ECODISEÑO & SOSTENIBILIDAD



UNIVERSIDAD DE LOS ANDES VENEZUELA

UNIVERSIDAD POLITECNICA DE VALENCIA

RES N° 17: 2024

REVISTA ECODISEÑO & SOSTENIBILIDAD (RES)
ISSN-1856-9552

DOI: https://doi.org/10.53766/ECOSOS

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

JOSÉ ESTEBAN CAPILLA ROMÁ
Rector
MARÍA SALOMÉ CUESTA VALERA
Vicerrectora de Arte, Ciencia,
Tecnología y Sociedad
JUAN CARLOS CANO ESCRIBÁ
Vicerrector de Profesorado
y Ordenación Académica
MARÍA BELÉN PICÓ SIRVENT
Vicerrectora de Investigación
JOSÉ PEDRO GARCÍA SABATER
Vicerrector de Planificación, Estudios,
Calidad y Acreditación
DÉBORA DOMINGO CALABUIG
Vicerrectora de Desarrollo Sostenible
de los Campus
EUGENIO PELLICER ARMIÑANA
Vicerrector de Infraestructuras
y Coordinación de los Campus
SALVADOR COLL ARNAU
Vicerrector de Innovación y Transferencia
J. ALBERTO CONEJERO CASARES
Vicerrector de Estudiantes y Emprendimiento
JOSÉ FRANCISCO MONSERRAT DEL RÍO
Vicerrector de Internacionalización
y Comunicación
SILVIA Mª TERRASA BARRENA
Vicerrectora de Transformación Digital
ELENA DE LA POZA PLAZA
Vicerrectora de Empleo, Formación Permanente y Lenguas
SANTIAGO GUILLEM PICÓ
Vicerrector de Convivencia y Bienestar

VICENTE AGUSTÍN CLOQUELL BALLESTER
VÍCTOR ANDRÉS CLOQUELL BALLESTER
Departamento de Proyectos de Ingeniería
Laboratorio de Sostenibilidad y Ecodiseño ULA/UPV

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES VENEZUELA

MARIO BONUCCI ROSSINI
Rector

PATRICIA ROSENZWEIG LEVI
Vicerrectora Académica
MANUEL ARANGUREN