un barco encallado en el sur del complejo coralino. Adicionalmente tres horas de observaciones en Bajo Alicia el 01 de diciembre 2021.

En total observé doce especies de aves en los dos cayos, diez en Bajo Nuevo y tres en Bajo Alicia (Tabla 1), sólo un gaviotín (*Sterna forsteri*) fue visto en Bajo Alicia y no en Bajo Nuevo. Las especies observadas son todas residentes en la cuenca del Caribe (Raffaele *et al* 1998), principalmente aves marinas de amplia distribución (Bradley y Norton 2009), solo se observó una especie migratoria (Naranjo *et al* 2012, la golondrina (*Hirundo rustica*) (Figura 3).

La fecha en la cual se realizó la expedición no fue óptima para identificar si Bajo Nuevo es utilizado de manera significativa por aves en migración. El primer día en el cayo, observé las huellas de una tortuga marina en la arena. Ese día también hice una búsqueda minuciosa de restos de nidos y cascarones de huevos mediante el cernimiento de arena en distintos sectores del cayo. Dado el pequeño tamaño del cayo, las observaciones de

Tabla 1. Especies de aves registradas en Bajo Nuevo (BN) y Bajo Alicia (BA), Caribe colombiano, en noviembre y diciembre 2021.

Orden	Familia	Especie	Cayo
Charadriiformes	Scolopacidae	*Calidris alba*	BN
	Laridae	*Leucophaeus atricilla*	BN
		Sternula antillarum	BN
		Thalasseus maximus	BN y BA
		Thalasseus nilotica	BN
		Sterna forsteri	BA
Suliformes	Fregatidae	*Fregata magnificens*	BN
	Sulidae	*Sula leucogaster*	BN
		Sula sula	BN
Pelecaniformes	Ardeidae	*Ardea herodias*	BN
		Ardea alba	BN
Passeriformes	Hirundinidae	*Hirundo rustica*	BN y BA

Figura 3. Golondrina (*Hirundo rustica*) única especie migratoria terrestre observada en Bajo Nuevo. Foto: Santiago Estrada.

aves se concentraron a la mayor cantidad posible de tiempo de observación desde la base del faro presente en Bajo Nuevo. El tiempo de observación estuvo supeditado a la logística de las salidas de buceo y a las condiciones del mar. En algunos casos se pudo estar ocho horas en el cayo, en otros días tan solo tres horas.

Bajo Nuevo es un sitio de descanso para un pequeño grupo de aves marinas que rondan este sector del Caribe, típicamente se observan fragatas (*Fregata magnificens*) y piqueros cafés (*Sula leucogaster*) (Figura 4) posados en el faro. Las observaciones máximas y simultáneas fueron seis fragatas y 13 piqueros. Adicionalmente en la barra de arena descansan un grupo variable de gaviotines, de hasta cuatro especies, llegando máximo a unos 25 individuos. Ocasionalmente se observan garzas y golondrinas alrededor del cayo. La fecha en que se realizó esta expedición no permite evaluar la migración, la cual pasa sobre el archipiélago entre septiembre y octubre. La posibilidad de reproducción por parte de aves marinas en Bajo Nuevo habría sido mejor evaluada en caso de haberse hecho la salida de campo más temprano en el año. Por estos motivos la riqueza de aves de Bajo Nuevo no pudo ser evaluada plenamente. Con la poca información obtenida no es posible tener una visión realista de la avifauna asociada a Bajo Nuevo. Sin embargo, debido a su pequeño tamaño, ausencia de vegetación y posibles inundaciones temporales por mareas, vientos y oleaje es poco probable que Bajo Nuevo albergue la reproducción de alguna especie de aves marinas. Igualmente es posible que debido al aumento en el nivel del mar por el cambio climático, Bajo Nuevo quede totalmente sumergido en pocas décadas. El aporte de este pequeño cayo como sitio de parada en época de migración puede ser más significativo. Infortunadamente la fecha de la expedición no permitió evaluar estos aspectos. Por este motivo es deseable realizar otra expedición científica a este cayo, idealmente en el mes de septiembre.

Figura 4. Piqueros café (*Sula leucogaster*) en el faro de Bajo Nuevo.
Foto: Felipe A. Estela

Agradecimientos

Agradezco a la Comisión Colombiana del Océano y a la Armada Nacional por el apoyo logístico de esta expedición. También al señor David Barrios y a la tripulación del ARC Providencia, en especial a su comandante CF Alejandro Sanín Acevedo. A Santiago Estrada por las fotografías en Bajo Nuevo.

Literatura citada

CORALINA-INVEMAR. (2012). Atlas de la Reserva de Biosfera Seaflower, Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina. Serie publicaciones especiales de INVEMAR #28. Santa Marta, Colombia.

Bradley, P. E. y R. L. Norton. (2009). An Inventory of Breeding Seabirds of The Caribbean. University Press of Florida.

Naranjo, L. G., J. D. Amaya, D. Eusse-González, y Y. Cifuentes-Sarmiento (2012). Guía de las Especies Migratorias de la Biodiversidad en Colombia. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible - WWF Colombia

Raffaele, H., Wiley J., Garrido O., A. Keith y J. Raffaele. (1998). A guide to the birds of the West Indies. Princeton University Press. Princeton. 511 p.

Historia ambiental de la explotación de carbón mineral en el Valle del Cauca

Hernando Uribe-Castro[1]

1 - Instituto de Estudios para la Sostenibilidad e integrante del Grupo de Investigación en Conflictos y Organizaciones, Universidad Autónoma de Occidente. Cali, Colombia.

Resumen

A lo largo del siglo XX, el Valle del Cauca se destacó como una región que exportaba carbón mineral, materia prima esencial para el desarrollo de otros sectores económicos como el transporte, la industria, el comercio y el doméstico; sin embargo, en las últimas décadas la actividad extractiva decayó, justo, cuando este mineral, se posicionaba en un lugar preponderante del mercado mundial. Analizar este fenómeno de auge y declive es el objetivo de este artículo de revisión en perspectiva analítica de la historia ambiental. Metodológicamente se recurrió a la estrategia de la indagación documental histórica, representada en la revisión de documentos y datos oficiales como el Inventario de Minas, en cartografía histórica, archivo de prensa y revisión de producción especializada en la temática. Como principal resultado se exponen algunos factores que podrían explicar el declive de esta actividad en este departamento en un momento cuando el mundo apostaba por las políticas de reprimarización económica: efectos ambientales de la explotación de carbón; debilidad asociativa de los empresarios del carbón; altos costos operativos; y, sobre todo, la apertura de nuevas licitaciones que crearon complejos de minas en otras regiones del país, como Cerrejón.

Palabras clave: historia ambiental, carbón mineral, cuenca carbonera, conflicto ambiental y daños ecológicos.

Abstract

Throughout the twentieth century, Valle del Cauca stood out as a region that exported coal, an essential raw material for the development of other economic sectors such as transportation, industry, commerce and domestic; however, in the last decades this extractive activity declined, just when this mineral was positioned in a preponderant place in the world market. The objective of this research article is to analyze this boom and decline phenomenon from the analytical perspective of environmental history. Methodologically, we resorted to the strategy of historical documentary research, represented in the review of official documents and data such as the Inventory of Mines, in historical cartography, press archives and review of specialized production on the subject. As main result, some factors that could explain the decline of this activity in this department at a time when the world was betting on economic reprimarization policies are exposed: environmental effects of coal exploitation; associative weakness of coal entrepreneurs; high operating costs; and, above all, the opening of new tenders that created mining complexes in other regions of the country, such as Cerrejón.

Keywords: Environmental history, mineral charcoal, charcoal basin, environmental conflict and ecological damages.

Introducción

Este texto aborda tres interrogantes en cadena: ¿Cuáles fueron las condiciones históricas que potenciaron desde el siglo XIX, el desarrollo de la explotación de carbón mineral en el Valle del Cauca?; afianzada esta actividad extractiva en la región, ¿Qué efectos ambientales dejó en el Valle del Cauca el desarrollo de esta actividad extractiva por casi un siglo de intensa actividad?, y, finalmente, ¿Cuáles fueron los principales factores que incidieron para que hacia finales del siglo XX y principios del siglo XXI esta actividad extractiva decayera justo en un momento cuando a nivel mundial las políticas estatales privilegiaban e incentivaban la reprimarización económica?.

En este sentido, el artículo tiene como objetivo central identificar las condiciones sociales de posibilidad que potenciaron el auge y la decadencia de la explotación de carbón mineral en la denominada "Cuenca carbonera del Valle del Cauca". Para abordar esta trama de interrogantes, el artículo se estructuró en los siguientes apartes: en una primera parte, se presenta una breve contextualización sobre las condiciones históricas que permitieron el desarrollo potencial del negocio de la extracción de carbón mineral en el Valle del Cauca; en la segunda parte, se exponen algunas evidencias sobre los efectos ambientales producidos por la intensa actividad extractiva en la denominada cuenca carbonera del Valle del Cauca; finalmente, se ofrecen pistas explicativas sobre los principales factores que condujeron a la decadencia de la actividad extractiva del carbón mineral en esta región.

Dado este escenario analítico, campos emergentes como la historia ambiental nos permite abordar hechos sociales del pasado y analizarlos en perspectiva del pensamiento ecológico y ambiental. A veces, los fenómenos sociales quedan solo analizados en sus efectos sociales, políticos y económicos, dejando de lado aspectos centrales como los socioambientales. Involucrar estas nuevas miradas, permiten una comprensión más integral sobre el proceso de construcción de nuestras sociedades y un entendimiento más completo de los efectos del pasado sobre las circunstancias del presente y el futuro próximo.

Como se puede notar, se aplicará el enfoque de la historia ambiental a la comprensión de los hechos asociados al desarrollo de la denominada "Cuenca Carbonera del Valle del Cauca" cuya espacialidad se despliega desde el Municipio de Yumbo, pasando por Cali hasta el Municipio de Jamundí. El método privilegiado fue la estrategia de la indagación documental donde cobró vital importancia los inventarios mineros, los archivos de notas de prensa local y regional, así como literatura secundaria asociada a la temática. Se pretende comprender los hechos asociados a su auge, decadencia y efectos nocivos sobre el ambiente de este vasto territorio.

Condiciones históricas que posibilitaron la explotación del carbón mineral

El departamento del Valle del Cauca se encuentra asentado sobre un territorio con unas condiciones geológicas excepcionales en donde abunda el carbón mineral. Según estudios de Hubach (1980), la faja comercial del carbón en el suroccidente colombiano "se halla restringida al piedemonte de la Cordillera Occidental, que se desarrolla desde la saliente de Yumbo hasta la región del Dinde,

al sur de la desembocadura del río Piendamó en Cauca". Hasta donde se sabe, la existencia de este mineral está asociada al origen, desarrollo y descomposición orgánica de los bosques que se formaron hace aproximadamente unos 350 millones de años y que, tras su muerte, y dada la alta humedad, posibilitaron la fosilización y la formación del mineral. A este periodo se le denominó el Carbonífero.

Al parecer, la diferencia entre unos tipos de carbón y otros, se asocia a aspectos como la acumulación del mineral, dado el tiempo transcurrido, así como a las características de los bosques descompuestos y fosilizados. La distribución desigual del carbón acumulado se debe a la existencia de zonas que, históricamente, presentaron una vegetación boscosa exuberante. Distinto es lo que sucede con la antracita que, además de poseer gran antigüedad geológica, se concentra de modo rico en determinadas regiones.

El carbón mineral fue importante para el desarrollo de la metalurgia y la práctica de la fundición de otros metales para la producción de acero. China fue de los primeros productores de carbón de mineral y su uso se remonta hacia el periodo del 1300 y a mediados del siglo XVIII se produce la industria moderna del carbón en Inglaterra. Europa integró rápidamente el carbón mineral al metabolismo productivo de la Revolución Industrial. Es crucial recordar que en la mayoría de los lugares donde se utilizó inicialmente como fuente de energía, el carbón mineral compitió con el carbón de leña y vegetal, cuyo uso era ampliamente difundido y practicado. Pasó a Estado Unidos y su uso se potenció desde el siglo XIX al ser indispensable en la movilización y tracción de las máquinas de vapor y todo el desarrollo industrial de este potencial mundial.

A lo largo de muchos siglos, el carbón vegetal había transformado extensas áreas de selvas y bosques, sobre todo porque fue insumo para el creciente negocio de la industria naval que demandaba grandes cantidades de madera para un mundo occidental que intercambiaba productos, minerales y esclavos entre Europa, África, Asia y América. Cuando la madera escaseaba, el carbón mineral fue la opción más eficiente tanto para la industria naval como para la incipiente industria en general, como sucedió con las locomotoras a vapor. De esta manera, este mineral se posicionó como uno de los productos destacados en el emergente y prometedor mundo industrial de Occidente en el siglo XIX (Sempere y Riechmann, 2004). En el continente americano, se destacaron México y Perú como grandes proveedores: "si el carbón importado en promedio contenía 7.200 kcal/kg, el producido en Argentina tenía 6.200 kcal/kg, el de Brasil 5.700 kcal/kg, el chileno 6.200 kcal/kg, el venezolano 6.920 kcal/kg y el colombiano 6.500 kcal/kg; solo México con 7.200 kcal/kg y Perú con 7.400 kcal/ kg mejoraron los estándares internacionales." (Yañez *et al* 2013).

En el caso específico del Valle del Cauca en Colombia, Padilla (1981), explicó las razones del por qué este departamento se considera un territorio bendecido por la geología en cuanto a las reservas de carbón. En este lugar se despliegan cuatro bloques fallados y basculados, los cuales se han denominado como bloques de Santander de Quilichao, Cali, Buga y Zarzal. La fosa del Cauca se levantó durante la Orogenia Andina aproximadamente 800 m por encima del nivel actual: "El basculamiento define como zonas carboníferas potenciales el sur del Valle y norte del Cauca" (Padilla, 1981). La actividad minera

ha estado ligada al desarrollo histórico de lo que hoy se conoce como la región suroccidental que comprende la franja de los actuales departamentos del Chocó, Valle Cauca, Cauca y Nariño.

Es importante indicar que los historiadores se han ocupado de manera muy especial de la minería de oro y escasa atención le prestaron a la minería del "oro negro" o minería del carbón mineral. Una de las primeras referencias a los yacimientos de hulla se encuentran en un informe oficial que envió el señor Pedro José Guerrero al Cabildo de Justicia y Regimiento de Jamundí el 6 de junio de 1808 y que ha sido recuperado por el Centro de Estudios Históricos y Sociales en 1996. En este informe, don Pedro José hace una descripción de las tierras de la parte alta de Jamundí del siguiente modo:

> "En dichas tierras son más adecuadas para cebar ganados, que para criarlos, podrán ponerse 1.500 novillos siendo de advertir, que la quebrada anteriormente nombrada, El Miedo; otra que desagua al citado río de Las Cañas, y el citado río de Timba, tiene señales pocos equívocas de tener algún oro corrido de algunos quítales, según que no faltaron en otros tiempos algunos que lo lavasen y sacaron sin mayor aprovechamiento ; y de ninguna suerte de caña; que en la parte más alta de esta sierra perteneciente a don José Borrero, llamada La Ferreira, de que se ha tratado , se halla una mina de carbón de piedra, que no ha muchos años se incendió con la casualidad de haber prendido fuego a los pajonales de la tierra o porque caería algún rayo sobre ella y ardía acaso hasta ahora, si el mismo don José Borrero no hubiese hecho diligencias de apagarla; pasado bastante tiempo que se reconoció humeaba y ardía con bastante voracidad." (Centro de Estudios Históricos y Sociales, 1996).

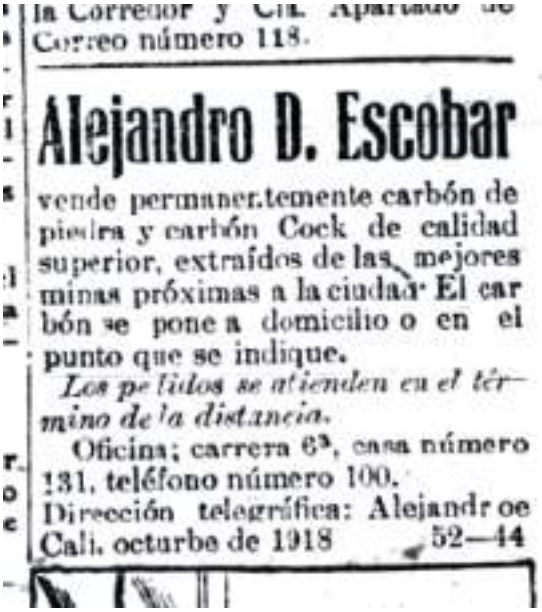
De este fragmento del informe se pueden detectar cuatro elementos de gran importancia para la historia ambiental del carbón mineral en América Latina:

i. Que esta se corresponde con una de las primeras menciones oficiales -hasta el momento detectadas-, donde se hace alusión a los yacimientos de este mineral en Colombia;
ii. Que esta sería uno de las primeras alusiones al fenómeno de incendios de vetas de carbón;
iii. Que muy a principios del siglo XVIII, ya se tenía algún conocimiento sobre los posibles orígenes de estos tipos de conflagración;
iv. Que en la región ya se habían identificado las minas de carbón mineral a las que se denominaba como minas de carbón de piedra.

Por lo visto, en el Valle del Cauca, el comercio del carbón mineral cobró una mayor atención hacia finales del siglo XIX. Comprendía un área de una longitud de 100 kilómetros de extensión y cinco kilómetros de ancho. Según Hubach (1980), en algunas zonas de la faja comercial de carbón, existían pequeños sectores donde se podían distinguir dos horizontes de carbón paralelos entre sí: "de los cuales el occidental, formado de

dos a cinco metros explotables, es bituminoso, y el oriental, con dos mantos aprovechables, es antracítico por efectos de la intrusión de un dique-manto de dacita. El carbón antracítico ha sido poco explotado por falta de consumo." (Hubach, 1980).

Sobre los cerros contiguos a la Hacienda Isabel Pérez, desde los años de inicio del Ferrocarril, existían minas de carbón que alimentaban las locomotoras. Junto a esta zona se fue configurando un asentamiento humano que con el paso del tiempo se convertirá en Siloé-Belén, sobre todo en los años treinta a raíz de la ola migratoria atraída por la industrialización dada entre 1937 y 1970 (Vásquez, 2001). Por su parte, Ruiz (2015), va un poco más atrás en el tiempo para explicar que en 1812, el ingeniero encargado de la construcción del Ferrocarril del Pacífico compró la Hacienda Isabel Pérez en la que existía una zona hullera. Explica que esta primera explotación del mineral se vio interrumpida por la salida del ingeniero Cisneros del Ferrocarril y por el asesinato de Calos Hauer Simmonds, quienes tenían conocimientos sobre la explotación hullera (Ruiz-López, 2015). A pesar de ello, la extracción del mineral sobre las áreas cercanas a Cali se realizaba de un modo muy rústico y artesanal, predominante en el sector Los Chorros. Es interesante observar cómo, desde principios de siglo XX, el mercado de carbón para consumo local adquirió mucha relevancia. Por ejemplo, en "Relator", uno de los periódicos de principios del siglo XX publicita el negocio de carbón del señor Alejandro D. Escobar, comerciante de este mineral para el consumo doméstico (Ver figura 1):


la Corredor y Cía. Apartado de Correo número 118.

Alejandro D. Escobar

vende permanentemente carbón de piedra y carbón Cock de calidad superior, extraídos de las mejores minas próximas a la ciudad. El carbón se pone a domicilio o en el punto que se indique.

Los pedidos se atienden en el término de la distancia.

Oficina; carrera 6ª, casa número 131, teléfono número 100.
Dirección telegráfica: Alejandroe
Cali, octubre de 1918 52—44

Figura 1. Anuncio de venta de carbón en 1919. Fuente: Relator, (1919).

No solo el mercado interno de los hogares requería del consumo del carbón mineral, también lo requirió la industria y los transportes como el ferrocarril (Velasco-Madriñan 1936). Aunque la llegada del ferrocarril a la región incrementó el consumo de carbón mineral, éste se vio afectado por la llegada del petróleo, razón que un motivo para que, en 1931, la empresa Ferrocarril del Pacífico liquidará masivamente a los mineros debido a la modernización de este transporte (Ruiz, 2015).

Años más tarde, cuando don Hernando Caicedo ocupó la presidencia de la Cámara de Comercio de Cali, envió una carta fechada el 1 de agosto de 1951 al entonces Presidente de la República de Colombia, Dr. Laureano Gómez, en la que abordó el tema del carbón y las industrias básicas del Valle del Cauca, y en ella expresaba que, el carbón mineral era sin duda, el renglón de exportación que seguiría al café, siempre y cuando se explotara y se proporcionarán todos los medios que exigía la exportación económica a gran escala y, sobre

todo, que el gobierno incentivara su explotación (Caicedo, 1965). Caicedo consideraba que era un riesgo que Colombia dependiera solo del café, aunque este producto era de gran importancia para el país, con ingresos que alcanzaban en 1951 una cifra récord de US $307.617.954,00. Al respecto señalaba Caicedo: “Debemos empero, advertir a tiempo del peligro que significa seguir jugando toda la fortuna nacional a una sola carta” (Caicedo, 1965).

A mediados del siglo XX, los estudios habían mostrado cómo este mineral se encontraba en condiciones de abundancia en las zonas asociadas a la ciudad. Caicedo lo bautizó como una “cuenca carbonera gigantesca” capaz de asegurar un mercado en el largo plazo con beneficios para la región y una zona explotable que se extendía por 75 kilómetros que unía al Valle del Cauca y al Departamento del Cauca, y que, incluso, conectaba con la cuenca del Patía. En toda esta área el carbón brotaba con solo arar la tierra para cañaduzales o se veía a simple vista en río o cañada (Caicedo, 1965).

> "La producción anual de la industria hullera del Valle del Cauca es de 300.000 toneladas anuales, por valor de $7.200.000 moneda colombiana. Ocupa 1.500 obreros que, con sus familias forman un núcleo social de 7.500 personas. Nuestro carbón, en sus especies de antracita y bituminoso, es de óptimo valor comercial y el coke, que se produce con el último, resulta de excelente calidad. Es de fácil explotación porque las minas tienen desagües naturales y las galerías son de corte horizontal. Otra facilidad muy notable es que el Ferrocarril del Pacífico corre paralelo a la cuenca carbonífera, a corta distancia de los socavones" (Caicedo, 1965).

Caicedo conocía los datos ofrecidos por el geólogo alemán Dr. Enrique Hubach, quien había hecho trabajo sobre la cuenca carbonífera en los Departamentos del Valle y del Cauca y que indicaba un potencial de 400 millones de toneladas de carbón explotable. No solo Hubach y Caicedo intentaron calcular el potencial productivo de carbón en esta región, también lo hizo Iragorri en 1955 para la Sociedad Geográfica de Colombia. Tan llamativo fue el carbón mineral vallecaucano que instituciones internacionales U. S. Bureau of Mines llegaron a esta ciudad para obtener pruebas y realizar importantes estudios comparativos con otros carbones. Los resultados arrojaron características excepcionales y de alta calidad del mineral, pruebas realizadas en la estación de Pittsburg del U. S. Bureau of Mines entre 1953 y 1954 (Iragorri, 1955).

Los estudios coincidían en el potencial de la cuenca carbonera y de las ganancias que ello implicaba para los empresarios nacionales y extranjeros, con valores de exportación representados en un millón de toneladas de carbón, que en 1950 equivaldría a US $14.400.000 o lo que sería en precios colombianos de ese momento $35´000.000 de pesos por año, cifra que superaba, incluso, el presupuesto del Departamento del Valle del Cauca que se calculaba en $30´000.000 de pesos (Caicedo, 1965). Las ventajas eran indiscutibles: a) el que la cuenca carbonífera estaba muy próxima al Puerto en Buenaventura desde donde

se podría enviar el carbón hacia otros países, b) el Ferrocarril del Pacífico que no solo corría paralelo a la cuenca que iba desde Yumbo a Timba, sino porque el Ferrocarril conectaba con la conexión directa con el Puerto de Buenaventura. Cali contaba además con dos herencias mineras de gran poder: Meléndez, colindante con la mina Los Chorros perteneciente al Ferrocarril del pacífico (aforada por 2.900.000 toneladas por el ingeniero Ismael Germay R.) y La Buitrera cedida por la nación a las Empresas Municipales de Cali (aforada en 3.100.000 toneladas por el mismo ingeniero Germay) Caicedo (1965). A todo ello se sumaba el hecho que la cuenca carbonera era "el único campo carbonífero conocido en América Latina, capaz de producir coque metalúrgico sin necesidad de mezcla de otros carbones, es éste" (Iragorri, 1995).

Uno de esos potenciales compradores era Argentina, país que, desde 1945, requería carbón debido a que los suministradores europeos enfrentaban los estragos de la guerra mundial. Explica Caicedo que "al faltarle a Argentina el carbón inglés, alemán, belga y polaco y otros, que usualmente abastecían sus necesidades, contempló una gravísima situación, que la obligó a quemar maíz para alimentar las plantas industriales y movilizar los ferrocarriles." (Caicedo, 1965). Además, la comunicación con Argentina a través del puerto de Buenaventura ofrecía una ventaja sustancial. Tal fue el uso intensivo del carbón, que hacia la década de los años sesenta, se había agotado el carbón que se encontraba en la parte más superficial y que estaba mucho más expuesto pero que además no revestía de tanta dificultad para su extracción, lo que significó para los empresarios menos inversiones de capital.

Extracción minera y efectos socioambientales

La zona de piedemonte cordillerano se caracteriza por una riqueza hídrica entre las que se destacan las cuencas de los ríos Aguacatal, Cali, Cañaveralejo, Meléndez y Lili. Antes del furor por el carbón, la madera era el recurso más preciado de esta zona. Tal como lo investigó Gómez (2017), hacia finales del siglo XIX y principios del siglo XX, la madera obtenida de los cerros de Cali (como los cerros de las Tres Cruces y Felidia) era el recurso utilizado como combustible para los vecinos de la ciudad. Madera que era transportada a través de estas colinas a lomo de caballo hacia los centros poblados. La explotación de madera de los bosques transformó el paisaje de los cerros y erosionó sus suelos afectando las fuentes hídricas.

Con la disminución de la madera, se buscó alternativas, entre ellas carbón. Se publicitó los beneficios de este producto y en poco tiempo fue el furor como insumo doméstico entre 1920 y 1950. Una ventaja del carbón mineral era que producía menos humo, hollín y ceniza; Con el carbón mineral se economizaba el 60% de gastos de combustible. En Cali, algunas zonas carboníferas eran Los Chorros, Siloé-Belén, Aguacatal y Jamundí. Cita Gómez una nota del "Relator" del 12 de diciembre de 1921, que indica:

> "suponiendo que en una administración activa e inteligente, resolviera el problema de hacer de este Ferrocarril del Pacífico, algo eficiente para transportes de carbón, dando así entrada franca y facilidades al capital extranjero, para principiar la era carbonera del Valle, la etapa de progreso y de holgura

> económica que principiará en el Valle, repercutiéndose luego en todo Colombia, es imposible de precisar. No menos de doscientas minas grandes de carbón entrarían en actividad." (Relator, 1921, 12 de diciembre).

Pero no se contaba con los equipos necesarios para la extracción y el transporte del carbón. Es por esta razón que la empresa estatal Ferrocarriles Nacionales de Colombia (FNC) realizó una solicitud al gobierno francés de 180 góndolas para transportar el carbón hacia el puerto (Relator, 1955). A lo que se sumaría la petición que había realizado Hernando Caicedo en 1951 de acondicionar un lugar en el Puerto de Buenaventura para la construcción del Muelle y el embarcadero. Según información histórica, aparecen dos asociaciones importantes: a) una de ellas fue la Sociedad Anónima Carbonera Colombiana, de carácter legal y con agencias y sucursales en otros lugares dentro y fuera del país (Gómez, 2017, p. 198); b) La otra fue la Sociedad Hullera del Valle y Cauca Limitada fundada en 1949 por los mineros. Apareció también en el escenario El Instituto de Fomento Industrial en colaboración con la Cooperativa Hullera de Occidente y los Ferrocarriles Nacionales. Los hermanos Mira fundaron la Sociedad Comercial Carbonífera "Mira Hermanos Ltda." En el sector de Las Cascadas en Los Chorros.

Uno de los sectores de Cali en donde es posible evidenciar lo que significó la actividad minera es el sector de Los Chorros y el Cerro de la Bandera, sectores que en el pasado poseían una riqueza de paisaje inigualable y una red hídrica importante. En las escrituras públicas, quedaba plasmada que la abundancia de carbón brotaba del suelo y se exponía al aire libre, y de este modo servía de linderos entre los predios. "En este globo queda comprendida una carbonera […] en cuanto avaluamos estos terrenos altos a dos pesos oro la loma llamada La Carbonera dentro del globo de las lomas o parte alta" (AHMC, 1895). (Gómez, 2017).

Los principales dueños del terreno de El Chorro y de las minas de carbón en la década de 1930 fueron la empresa del Ferrocarril del Pacífico y algunos propietarios privados. Algunos de estos propietarios arrendaron sus tierras para la explotación minera. Esto atrajo muchos trabajadores sin techo que quisieron trabajar en las minas, lo que llevó al gobierno y a la empresa Ferrocarril del Pacífico a construir campamentos de viviendas en el sector de Los Chorros.

> "Entrega de ocho casas para obreros en la región minera de Los Chorros. Asistieron al acto representantes del gobierno departamental, del Ferrocarril del Pacífico, del Cabildo de la ciudad, de la prensa y gran cantidad de público. […] Cada una de las casas ha sido dotada de un lote de tierra de una fanegada para que el obrero en los ratos libres de su jornada diaria se dedique a cultivarla aumentando de ese modo su capacidad productiva y obteniendo además de una despensa para sus necesidades diarias, un remanente útil para mejorar su situación económica. […] Vendría así a ser dentro de no mucho tiempo la región de "Los Chorros" una pequeña aldea de obreros y agricultores." (Relator, 1936, 6 de enero).

En estas minas eran recurrentes los accidentes, como el que sucedió en 1936, cuando se presentó una explosión de un gas denominado grisú que ocasionó quemaduras a un minero que ingresaba a la mina de Los Chorros con una lámpara de carburo (Relator, 1936). Igualmente, la actividad extractiva impactó ambientalmente los cerros de Cali y sus fuentes de agua que fueron no solo intervenidas sino también contaminadas. A ello se debe sumar que se construyeron trinchos, pues algunas carboneras se ubicaron en el sector urbano de San Antonio. Ahí, se perforó el suelo de la cordillera para construir los socavones con extensas profundidades (El País, 1971).

La alta actividad minera profundizó la erosión y la remoción de tierra sobre las montañas. Se taló el poco bosque que había quedado de la explotación maderera para permitir el ingreso de los vehículos pesados para la carga del carbón. Las condiciones de vida de los mineros se afectaron por el material particulado en la atmósfera, así como la contaminación de quebradas y ríos. En el magazín "Despertar Vallecaucano" se informó sobre el caso de una pequeña mina ardiente que, según los habitantes del lugar, había estado en continuo incendio por más de cincuenta años. (Despertar Vallecaucano 1973).

La actividad minera se extendió a lo largo del siglo XX, aunque diezmó en la primera década del siglo XXI. En ello fueron importantes aspectos como el surgimiento de la normatividad ambiental, los planes de ordenamiento territorial y el mercado del suelo para uso urbano. Aunque aún persiste la actividad extractiva de un modo más ilegal, estos siguen ocasionando daños a fuentes hídricas. En comunicado del 23 de marzo de 2017, Parques Nacionales Naturales de Colombia –PNNC- presentó un informe al Concejo Municipal de Cali sobre el estado de la práctica de minería ilegal, especialmente aurífera, en los sectores del Alto del Buey y zonas asociadas a las Farallones como las Minas del Socorro. Según el informe en mención, se dice que grupos organizados (para la extracción, maquinaria, transporte y vigilantes) algunos pobladores habitantes de los corregimientos aledaños como Pichindé, La Leonera y Los Andes), migrantes de diferentes regiones del país continúan con la práctica de extracción mineral. La Procuraduría General de la Nación en su boletín de prensa del 23 de febrero de 2023, denunciaba que persistía la continua amenaza de mercurio en las fuentes hídricas de Cali. (Procuraduría General de la Nación, 2023).

El declive de la actividad extractiva en la gran cuenca carbonera

Queda el interrogante sobre ¿Por qué, si la actividad extractiva de carbón mineral en el Valle del Cauca fue tan prometedora en el siglo XX, decayó hacia finales del siglo XX y principios del siglo XXI? Aunque en los años cincuenta y sesenta se percibió todo este potencial, empresarios y autoridades no prestaron atención a aspectos tan cruciales como el manejo político, el control del Estado y, especialmente, los temas asociados a la propiedad minera. Mutis (1980), realizó un análisis de balance con respecto a los altos riesgos que existieron en el manejo de la extracción y mercado del carbón en Colombia, señalando como uno de los primeros errores un conjunto de paradojas:

- La primera de ellas: el creciente mercado del carbón y el retraso-estancamiento que sufrió la técnica de extracción. Con respecto a ello, Mutis explicó que: "Poco a poco el consumo del Valle en su ritmo normal ha llegado a un nivel bastante elevado y es el momento en

que la técnica de las explotaciones no se ha mejorado en nada; por lo tanto, es no sólo difícil sino imposible pretender abastecer satisfactoriamente el mercado" (Mutis, 1980).

- La segunda: el potencial del negocio que se abría en los escenarios internacionales, pero a su vez, el poco interés de los empresarios mineros en establecer una organización gremial y colectividad.

Otro elemento adicional fue que muchos de los terrenos donde se hicieron explotaciones fueron arrendados y lo que hicieron los mineros en ellos, dieron cuenta del poco control de las técnicas de búsqueda y extracción, lo que repercutió que muchas bocas de minas no solo fueron mal diseñadas con importantes riesgos de derrumbe sino que además, la ausencia en la implementación de unas técnicas efectivas de explotación, no permitió una extracción de alta cantidad del mineral, lo que condujo a que muchos mineros "con la fiebre del carbón" desistieran rápidamente del negocio, dejando en el abandono la mina. Con el agravante de que en la época no existía entidad financiera enfocada en aportar con préstamos a la explotación minera, y las que existían exigían una prenda minera para las cuales, los mineros prestamistas no poseían, así como tampoco representaba a la entidad una garantía de pago (Mutis, 1980).

Y un elemento adicional a los problemas del negocio extractivo fue la ausencia de muchos mineros en términos de adquirir el capital necesario para sostener su negocio de explotación, pues muchos de ellos iniciaron con sus propios recursos que fueron agotados rápidamente sin alcanzar los resultados de retorno. Algunos mineros usaron sus ahorros para tecnificar y modernizar la explotación sin retornos suficientes y rápidos, lo que condujo a grandes endeudamientos y abandonos.

Finalizando el siglo XX, y con unos métodos mucho más avanzados, el Instituto Colombiano de Geología y Minas (en adelante Ingeominas), presentó unas características del carbón existen en el Valle y el Cauca: "Carbones Bituminosos Altos Volátiles "A" con un poder calorífico, seco libre de cenizas (slcz), alrededor de S.QOO calorías por gramo, además, un contenido promedio de 6% de hidrógeno con una relación H/C (slcz) cercana a S X 10"2 , lo cual le da a estos carbones la posibilidad de ser usados en procesos de gasificación y licuefacción" (Ingeominas, 1992). En estudios posteriores realizados por el Instituto de Investigaciones en Geociencias, Minería y Química –Ingeominas-, se logró tener una impresión completa de la gran cuenca carbonera. La siguiente cartografía histórica refiere a la localización de la cuenca carbonífera en el Valle del Cauca (comprende el sector entre Vijes, pasando por Cali hasta el municipio de Buenas Aires en el Departamento del Cauca) (Figura 2).

Es importante comprender también lo que expuso el "*Inventario de Minas y Canteras del Municipio de Cali"* (Departamento Administrativo de Planeación 1994). En este informe se expresa

Figura 2. Mapa de la cuenca carbonífera de Cali, según Ingeominas. Fuente: Ingeominas, 1992, p. 68.

que la existencia de minas y canteras en este territorio tuvo efectos directos sobre la población, los ríos y, en general, sobre el territorio. Varios puntos señalados en el censo minero, pueden ofrecer indicios que expliquen por qué decae la explotación minera en la cuenca carbonera:

- En 1985, se identificó la erosión de las cuencas de los ríos Pance, Meléndez, Aguacatal y Cali" (Departamento Administrativo de Planeación, 1994).
- En 1990, se realizó el plan de mejoramiento de la explotación minera y la rehabilitación ambiental y en 1992, Carbones de Colombia -Carbocol- realizó un micro-censo minero en la zona de Puente Vélez, Cascarillal, Los Chorros, La Buitrera, San Antonio, Bajo del Rosario y Plan Morales que se ubicaron en el sector entre Jamundí y Cali (Departamento Administrativo de Planeación, 1994).
- En total, para 1993, se habían identificado 85 minas de carbón mineral y 15 canteras. Del total de las 85 minas, 43 estaban siendo explotadas. Según el inventario, en la zona sur de Cali, en el sector comprendido entre el Alto del Rosario y el Cerro de la Bandera, llegaron a existir hasta 30 minas, distribuidas así: 12 en el alto del Rosario, 10 en San Antonio, 7 en río Lili, 10 en Los Chorros y 11 en Cerro de la Bandera. (Tabla 1).

Tabla 1. Inventario de Minas de Carbón en la Zona Sur de Cali, 1993.

Sector y Código de Mina	Número de Minas		Total
	Explotadas	Abandonadas	
Alto del Rosario 001-012	8	4	12
San Antonio 013-022	6	4	10
Río Lili 023-029	3	4	7
Los Chorros 030-039	4	6	10
Cerro de la Bandera 040-050	8	3	11
Total	29	21	50

Fuente: Departamento Administrativo de Planeación, 1994, p. 43

- De las 50 minas existentes, en 1991 todavía estaban en funcionamiento 29 de ellas y los 21 restantes habían sido abandonadas. En cuanto a la zona norte, ésta poseía un número menor de minas. En este sector también se habían cerrado un número significativo de minas en 1993, el cual era de 21 minas y 14 estaban siendo explotadas (Tabla 2).

Tabla 2. Inventario de Minas de Carbón en la Zona Norte de Cali, 1993.

Sector y Código de Mina	Número de Minas		Total
	Explotadas	Abandonadas	
Alto de Normandía 051-057	2	5	7
Cerro de las Tres Cruces 059-060	-	3	3
Golondrinas 061-081	8	13	21
Los Limones 082-086	4	-	4
Total	14	21	35

Fuente: Departamento Administrativo de Planeación, 1994, p. 43.

- Según lo expresa el inventario, la producción mensual de las minas de carbón que se encontraban en explotación alcanzaba las 20.345 toneladas (Departamento Administrativo de Planeación, 1994). Los efectos producidos en las cuencas por erosión se debían de modo muy particular a las formas rudimentarias de explotación del mineral generando inestabilidad y remoción en masa. Algunos de estos socavones todavía se encuentran a la vista de los habitantes del sector.
- En 1995, se realizó el desalojo de las minas de los cerros de Cali, por decisión del Ministerio de Minas y la Alcaldía de Cali. Este desalojo fue estipulado por el Ministerio de Minas en la Resolución 100.083 del 21 de septiembre y corroborado por el Decreto 1083 del 21 de septiembre de 1995 de la alcaldía de Cali. La idea de las autoridades era recuperar las zonas afectadas por las actividades mineras a través de la construcción de Ecoparques.

Corchuelo (1991) presentó su estudio titulado "Estudio de oferta y demanda de energéticos en el suroccidente colombiano". En este trabajo, expuso las dificultades que presentaba la producción de carbón cuando expresaba que "La oferta de carbón en la región suroeste, se origina fundamentalmente, en una minería de tipo tradicional. Las explotaciones más tecnificadas son aquellas a las que se vinculan los consumidores". Expuso también datos interesantes que caracterizaron la dinámica productiva de este mineral en el Valle del Cauca (Figura 3).

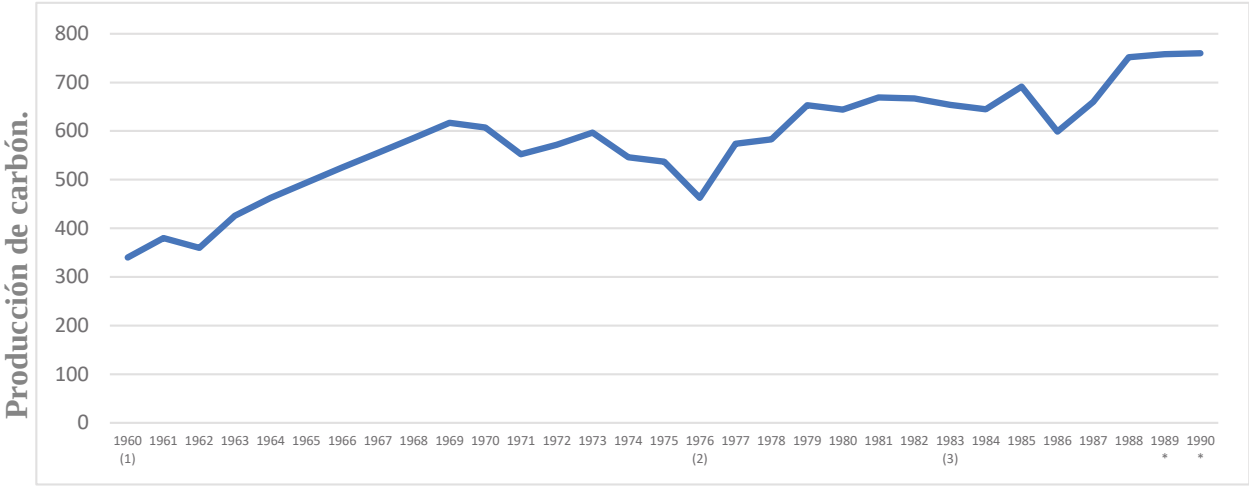
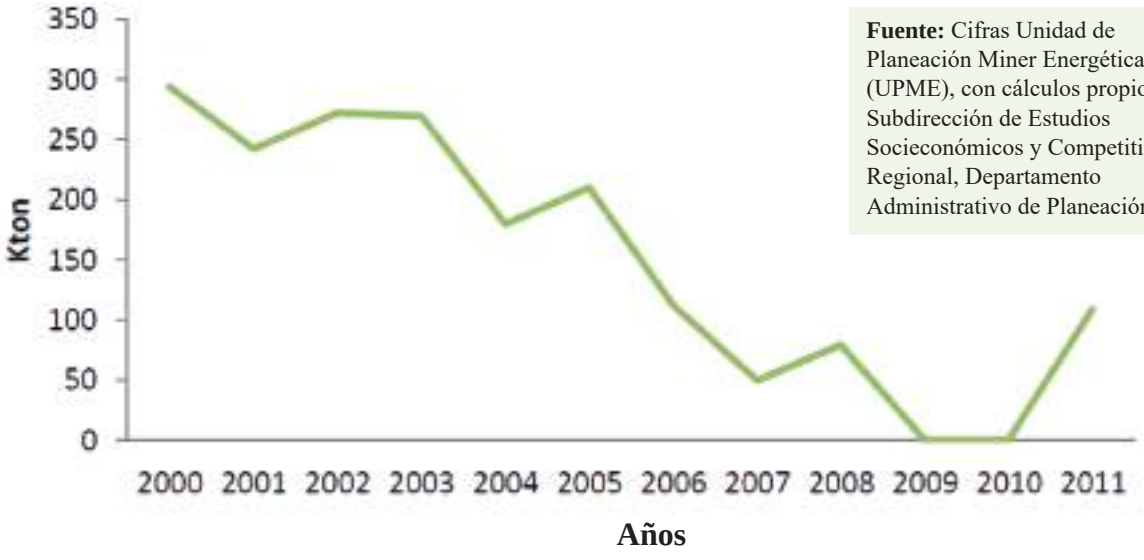


Figura 3. Producción de carbón en el Valle del Cauca 1960-1990. Fuente: elaborado por el autor a partir del APV, Cuentas Regionales; CODE, Anuario Estadístico del Valle; CARBOCOL; * Valores estimados (CARBOCOL 1983).

Si el análisis se tiene sólo a esta tabla y figura se produce un efecto de sombra, dado que lo que se podría decir ella sería que se presenta un incremento productivo en el periodo reseñado. Corchuelo dice: "pareciera como si la oferta de carbón sostuvo un crecimiento relativamente reducido en el período 1960-1990, tasa del 1.9 promedio anual. Este crecimiento ha estado sometido a fuertes fluctuaciones." (1991). Se detectan los siguientes ciclos: el primero 1960-1970, de aumento extractivo; el segundo 1970 a 1976, una tendencia a la recesión; y un tercer periodo de recuperación, 1977-1990, de crecimiento constante vía expansión, pero "con una desaceleración en el ritmo de expansión, 1.5% anual, y signos de estancamiento." (Corchuelo, 1991).

A la par con esta dinámica, el gobierno colombiano de aquel entonces, abría nuevas licitaciones para la explotación de 32.000 hectáreas y en las que participaron firmas internacionales y expertas en esta actividad como International Colombia Resources Corporation –INTERCOR-, filial de Exxon Corporation (Exxon Mobil en la actualidad). No es raro entonces, que mientras en Cerrejón crecía la explotación, en el Valle se entró en un estancamiento y luego decaimiento. Este fue un elemento decisivo capaz de arrojar el declive del carbón en el Valle del Cauca (Corchuelo, 1991). Cuando se calculó la participación del carbón del Valle con la participación de Cerrejón, esta pasó de un 15.66% en 1980 a un 3.6 en 1990. Recuérdese que desde el inicio de la puesta en funcionamiento del denominado "Complejo Carbonífero del Cerrejón", la producción nacional se duplicó en un periodo muy corto entre 1980-1985: "Al contrastar la participación de la región en el país, sin Cerrejón la disminución es igualmente elevada (de 24.3% en 1970 a 10% en 1990)." (Corchuelo, 1991). La caída de la extracción de carbón mineral fue muy notoria en la primera década del siglo XXI (Figura 4).



Fuente: Cifras Unidad de Planeación Miner Energética (UPME), con cálculos propios Subdirección de Estudios Socieconómicos y Competitividad Regional, Departamento Administrativo de Planeación.

Figura 4. Producción de carbón mineral en el Valle del Cauca. Fuente: Gobernación del Valle del Cauca, 2013.

Esta figura representa la caída extractiva al pasar de 294 kilotoneladas en el año 2000 a 108.8 en 2011 (Gobernacion del Valle del Cauca, 2013). La explicación dada por la Gobernación del Valle a esta dinámica de decrecimiento está relacionada con los altos costos de la explotación, los métodos anti-técnica, artesanal y con poca seguridad que se prácticas, a lo que se agregaría todo un marco normativo que se desplegó en la década de los años noventa con respecto a esta actividad, como muy bien se describió en los capítulos anteriores. De nuevo llama la atención cómo decayó la explotación minera, especialmente cuando se producen incentivos a la explotación con la oficialización del nuevo código minero (Diario Oficial, 2001).

El cierre de las minas tuvo efectos en las familias que dependían de esta actividad en los cerros de Cali. A pesar del cierre de las minas y los controles de las autoridades, los farallones de Cali continúan siendo objeto de extracciones de carbón y demás minerales. Lo interesante de estos hechos es que la explotación minera es paralela al creciente interés por la protección de la naturaleza institucionalizada en los marcos constitucionales y normativos surgidos a partir de 1991. En 2011, por ejemplo, las autoridades reportaron el cierre de doce (12) minas ilegales de carbón en zona rural de Cali, el sector La Bonanza, con socavones de 200 metros de profundidad sin condiciones de seguridad. La nota de prensa señalaba que: "De acuerdo con el general Parra, se pudo establecer que en el lugar se utilizaba sulfato salinizado con material particularizado de carbón que eran arrojados al río Meléndez, afectando nocivamente la flora y fauna del sector" (El País, 2011).

En otra nota de prensa de 2014, se explicaba que en el sector del río Meléndez, lugar que se había caracterizado por concentrar actividades de ocio y descanso para las familias, se había visto afectado por la minería de carbón. Afectaciones que no solo se percibieron en las condiciones de la calidad del agua sino también en la desaparición de lugares del ocio y el entretenimiento que se habían ubicado en ese lugar por las condiciones paisajísticas que poseía. Dice la nota de prensa que: "La minería de carbón, la deforestación y las aguas residuales que arrojan los caleños amenazan a este afluente que nace en Los Farallones (El País, 2014). Estas formas de explotación ilegal, en las diferentes partes de las cuencas de los ríos, ha conllevado a agrestes afectaciones a las fuentes de agua. Por ejemplo, se han encontrado trazas de mercurio y de otros tipos de contaminantes.

Conclusiones

Como se pudo observar a lo largo de artículo, el proceso de construcción de la ciudad de Santiago de Cali se llevó a cabo sobre una plataforma ecológica caracterizada por la existencia de una abundante fuente de carbón mineral localizada sobre el área del piedemonte cordillerano y asociada a toda una amplia zona bañada por una importante red hídrica que, descolgada de las altas cumbres de la Cordillera Occidental, bajaban hacia el valle para alimentar el río Cauca y todos los ecosistemas que hacían parte de la zona de inundación producidas por la dinámica hidrológica del terreno. Se pudo detallar cómo esta área del piedemonte de la Cordillera Occidental fue clasificada como la "Cuenca Minera" (también la "Gran Cuenca Carbonera") de esta región, la cual fue explotada de modo intenso en el periodo entre la década de

los años cincuenta y la del noventa del siglo XX, pero con efectos ecológicos y sociales.

Aunque la actividad extractiva fue importante hacia mediados del siglo XX, colocándola incluso en niveles de producción internacional y con grandes ventajas y beneficios dadas las condiciones geográficas de explotación, la facilidad para su transporte, la calidad del tiempo de mineral y las demandas del mercado global de un carbón de estas características, la extracción carbonera presentó un declive muy pronunciado hacia finales del siglo XX. Entre las causas de índole política y social que se descubrieron con el tiempo y que pudieron llevar al declive y casi completo cierre minero, se tienen, por ejemplo:

- La falta de incorporación de desarrollos técnicos en las actividades extractivas, a pesar de los innumerables estudios realizados en el ámbito nacional e internacional sobre la actividad extractiva del carbón y las bondades en términos de calidad del mismo comparado con otros de otras regiones de América Latina.
- Relacionado con lo anterior, los tipos de agentes mineros que, al no poseer los conocimientos y el capital suficiente, se dieron en la tarea de ingresar en una actividad económica que poco conocían, y que, frente al primer fracaso, abandonaron el negocio.
- La ausencia de esquemas organizativos gremiales entre los empresarios mineros de la región capaz de potenciarlos como clúster en el negocio global del carbón.

A pesar de la decisión tomada de cierre de la actividad, en esta región todavía existe extracción del mineral de modo ilegal y uno que otro punto autorizado. Sobre lo que antes habían sido lugar de minas y canteras, ahora aparece como cerros altamente poblados por todo tipo de asentamientos entre formales e informales. A ello se sumó los efectos directos de los procesos extractivos insostenibles y con efectos nocivos sobre el ambiente. Se destacó cómo, el proceso de poblamiento jalonado inicialmente por la actividad minera, tal como sucedió en el Sector Los Chorros, produjo una afectación directa y ambiental sobre el conjunto de quebradas y pequeños riachuelos que se descolgaban de estas lomas. De hecho, el mismo nombre del sector, “Los Chorros”, denota y da cuenta de la riqueza hídrica existente en su pasado. De ese paisaje de ríos descolgando de las montañas entre bosques y senderos poco queda, pues ahora se tienen unas colinas, en piedemonte y lomas, que exponen los entramados de una malla urbana, edificaciones sobre volados cuya tecnología de la construcción que retan a los principios y leyes de la física.

A pesar del marco normativo que buscó cerrar el paso a la sistemática práctica de extracción de carbón mineral de manera ilegal, persiste a la fecha de publicación de este texto informes oficiales que dan cuenta de cómo todavía se continúa con la lucha para contrarrestar esta actividad. En la actualidad, dadas las condiciones de crisis civilizatoria como una crisis ambiental y ecológica por el modelo fallido de sociedad que abandonó el pensamiento y la acción ambiental por estrechar su relación con el mundo del determinismo económico, el crecimiento incesante y la acumulación sin límite, el mundo asiste a los llamados por la descarbonización del planeta y los compromisos en el marco de la COP 26 para la búsqueda de energías renovables. Se abre así una posibilidad importante para analizar de modo profundo las implicaciones del nuevo orden mundial, las políticas globales ambientales y la

producción de carbón mineral en el mundo que, por razones obvias, no hacían parte de los temas a tratar en el marco de objetivos que configuraron este libro.

Literatura citada

Caicedo, H. (1965). Ensayos económicos y sociales. Cali: Editorial Norma.

Carbocol. (1983). Censo nacional de carbón. Bogotá: Carbocol, Dirección General.

Centro de Estudios Históricos y Sociales (1996). Informes de Cali y sus alcaldías pedáneas en 1808. Cali: Centro de Estudios Históricos y Sociales y Gerencia Cultural de la Gobernación del Valle.

Corchuelo, A. (1991). Estudio de oferta y demanda de energéticos en el suroccidente colombiano. Cali: Universidad del Valle y Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca.

Departamento Administrativo de Planeación. (1994). Inventario de Minas y Canteras del Municipio de Santiago de Cali, 1993. Cali: Alcaldía de Cali y Departamento Administrativo de Planeación.

Despertar Vallecaucano (1973). Un volcán arde en Cali. No. 12. Publicado en noviembre – diciembre de 1973.

Diario Oficial No. 44.545 de septiembre 8 de 2001. "Por la cual se expide el Código de Minas y se dictan otras disposiciones".

El País. (1971) Peligro latente en zona de Siloé. Publicado el 3 de febrero de 1971.

El País. (2011). "Cierran nueve minas ilegales de carbón en zona rural de Cali". Publicado en junio 24 de 2011. El País. (2014). "El Meléndez, otro río que muere antes de llegar a Cali". Publicado en septiembre 14 de 2014.

Gobernación del Valle del Cauca. (2013). Evolución, impacto y retos del Sector Minero: Un análisis para el Valle del Cauca. Santiago de Cali: Departamento Administrativo de Planeación.

Gómez, A. (2017). La historia ambiental de los chorros-Cali: un sector minero (1920-1950). En: Conflictos ambientales en ecosistemas estratégicos: América Latina y el Caribe, siglos XIX-XXI. Aceneth Perafán Cabrera y Jorge Enrique Elías Caro (Editores). Cali: Programa Editorial de la Universidad del Valle.

Hubach, E. (1980). Anotaciones geológicas sobre el carbón de los departamentos del Valle del Cauca y del Cauca. Cespedesia, Vol. 9, No. 35 – 36, pp. 395-402.

Ingeominas - Instituto de Investigaciones en Geociencias, Minería y Química. (1992). Caracterización de los carbones del Valle del Cauca en el sector de Golondrinas, Municipio de Cali. Elaborado por Lucy Barros de Figueroa, Fabio García González y Cesar Saldarriaga Bermúdez. Santafé de Bogotá: Instituto de Investigaciones en Geociencias, Minería y Química. Ministerio de Minas y Energía.

Iragorri, O. (1955). Los carbones del Valle y del Cauca. Boletín de la Sociedad Geográfica de Colombia, Vol. XIII, No. 47-48.

Mutis, O. (1980). Aspectos generales de la industria del carbón en el departamento del Valle. Cespedesia, Vol. 9, No. 35-36., pp. 403-411.

Padilla, L. E. (1981). Un modelo estructural para el Valle del Cauca y sus implicaciones hidrogeológicas y mineras. Boletín de Geología, 15(29), 67-79.

Procuraduría General de la Nación. (2023). Por minería ilegal persiste amenaza de mercurio en fuentes hídricas de Cali. Boletín de la Procuraduría General de la Nación No. 2020 (2023). Publicado el 23 de febrero de 2023. En línea: https://www.procuraduria.gov.co/Pages/por-mineria-ilegal-persiste-amenaza-mercurio-fuentes-hidricas-cali.aspx

Relator. (1919). Alejandro D. Escobar (Anuncio de venta de carbón). Publicado el 2 de enero de 1919, página 2.

Relator (1921). Ferrocarril del Pacífico. Publicado el 12 de diciembre de 1921.

Relator (1936). Casas para mineros. Publicado el 31 de enero de 1936.

Relator (1955). Carbón y ferrocarriles nacionales. Publicado el 29 de julio de 1955.

Ruiz-López, A. (2015). Historia del carbón en la ciudad de Cali durante la primera mitad del siglo XX. En: Historia y problemas energéticos, Tercera Jornada Estudiantil de la Asociación Mexicana de Historia Económica, México, 17 -20 de febrero de 2015, 293-295.

Sempere, J. y Riechmann, J. (2004). Sociología y medio ambiente. Madrid: Editorial Síntesis.

Vásquez, E. (2001). Historia de Cali en el siglo 20. Sociedad, economía, cultura y espacio. Cali: Artes Gráficas del Valle.

Velasco Madriñán, H. (1936). El Valle del Cauca. Revista Nacional de Agricultura, No. 441-442. pp. 25-28.

Yáñez, C., Rubio, M. D. M., Jofré González, J. y Carreras Marín, A. (2013). El consumo aparente de carbón mineral en América Latina, 1841-2000. Una historia de progreso y frustración. Revista de Historia Industrial, 2013, vol. 53, num. 3, p. 25-77.

Puerto Mallarino: navegación, tranvía, puentes y gentes a las orillas del río Cauca

Diana Jovanna Romero-Tenorio[1] y Enith Zulema Astaiza-Grande[1]

1. Instituto para la Investigación y la Preservación del Patrimonio Cultural y Natural del Valle del Cauca INCIVA

Resumen

Este artículo investigativo de carácter diacrónico surge a partir del "Proyecto construcción de un puente de cuatro carriles sobre el río Cauca en el corregimiento de Juanchito, en el Departamento del Valle del Cauca, municipio de Santiago de Cali". Por lo cual, se reseña los distintos momentos históricos del puente en relación con los hallazgos encontrados durante las actividades de monitoreo arqueológico que evidenciaron cambios estructurales de los puentes, dado que estas obras han dejado huellas físicas del crecimiento y la renovación urbana de las vías del Valle del Cauca, asimismo, nutren el patrimonio arqueológico industrial. El trabajo que precede este artículo se debe a la conformación de un grupo interdisciplinar integrado por profesionales de antropología, arqueología, arquitectura e historia. Cabe anotar que el proyecto de construcción se halla vigente y representa la posibilidad de mejorar el transporte debido al incremento de la comercialización y la expansión de la ciudad de Cali.

Palabras clave: Puerto Mallarino, navegación, río Cauca, puentes, patrimonio cultural.

Abstract

This investigative article of a diachronic nature arises from the "Proyecto construcción de un puente de cuatro carriles sobre el río Cauca en el corregimiento de Juanchito, en el Departamento del Valle del Cauca, municipio de Santiago de Cali" Therefore, the different historical moments of the bridge are reviewed in relation to the findings found during the archaeological monitoring activities that evidenced structural changes of the bridges, given that these works have left physical traces of the growth and urban renewal of the roads of the bridge. Valle del Cauca, likewise, nourishes the industrial archaeological heritage. The work that precedes this article is due to the formation of an interdisciplinary group made up of professionals from anthropology, archaeology, architecture and history. It should be noted that the construction project is current and represents the possibility of improving transportation due to the increase in commercialization and expansion of the Cali city.

Key words: Puerto Mallarino, Navigation, Cauca river, bridges, cultural heritage.

Introducción

El valle del río Cauca es un valle interandino formado entre las cordilleras Central y Occidental, a lo largo de su trayecto atraviesa 183 municipios, empezando por los departamentos del Cauca, Valle, Risaralda, Caldas, Antioquia, Córdoba, Sucre y Bolívar. Nuestra área de estudio: el valle del Alto Cauca corresponde al municipio de Cali, específicamente el área de Puerto Mallarino que, se encuentra a la altura de 960 m. de altura, dista del centro de Cali a 7 km., por la Carretera Central. La llanura aluvial del río termina después del municipio de la Virginia, donde el Cauca pierde su planicie para encañonarse otra vez con un río de piedemonte (Galindo, 2003).

Antes de llamarse Puerto Mallarino en los registros notariales aparece con el nombre del "Paso de las Cañas" aproximadamente en el año 1700 se muestra dibujado el puente a la orilla izquierda del río Cauca (Figura 1). Sin embargo, los lugareños reconocen esta área como "Juanchito" desde los años 1870 debido a un hombre de baja estatura, comerciante de guadua y leña, llamado Juan muy conocido por la gente. Apelativo que con el tiempo se irá replicando en el vocabulario de la comunidad perpetuandose en la memoria (Archivo Histórico de Cali, 1984). Mientras, en los registros oficiales se le adjudicó al barrio el nombre de "Puerto Mallarino", en memoria del expresidente Manuel María Mallarino, aunque no hay una placa distintiva que lo identifique, los estamentos oficiales se refieren al lugar como Puerto Mallarino y la comunidad reconoce este espacio por ambos nombres "Juanchito" y Puerto Mallarino (Archivo Histórico de Cali, 1984).

Por el Acuerdo No. 17 de 1906 se demarcan los límites que dividen los predios urbanos y rurales de Cali, y dentro de este se adopten los nuevos edificios del Matadero (1896) y la Plaza de Mercado Calvario (1897), por lo cual, el sector de Puerto Mallarino fue considerado también como un lugar de la periferia de Cali. Con la creación de la Plaza de Mercado, como resultado permitió a campesinos, comerciantes y vendedores concurrieran en un mismo espacio de encuentro, así como también, los productos que llegaban en rústicas balsas de guadua a Puerto Mallarino que luego eran transportados en caballos hasta la Plaza de Mercado (Archivo Histórico de Cali, 1984).

Por otra parte, a inicios del siglo XX el territorio nacional se restablecía de la Guerra de los Mil Días, de la separación de Panamá y posteriormente vendría la apertura del Canal. Estos sucesos hicieron que el país concentrará sus esfuerzos en miras al desarrollo económico, comercial y social. En ese sentido, el país emprendió un plan de construcción de vías para la comunicación entre regiones y ciudades, posibilitando el intercambio mercantil entre ellas, y la salida de productos hacia el interior y exterior de Colombia, y Cali fue una de las ciudades en beneficiarse con el nuevo plan de desarrollo debido al surgimiento de la Navegación a vapor, la inauguración del Tranvía y más adelante la construcción del Ferrocarril del Pacífico y sus vías férreas (Galindo, 2003).

Además, con la segregación del Cauca con las demás provincias, el Valle fue designado como departamento autónomo por el Decreto 340 del 16 abril de 1910 y Cali denominada como su capital y centro urbano que trajo consigo el interés de inversores extranjeros y nuevas posibilidades de trabajo e inversiones en fábricas, manufactura y obras públicas, puesto que, su proximidad con el río Cauca y los demás centros de producción agropecuaria impulsó el mejoramiento de las

vías de comunicación lo que significó más tarde el aumento de importaciones y exportaciones con la incursión del café al mercado entre otros productos agrícolas (Galindo, 2003). Aunque con el correr del tiempo, cada una de estas obras fue perdiendo importancia, durante la primera mitad del siglo XX ayudaron a circular las mercancías y a Colombia incursionar en el mercado internacional (Galindo, 2003).

Perspectivas frente al río Cauca

Es posible establecer diversas miradas a propósito del río Cauca o como sugiere Germán Patiño (1992): "Varios Caucas", puesto que durante la búsqueda y elaboración del presente texto fue posible encontrar diversas acciones y reflexiones en el territorio vallecaucano.

Una primera etapa en esta aproximación diacrónica se remonta al momento histórico sin modificaciones antrópicas en el paisaje, la segunda etapa corresponde a una intervención humana de manera mesurada por un grupo étnico particularmente mencionado haciendo referencia a las crónicas, mientras que la tercera etapa sugiere considerar al Cauca de la Colonia, finalmente, un cuarto momento tendría implicaciones de tipo religioso, ya un último momento tomado en consideración, sería el inicio y la permanencia de la Navegación Fluvial:

> "Existe el de las antiguas eras que cubría con sus aguas todo el Valle, conformando un gigantesco lago bordeado por las dos cordilleras. Se recuerda también al Cauca de los indios Gorrones, diestros navegantes en canoas y hábiles pescadores, hecho que sabemos por los cronistas. Otros hablan del Cauca de la Colonia, cuando el Puerto de Cali quedaba en la gran ciénaga de Aguablanca, que hoy es un barrio deprimido que aún se inunda en épocas lluviosas. Arciniegas, […] escribe del Cauca de María, el de las lentas y perezosas balsas. También podría traerse a cuento el más ágil río de Herr Simmonds y el vapor "Cauca" que dio inicio a su mejor época. Todas estas remembranzas armarían el cuadro de una vía fluvial activa alrededor de la cual fue poblándose el valle caucano" [...]. (Patiño, 1992)

Al momento de la colonización española, se describen pasajes que van desde las intenciones de los colonizadores, su despliegue para el actuar totalizante en la nación, la descripción de la geografía misma en tanto que clima, vegetación y paisajes, así como la visibilización de una gran diversidad lingüística que, luego pasaría a un momento bilingüe entre lengua nativa- castellano, en el mejor de los casos, y en otros un exterminio casi total de los elementos de cada cultura para adoptar usos y costumbres de los colonizadores en calidad de sirvientes y esclavos (Patiño, 1992).

Entre los elementos más destacados está la descripción de las características, misma que hace referencia al fenotipo de los habitantes de las nuevas tierras a colonizar por los españoles que constituyen la historia escasamente retomada de las vivencias que debieran afrontar nuestros antepasados en tal situación de choque cultural (Patiño, 1992).

Gómez et al. (1986) mencionan tres de los más representativos grupos humanos "Chibcha, Caribe y Arawak". Después de un recorrido general se llega al desarrollo de la investigación centrada

en los grupos tribales que constituían la llamada "Comarca Vallecaucana" como se hace evidente en la siguiente cita textual:

> "A la margen del río Cauca vivían los Calacotos, que obedecían al cacique Calambás; a ambos lados del río, los aguales; al sur, los timbas, hombres belicosos y valientes que harta guerra darían a los españoles […] En las serranías del suroeste y al occidente estaban establecidas diversas tribus. Cerca de la costa vivían los atuncetas. Al sur de Valle, los jamundíes, cuyo jefe era el cacique Jamundí, quien también opondría fiera resistencia a los españoles […] En la parte occidental de la llanura vallecaucana habitaba el temible cacique Pete o Petecuy […] hombres y mujeres se adornaban la nariz con clavos retorcidos que llamaban caricuris, en las orejas llevaban joyas y en el cuello gargantillas de oro. Se cubrían con mantas de algodón y las mujeres llevaban chaquiras, que eran cuentas de hueso […] Las tribus de Roldanillo eran los gorrones; deriva el nombre de la palabra gorrón, que gritaban los indios cuando sacaban el pescado de los ríos. Se llamó así a tribus de otros lugares. Entre las tribus que por la época del descubrimiento habitaban el Valle, valga mencionar también la de los buchitolos, que habitaban la cordillera Occidental casi hasta los Farallones de Cali; los lilíes vecinos de los jamundies, con quienes guerreaban constantemente; los calimas, que vivían en las estribaciones de la Cordillera Occidental, entre los ríos San Juan y Dagua, y en la hoya del río que hoy lleva ese nombre; y los quimbayas, que habitaban en el norte del Valle en la cercanías entre los ríos Cauca y La Vieja. De estas tribus, las más próximas a lo que actualmente se llama Cali eran las timbas, jamundíes y lilies." (Gómez et al.,1986)

Con el propósito de establecer una bisagra entre el pasado y el presente se hará mención de una de las constantes, siendo una de las principales características en el desenvolvimiento de los pobladores de Juanchito o "Puerto Mallarino": las inundaciones.

> "El camino conocido como el "Paso del Comercio" y el "paso de Juanchito" que sirve actualmente de carretera automoviliaria quedaban cerrados en los grandes inviernos de antaño. Basta recordar que, en muchas ocasiones, la inundación de las aguas se detenía a poca distancia de esta ciudad. En la antigua vía de "Juanchito" había necesidad de embarcarse en canoa desde el vecino sitio llamado "El Troncal" hasta la conocida finca de "Mata de Caña", ubicada más delante de la actual vuelta de "La Zeta"" […]. (García, 1938)

Es importante mencionar que las dificultades de orden tecnológico mantuvieron al Valle del Cauca también sin instauración de vehículos rodantes, y fue a finales del Siglo XIX cuando se empezaron a adoptar estas nuevas tecnologías de transporte, las cuales brindaban una mayor comodidad y aprovechamiento del tiempo. Se comprende que, en este momento, se adelantaron varias personas y alianzas familiares que tenían las posibilidades económicas e intelectuales para adoptar del exterior las nuevas tecnologías, y se hace una referencia en plural, debido a que no fue una casualidad que estas empezaran a aparecer una tras otra y luego a producir simultáneamente. Precisamente fue pensado para articular todo un sistema de transportes, que incluyera vehículos para desplazamiento terrestre, acuático y también

aéreo, lo cual no hubiese podido cerrar un círculo sin una de las herramientas más importantes para el desenvolvimiento de las dinámicas mercantiles y sociales, por ello, también se pensó en la implementación del telégrafo (Patiño, 1992).

En 1907 apareció el primer automóvil traído a la ciudad por Jorge Zawadski, y con ello la necesidad de adecuar las calles de la ciudad con pavimento con bloques de piedra caliza extraída de las Tres Cruces, el ferrocarril apareció en 1915, y en 1917 se construye la Estación Ferroviaria (Patiño, 1992).

La navegación a vapor sobre el río Cauca

Como uno de los momentos más representativos en el transcurrir de la historia a propósito de Puerto Mallarino, se pretende aludir a la navegación fluvial que tuvo como camino el río Cauca, y que a partir de esta implementación de transporte tanto para pasajeros como para mercancía ocasionó importantes cambios transitorios, al dejar como alternativas las balsas y las barcazas para ubicar en primer lugar a los navíos. A continuación, se presentan las razones para la implementación del mencionado sistema de navegación fluvial:

> "Al abordar los inicios de la navegación sobre el río Cauca es importante hacer referencia a la necesidad de conectar los caminos desde el interior del país y de la misma manera integrar las haciendas y fincas con los poblados urbanos, unido esto a una naciente sociedad de empresarios con la necesidad de movilizar sus mercancías y la salida de productos agrícolas hacia el mercado externo entre ellos el tabaco, el cacao, el azúcar y más tarde el auge del café. Fue imperioso liderar proyectos de infraestructura y de construcción de vías que de alguna manera acelerara la actividad comercial. Ya que como medio de transporte se utilizaban antes caballos de carga y mulas dejando a menester largas jornadas de viaje que en ocasiones ante la falta de caminos y vías se arruinaban los productos o el transporte se limitaba en épocas de lluvias por su difícil tránsito. Al servicio como medio de transporte que atravesara el río Cauca, este contaba sólo balsas de guadua y canoas en el siglo XIX hasta comienzos del XX, movilizando plátanos, café, cacao, frutas y tabaco embarcando en rústicos puentes que luego se conectaban con caminos de herradura con los poblados." (Vásquez, 2001)

A partir de la creación del Estado Soberano del Cauca en 1863, se convirtió en una de las necesidades de la gobernación en modernizar las comunicaciones y emprender una conexión con el mercado mundial exportando los productos de la región. De los propósitos que se lideraron fue llevar a cabo la construcción de caminos, ferrocarriles, telégrafos y la navegación fluvial a vapor, todos estos planes impulsados por el gobierno nacional y la cooperación de empresarios. Todo ello se incluyó en la documentación del proyecto de construcción del Ferrocarril del Cauca en 1878, para la constitución de una empresa de vapores para navegar el río Cauca. Antes que nada, se debía tener los permisos de los caminos, ya que, los caminos terrestres eran conocidos como “Caminos del Estado” y aquellos que se conectaban con la salida al mar se les denominó “Caminos Nacionales” (Valencia, 2004), lo que permitió adelantar varios proyectos.

Por parte del gobierno nacional dio paso público por los ríos navegables, de acuerdo a la Ley 4 de 1879,

> "…autorizó al Poder Ejecutivo para contratar el derecho de establecer barcas ó cualquiera otra clase de embarcaciones en los pasos de los ríos navegables que bañan más de un Estado […] Se pidieron igualmente datos á los Gobiernos del Cauca y Antioquia sobre el número y situación de los pasos públicos del río que da su nombre al primero de estos Estados, y por causa de los disturbios políticos en ambos, á pesar de haberse obtenido aquéllos, hubo demora considerable en ordenar que se celebrasen los contratos á que alude la citada ley 4, […] Estando los pasos de "Panezo", "El Rincón", y "La Torre" servidos por las embarcaciones del Estado; el del "Comercio por las de la Municipalidad de Cali, y el de "La Balsa"". (Wilson et al., 2016)

Por otra parte, la navegación por el río Cauca también se propició debido a la celebración del contrato entre el gobierno nacional y Francisco Javier Cisneros para la construcción del Ferrocarril del Cauca, que luego cambiaría su nombre por Pacífico. En la licitación quedó incluida la constitución de una empresa de vapores para navegar sobre río Cauca, aprovechando el impulso se mandaron a traer piezas de barcos a vapor por el Puerto de Buenaventura. Tal iniciativa fue puesta en marcha por Carlos H. Simmonds, quien estableció "…la "Compañía de navegación por vapor del Río Cauca", el día 25 de octubre de 1880 que fue establecida con una duración de 20 años prorrogables y protocolizada el 25 de octubre de 1880 en la Notaría 2ª de Cali" (Valencia, 2004).

> "De acuerdo con Moreno (1986), El señor Carlos H. Simmonds, fue uno de los primeros inversores en la actividad naviera a comienzos de 1880, con la introducción de sus vapores "El Caldas" y luego "El Cauca". Más adelante, se unirían otros empresarios como Carlos Pinzón, Ulpiano Lloreda, Alfonso Vallejo, Alejandro Garcés, Hernando Caicedo, Santiago Eder, José María Cabal y Jesús María Domínguez entre otros que establecerán sus compañías."

No obstante, el gobierno nacional continuó incentivando la actividad naviera, "En 1905 el gobierno creó incentivos para impulsar la navegación por el río Cauca: un subsidio de $800 pesos oro a las empresas que hicieran el recorrido por Puerto Simmonds (Paso del Comercio) en el sitio de Tiacuante, hasta la Virginia" (Vásquez, 2001).

La llegada del vapor a Cali no fue tarea sencilla las vías no eran las más oportunas, al llegar a Buenaventura las piezas del vapor "Caldas" se habían mandado a traer desde Europa y estas debían trasladarse a lomo de mula y luego armarlo en el río y ponerlo a funcionar como lo describen los historiadores Germán Patiño y Alonso Valencia. Para ello tuvieron que contratar un experto que armara el barco, contratando así al italiano Felipe Orosti, quien había sido contratado antes por la compañía "Sociedad de Navegación del Río Cauca" de Buga (Vásquez, 2001).

La navegación por el río Cauca se da inicio en 1884 con la inauguración del "Caldas", un pequeño vapor de trayecto entre el Puerto del Paso del Comercio en Cali, y hasta Puerto Virginia, Caldas, que más tarde cambiarían sus nombres por "Puerto Simmonds y "Puerto Chávez" (Vásquez, 2001).

De acuerdo con relatos, el Caldas se hundió el mismo día de la inauguración por fallas en la caldera. Esto hizo que el señor Simmonds invirtiera en otro vapor que fue construido teniendo en cuenta las condiciones del río, el vapor "Cauca", cabe anotar que: "Con el apoyo financiero de Chávez, se pudo comprar el vapor "Cauca" que fue construido por los astilleros "Yarrow´s y Co" de Glasgow y agenciado por A. I. Henry y Company de Londres" (Vásquez, 2001), este prestó sus servicios entre el Paso del Comercio y la Virginia, su capacidad de carga era de 100 toneladas.

Puesta en marcha la navegación sobre el río Cauca, se establecieron otras compañías durante las tres primeras décadas del siglo XX, entre ellas la del dragado del río Cauca, mismo que "…garantizaría la permanencia de la navegación fue otorgada mediante contrato celebrado el 8 de marzo de 1890 al súbdito inglés Alfredo S. Hodges, quien se comprometió a la canalización, dragado y extracción de arenas auríferas del río Cauca" (Vásquez, 2001), lo cual permitió la continuidad de la navegación, puesto que, tanto el dragado como la extracción de arena, contribuyeron al proyecto de canalización del río.

> "Es una cosa sabida por todos que el río Cauca atraviesa todo el valle del Sur á Norte, de "La Balsa" á "La Virginia", sobre un lecho de aluvión, mezcla sin cohesión de arena fina y de arcilla, tocando algunas veces, en sus innumerables giros, los flancos de roca alguna; todo es aluvión.
>
> Esta circunstancia debe tenerse en cuenta para cuando sea tiempo de elegir el sistema de rectificación.
>
> Es también un hecho averiguado hoy, que hasta ahora unos cincuenta años las inundaciones del río Cauca no perjudican en manera alguna los cultivos de sus riberas; al contrario, sus cacaotales, platanales, cafetales, árboles frutales en general, eran más bien beneficiados y ni las habitaciones de sus orillas sufrían deterioros. Es que entonces las inundaciones ni subían a la altura de hoy, ni se extendían, […]
>
> Creo que la rectificación sea suficiente, y que sólo en el caso de que, después de rectificado el curso del río, y que la mayor velocidad adquirida por las aguas haya limpiado el cauce de las arenas, se vea que existe á descubierto en algún sitio, un banco de arcilla compacto ó peña, lo que temo poco; entonces, es decir, á posteriori, se pensaría en perfeccionar el trabajo con una draga. […]
>
> Lo que sí es evidente es que, a pesar de la opinión de algunos, la canalización por medio de dragas acometida en el río Cauca, sin haberlo rectificado primero, sería una operación completamente inútil. Las arenas que las dragas extrajeran serían muy pronto reemplazadas por otras nuevas y los hechos se repetirían." (Archivo Histórico de Cali, 1892)

Durante el auge de la navegación las condiciones de tipo climático y geográfico fueron una constante y a su vez un obstáculo, en épocas de lluvias y en temporadas secas afectan la utilización del río para la navegación, puesto que ante las lluvias se suscitaban inundaciones que hacía perder el canal principal desviando el trayecto. Por otro lado, las sequías bajaban el caudal del río interrumpiendo la actividad naviera y en el caso del Cauca nos referimos este tiene poca profundidad.

La importancia del transporte fluvial hizo evidente la conexión entre las ciudades, por esta vía circulaban mercancías y viajeros de distintos lugares de poblaciones intermedias pasando por el Puerto y la Virginia. En la medida en que la mercancía salía del interior de la ciudad hacia Puerto Mallarino dejaba al descubierto la necesidad de incrementar las exportaciones de productos agrícolas, puesto que había empresarios particulares interesados en invertir,

> "El señor don Santiago Eder, usted lo sabe, tiene dinero suficiente para cuadruplicar su actual producción de azúcar, y en el mismo caso están varios fabricantes, y sin embargo no lo hacen porque produciendo lo suficiente para el consumo, al duplicar siquiera la producción actual, no teniendo vía para exportar el sobrante, tendrán que perderlo.
>
> En cuantos a otros productos como el cacao y el café que hoy exportamos, á la vez que también sufren con el gran recargo de los costosos empaques crecidos fletes no nos es dado aumentar las plantas por falta de brazos, aún cuando nos sobran voluntad y recursos para hacerlo"." (Archivo Histórico de Cali, 1893)

Para la segunda mitad del siglo XX el gobierno departamental había construido y mejorado las vías terrestres como el Paso del Comercio, la Bolsa, Navarro entre otras que antes era solo posible conectarse a través de la vía fluvial sobre el río Cauca, lo que más adelante provocó el poco movimiento comercial fluvial. A parte se fueron suscitando otros factores de orden climático para el sostenimiento de la navegación a vapor, puesto que las orillas del río aumentó la erosión a causa de la rápida deforestación, y por otro lado las inundaciones en las riberas del río y otras ocasiones las sequías.

El Tranvía

El Concejo llevó a cabo un contrato de construcción de una red de tranvías y equipos, por el Acuerdo No. 12 de 1906 (Archivo Histórico de Cali, 1906), con la sociedad anónima integrada por Emilio y Enrique Bizot, de origen extranjero; también estaban los señores Herman Bohmer, Fidel Lalinde, Alfonso Vallejo, Ricardo Price, Pedro Pablo Caicedo, y las hermanas Borrero Mercado (María, Mercedes, Tulia y Ascensión) (Vásquez, 2001). El tranvía se inauguró en el 20 de julio de 1910 en el marco de la celebración del Primer Centenario de Colombia,

> "…para celebrar la inauguración del tranvía a vapor, allí mismo donde ya se encontraban los talleres de la empresa. Las autoridades y los empresarios subieron alborozados al tranvía a vapor que avanzó por la carrera 8ª, pasó por el Crucero, siguió hacía El Troncal, hasta entrar pitando a la estación de Juanchito (Morrocosal) donde los vapores "Caldas" y "Sucre" desde el río Cauca respondían haciendo sonar sus "sirenas"". (Vásquez, 2001, 64)

El recorrido del Tranvía partida desde Carrera 9 entre las Calles 12 y 13 en las oficinas del Calvario, allí se cargaba con mercancías y pasajeros hacia el centro. Luego atravesaba la calle 16 hasta la Carrera 8ª llegando al cruce de la calle 25 y luego seguía por la carrera 8ª hasta "El Troncal" para terminar en la estación de Juanchito el recorrido, cuando terminaba de prestar el servicio las locomotoras se guardaban en la estación (Vásquez, 2001).

La circulación de pasajeros de la línea Cali hacía Puerto Mallarino en la década del diez como se refleja en la tabla No. 2 de "Movimiento de Pajeros" mantiene un flujo, y para ese entonces el tranvía se utilizaba como transporte público,

ya que este, no sólo se conectaba con el centro de la ciudad y Puerto Mallarino, sino además que se integraba con otros espacios de la periferia de la ciudad. Además, las personas utilizan este transporte por lo barato y cómodo del servicio aprovechándose para el disfrute en los domingos y feriados. Pero principalmente ayudó a la circulación de mercancías y productos agrícolas. Pongamos por caso el año 1916 se habían transportado 10.140 bultos de café, 19.561 guaduas (balsadas) y leña con 19.561 en cargas de cuatro atados (Archivo Histórico de Cali, 1917). Para 1922, se movilizaron cargas de Cali a Puerto Mallarino, según con el Boletín de Estadísticas municipal de 1923 se transportó: 2.872 bultos de café, luego le siguen guaduas sueltas con 17.129 y leña en atados 18.896; entre mercancías 7.560 (Archivo Histórico de Cali, 1917).

Entre 1915 y 1926 el transporte fluvial fue una de las vías más eficaces y rápidas que movilizó productos y mercancías gracias a la construcción de puentes que facilitó el tránsito de Cali a Palmira (Archivo Histórico de Cali, 1917). Sin embargo, a medida que avanzaba la apertura de las líneas férreas y el Ferrocarril del Pacífico arribó a Cartago en 1923, para la década del veinte los productos entre ellos el café, pasaban de forma directa a Buenaventura a bajos costos y sin retrasos, desplazando el transporte fluvial incluido los puentes sobre el río Cauca perdiendo importancia. Aunque algunos productos como la guadua y la leña, mantuvieron una circulación local en Puerto Mallarino hasta la línea Cali por la Carretera Central.

En cuanto al tranvía, los ingenieros franceses Bizzot y Beyyert, vendieron al ingenio de Manuelita los vagones para el cargue y transporte de caña. Y las antiguas bodegas del tranvía en Juanchito, se construyó en 1927 una de las primeras escuelas del sector.

Los Puentes

De acuerdo con los distintos procesos económicos, sociales y culturales antes y después de la implementación de la navegación a vapor y el tranvía, es necesario mencionar la importancia de algunos puentes en la geografía vallecaucana. Específicamente, en el sector de Juanchito o Puerto Mallarino se construyeron dos puentes llamados del mismo modo “Carlos Holguín”.

El primero, debido a que en 1918 la Asamblea Departamental del Valle expidió la Ordenanza no. 37, decretando la construcción de dos puentes sobre el río Cauca, uno en Puerto Mallarino y otro en Puerto Caldas, se decidió construir para comunicar al centro de Cali a través de la Carretera Central, de tal modo, este puente cruzaría el río Cauca conectando las dos bandas del río Cauca, extendiendo su camino hacia Candelaria y Palmira (Archivo Histórico de Cali, 1917).

Se encargó a la casa norteamericana Fox Bross y Cía. la estructura metálica, este fue un puente metálico tipo colgante de un solo carril, el cual se inauguró el 7 de agosto de 1922 y puesto al servicio días después. Sin embargo, su vida útil fue de sólo treinta años, puesto que dentro del presupuesto departamental no se contempló los costos de mantenimiento de la estructura. Además, su localización no era la más idónea ya que en épocas de lluvias,

> "…sus aguas se desbordaban con fuerza pasando por encima del nivel del suelo hasta chocar de manera casi directa con los estribos del puente socavando progresivamente sus cimientos antes de continuar su recorrido hacia los terrenos bajos de la banda oriental. (Archivo Histórico de Cali, 1917)

> Si bien, la administración departamental invirtió dineros en reparaciones menores debido al frecuente tráfico y las intensas lluvias los costos elevados de mantenimiento hicieron que el viejo puente fuera reemplazado por otro. El puente en mención aún conserva parte de su cimentación y superestructura."

Según la información presentada a continuación:

> "Como acto final de las desgracias sobre el puente, en julio de 1952 un camión que cargaba un bulldozer de 25 toneladas de peso atravesó la estructura, ocasionando el colapso del aproche occidental. De inmediato, las autoridades municipales trazaron una vía provisional que a manera de desvío conducía el tráfico ligero hasta el paso del Comercio dándose al servicio el nuevo puente allí instalado. Los trabajos de reparación del viejo puente de Juanchito fueron lentos y obligaron a renovar por completo la estructura: en febrero de 1955, mediante licitación privada, el Departamento adquirió un puente metálico colgante a la casa alemana Gutehoffnungs Oberhausen Autinengesellschaft domiciliada en Oberhausen Beinland y adjudicó a la firma de ingenieros caleños Bueno y Caldas los trabajos de mampostería. El nuevo puente se localizó 50 metros más abajo del anterior y los trabajos se iniciaron el 20 de febrero de 1955, ocasionando el cierre definitivo al tráfico pesado en julio de ese año." (Galindo , 2003)

El segundo puente "Carlos Holguín", elaborado con materiales de mayor resistencia y con dos carriles para que así pudieran desplazarse automotores de distintos tipos, desde cargas livianas hasta cargas de considerable magnitud. Este puente en mención ha requerido algunas reparaciones para continuar su vigencia, sin embargo, hasta el momento corresponde a una de las estructuras más importantes para la comunicación local, regional y nacional.

Por último, cabe mencionar el puente giratorio "Nemesio Camacho" sobre el río Cauca, que se instaló con el propósito de conectar las ciudades de Cali y Palmira, idea que venía gestándose desde finales del siglo XIX con las construcciones de las líneas férreas del Ferrocarril del Pacífico que unificara el centro. El puente "Camacho" se puso al servicio con el paso de la locomotora hacia Palmira en 1917, el sistema giratorio estuvo al servicio hasta 1928.

En lo que concierne, a la intervención arqueológica se realizó a partir de los movimientos de suelo se halló una serie de vestigios, específicamente, estructuras en ciclópeo que superan los cuatro metros de profundidad a partir de la cota de terreno. El uso de dichas estructuras en acero fue empleado como refuerzo y apoyo, es decir, estamos hablando que estos vestigios presentaron un uso industrial si bien no es claro a qué uso pudo estar asociado. Tales vestigios se asumen correspondientes al Puerto Mallarino de los distintos momentos constructivos de finales del siglo XIX y del XX, que de alguna manera son evidencian de los procesos industriales que se adoptaron en las obras de ingeniería en el contexto local y nacional en relación a estructuras como puentes, así como también la incursión de nuevos materiales constructivos que son la huella física de los cambios que se suscitaron durante el siglo XX.

En lo que respecta a la última obra vial del puente, se hace hincapié en su trascendencia a la historia local con la población que, se asentó sobre las estructuras base en el lado Cali u orilla occidental del río Cauca. Además, se encontró parte de

la cimentación de lo que se piensa pudieron ser fábricas paralelas a este sitio, mencionado anteriormente, en el lado Candelaria o costado oriental del río Cauca.

Los pobladores a las orillas del río Cauca

De los primeros asentamientos a las orillas del río Cauca surge un pequeño poblado integrado por personas de distintos lugares como Buga, Mulaló, Puerto Tejada, y campesinos del Cauca, y de algunos sectores del Antioquía en busca de oportunidades, autopoblando terrenos ejidos y lugares cercanos a las orillas del río, puesto que veían a través de la navegación a vapor un medio de sustento. Los pobladores desarrollaron oficios como la pesca, el turismo, el comercio de productos agrícolas, ganado y materiales de construcción que provenían de haciendas del valle y de los alrededores que hacían uso de las balsas de guadua y embarcaderos rústicos que conectaban a los poblados para movilizar productos y materiales que luego se vendían en Puerto Mallarino y después eran transportados hasta el centro urbano de la ciudad de Cali, primero a través de animales y luego el tranvía.

A partir del inicio de la navegación a vapor por el río Cauca en 1888, Puerto Mallarino, se vuelve un núcleo y lugar de encuentro de las compañías navieras, construcción de bodegas, hoteles y cafés que utilizaban el transporte fluvial. Por otra parte, surge el negocio y la comercialización de materiales de construcción, generando diferentes oficios en la playa del río, brindado oportunidades a jóvenes en el empleo de extracción de arena que luego era empacada en sacos de harina, al transporte en mulas y caballos de esterilla y guadua.

El barrio Puerto Mallarino, actualmente, pertenece a la Comuna 7, por el Acuerdo No. 49 del 28 agosto de 1964, con extensión desde la Carrera 8ª hasta el Caño Cauquita (Acueducto) limita al oriente con el río Cauca por la Calle 67, en la comuna se encuentran ubicados los edificios la Planta de Tratamiento de aguas de Puerto Mallarino, el Parque de la Caña y la Base Aérea Marco Fidel Suárez.

Literatura citada

Archivo Fotográfico y Fílmico del Valle del Cauca. (s.f.). Biblioteca Departamental “Jorge Garcés Borrero”.

Archivo Histórico de Cali. (26 de agosto de 1892). Informe del Prefecto Provincial de Palmira. No. 422. Secretaria de Hacienda. Fondo Miscelánea. Popayán.

Archivo Histórico de Cali. (17 de mayo de 1893). Informe del Ingeniero oficial relativo al proyecto de rectificación del río Cauca. 2168-2180. Secretaría de Hacienda. Registro Oficial No. 545.

Archivo Histórico de Cali. (1906). Acuerdo No. 12 de 1906. 369-373. Fondo Concejo.

Archivo Histórico de Cali. (Julio de 1917). Boletín de Estadísticas Departamental. No. 1. 1915-1916. Fondo Miscelánea.

Archivo Histórico de Cali. (08 de febrero de 1917). Informe No. 745 del Ingeniero Jefe del Departamento del Valle del Cauca. No. 614, 28-54. Cali, Fondo Miscelánea, Colombia: Gaceta Departamental.

Archivo Histórico de Cali. (1984). Historia del barrio Puerto Mallarino. En D. M. Mina, Recuerdos de mi barrio (pág. Fondo Miscelánea).

Cali: Departamento Administrativo de Promoción Social y Acción Comunal.

Camacho, M. (1962). El Valle del Cauca, constante socio-económico de Colombia. Cali: Imprenta Departamental.

Galindo, J. (2003). Cruzando el Cauca. Pasos y puentes sobre el río Cauca en el departamento del valle hasta la primera mitad del siglo XX. Cali: Secretaría de Cultura y Turismo. Recuperado el 16 de mayo de 2022, de https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/8245/cruzandoelcauca.pdf?sequence=1

García, D. (1938). Hacendados de la otra banda y el cabildo de Cali. Bloomington: Universidad de Indiana.

Gómez, Á., Gómez, F., y Martínez, H. (1986). Historia de Cali 1536-1986. Cali: Ediciones Andina.

Moreno, J. (1986). Puerto Mallarino: De aldea a barrio. Cali: Universidad del Valle.

Patiño, G. (mayo-junio de 1992). Varios Caucas. Cali: Magazine Despertar Vallecaucano.

Valencia, A. (julio-diciembre de 2004). La navegación a vapor por el río Cauca. Historia y Espacio, 23.

Vásquez, E. (2001). Historia de Cali en el siglo XX, sociedad, economía, cultura y espacio. Cali: Propal.

Wilson, H., Meisel, A., y Ramírez, M. (2016). Memoria del Secretario de Hacienda y Fomento dirigida al presidente de la Unión para el Congreso de 1880. Bogotá: Biblioteca virtual BLAA – Biblioteca Luis Ángel Arango.

Renovación del guión museográfico del Museo Arqueológico Calima: un ejercicio para facilitar la apropiación social del conocimiento

María del Mar López-Rojas[1], Alexander Clavijo-Sánchez[2], Tatiana Restrepo-Duque[2].

1. Universidad del Valle
2. Instituto para la Investigación y la Preservación del Patrimonio Cultural y Natural del Valle del Cauca INCIVA

Resumen:
El proyecto "Fortalecimiento conceptual y museográfico del Museo Arqueológico Calima para facilitar la apropiación social del conocimiento"**,** fue uno de los elegidos en la convocatoria Hilando Sueños de Región, realizada por la Fundación Zoológico de Cali para seleccionar nueve (9) centros de ciencia no reconocidos por Min Ciencias en la Región Pacífico (departamentos de Chocó, Nariño, Cauca y Valle del Cauca) con el propósito de fortalecer habilidades de gestión de procesos y experiencias de Apropiación Social del Conocimiento (ASC). Dicha convocatoria, la número 020 de 2021 se encuentra dentro del plan bienal de convocatorias del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación – Min Ciencias, a través del Fondo de Ciencia, Tecnología e Innovación del Sistema General de Regalías -SGR. La propuesta presentada por INCIVA abordó principalmente la necesidad de actualizar la señalética del Museo Arqueológico Calima en uso desde 1993 con el fin de actualizar el lenguaje técnico utilizado en la museografía e incorporar el componente de inclusión para atender las necesidades de personas con discapacidad para facilitar la aprehensión del guión del museo. El objetivo general de la propuesta fue mejorar los elementos comunicativos y mediadores del Museo Arqueológico Calima, de tal manera que se fortaleciera su capacidad comunicativa mediante la implementación de estrategias de inclusión para personas con discapacidad visual y auditiva, al igual que población de grupos étnicos locales. Para ello, se realizó la actualización del guión museográfico, y se promovió la creación participativa de dos estrategias de apropiación social del conocimiento (ASC) que viabilicen la inclusión de la diversidad de públicos potenciales para el museo, especialmente personas con discapacidad -PcD- y grupos étnicos.

Palabras claves: Patrimonio Cultural, Arqueología, Museo y Museología, Inclusión

Abstract
Museum Reinforcement Initiative: Integrating Archaeological Heritage and Social Appropriation", was one of the selected projects in the Spinning Dreams of the Region call for applications, carried out by the Cali Zoological Foundation to select nine (9) science centers not recognized by MinCiencias in the Pacific Region (departments of Chocó, Nariño, Cauca and Valle del Cauca) with the purpose of strengthening process management skills and experiences of Social Appropriation of Knowledge (ASC). This call, number 020 of 2021, is within the biennial call plan of the Ministry of Science, Technology and Innovation - MINCIENCIAS, through the Science, Technology and Innovation Fund of the General Royalties System -SGR. The proposal presented by INCIVA mainly addressed the need to update the signage of the Calima Archaeological Museum in use since 1993, in order to incorporate the inclusion component and satisfy the needs of people with disabilities PwD, in such a way that both blind and people with hearing disabilities have the opportunity to apprehend the museum's script. The general objective of the proposal was to improve the communicative and mediating elements of the Calima Archaeological Museum, in such a way that its communicative capacity was strengthened through the implementation of inclusion strategies for people with visual and hearing disabilities, as well as the population of local ethnic groups. The museum script was updated, and the participatory creation of two strategies for the social appropriation of knowledge (ASC) was promoted to enable the diversity of potential inclusion audiences for the museum, especially people with disabilities - PwD. - and ethnic groups.

Keywords: Cultural Heritage, Archaeology, Museum and Museology, Inclusion.

Replantear los guiones del Museo Arqueológico Calima: revisar, actualizar y reafirmar

El Museo Arqueológico Calima ubicado en el municipio de Calima El Darién en el Valle del Cauca, Colombia, es uno de los principales centros culturales de la región dedicado a la preservación y exhibición del legado de las sociedades amerindias que habitaron la región Calima (vertiente oriental de la Cordillera Occidental hasta el piedemonte del valle geográfico del río Cauca, que incluye los municipios de Calima El Darién, Restrepo, Dagua, La Cumbre, Vijes y Yotoco y que florecieron en este territorio aproximadamente desde 10.000 años antes del presente hasta la llegada de la conquista europea.

El museo exhibe además, evidencias de las sociedades Tumaco Tolita, ubicadas en toda la costa del Pacífico, cuyo sector meridional está en el Ecuador y el más septentrional está en Buenaventura, en el sector del corregimiento de La Bocana. Estas sociedades dejaron un legado significativo de arte, cerámica, escultura y rituales que reflejan su compleja organización social y espiritual.

El museo cuenta con una extensa colección de objetos provenientes de las excavaciones arqueológicas realizadas en la zona, que incluye piezas ceremoniales, máscaras y figuras antropomorfas y zoomorfas. Estos artefactos no sólo muestran la habilidad artística de los primeros pobladores, sino también sus creencias y prácticas culturales a través de la ventana hacia el pasado que se abre con los vestigios arqueológicos.

Además de su exposición permanente, el Museo Arqueológico Calima ofrece actividades educativas para promover el conocimiento y la apreciación del patrimonio cultural de la región. Es un punto de encuentro para académicos, estudiantes y visitantes interesados en explorar la historia y el arte prehispánico de Colombia.

Teniendo en cuenta que el museo juega un papel crucial en la conservación y difusión del patrimonio arqueológico de la región y el país que contribuye además al turismo cultural del Valle del Cauca, se presenta a continuación el proceso de actualización de los guiones y narrativas del museo.

Objetivo general:

La propuesta presentada por INCIVA aborda principalmente la necesidad de actualizar la señalética del Museo Arqueológico Calima, el cual ofrece el recorrido por su sala de exposiciones que salvaguardan piezas invaluables para el patrimonio vallecaucano y la posibilidad de realizar un viaje a través de diez mil años de historia, a partir de acciones educativas con los visitantes.

Durante el recorrido guiado se expone el guión museográfico como eje del proceso de apropiación social del conocimiento. En tal sentido, el guión museográfico resulta protagónico en la propuesta educativa del museo, por lo que su fortalecimiento y adecuación se convierten en el principal propósito de esta intervención.

Por lo cual el objetivo general de la propuesta es mejorar los elementos comunicativos y mediadores del Museo Arqueológico Calima, de tal manera que se fortaleció su capacidad de llegar a los visitantes mediante la implementación de estrategias de inclusión para personas con discapacidad visual, al igual que para poblaciones de grupos étnicos locales.

Para ello, se realizó la actualización del guión museográfico y se crearon de manera participativa dos estrategias de apropiación social del conocimiento -en adelante ASC- que permitieron visibilizar la inclusión de la diversidad de públicos potenciales.

Antecedentes de la propuesta de ajuste de los guiones del Museo Arqueológico

El Museo Arqueológico Calima se creó como una propuesta de desarrollo arqueológico del territorio donde se obtuvieron los vestigios más sobresalientes que llevaron a que fuera reconocida internacionalmente como "Región Calima", y que se constituyó como una de las más importantes del suroccidente de Colombia. De la misma forma, se propuso salvaguardar el patrimonio cultural del centro occidente del Valle del Cauca, como corredor turístico con raíces culturales vallecaucanas y de otras zonas que conforman el actual territorio Calima.

El museo fue fundado en 1981 por el investigador Víctor Manuel Patiño Rodríguez con la idea de continuar y apoyar el proceso, ya iniciado por investigadores como Henry Wassen en 1976, (Bennet 1944) y Hernández de Alba (1976), quienes se refirieron a hallazgos arqueológicos en Calima (Valle del Dorado, Buga, Yotoco y Valle de Darién). Así mismo, apoyar y profundizar la información generada por la Fundación Pro Calima (creada en 1979) con quienes se logró la periodización de los vestigios encontrados como Precerámico, Ilama, Yotoco y Sonso para los diferentes estilos de restos líticos y de alfarería encontrados en la región.

El Museo Arqueológico nace como una necesidad de descentralizar procesos de investigación, natural y social y acceder a los lugares excepcionalmente o potencialmente ricos en yacimientos arqueológicos, como la región Calima.

La primera sede del museo funcionó en la Calle 12 # 8-36 en el centro de Calima El Darién. Un año más tarde el doctor Patiño y el alcalde O'Leary Bermúdez acordaron la compra venta del predio los Guayabales a nombre de INCIVA con la intención de construir el museo arqueológico y un laboratorio de arqueología. En 1983 el museo empezó a funcionar en su actual localización y desde allí se originaron y ejecutaron proyectos como "Investigaciones arqueológicas en el curso medio del río Calima, cordillera Occidental, Colombia. (Salgado 1986), bajo la orientación de Guillermo Barney Materón como director de INCIVA.

Hasta 1991 el museo funcionó en la casa de administración que servía además como sala de exposición y laboratorio. En 1993 se inició la construcción del módulo de exposiciones, la cual se inauguró el 4 de julio de 1994 con un guión científico escrito por los arqueólogos Héctor Salgado-López y Carlos Armando Rodríguez (1994), bajo la dirección de María Isabel Caicedo -Lourido.

Desde 1994 el laboratorio del museo ha sido sede de varios procesos de investigación: Investigaciones arqueológicas en la suela plana del valle geográfico del río Cauca (Rodríguez y Stemper 1992), Investigaciones arqueológicas en el Pacifico (Salgado y Stemper 1992). Los trabajos de nuevos investigadores fueron posibles bajo la modalidad de proyectos de grado de estudiantes de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá, tales como Forero 1991, Blanco 1993, Pulido 1993, Clavijo 1994 y Flórez 1998.

Posteriormente los estudios de arqueología preventiva permitieron ampliar el panorama arqueológico de la región, como el proyecto Coronado en Palmira, alrededor de las ocupaciones tempranas en la suela plana (Blanco y Clavijo 1998) FOREC (Clavijo 2000) Puente Ortiz (Blanco 2010).

En la actualidad se han hecho ajustes y mejoras a las locaciones del museo con la construcción de una zona para cafetería, ampliación y/o trazado de nuevos senderos y construcción de baños con acceso a personas con movilidad reducida.

La construcción del guión del Museo Arqueológico Calima, en principio estuvo a cargo de los investigadores Carlos Armando Rodríguez y Héctor Salgado López quienes trataron de consolidar un resumen de lo investigado hasta 1986 en el Valle del Cauca, partiendo de investigaciones realizadas por la Fundación Pro Calima (Bray, Herrera, Cardale 1980, 1981, 1983, 1985, 1988, 1992) en donde participaron los investigadores de INCIVA adscritos al museo con proyectos de investigación como los estudios en Guacarí (Rodríguez 1985) y Yotoco (Salgado 1988) (Rodríguez y Bashilov 1988). Con esta información se hizo un barrido de la arqueología del Valle del Cauca con énfasis en la región Calima, este guión trataba de presentar una secuencia cronológica desde el pasado más remoto (10.000 A.P.) hasta los más tardío del período Sonso de la región Calima (1400 A.P).

En 1994, cuando se construyó el actual módulo de exposición, se hizo un guión que guardaba la intención básica de la secuencia cronológica, y se ampliaba a lo hallado en esos años en Palmira en el sitio arqueológico conocido como Malagana que corresponde al período temprano.

El guión fue enfocado en la riqueza medioambiental del Valle del Cauca lo cual hizo que este territorio fuera propicia para albergar comunidades humanas desde épocas muy tempranas como los 10.000 años de los cazadores horticultores del Pital (Salgado 1989), subsecuentemente, la de los pobladores de los períodos tempranos con rasgos particulares que los diferencian, pero con analogías que los correlacionan, entendiendo una dinámica sociocultural, que propone cercanías a través del pensamiento simbólico (Salgado y Rodríguez 1994).

El guión se ha mantenido bajo esa concepción, y se mantiene incluso en la presente propuesta, sin embargo, la intención del trabajo que aquí se presenta fue mejorar la comunicación a través de la reducción y concreción de los textos a un lenguaje claro, sin tanto término técnico con el fin de ampliar su alcance.

Para la última edición del guión se tomó como base, el guión de Salgado y Rodríguez (1994), se generaron espacios de atención desde la entrada al módulo de exposiciones, se integraron espacios exteriores en donde se encuentran las réplicas de las viviendas prehispánicas y se incorporó la reconstrucción cráneo facial del hombre de Guabas y la mujer de Palmira adelantada por INCIVA a finales de la década de los ochenta.

Del mismo modo, se integró un sarcófago (restaurado por Patricia Rojas de Leunda 1991) y la maqueta del sitio arqueológico de Jiguales (Salgado et al 1992 y Salgado 1992A), diseñada por la artista y dibujante Yolanda Jaramillo Restrepo. Con estas inclusiones se pretendía mejorar los recursos explicativos, direccionadas a la región Calima.

En el año 2020 se diseñaron unas dinámicas que permitieran explicar y relacionarse con la temática del museo, entonces se crearon los talleres de

orfebrería para permitir la interacción del público, en los cuales a partir de una lámina de aluminio se compartía el proceso de repujado en las láminas similares de oro por parte de las comunidades precolombinas); de igual manera los talleres de alfarería en los que con pedazos de plastilina se recrea con los visitantes la técnica de enrollado o coil para la fabricación de piezas cerámicas precolombinas.

¿Por qué ajustar y actualizar los guiones del Museo Arqueológico Calima?

El guión museográfico actual del fue formulado y desarrollado en 1994 y a pesar de que los avances en la teoría arqueológica para la región son limitados, es importante que éstos se vean reflejados en la narrativa del museo. Aunado a dichos adelantos, desde hace varios años tanto desde el ICOM, como desde el Ministerio de Cultura, Ciencias y Educación de Colombia, se viene haciendo un llamado a la diversidad y la inclusión como estrategias de construcción de ciudadanías y cumplimiento de los derechos culturales, así como la razón de ser de las instituciones culturales que albergan colecciones y buscan la comunicación y apropiación del conocimiento.

Esta perspectiva de inclusión de poblaciones y avance en la generación de experiencias y vínculos con los públicos, implica que el Museo Arqueológico Calima hoy en día tenga que repensar su propuesta museográfica para actualizarla y mejorarla tanto en su contenido conceptual como estético.

En tal sentido, es necesario implementar criterios de accesibilidad en un espacio museal que permita el acercamiento desde la cultura a diversidad de personas y públicos con diferentes necesidades; eso redundará en beneficios sociales y económicos, es decir un mayor número de visitantes, ya que al despertar el interés de los diversos públicos, se propicia el aumento de las visitas, el fortalecimiento institucional, se mejora la imagen de este espacio de ASC y con ello se garantiza responsabilidad social, haciendo del Museo Arqueológico Calima un museo accesible e inclusivo.

Igualmente el Departamento Nacional de Planeación, en sus lineamientos de política pública de servicio al ciudadano, establece que "Dentro de los fines esenciales del Estado se encuentra servir a la comunidad, razón por la cual, la implementación de la Política trasciende de la atención oportuna y con calidad; su cabal cumplimiento implica que las organizaciones públicas orienten su gestión a la generación de valor público y garanticen el acceso a los derechos de los ciudadanos y sus grupos de valor". En tal sentido, el mejoramiento en la atención al ciudadano enfocado en una comunicación de contenidos efectiva y con intencionalidad pedagógica, enriquece el quehacer de las entidades públicas y fortalece su función social.

En consecuencia, cabe plantear que el proyecto aborda la necesidad de actualización de la propuesta museográfica del Museo Arqueológico Calima, lo cual exigió incluir un componente de participación ciudadana que orientara la experiencia en función de los públicos que visitan el museo.

Perspectiva conceptual y metodológica

El proceso de ajuste de los guiones científico y museográfico del Museo Arqueológico Calima se desarrolló a partir de dos fases generales. En la primera, se realizó un análisis de los guiones actuales, así como una aproximación diagnóstica a

la situación actual del museo (Salgado y Rodríguez 1994 y Gómez, Bustos y Clavijo 2020). Los resultados de la primera fase aportaron elementos para la toma de decisiones en la segunda fase, en la que se elaboró la propuesta para los guiones ajustados.

Durante todo el proceso, se retomaron herramientas conceptuales y metodológicas del modelo de Curaduría Interpretativa (Mosco, 2018) propuesto por la museóloga mexicana Alejandra Mosco, a partir de la cual se precisaron las características y contenidos de los guiones científico y museográfico para el MAC. Lo anterior, considerando que el concepto de guión tiene diferentes significados, incluso dentro del campo museal en donde existen tantas variaciones y aplicaciones del concepto, como instituciones, procesos e iniciativas.

La propuesta de Mosco se configura a partir de una revisión conceptual juiciosa del concepto de guión en el campo museal y de la interpretación. De manera sintética, la propuesta para los guiones desde el modelo de Curaduría Interpretativa, consiste en lo siguiente: a). Guión temático: que conceptualiza de manera general la exposición a partir de tesis generales y organizado en temas y subtemas. b). Guión de estrategias interpretativas que amplía y puntualiza cada uno de los temas y subtemas del guión temático, señalando los objetivos interpretativos: ¿Qué se espera que la gente aprenda?; ¿qué se espera que la gente sienta?; ¿qué se espera que la gente haga o no haga? c) Guión científico o académico: contiene información especializada y acotada a los temas y subtemas que se han definido. Puede integrar el listado de piezas, así como la información científica y técnica proveniente de los inventarios de las mismas. d) Guión curatorial: integra y sintetiza los tres guiones anteriores; presenta los contenidos de la exposición de manera esquemática. Se organiza según los temas, subtemas y estrategias interpretativas. Incluye el cedulario, y los textos de información del guión científico traducido a un lenguaje claro y sencillo. Define jerarquías de la información y los textos de la exposición. e) Guión museográfico: traduce el guión curatorial, considerando que este es un mensaje que se ubica en el espacio con objetos piezas de la colección y ayudas de interpretación producidas con dicho objetivo. Incluye las propuestas de diseño arquitectónico, gráfico e industrial. f) Guión o memoria museológica: se compone de todos los guiones anteriores, de acuerdo con la autora Alejandra Mosco "…es museológico porque tiene que ver con el museo en lo global, o en su caso con la exposición en general. (…) No se plantea como un solo documento, sino más bien como la recopilación de carpetas de todo el proceso. Su formato será un conjunto de carpetas con la información clasificada, ordenada y sistematizada" (Mosco, 2018) .

De acuerdo con lo anterior, estructuramos el proceso para la actualización y ajuste de los guiones del Museo Arqueológico Calima (MAC). Cabe anotar que este modelo no debe asumirse como una camisa de fuerza, por el contrario, requiere ajustarse a las particularidades de cada caso, en este sentido conocer las particularidades del MAC y su contexto general, resultó fundamental para proponer estrategias museográficas y de apropiación del conocimiento que resulten pertinentes no sólo en el marco del proyecto actual, sino también paras acciones futuras de distinta índole, que se puedan realizar desde el museo y en articulación con otros actores.

Aproximación al contexto general y los públicos del museo

Durante un periodo de aproximadamente cinco semanas que incluyó temporada turística alta y baja, días de semana y fines de semana en distintas horas del día realizamos acompañamiento en los recorridos y visitas al museo; asistimos a talleres de apropiación social del conocimiento con poblaciones específicas, y sostuvimos largas conversaciones con los funcionarios del museo.

En esos escenarios aplicamos herramientas propias de las técnicas etnográficas observación participante y entrevista no direccionada con lo que fue posible identificar perfiles de público visitante y potencial; reconocer los recorridos mediados por las guías, y examinar las actividades e interacciones que se generan durante la visita al museo, incluyendo el módulo de exposiciones y las zonas exteriores o zonas verdes.

Cabe anotar que el museo cuenta con información cualitativa recogida a partir del diligenciamiento del Formato de Caracterización; sin embargo, en el marco de la fase de aproximación diagnóstica no fue posible acceder a dicha información para el periodo transcurrido en 2024.

Al estar ubicado en un municipio turístico, el museo tiene gran afluencia de visitantes nacionales y extranjeros. Los nacionales, generalmente, realizan la visita en grupos familiares o de amigos, que oscilan entre tres a ocho personas aproximadamente. Las edades son variadas, pudiendo encontrarse en un mismo grupo familiar desde niñas y niños de primera infancia, pasando por jóvenes adultos y hasta personas mayores. Los turistas internacionales generalmente realizan la visita en pareja o solos.

Grupos institucionalizados: Son visitas que se realizan en grupo, generalmente han sido programadas con anterioridad informando al personal del museo. Incluyen grupos de instituciones educativas, pero también fundaciones, asociaciones entre otras. En la mayoría de los casos este tipo de visitas se relacionan con un objetivo previamente definido desde la institución.

Los grupos de visitantes en edad escolar representan el grueso de visitantes al MAC. Las visitas se realizan generalmente en días de semana; y el número de personas puede llegar a ser de hasta 70 o más en un mismo día, e incluso de una misma institución educativa. Incluyen niñas, niños, jóvenes y adolescentes. En algunos casos, las visitas se realizan con objetivos previamente definidos por las o los docentes, pero también como salidas pedagógicas de un carácter más libre.

Los grupos escolares del municipio de Calima El Darién, son quienes visitan el museo con más consistencia; pero también se realizan visitas desde otros municipios de la región y ciudades más lejanas.

Visitantes Universitarios: Las visitas universitarias se realizan en grupos más pequeños que las escolares. Generalmente se realizan con un objetivo académico. La mayoría son de áreas del saber relacionadas con las ciencias sociales y ciencias humanas, pero también se realizan desde otras áreas del conocimiento como arte, diseño, comunicación etc.

Investigadores: realizan visitas programadas que generalmente se llevan a cabo en el laboratorio de arqueología.

Personas mayores institucionalizadas: durante el tiempo de estadía en el MAC se identificaron visitas de grupos de adulto mayor, pertenecientes a instituciones del municipio de Calima El Darién, así como también grupos de adultos mayores-turistas.

Personas en situación de discapacidad: en el marco de los talleres de ASC se identificó que este grupo poblacional es un público potencial del Museo Arqueológico Calima. Especialmente las personas con movilidad reducida y algunos en situación de discapacidad cognitiva; sus cuidadores indicaron que al interior del museo se sentían cómodos e identificaron los espacios como adecuados y necesarios para el esparcimiento.

Grupos étnicos: No se evidenció la visita de grupos étnicos al Museo Arqueológico Calima, en el tiempo que realizamos la fase diagnóstica. Sin embargo, desde el museo se realizaron esfuerzos para contactar con el resguardo de comunidades Embera del municipio de Calima El Darién, así como con un grupo de comunidades afro. Se sugiere continuar los esfuerzos para lograr articulación con estos públicos potenciales que brindan sin duda una perspectiva necesaria a la exposición.

Revisión de la estructura conceptual y temática de los guiones actuales

Para realizar el análisis conceptual y temático de los guiones actuales del MAC revisamos dos documentos claves: "Manual de atención al visitante Museo Arqueológico Calima" (2019) y el documento denominado "Guión por nichos de la exposición permanente del Museo Arqueológico Calima" (2021).

El primer documento está dirigido a los guías y funcionarios del MAC y se desarrolla desde esa perspectiva, con una mirada de "atención al cliente" y no con un enfoque de interpretación, aunque tiene esfuerzos valiosos para propiciar recorridos más pertinentes. El segundo documento, se estructura a partir de textos con información asociada a cada uno de los nichos que componen la exposición permanente.

Los documentos permiten identificar algunos temas y conceptos que se abordan durante el recorrido, especialmente al interior del Módulo de Exposiciones, sin embargo estos no se encuentran explícitos, ni jerarquizados ni ordenados como parte en un mensaje en función de la intención comunicativa del MAC. En todo caso, aparecen de manera general, con mayor o menor énfasis en una u otra de las sociedades que integran la exposición:

- Características geográficas y medioambientales de la región Calima, así como la diversidad de recursos.
- La transformación del medio.
- La organización social y vida cotidiana.
- Las costumbres funerarias de la región Calima.
- El saqueo y la guaquería.

Resulta llamativo que ejes temáticos transversales como la representación de las figuras humanas o de la flora-fauna, solo aparecen como un subtema del nicho de la sociedad Sonso, aun cuando estas representaciones están presenten en toda la exposición, y de hecho suponen un interesante argumento para aproximar el conocimiento a distintos públicos.

Por su parte, aunque el Manual de Atención al Visitante (2019) está dirigido a los guías y funcionarios del MAC; se desarrolla como una herramienta para la "atención al visitante" y concretamente al turista y no desde un enfoque de interpretación, consideramos valioso recoger lo siguiente:

- Se identifica la necesidad de contextualizar territorialmente el MAC, incorporando información general sobre el Municipio de Calima El Darién, así como algunos atractivos turísticos del mismo. Sin embargo, la información de contexto parece estar determinada sólo para los públicos turistas y no propiamente la comunidad del municipio de Calima El Darién.
- Se asume la experiencia de visita por todo el predio del Museo Arqueológico Calima, incluyendo zonas exteriores al Módulo de Exposición. Para ello se definen cinco "puntos de contacto con el cliente" que conforman el "Mapa de Experiencia del Cliente" (2019). Para cada punto se definen objetivos sobre lo que el cliente hace, piensa y siente; y lo que los guías deberían hacer para lograr lo que se propone que el cliente sienta. Sin embargo, al estar planteados desde la perspectiva del servicio al cliente y no desde la interpretación, dichos objetivos incluyen asuntos de marketing, de satisfacción de la visita, de fidelización entre otras.
- Se menciona y enfatiza la necesidad de reconocer y valorar el patrimonio cultural y el patrimonio arqueológico.
- Se incorporan preguntas activadoras como parte del recorrido, se propone por el uso " del relato como género para la narrativa del guión, enfatizando sobre la información más relevante en cada una de las sociedades y su significación". (2019)
- Se incluyen algunas consideraciones para tener en cuenta durante la visita de grupos poblacionales específicos.

Si bien los documentos evidencian esfuerzos importantes por sintetizar la suficiente información relacionada con los grupos humanos que habitaron la región Calima y el Valle del Cauca (2021) e incorporar; no se evidencia orden ni jerarquía de información o de la intención de comunicación.

Análisis del actual mensaje en el espacio del Museo Arqueológico Calima

Para analizar el actual mensaje del MAC en el espacio, realizamos reconocimiento del módulo de exposición, los jardines y zonas verdes, los senderos, las réplicas de viviendas prehispánicas y demás edificios, buscando identificar las relaciones entre el discurso propuesto en los documentos de guión actuales, las piezas expuestas, los apoyos museográficos y la señalética.

En síntesis, encontramos lo siguiente:

a) Entrada al museo:

- El museo cuenta con información exterior en gran formato - valla publicitaria exterior - que identifica el lugar.
- No se cuenta con información introductoria

al museo, desde la entrada.

- No existe información para la orientación de visitante desde la entrada (mapa, plano, croquis etc.).
- Durante la temporada alta de Semana Santa se ubicó una carpa en la entrada, que permite a las visitas resguardarse del sol y el agua al llegar al predio del museo. Este espacio también funciona para el recibimiento de grupos grandes por parte de los guías del museo.

b) Módulo de Exposiciones:

- El Módulo de Exposiciones no tiene información que lo identifique como tal.
- El espacio permite la circulación y atención al recorrido de grupos de adultos de hasta 20 personas y de niños y jóvenes de hasta 30-40 personas (generalmente estos recorridos se hacen con las niñas y niños sentados). Así mismo la circulación para personas en situación de movilidad reducida es posible, gracias a las rampas y amplitud de espacios.
- Los nichos (vitrinas empotradas en los muros) están en buenas condiciones. En general las alturas y la iluminación son adecuadas.
- Uno de los mayores inconvenientes del discurso museográfico son las pestañas informativas por nicho. La altura a la que están dispuestas no permite una lectura cómoda. El tamaño de la fuente utilizada para los textos es insuficiente y varía entre pestaña y pestaña y entre párrafo y párrafo; situación que afecta de manera considerable la lectura de los textos.
- En general el uso de imágenes, ilustraciones y diagramas en la exposición es limitado. Cuatro de los quince nichos cuentan con murales en el fondo de estos, a modo de dioramas, que presentan una interpretación de la vida cotidiana de las sociedades de la región Calima. Los murales fueron realizados con gran experticia, sin embargo, es posible evidenciar deterioro en los pigmentos.
- Las fotografías se ubican en las pestañas informativas. Si bien cuentan con caja de luz, muchas de ellas están deterioradas por el paso del tiempo, las imágenes se han desvanecido y en general, los formatos de estas son pequeñas para el lugar en donde se encuentran ubicados.
- Se presenta un mapa de Colombia con información sobre zonas arqueológicas, así como una línea de tiempo, sin embargo, por su ubicación, colores y tamaño generalmente pasa inadvertido. Durante los recorridos guiados tampoco se señala la información de este apoyo.
- Algunos nichos tienen un código QR que permite escuchar el audio guía correspondiente. Resulta interesante que las cédulas o soportes de la información del QR reproducen una fotografía del mismo nicho que se observa, sin información complementaria.
- Las piezas arqueológicas son, sin duda, el atractivo del museo en términos de la exhibición, así como también del mensaje

que se procura transmitir. En la exposición permanente se exhiben algunas piezas de gran tamaño que están por fuera de vitrinas, protegidas por una cuerda de "no pase". Tener dichas piezas en cercanía de los visitantes supone ciertos riesgos para su conservación, pero también permite una aproximación mucho más cercana con la materialidad de las piezas: tamaño, detalles, colores entre otras.

- Al interior de los nichos las piezas son variadas, predominan las piezas cerámicas y líticas. Los nichos no se perciben atiborrados con piezas, ni tampoco vacíos. Sin embargo, la disposición de éstas, en ocasiones no permite apreciar los detalles o las características predominantes de la pieza o del relato que se quiere transmitir. Esta situación se genera al no disponer las piezas en una perspectiva que favorezca el detalle a resaltar.

- El museo cuenta con algunos mapas de mano, que se entregaron durante la temporada de Semana Santa.

- La exposición dentro del módulo cuenta con un audio guía que suena de manera general en las salas. Sin embargo, al haber grupos grandes el sonido se entrecruza con la voz de la guía y las voces de los mismos visitantes generando cacofonía. La audio guía además va a un ritmo acelerado, más de lo que los visitantes demoran en recorrer los nichos.

c) Zonas exteriores: jardines, senderos y otras edificaciones.

- Aproximadamente el 80% del predio cuenta con senderos que permiten el desplazamiento en silla de ruedas con asistencia, considerando la pendiente.

- No hay claridad en la información del recorrido general por el espacio del predio total del museo.

- Algunos ejemplares del patrimonio natural tienen códigos QR que brindan información de carácter científico, que sin embargo no se articula con el recorrido-mensaje del museo. Algunas de estas cédulas y sus soportes se encuentran en mal estado, mientras que otras podrían reutilizarse después de un mantenimiento.

- Los otros edificios que hacen parte del Museo Arqueológico Calima no tienen señalización, por tanto no se referencian con facilidad, ni es posible identificar cual es la labor que estos cumplen al interior del museo.

- La señalización de los baños, sólo se ve cuando se está en los baños. Generalmente la ubicación de los baños depende de la orientación de los guías o los vigilantes.

- Las réplicas de viviendas prehispánicas no tienen información relacionada con el relato general. Tampoco los tienen los metates, ni las estatuillas de San Agustín.

- No hay señalización para la disposición de las basuras.

Reafirmar las intenciones del museo ajustando sus guiones.

Aludimos a "reafirmar" en vez de "modificar" las intenciones del MAC, puesto que desde su creación el museo encarna propósitos vigentes y pertinentes, pero que no están suficientemente explícitos. En el MAC, como en muchos otros museos del país especialmente aquellos que abordan conocimiento científico, se mantienen exposiciones que fueron concebidas primordialmente desde el saber especializado; esta es una de las razones por las que se presenta mucha información "en grueso" o bien con poca explicación de temas o conceptos claves, posiblemente porque se da por sentado que los visitantes los comprenderán, pero no siempre es así.

Procurar guiones flexibles no se trata de trivializar la información científica, ni de subestimar las capacidades de quienes visitan el museo; por el contrario, conocer más de las dinámicas del contexto, el territorio, los visitantes y los públicos potenciales amplía las posibilidades para la interpretación y por tanto para la apropiación social del conocimiento.

En nuestro caso, a partir del análisis de la información recogida, determinamos que el público meta de la propuesta de ajuste son las familias y la comunidad escolar de educación básica, media y media superior. Considerando las características de estos visitantes como destinatarios del mensaje del MAC, la información que se presenta les estará dirigida y les hará referencia directa.

Una vez definido lo anterior, discutimos los objetivos interpretativos para los nuevos guiones del MAC, considerando las directrices científicas y curatoriales así como los requerimientos y determinantes de la intervención. De manera conjunta entre la coordinadora del MAC, el arqueólogo-curador del museo, la subdirectora encargada de investigaciones del INCIVA y la museógrafa, definimos los siguientes objetivos interpretativos, transversales a los guiones que componen el mensaje expositivo ajustado.

Objetivo de la exposición

Facilitar la comunicación del conocimiento arqueológico sobre más de diez mil años de historia cultural que alberga el Museo Arqueológico Calima.

Objetivos específicos:

- Reconocer las transformaciones culturales del paisaje en la región Calima.
- Resaltar la diversidad sociocultural de los grupos humanos prehispánicos que habitaron la región Calima y el suroccidente colombiano.
- Exaltar la relevancia de la cultura material, específicamente las cualidades de la alfarería prehispánica en la región.
- Sensibilizar a los públicos sobre los aportes de la arqueología como disciplina de las ciencias humanas.

Guión temático

Como ya se mencionó, la actual propuesta de ajuste de guiones retoma y mantiene elementos conceptuales e incluso materiales, que hacen parte de la esencia del Museo Arqueológico Calima. En este sentido, la intención central continúa siendo mostrar y acercar al público a la diversidad

ambiental y sociocultural de la región Calima y el Valle del Cauca, de 10.000 años de historia ágrafa prehispánica.

Para la organización de las ideas e intenciones de comunicación, definimos una estructura temática con distintos niveles que, conceptualmente, se desarrolla en todo el espacio del museo incluyendo y articulando "el adentro con el afuera", es decir la exposición permanente al interior del módulo de exposiciones, con los espacios exteriores, incluyendo zonas verdes, la flora y fauna, las piezas arqueológicas exteriores, las réplicas de viviendas prehispánicas, los demás edificios del predio y en general todo aquello que compone lo que es el museo.

Para esto definimos cinco temas generales, incluyendo la introducción. Para cada uno elaboramos una tesis o idea de interpretación, que aporta al cumplimiento de los objetivos propuestos.

Tabla 1. Descripción de temas y subtemas del guión del museo

TEMA	IDEA - TESIS	SUBTEMAS
Intro. El Museo Arqueológico Calima MAC.	Un momento y un lugar para preguntarnos por el pasado, el futuro y el presente.	Introducción y bienvenida al museo y sus espacios.
		Introducción al Módulo de Exposiciones.
No.1 Contexto espacio- temporal.	Los cambios del paisaje en el tiempo.	1.1. El territorio de la "Región Calima"
		1.2. Características geográficas y medioambientales de la región Calima 1.2.1. Las transformaciones del territorio/paisaje en el tiempo.
		1.3. Flora y Fauna de la región Calima 1.3.1. Los recursos del entorno: alimento y materiales.
No.2 Sociedades prehispánicas Región Calima y suroccidente de Colombia.	Gentes que habitaron la región Calima, mucho antes que nosotros.	2.1. Primeros pobladores de la región: Cazadores y recolectores.
		2.2. Periodo temprano Calima: Ilama y Yotoco. 2.2.1. Sociedad y costumbres 2.2.2. La muerte en el pasado
		2.3. Periodo temprano "vecinos" Malagana, Farfán,Tumaco - La Tolita. 2.3.1. Sociedad y costumbres.
		2.4. Periodo tardío Calima: Sonso 2.4.1. Sociedad y costumbres 2.4.2. La muerte en el pasado.
		2.5. Periodo tardío "vecinas" Bolo - Quebradaseca; Quimbaya Tardío. 2.5.1. Sociedad y costumbres
No.3 Alfarería prehispánica.	Tierra, agua, aire y fuego: transformar y utilizar el barro.	3.1. Cualidades de la cerámica prehispánica. 3.2. Expresión, formas y tipos de piezas cerámicas. 3.3. Técnicas de elaboración y decoración.
No.4. Patrimonio cultural y natural.	Hacer presente el pasado, y conservarlo para el futuro.	3.1. El trabajo arqueológico y arqueología como disciplina, 3.1.1. La cultura material
		3.2. Los patrimonios cultural y natural

Tabla 2. Guión de estrategias interpretativas y aproximación al guión curatorial

Tema y subtesis	Objetivos		
	de conocimiento	de emoción	de acción / estrategias interpretativas
No.0. El Museo Arqueológico Calima MAC Un momento y un lugar para preguntarnos por el pasado, el futuro y el presente.	Reconocer el museo como lugar vivo. Identificar los ejes temáticos que componen el mensaje. Identificar los distintos espacios del MAC. Conocer las recomendaciones para la visita.	Curiosidad. Expectativa. Seguridad.	• Escuchar, leer, tocar, observar. Los visitantes podrán observar el predio del museo y relacionar sus espacios en un mapa. Por medio de una infografía visible desde el exterior, los visitantes conocerán sobre el museo y la exposición, incluso cuando esté cerrado.
No.1. Contexto espacio-temporal Los cambios del paisaje en el tiempo.	Identificar características del lugar donde se está. Relacionar el paisaje actual con sus transformaciones en el tiempo. Reconocer la potencia y fragilidad de los recursos naturales.	Sorpresa. Asombro.	• Observar, tocar, caminar, oler y escuchar. • Transversal: Dentro (40%) y afuera (60%) Por medio del Nicho no.1 y el recorrido de zonas exteriores y la señalética con consignas de acción: Los visitantes identifican características medioambientales de la región Calima y las relacionan con su visita al municipio. Los visitantes reconocen los recursos naturales y el uso que se ha hecho de ellos para el desarrollo de las sociedades.
Tema No.2: Sociedades prehispánicas de la Región Calima y el suroccidente colombiano. Gentes que habitaron la región Calima mucho antes que nosotros.	Reconocer la diversidad de grupos humanos que habitaron la región Calima y el suroccidente colombiano, en distintos momentos. Comprender prácticas y costumbres de las sociedades prehispánicas, a partir de identificar diferencias y similitudes con las prácticas propias. Identificar y distinguir características propias de los grupos humanos del pasado y sus representaciones cerámicas.	Asombro Curiosidad Empatía	• Escuchar, leer, tocar, observar. • Transversal: Dentro (80%) y afuera (20%) Con la exposición permanente dentro del M.E, en donde se exhiben la mayor cantidad de piezas arqueológicas. Los visitantes conocerán las distancias temporales entre las distintas sociedades prehispánicas. Los visitantes distinguen características propias de sociedades prehispánicas. Los visitantes relacionan las prácticas y costumbres prehispánicas, con las suyas propias.
Tema No.3 : Alfarería prehispánica. Tierra, agua, aire y fuego: transformar y utilizar el barro.	Reconocer las características, cualidades y particularidades de la cerámica prehispánica.	Curiosidad. Interés. Inspiración.	• Leer, tocar, observar. • Transversal: Dentro (60%) y afuera (40%) A partir las piezas expuestas en el módulo de exposiciones, así como también la información del laboratorio de arqueología, los visitantes podrán: Comparar las características de las piezas cerámicas de las distintas sociedades. Relacionar piezas cerámicas prehispánicas, con artefactos actuales y cotidianos.

Guión científico o académico

Integra información especializada y acotada a los temas y subtemas que se han definido. Puede integrar el listado de piezas, así como la información científica y técnica proveniente de los inventarios de las mismas, para nuestro caso en el MAC, la Ficha única para registro de bienes muebles pertenecientes al patrimonio arqueológico de la Nación ICANH.

Guión museográfico

Desde la perspectiva museográfica, con la actualización de los guiones buscamos articular todos los espacios que componen el museo, potencializando la idea principal desde el Módulo de Exposiciones, con el apoyo de la experiencia del recorrido exterior que además de evidenciar la riqueza medioambiental actual de la región, permite aproximar al público a las dinámicas del museo, procurando que este se perciba como lo que lo que es: un espacio vivo, para el aprendizaje, la investigación y la experimentación. Un lugar para la contemplación y el divertimento, para la creación y el arte, para el diálogo y el encuentro.

Requerimientos y determinantes

Para el caso del MAC, se identificaron requerimientos y determinantes que impactan la elaboración de los uiones en cuanto a las posibilidades del actual proyecto; por tanto consideramos que deben estar explícitos:

Tabla 3. Análisis y definición de requerimientos del guión del museo

Descripción del requerimiento	Tipología
Deberá mantenerse la información de cada una de las sociedades de la región Calima, en los nichos que actualmente componen la exposición.	Función
Los trece nichos que se incluyen en la actual exposición del MAC mantendrán su estructura y elementos.	Estructural
Los cuatro murales que se encuentran en los nichos deberán conservarse.	Formal
No se intervendrán los colores de los muros.	Formal
Las piezas expuestas de gran envergadura deberán mantenerse en su sitio.	Formal
Se reutilizarán los apoyos museográficos existentes, interviniendo la información de estos y no su estructura.	Función
Debe incorporarse información inclusiva para las personas en situación de discapacidad visual.	Función

Propuesta general de apoyos museográficos

Espacio llegada-introducción: Se presenta información textual sobre el museo y la exposición, de modo que pueda leerse desde afuera.

Módulo de exposiciones: Se proponen tres espacios en las dos salas que componen el módulo. En la primera sala, se mantienen los nichos existentes, con intervención gráfica y de textos sobre los muros y algunos vidrios. En esta se exponen los núcleos temáticos propuestos.

La segunda sala se divide en dos: se mantiene el espacio multipropósito (auditorio) y de exposiciones temporales, y se propone un espacio adecuado con información bidimensional, (texto-imágenes-etc.) para dar cuenta del trabajo de la arqueología.

Senderos y exteriores: A lo largo de los senderos exteriores se instalan apoyos museográficos bidimensionales sobre soportes metálicos

(exteriores) para indicar el recorrido, así como también representaciones de flora y fauna en relieve, accesible para personas en situación de discapacidad visual.

En este sentido, los ejes temáticos son transversales a los espacios del Museo Arqueológico Calima MAC, con ciertos énfasis en algunos de ellos. En términos del recorrido, se enfatiza en la necesidad de dar inicio desde la entrada al museo, siguiendo hacia el módulo de exposiciones en donde se desarrolla el recorrido cronológico, se continúa con la sala sobre el trabajo de la arqueología y las exposiciones temporales si fuera el caso. Una vez finalizado este recorrido interno se invita o se acompaña, al recorrido exterior para el cual no se presenta una única dirección, sino que puede iniciarse desde cualquier punto, ya que el sendero involucra temáticas diversas que no requieren una lectura lineal, pero que sí apoyan temas y subtemas ya atendidos durante la visita en del módulo de exposiciones.

Como ya mencionamos, desde la perspectiva interpretativa el guión museográfico traduce el guión curatorial e incluye las propuestas de diseño arquitectónico, gráfico e industrial. En el siguiente enlace se puede acceder a las propuestas que componen el ajuste del guión museográfico para el MAC, considerando toda la información temática y conceptual, así como los requerimientos y determinantes del proyecto actual, concretamente en materia de diseño arquitectónico e industrial.

Consideraciones finales

Para finalizar se presentan algunas consideraciones, pues es crucial tener en cuenta varios aspectos que aseguren una experiencia enriquecedora y educativa para los visitantes:

1. Enfoque Interactivo y Participativo: Integra elementos interactivos como pantallas táctiles, proyecciones audiovisuales o actividades prácticas que permitan a los visitantes explorar y profundizar en diferentes aspectos de la cultura prehispánica. Esto fomenta la participación activa y el aprendizaje experiencial.
2. Inclusión de Historias Personales y Anécdotas: Incorpora relatos humanos y anécdotas relacionadas con los objetos expuestos para crear conexiones emocionales con los visitantes. Esto ayuda a personalizar la experiencia y a hacerla más memorable.
3. Contextualización Cultural y Social: Sitúa la Región Calima en su contexto histórico, geográfico, cultural y social más amplio. Explora cómo interactuaban con otros grupos precolombinos y cómo influyeron en la región.
4. Reflexión y Relevancia Contemporánea: Incluye secciones que inviten a los visitantes a reflexionar sobre la relevancia actual del legado cultural precolombino. Discute temas como la conservación del patrimonio, la identidad cultural y los desafíos modernos que enfrentan las comunidades locales.
5. Accesibilidad y Diversidad: Asegurar que el guión y las exposiciones sean accesibles para personas de diferentes orígenes y capacidades. Considera la inclusión de traducciones, materiales táctiles para personas con discapacidades visuales y recursos educativos adaptados.
6. Evaluación Continua y Retroalimentación: Implementa mecanismos para evaluar la efectividad del guión museográfico, como encuestas de satisfacción de los visitantes o evaluaciones cualitativas. Utiliza esta retroalimentación para realizar ajustes y mejoras continuas.
7. Colaboración y Consulta: Involucra

a expertos en arqueología, historia y antropología en el proceso de evaluación y retroalimentación del guión para garantizar la precisión y la autenticidad de la información presentada.

Al final, el ejercicio de ajuste de los guiones, desde un enfoque interpretativo, no solo informa, sino que también inspira y conecta emocionalmente a los visitantes con el rico patrimonio cultural de las civilizaciones antiguas, enriqueciendo así su experiencia, lo que se convierte en un reto permanente para el Museo Arqueológico Calima.

Literatura citada

Alejandra, M. (2018). Curaduría interpretativa, un modelo para la planeación y desarrollo de exposiciones. (s/f). Gob. mx. Recuperado el 11 de julio de 2024, de https://revistas.inah.gob.mx/index.php/digitales/issue/view/935. https://revistas.inah.gob.mx/index.php/digitales/issue/view/935

Gómez, M. H., & INCIVA. (2019). Manual de atención al visitante Museo Arqueológico Calima -MAC.

López Rojas, M. (2012). Estructuración conceptual de la exposición permanente del Museo Arqueológico Julio César Cubillos MAJCC. Universidad del Valle.

Museo Arqueológico Calima -MAC-, INCIVA. (2021). Guión museográfico por nichos Museo Arqueológico Calima.

Herrera, L. (1992). El período Sonso tardío y la conquista española. En: Calima Diez Mil Años de Historia en el Suroccidente de Colombia: 49-177, Fundación Pro Calima, Santafé de Bogotá.

Salgado H. y Rodríguez C.A (1994) Diez mil años del Valle del Cauca: una historia en construcción. INCIVA – Museo Nacional de Colombia.

Rodríguez Cuenca, J.V. (2007) Territorio ancestral, rituales funerarios y chamanismo en Palmira prehispánica, Valle del Cauca.

Biodiversidad y cambio climático: un análisis al marco de política local y departamental

Rafael Vergara - Varela[1] y María Eugenia Rodríguez - Vásquez[1]

1 - Universidad del Valle, Cali, Colombia

Resumen

Santiago de Cali, distrito especial del departamento del Valle del Cauca; durante la vigencia 2024 fue designado como sede de la Conferencia de las Partes del Convenio sobre la Diversidad Biológica - COP16, cuyo lema es "Paz con la Naturaleza". Este acontecimiento implica conocer cómo desde el ámbito local, departamental y nacional se han abordado temáticas concernientes a la biodiversidad, el cambio climático y el medio ambiente, entre otras; teniendo presente que Colombia se encuentra considerado como un país megadiverso, así mismo, que el Valle del Cauca es uno de los entes territoriales con mayor número de especies observadas a nivel nacional, y Santiago de Cali se encuentra entre los territorios con mayor número de registros y observaciones de especies (SIB Colombia, s.f.a). Por lo anterior, el presente artículo de reflexión brinda una mirada a herramientas de gestión de diferentes niveles territoriales, que han abordado la gestión del cambio climático, y junto a esta la biodiversidad; partiendo para ello del análisis documental sobre insumos de tipo institucional y académico, así como revisando datos referentes al Sistema de Información sobre Biodiversidad de Colombia – SIB Colombia, que permiten conocer un panorama del estado de la diversidad biológica en el territorio.

Palabras clave: Biodiversidad, cambio climático, política pública, análisis documental, COP16, Valle del Cauca, Santiago de Cali.

Abstract

Santiago de Cali, special district of the department of Valle del Cauca; During the 2024 period, it was designated as the headquarters of the Conference of the Parties to the Convention on Biological Diversity – COP16, whose motto is "Peace with Nature". This event involves knowing how issues concerning biodiversity, climate change and the environment, among others, have been addressed at the local, departmental and national level; keeping in mind that Colombia is considered a megadiverse country, likewise, that Valle del Cauca is one of the territorial entities with the highest number of species observed at the national level, and Santiago de Cali is among the territories with the highest number of records. and observations of species (SIB Colombia, s.f.a). Therefore, this reflection article provides a look at management tools at different territorial levels, which have addressed the management of climate change, and together with biodiversity; starting from the documentary analysis of institutional and academic inputs, as well as reviewing data referring to the Biodiversity Information System of Colombia – SIB Colombia, which allows us to know an overview of the state of biological diversity in the territory.

Keywords: Biodiversity, climate change, public policy, documentary analysis, COP16, Valle del Cauca, Santiago de Cali.

La búsqueda del desarrollo sostenible ha llevado a generar alternativas para atender problemáticas como la triple crisis planetaria, escenario en el cual el cambio climático, la contaminación y la pérdida de la biodiversidad se interrelacionan (Yaniz, 2024); por este motivo es pertinente conocer las herramientas de gestión pública que desde los diversos ámbitos territoriales se han generado, en este caso desde Santiago de Cali, distrito especial del departamento del Valle del Cauca (Colombia), toda vez que, como ente territorial fue seleccionado como sede de la Conferencia de las Partes del Convenio sobre la Diversidad Biológica - COP 16 en el año 2024. En primera instancia, con la finalidad de abarcar las herramientas a nivel local, regional e incluso nacional, es necesario conocer los términos cambio climático y diversidad biológica o biodiversidad, por este motivo en el marco del apartado de discusión se realizará una breve revisión conceptual de ambos.

Sumado a lo anterior, a través del presente documento se hará un recuento de algunas herramientas de gestión pública, como políticas y planes del sector ambiente, que permiten observar las temáticas y abordajes brindados sobre el cambio climático y la biodiversidad; así mismo, se referenciará sobre la situación del ente territorial en estos ámbitos, dado que, a nivel internacional los países diversos se encuentran principalmente en zonas tropicales de América y Asia (Jiménez et al, 2010), estando entre estos Colombia, el cual ha sido reconocido como un país megadiverso con alrededor de setenta y siete mil especies de flora y fauna registradas (Ministerio de Ciencia, Tecnología e innovación, 2016; Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2022), el cual presenta gran variedad de regiones naturales como la Costa Pacífica o Chocó Biogeográfico, Costa Caribe, Orinoquía, Amazonía y Andina (Rangel, 2015).

Finalmente, con base en lo mencionado se pretende brindar una mirada a los desarrollos de diferentes niveles territoriales, que han abordado la gestión del cambio climático, y junto a esta la biodiversidad; partiendo para ello del análisis documental sobre insumos de tipo institucional y académico, así como revisando datos referentes al Sistema de Información sobre Biodiversidad de Colombia - SIB Colombia, que permiten conocer un panorama del estado de la diversidad biológica en el territorio.

El cambio climático es referenciado por algunos autores como las variaciones en el clima atribuidas directa o indirectamente por las actividades humanas, que conllevan a modificar la composición de la atmósfera (Oficina de Asuntos Ambientales y Sociales, 2020). Así mismo, este es definido por Guido (2017) como un cambio estable y duradero en la distribución de los patrones de clima en periodos de tiempo que van desde décadas hasta millones de años, planteando a su vez este autor que no solo la actividad humana genera cambios, sino también los procesos naturales.

Ahora, el cambio climático al generar modificaciones en el clima y en los territorios, se convierte en un reto de carácter ambiental, económico, social y de gestión pública – ambiental (Alcaldía de Santiago de Cali, 2020); siendo esta última el conjunto de acciones encaminadas a lograr mejores tomas de decisiones en cuanto a conservación, defensa, protección y mejora del ambiente (Riascos et al, 2021).

Es desde la gestión del ambiente que se debe indagar por cómo abordar los cambios que influyen en el aumento de la temperatura, en precipitaciones, y

en la intensidad de los fenómenos climáticos entre otras cosas (Diaz, 2012); teniendo presente que estas alteraciones en las dimensiones ambientales generan impactos en la biodiversidad, influyendo en la vida de las distintas especies de fauna y flora, afectando los ecosistemas al incidir en su equilibrio como especie y dentro de los territorios, como a su vez en las poblaciones que habitan dichos entornos tanto en su desarrollo ambiental y sostenible como incluso socioeconómico (Useros, 2013).

Una vez comprendido que el cambio climático puede generar diversos impactos en los diferentes ámbitos del desarrollo, es importante reconocer a nivel ambiental el término diversidad biológica y/o biodiversidad, toda vez que esta se ve afectada por las alteraciones de los ciclos climáticos (Alcaldía de Santiago de Cali, 2020).

La biodiversidad como concepto abarca las múltiples manifestaciones de la vida en el planeta, representando así la variabilidad de organismos vivos, los ecosistemas y complejos ecológicos, teniendo presente la diversidad entre especies y ecosistemas (Anglés et al, 2023). Ahora bien, como término la biodiversidad se forma por dos vocablos: bio que significa vida, y diversidad que referencia muchos elementos, lo cual denota la variedad existente sobre los seres vivos en la tierra, comprendiendo tanto especies, diversidad genética e incluso los ecosistemas (Baker y Lentijo, 2007).

Tabla 1. Escalas de complejidad de la biodiversidad. Fuente: Elaborado con base en Baker y Lentijo (2007).

	En relación con la diversidad	Descripción concepto
Especies	Variedad y número de especies encontrada en un sitio o región.	Conjunto de organismos que poseen características similares y que pueden reproducirse entre sí.
Diversidad Genética	Variedad que existe entre individuos de una misma especie.	Composición genética: Características propias, debidas principalmente a su estructura.
Ecosistemas	Número y abundancia de ecosistemas en la tierra o en una región particular.	Conjunto de especies que interactúan entre sí y que están relacionados con un ambiente físico.

Como se puede denotar, el término biodiversidad articula variados elementos que conforman y se relacionan entre sí para la comprensión del ambiente, lo cual conlleva a que más allá de vislumbrarla como una propiedad de los sistemas vivos, también derive a pensar en los procesos y patrones ambientales, ecológicos y evolutivos que se generan y que se pueden perder (Núñez et al, 2003) debido a la incidencia del cambio climático, lo que puede generar que se impacte no solo en el estado del ambiente, los ecosistemas y el territorio; sino también en la vida de los seres humanos y en su dependencia con el sector ambiental, toda vez que, la biodiversidad proporciona bienes y servicios ecosistémicos fundamentales para el desarrollo económico, social y natural, los cuales al interrelacionarse con las actividades humanas pueden afectarse (Anglés et al, 2023), teniendo presente que dichos bienes y servicios son considerados componentes de la naturaleza disfrutados, consumidos o usados directamente, permitiendo producir bienestar a los seres humanos (Secretaría de Ambiente de Jamundí, s.f., 5).

A su vez, es pertinente referenciar lo planteado por Giraldo (2014) en cuanto a que la biodiversidad no debe entenderse únicamente como el conjunto de

las diferentes especies presentes en un territorio, sino también como las posibilidades de apropiación que tienen las culturas de esta heterogeneidad; enmarcando en esta conceptualización la dependencia del sector ambiental con otros sectores.

Conocer ambos términos permite concebir de antemano a qué se hace referencia cuando los países se denominan bajo categorías como megadiversos o biodiversos, siendo así como podemos comprender cómo se entiende que Colombia sea uno de los diecisiete países megadiversos que poseen el 70% de las especies conocidas (Anglés et al, 2023).

De acuerdo con el Sistema de Información sobre Biodiversidad de Colombia – SIB Colombia, (s.f.) el país posee alrededor de 79.831 especies observadas, y una de cada diez especies conocidas habita en el territorio; de esta manera, Colombia ocupa a nivel internacional el primer puesto en diversidad de aves, orquídeas y mariposas; el segundo puesto en variedad de anfibios, peces dulceacuícolas, palmas y murciélagos; y el sexto puesto en mamíferos.

Con base en el Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente – DAGMA (2019), el reconocimiento de Colombia por la riqueza de sus aves silvestres deviene del registro de alrededor de 1.909 especies en la geografía nacional, lo cual la distingue como "El país de las aves"; presentando en sus principales ciudades capitales cifras considerables, teniendo Bogotá más de 150 especies en la zona urbana, Medellín unas 200 especies referenciadas y Santiago de Cali cerca de 250.

El estado de la biodiversidad a nivel nacional nos permite categorizar a los departamentos, siendo el departamento con mayor número de especies observadas Antioquia (21.689), seguido por Valle del Cauca (17.879), Meta (17.007), Cundinamarca (15.880), y Santander (14.643) (ver tabla 2) (SIB Colombia, s.f.a).

Tabla 2. Especies por departamentos de Colombia

Departamento	Especies
Antioquia	21689
Valle del Cauca	17870
Meta	17007
Cundinamarca	15880
Santander	14643
Magdalena	13271
Chocó	13098
Cauca	11999
Amazonas	11382
Nariño	11227
Caquetá	11105
Boyacá	11731

Fuente: Elaborado con base en el SIB Colombia, s.f.a.

Como se puede denotar se presentan alrededor de doce departamentos con más de diez mil especies, a su vez, en cuanto al número de especies endémicas y amenazadas se puede observar que a nivel nacional el departamento del Valle del Cauca es el segundo ente territorial con mayor número de registros (Figura 1).

En cuanto al Valle del Cauca, como departamento que acoge a Santiago de Cali como sede de la Conferencia de las Partes del Convenio sobre la Diversidad Biológica – COP16, se encuentra que en términos de cifras se estiman alrededor de 46.603 especies, así mismo, 17870 especies observadas, las cuales representan el 22,4% de las observadas a nivel nacional; y 1627 especies endémicas registradas (SIB, s.f.a).

Figura 1. Especies endémicas y amenazadas a nivel departamental en Colombia. Fuente: Elaborado con base en el SIB Colombia, s.f.a.

Pero no solo en cuanto cifras se destaca el departamento, el Valle también se ha destacado por sus buenos indicadores ambientales, llegando a presentar tasas de deforestación bajas a nivel nacional, así como altas de tasas de restauración; contando con una riqueza representada en ocho biomas y treinta y cinco ecosistemas, logrando la identificación de alrededor de 500 especies de peces, 163 de anfibios, 135 de reptiles, 818 de aves, 210 de mamíferos y 5000 de plantas (CVC., 2019).

Bolívar et al (2004) expresan que la primera dimensión de la biodiversidad en el departamento es la ecosistémica, por lo cual la caracterización de los ecosistemas es fundamental, encontrándose ocho tipologías principales, como son páramos, selvas o bosques subandinos y andinos, bosques secos y muy secos tropicales (o subxerofíticos), humedales, selvas pluviales, y tropicales y selvas inundables del Pacífico (manglares y guandales).

Así mismo, el conocimiento de la dimensión es pertinente y necesario debido a que la biodiversidad a nivel territorial emparenta el territorio concebido en las tipologías: montaña, planicie, y mar, con las especies de fauna y flora que se encuentran en el escenario, permitiendo observar que los diferentes ecosistemas comparten en la trazabilidad ecológica y evolutiva un mismo trasegar histórico en el medio abiótico de la región (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, s.f.).

Sumado a lo anterior, es pertinente referenciar que la riqueza referenciada en el Valle del Cauca también deviene de su vecindad con el Pacífico, que le sitúa en relación con otras regiones en una posición privilegiada, contando a su vez con cuarenta y siete cuencas hidrográficas, doce de primer orden y treinta y cinco de tercer orden (CVC., Secretaría de Ambiente, Agricultura y Pesca, y CIAT, 2018); así como con más de diez mil variedades vegetales, donde se denotan alrededor de 427 especies registradas en su capital Santiago de Cali (Riascos et al, 2021).

En el marco de las observaciones en el departamento, se encuentra que Santiago de Cali ocupa el segundo lugar en número de especies endémicas y amenazadas en el departamento (Figura 2), y el primer lugar en registro de especies (Figura 3) (SIB, s.f.b).

Figura 2. Especies a nivel municipal en el Valle del Cauca. Fuente: Elaborado con base en el SIB Colombia, s.f.b.

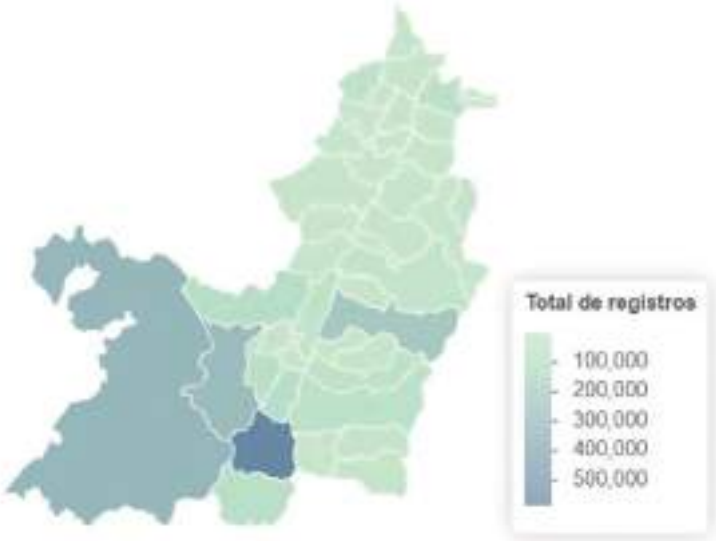


Figura 3. Registro de especies a nivel municipal. Fuente: Elaborado con base en el SIB Colombia, s.f.b.

Lo anterior permite vislumbrar porque Santiago de Cali contaba con los elementos para ser seleccionada como sede de la COP16, dado que entre sus potencialidades se encuentra que cuenta con atributos biogeográficos, a lo cual se suma su riqueza en recursos hídricos y biodiversidad, la que no solo la referencian como un territorio para denotar la potencialidad que presenta el país en términos de diversidad biológica, sino también para ser una zona favorable para la gestión eficaz y sostenible de los servicios ecosistémicos disponibles (Guerrero y Colina, 2023).

De igual manera, en el ámbito territorial se denota que el distrito presenta dos características geográficas o zonas topográficas, las cuales son la zona del valle del río Cauca hacia el oriente; y la zona de piedemonte o ladera hacia el occidente (CVC, CIAT, DAGMA, 2015); que a su vez, permiten determinar junto con los elementos anteriormente mencionados la existencia de diferentes regiones climáticas, a partir de las cuales se puede planificar el territorio en relación con los servicios ecosistémicos (CVC, CIAT, DAGMA, 2015).

Tras conocer brevemente el panorama a nivel nacional, regional y local, también es necesario distinguir y analizar a través de qué herramientas de gestión se abordan las necesidades y problemáticas que subyacen las alternativas de acción ante el cambio climático, las afectaciones a la diversidad biológica y el mejoramiento del medio ambiente como sector.

De acuerdo con el Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente – DAGMA (s.f.), y la Alcaldía de Santiago de Cali (2020) a nivel nacional se presentan diversas medidas que articulan desde lo jurídico, referencial como instrumental el desarrollo del sector ambiental, entre las cuales se pueden denotar el protocolo de Kyoto de 1997, la primera comunicación nacional de cambio climático del año y el primer inventario nacional de gases de efecto invernadero del año 2001, la resolución ministerial 340 del año 2005 que aborda el grupo de mitigación de cambio climático; así como los documentos CONPES 3242 de 2003 que referencia la estrategia institucional para la venta de servicios ambientales de mitigación del cambio climático, y el 3700 de 2011 que establece la estrategia institucional para la articulación de política y acciones en materia de cambio climático en Colombia.

De igual forma, a nivel nacional se encuentra que a través del Plan Nacional de Desarrollo 2010 – 2014 se plantearon "cuatro mecanismos para el abordaje del cambio climático, como fueron el Plan nacional de adaptación al cambio climático, la Estratégica de desarrollo de bajo en carbono, la Estrategia nacional de reducción de emisiones por deforestación y degradación de los bosques, y la Estrategia financiera para disminuir la vulnerabilidad fiscal del Estado ante la ocurrencia de un desastre" (Alcaldía de Santiago de Cali (2020).

De estos mecanismos, el plan nacional de adaptación al cambio climático referencia la existencia de cinco procesos de pérdida y transformación de la biodiversidad y servicios ecosistémicos, como son el cambio de hábitat, la sobreexplotación, las especies exóticas invasoras, la contaminación y el cambio climático (Evaluación de los ecosistemas del milenio, 2005; en Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2016; DNP et al, s.f.).

A su vez, es pertinente destacar dos herramientas fundamentales en el sector nacional la Política Nacional de Cambio Climático del año 2017, y la Ley 1931 de 2018 Por la cual se establecen directrices para la gestión de cambio climático (Alcaldía de Santiago de Cali 2020).

En cuanto a la política nacional, está presenta como "objetivo incorporar la gestión del cambio climático en las decisiones públicas y privadas para avanzar en una senda de desarrollo resiliente al clima y baja en carbono, que reduzca los riesgos del cambio climático y permita aprovechar las oportunidades que este genera" (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2017); así mismo, desarrolla cinco líneas estratégicas y cuatro líneas instrumentales (Tabla 3).

Sumado a esta política, en la trazabilidad nacional se encuentra la Política nacional para la gestión integral de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos – PNGIBSE (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible et al, s.f., p. 84) que planteó como objetivo "el promover la gestión integral para la conservación de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos, de manera que se mantenga y mejora la resiliencia de los sistemas socio-ecológicos, a escalas nacional, regional y local, considerando escenarios de cambio y a través de la acción conjunta, coordinada y concertada del Estado, el sector productivo y la sociedad civil".

Tabla 3. Líneas estratégicas e instrumentales de la política pública ambiental en Colombia

Líneas estratégicas	Líneas instrumentales
1. Desarrollo rural bajo en carbono y resiliente al clima. 2. Desarrollo urbano bajo en carbono y resiliente al clima. 3. Desarrollo minero-energético bajo en carbono y resiliente al clima. 4. Desarrollo de infraestructura bajo en carbono y resiliente al clima. 5. Manejo y conservación de ecosistemas y servicios ecosistémicos para un desarrollo bajo en carbono y resiliente al clima.	1. Planificación de la gestión del cambio climático. 2. Información y ciencia, tecnología e investigación. 3. Educación. 4. Financiación e instrumentos económicos.

Fuente: Elaborado con base en el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2017.

Referenciando los siguientes seis ejes asociados a la biodiversidad:

1. Biodiversidad, conservación y cuidado de la naturaleza.
2. Biodiversidad, gobernanza y creación de valor público.
3. Biodiversidad, desarrollo económico, competitividad y calidad de vida.
4. Biodiversidad, gestión del conocimiento, tecnología e información.
5. Biodiversidad, gestión del riesgo y suministro de servicios ecosistémicos.
6. Biodiversidad, corresponsabilidad y compromisos globales" (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible et al, s.f.).

Esta última normativa establece en sus artículos noveno y décimo instrumentos para los entes territoriales del nivel local, designando a su vez las siguientes funciones a las autoridades ambientales:

1. Elaborar e implementar de manera conjunta con las Entidades Territoriales los Planes Integrales de Gestión del Cambio Climático Territoriales, según corresponda a sus competencias y de acuerdo a su jurisdicción.

2. Implementar, según corresponda a sus competencias y de acuerdo a su jurisdicción, programas y proyectos de adaptación al cambio climático y mitigación de Gases de Efecto Invernadero definidos dentro de los PIGCCS contando con la orientación y apoyo de los ministerios que los hayan formulado.

3. Integrar en los instrumentos de planificación ambiental, ordenamiento ambiental territorial, presupuestal y sostenibilidad financiera las acciones estratégicas y prioritarias en materia de adaptación y mitigación de GEI en el ámbito de sus competencias, teniendo en cuenta los lineamientos que para tal efecto defina el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible." (Artículo 10, L1931 de 2018).

Ahora en términos de instrumentos de gestión a nivel regional, en el Valle del Cauca se presenta el Plan Integral de Gestión del Cambio Climático Territorial, cuyas líneas estratégicas son producción agropecuaria y pesquera sostenible, desarrollo económico baja en carbono y resiliente, manejo y conservación de ecosistemas terrestres y acuáticas, bienestar y salud humana, energía y movilidad sostenible, educación, ciencia y tecnología, e infraestructura climática resiliente (Gobernación del Valle del Cauca, 2023); plan que cuenta con su correspondiente plan de acción bajo la temporalidad 2024 – 2050 (Gobernación del Valle del Cauca, 2023).

Así mismo, en el marco del trasegar de la gestión ambiental se encuentra el Plan Pacifico, que fue desarrollado durante la administración Gaviria en 1997 para impulsar el desarrollo sostenible de la costa pacífica (Ortega y Núñez, 1996), incidiendo en el desarrollo regional.

Por otra parte, a nivel municipal en el Valle del Cauca se desarrollaron los Portafolios de estrategias para la adaptación al cambio climático en el año 2014, los cuales fueron formulados por el Centro Internacional de Agricultura Tropical, la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca y las alcaldías de los municipios de Alcalá, Buga, Cartago, Dagua, Jamundí, La Cumbre, Restrepo, Santiago de Cali y Buenaventura respectivamente. De estos documentos se puede concebir a través de la revisión documental, que las acciones estratégicas se articulan a partir de siete criterios que se convierten en ejes estratégicos, y que varían según el ente territorial en su priorización jerárquica, estos son (CVC, CIAT, Alcaldía de Dagua, 2014):

1. Procesos y sistemas productivos ambientalmente sostenibles.
2. Conservación de ecosistemas y áreas de interés ambiental.
3. Gestión integral del recurso hídrico.
4. Desarrollo y transferencia de tecnologías ambientalmente apropiadas para la adaptación.
5. Generación de capacidades para la gestión y adaptación ante el cambio climático.
6. Gestión del riesgo asociado a la variabilidad y cambio climático.
7. Soberanía y seguridad alimentaria ante el cambio climático.

Ahora a nivel local, el portafolio de Santiago de Cali permite observar que entre las oportunidades que presenta el territorio se encuentra la alta biodiversidad y variedad de ecosistemas presentes, al igual que la existencia de dos áreas protegidas de orden nacional, a la vez, denota que como amenaza existe la alteración de los ecosistemas por el cambio climático y la variabilidad climática, lo cual se ha manifestado en la reducción de capacidades y oferta de bienes y servicios ecológicos, como en el desplazamiento de la diversidad biológica (CIAT, CVC y Alcaldía de Santiago de Cali, 2014).

Sumado al portafolio, Santiago de Cali también presenta el Plan integral de adaptación y mitigación al cambio climático, que planteó como ejes programáticos: biodiversidad y servicios ecosistémicos, gestión del recurso hídrico, salud, vivienda e infraestructura; residuos sólidos y aguas residuales, transporte, industria y energía baja en carbono; reducción agroecológica y seguridad alimentaria, educación, ciencia y tecnología; gestión del riesgo de desastres, y planificación climática (DAGMA, 2016), que como se puede observar en su planteamiento estratégico se puede armonizar con los ejes del portafolio.

Tras estas herramientas de gestión, en el año 2020 se adopta el decreto 4112.010.20.2039 que acoge el plan integral de gestión del cambio climático para Santiago de Cali, en el cual se referencia en su artículo noveno la importancia de armonizar los instrumentos de planificación con el plan, ante lo que es importante denotar que esta herramienta debe articularse con el Plan de ordenamiento territorial tanto del nivel local como departamental; con el Plan de gestión del riesgo de desastres, el Plan maestro de acueducto y alcantarillado, el Plan integral de movilidad urbana, el Plan de saneamiento y manejo de vertimientos, el Plan de gestión integral de residuos sólidos, el Plan territorial de salud, el Plan de mejoramiento y manejo de cuencas, y demás herramientas del sector educativo, ambiental y de planificación del territorio que abarquen acciones para la gestión del cambio climático (Alcaldía de Santiago de Cali, 2020).

El plan como tal pretende aumentar la capacidad del ente territorial para enfrentar los efectos del cambio climático, incentivando la implementación de acciones de mitigación, articuladas a los instrumentos de planificación locales y regionales, que contribuyan al desarrollo sostenible, al bienestar de sus habitantes y al de los ecosistemas socio ecológicos (Alcaldía de Santiago de Cali, 2020), de esta forma se puede observar que el desarrollo del plan concibe que este debe articularse con los demás instrumentos y herramientas de gestión, buscando un abordaje integral de las problemáticas ambientales.

Ahora, en términos estructurales el plan integral de gestión del cambio climático se desarrolla a partir de diez ejes estratégicos: biodiversidad, recursos hídricos, salud, infraestructura, hábitat humano, movilidad, seguridad y soberanía alimentaria, educación, desarrollo económico, y gestión del riesgo (Alcaldía de Santiago de Cali, 2020).

Al revisar el eje estratégico biodiversidad, se encuentra que este presenta como objetivo consolidar a Santiago de Cali como un distrito pionero en la protección de sus recursos biológicos, de manera que se reduzcan las presiones actuales sobre la biodiversidad y los ecosistemas, garantizando la estabilidad ecológica, por medio del fortalecimiento de la estructura ecológica principal y complementaria (Alcaldía de Santiago de Cali, 2020).

Por lo anterior, se puede observar que desde el ámbito de la planeación estratégica tanto a nivel local como regional, e incluso nacional se ha abordado el cambio climático, el medio ambiente y la diversidad biológica, lo cual también ha considerado que para un desarrollo integral de las alternativas de solución a las problemáticas es necesaria la articulación y armonización entre diferentes herramientas de gestión pública, de los diversos ámbitos sectoriales. Lo cual tiene en cuenta que las alternativas de abordaje en las herramientas de gestión reconocen tanto los

desarrollos conceptuales sobre la biodiversidad y el cambio climático, como el estado nacional, regional y local de la diversidad biológica, destacando la potencialidad que tiene el territorio y la necesidad de proteger y fortalecer está en el marco de la gestión de bienes y servicios ecosistémicos.

Conclusiones

El marco de política pública a nivel nacional, regional y local denotan que las temáticas concernientes a cambio climático, diversidad biológica y desarrollo ambiental son abordadas a partir de criterios similares en los diferentes estadios territoriales, lo cual permite que su articulación y armonización sea adecuada, toda vez que la trazabilidad histórica y administrativa se enmarca los procesos de conservación, manejo adecuado, restauración y fortalecimiento del ambiente desde la gestión ambiental.

Así mismo, se destaca que el desarrollo estratégico e instrumental de la gestión del ambiente comprende el estado de los diversos niveles territoriales, y su importancia en términos de diversidad biológica, lo cual se puede denotar en los ejes estratégicos, criterios de priorización e incluso acciones estratégicas que desde los entes territoriales se desarrollan en las políticas, planes y portafolios relacionados con el medio ambiente y cambio climático.

Finalmente, la revisión realizada en este documento también permite concebir que Santiago de Cali en el marco de su desarrollo en el sector ambiental, ha contado con una trazabilidad acorde a las temáticas que desde los niveles territoriales superiores se han abarcado, así mismo, que partiendo de su consideración como territorio biodiverso a nivel departamental tiene los elementos estructurales para ser sede de la Conferencia de las Partes del Convenio sobre la Diversidad Biológica – COP16, toda vez que es un referente a nivel departamental de la realidad megadiversa a la cual responde Colombia a nivel internacional.

Literatura Citada

Alcaldía de Santiago de Cali. 2020. Plan integral de gestión del cambio climático de Santiago de Cali. Santiago de Cali.

Alcaldía de Santiago de Cali. Decreto 4112.010.20.2039 de 2020. Por el cual se adopta el plan integral de gestión del cambio climático para el Distrito de Santiago de Cali y se dictan otras disposiciones. Santiago de Cali.

Angles, M. et al. 2023. Manual de derecho ambiental mexicano. México: Universidad Nacional Autónoma de México.

Baker, P.S. y Lentijo, G. 2007. Capítulo 2. La biodiversidad: conceptos básicos y datos. En: Baker, P.S. Y Duque. O.H. Guía para la caficultura sostenible en Colombia: un trabajo articulado con los caficultores extensionistas y la comunidad. Manizales: Cenicafé.

Bolívar, W. et al. 2004. Plan de acción en biodiversidad del Valle del Cauca: propuesta técnica. Bogotá: Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca e Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

Centro Internacional de Agricultura Tropical, Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca y Alcaldía de Alcalá. 2014. Portafolio de Estrategias para la mitigación y adaptación al cambio climático de Alcalá. Valle del Cauca.

Centro Internacional de Agricultura Tropical, Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca y Alcaldía de Cartago. 2014. Portafolio de Estrategias para la mitigación y adaptación al cambio climático de Cartago. Valle del Cauca.

Centro Internacional de Agricultura Tropical, Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca y Alcaldía de Dagua. 2014. Portafolio de Estrategias para la mitigación y adaptación al cambio climático de Dagua. Valle del Cauca.

Centro Internacional de Agricultura Tropical, Corporación

Autónoma Regional del Valle del Cauca y Alcaldía de Jamundí. 2014. Portafolio de Estrategias para la mitigación y adaptación al cambio climático de Jamundí. Valle del Cauca.

Centro Internacional de Agricultura Tropical, Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca y Alcaldía de La Cumbre. 2014. Portafolio de Estrategias para la mitigación y adaptación al cambio climático de La Cumbre. Valle del Cauca.

Centro Internacional de Agricultura Tropical, Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca y Alcaldía de Restrepo. 2014. Portafolio de Estrategias para la mitigación y adaptación al cambio climático de Restrepo. Valle del Cauca.

Centro Internacional de Agricultura Tropical, Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca y Alcaldía de Santiago de Cali. 2014. Portafolio de Estrategias para la mitigación y adaptación al cambio climático de Santiago de Cali. Valle del Cauca.

Centro Internacional de Agricultura Tropical, Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca y Alcaldía de Buenaventura. s.f. Portafolio de Estrategias para la mitigación y adaptación al cambio climático de Buenaventura. Valle del Cauca.

Centro Internacional de Agricultura Tropical, Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca y Secretaría de Ambiente, Agricultura y Pesca. 2018. Plan integral de cambio climático para el Valle del Cauca PICC. Valle del Cauca.

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 2022. ¿Qué es la biodiversidad? México.

Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca. 2019. El Valle de los sueños. Cali: Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca y Pontificia Universidad Javeriana. Valle del Cauca.

Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca. 2013. Portafolio de Estrategias para la mitigación y adaptación al cambio climático de Guadalajara de Buga. Valle del Cauca.

Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca. 2013a. Portafolio de Estrategias para la mitigación y adaptación al cambio climático de Tuluá. Valle del Cauca.

Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente – DAGMA. 2019. Guía ilustrada de las aves de Santiago de Cali. Santiago de Cali.

Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente – DAGMA, Centro Internacional de Agricultura Tropical, y Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca. 2016. Plan Integral de adaptación y mitigación al cambio climático para Santiago de Cali. Santiago de Cali.

Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente – DAGMA, Centro Internacional de Agricultura Tropical, y Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca. 2015. Identificación de zonas y formulación de propuestas para el tratamiento de islas de calor. Santiago de Cali.

Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente – DAGMA, Centro Internacional de Agricultura Tropical, y Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca. 2015a. Estudio para la microzonificación climática para el municipio de Santiago de Cali. Santiago de Cali.

Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente. s.f. Normograma de Cambio climático. Cali.

Departamento Nacional de Planeación. s.f. Plan nacional de adaptación al cambio climático. ABC: adaptación, bases conceptuales, marco conceptual y lineamientos. Bogotá.

Diaz, G. 2012. El cambio climático. En Ciencia y Sociedad, Vol. XXXVII., No. 2. Pp. 227 – 240.

Giraldo, R. 2014. Reconfiguración del paisaje y agroecología en el Valle del Cauca, 1890 – 2010. En Luna Azul, No. 38.

Gobernación del Valle del Cauca. 2023. Plan integral de gestión del cambio climático territorial Valle del Cauca 2024 – 2050. Valle del Cauca.

Gobernación del Valle del Cauca. 2023a. Plan de acción integral de gestión del cambio climático territorial Valle del Cauca 2024 – 2050. Valle del Cauca.

Guerrero, Y. y Colina, J. 2023. Caracterización del desarrollo de las políticas públicas relacionadas con sostenibilidad ambiental en el municipio de Santiago de Cali durante el periodo 2020 - 2023, en la transición a distrito especial. Santiago de Cali: Institución Universitaria Antonio José Camacho.

Guido, P. 2017. Cambio climático: selección, clasificación

y diseño de medidas de adaptación. Jiutepec, Morelos: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.

Jiménez, C. et al. 2010. Biodiversidad. Una alerta. México: Universidad Autónoma Metropolitana.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. 2022. Colombia tiene 67000 especies de fauna y flora registradas.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. 2017. Política nacional de cambio climático. Bogotá.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. 2016. Plan nacional de adaptación al cambio climático. Bogotá.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. s.f. Planes Integrales de Gestión del Cambio Climático Territorial PIGCCT.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. s.f.a. Política nacional para la gestión integral de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos PNGIBSE. Bogotá.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. s.f.b. Rescatando la biodiversidad colombiana. Bogotá.

Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación. 11 de septiembre de 2016. Colombia, el segundo país más biodiverso del mundo.

Núñez, I. et al. 2003. La biodiversidad: historia y contexto de un concepto. En Interciencia. Vol. 28, No. 3., Pp. 387 – 393.

Oficina de Asuntos Ambientales y Sociales. 2020. ABC. Plan integral de gestión del cambio climático. Conceptos básicos sobre el cambio climático. Ministerio de Minas y Energía - Bogotá.

Ortega, A. y Núñez, G. 1996. El Valle del Cauca, una excelente oportunidad para invertir: subsector biodiversidad. Santiago de Cali: Corporación Universitaria Autónoma de Occidente.

Rangel-Ch., J. O. 2015. La biodiversidad de Colombia: significado y distribución regional. Rev. acad. Colomb. cienc. exact. fis. Nat 39: 176-200.

República de Colombia. Ley 1931. 2018. Por la cual se establecen directrices para la gestión del cambio climático. Bogotá.

Riascos, D. et al. 2021. Evaluación de la política pública del manejo integral del agua, espacio público, conservación de zonas verdes y biodiversidad en el municipio de Santiago de Cali. Buenaventura: Editorial Diké, Universidad del Pacífico.

Secretaría de Ambiente de Jamundí. s.f. Jamundí un territorio biodiverso. Jamundí.

Sistema de Información sobre Biodiversidad de Colombia. s.f. Biodiversidad en cifras.

Sistema de Información sobre Biodiversidad de Colombia. s.f.a. Biodiversidad en cifras – Valle del Cauca.

Sistema de Información sobre Biodiversidad de Colombia. s.f.b. Biodiversidad en cifras – Colombia.

Useros, J. 2013. El cambio climático: sus causas y efectos medioambientales. Anales de la Real Academia de Medicina y Cirugía de Valladolid. Vol. 50.

Yaniz, L. 2024. La triple crisis planetaria: qué es y qué soluciones existen.

NORMAS PARA LA PUBLICACION DE ARTICULOS EN LA REVISTA CESPEDESIA

1. Los artículos originales no deberán exceder de 30 páginas cada uno, incluyendo gráficos, figuras y tablas. Debe presentarse en hojas tamaño carta a 1.5 espacios y numeradas, con márgenes de 2.5 cms. en todos los bordes y fuente Arial a 12 puntos.

2. Los trabajos pueden estar escritos en español, inglés o portugués, y se recomienda que no excedan las 40 páginas (párrafo espaciado a 1,5 líneas) incluyendo tablas, figuras y anexos.

3. Los artículos deberán presentarse en medio magnético, por correo electrónico o impreso en original con su correspondiente archivo en Word y deben incluir una lista de por lo menos tres revisores sugeridos que puedan evaluar el manuscrito, con sus respectivas direcciones electrónicas.

4. Todo artículo deberá ir precedido por un resumen en español e inglés de máximo 200 palabras. Después del resumen y el abstract respectivamente se deben incluir cinco (5) palabras clave en el idioma correspondiente.

5. Cada parte del artículo deberá estar bien diferenciada o con encabezamiento.

6. El orden de presentación de cada artículo original deberá ser el siguiente:

- Título
- Autor(es)
- Resumen
- Palabras claves
- Abstract
- Key words
- Contenido (con los títulos que sean pertinentes)
- Agradecimientos y literatura citada

7. Las referencias profesionales y académicas del autor(es) y su dirección deberán aparecer en el pie de página de la primera página del artículo.

8. CITAS EN EL TEXTO

Cuando el autor va como sujeto de la frase debe colocarse el año de la cita entre paréntesis. Ejemplo:

> "Pérez (1996) observó que..."
>
> "Las especies de este género fueron revisadas por López (1995)."

Cuando las citas van al final de la frase deben ir en orden alfabético y entre paréntesis. Ejemplo:

> "Estas especies son. (López 1995, Pérez 1993)."

Si se citan dos autores utilizar el símbolo & en remplazo de la conjunción Y en cualquier idioma. Ejemplo: (Arango & Bernal 1998)

Si son mas de dos autores deben citarse así: (Arango et al, 1998)

9. En el manuscrito los nombres científicos deben presentarse en cursivas de acuerdo a los códigos internacionales de nomenclatura botánica y zoológica.

Ejemplo: Bactris gasipaes

10. Las notas complementarias del texto aparecerán a pie de página numeradas consecutivamente.

11. Las figuras y tablas con su correspondiente título, irán en hojas separadas, después de la literatura citada, siguiendo la secuencia numérica del manuscrito. En ellas se harán las aclaraciones necesarias sobre el lugar donde deberán ir colocadas.

12. Los dibujos, mapas y gráficos deben enviarse en medio magnético con copia impresa con letra grande teniendo en cuenta que en el proceso de impresión pueden ser reducidos. Utilice punteados y rayados que puedan destacarse después de la reducción.

13. Las referencias bibliográficas deberán ir al final del artículo y solo se incluirán las citadas en el texto. Las referencias estarán dispuestas

alfabéticamente por el apellido del autor(es), seguido del año de publicación. Cuando se citan las obras de un mismo autor pertenecientes a un mismo año, este será seguido por una letra (a, b, c, etc.), por ejemplo: 2008a, 2008b, de la más antigua a la más reciente. Después del año seguirá el título de la obra, la editorial y la ciudad de publicación. Por favor asegúrese de que las referencias estén escritas correctamente y que sean coherentes con lo citado en el texto. Las referencias en el texto deben ser las estrictamente necesarias para soportar los argumentos.

Ejemplo:

LIBROS

Pérez Touriño, E.1983. Agricultura y Capitalismo. Análisis de la pequeña producción campesina. Ministerio de Agricultura. Madrid.

ARTICULOS EN REVISTAS:

Cuatrecasas, José 1958. Aspectos de la vegetación natural de Colombia. Revista Academia Colombiana de Ciencias Físicas y Exactas. 10 (40): 221-268. Bogotá.

CAPITULOS EN LIBROS:

Ruiz Carranza, Pedro M., P. Pinto Escobar, eds. 1995. La fauna de Colombia. Pp. 9-31. En: Ruiz Carranza, Pedro M., Pinto Escobar, Polidoro, eds. Monografías de fauna de Colombia. Santafé de Bogotá.

TESIS:

Ruiz Echeverry, Marta Mónica. 1983. Contribución al conocimiento de la Palma de almendrón (Attalea victoriana Dugand) en su medio natural. Tesis (Bióloga – Botánica) Universidad del Valle. 258p.

INFORMES TÉCNICOS:

Ríos Herrera, Raul. 2010. Análisis científico alrededor del varamiento de ballena yubarta (Megaptera novaeangliae). Informe técnico. INCIVA. 8pp.

RESUMEN EN CONGRESO, SIMPOSIO, TALLERES:

Pardo Locarno Luis Carlos. 1991. Apuntaciones sobre la coleopterofauna del Valle del Cauca. En: Simposio nacional de fauna del Valle del Cauca. Resúmenes. INCIVA. Marzo 20-23. Santiago de Cali. Pp.194-221.

PÁGINAS WEB

Si se van a referir se señalarán directamente en el texto donde corresponden.

AGRADECIMIENTOS

Opcional. Párrafo sencillo y conciso entre el texto y la bibliografía. Evite el uso de títulos como Dr., Lic., etc.

14.El material completo deberá enviarse al Editor de la revista Cespedesia al:

INCIVA

Instituto para la Investigación y la Preservación

del Patrimonio Cultural y Natural del Valle del Cauca

Avenida Roosevelt No. 24 –80 Cali Piso 4 Cali - Colombia

PBX: 602 5146848 Ext. 105

Correo electrónico: divulgacion@inciva.gov.co cespedesia@inciva.gov.co www.inciva.gov.co

INCIVA se reserva el derecho de publicación.

15. No se pagarán honorarios por los artículos. Si la revista sale impresa, el autor tendrá derecho a tres ejemplares del número correspondiente de Cespedesia y separata en PDF. Si la revista es digital se enviarán las separatas correspndients.

Mayores informes pueden solicitarse a los correos electrónicos: divulgacion@inciva.gov.co

cespedesia@inciva.gov.co

Cespedesia

www.inciva.gov.co/v2/cespedesia

GOBERNACIÓN
Departamento del
Valle del Cauca

paraíso
de todos

INCIVA
Patrimonio Vital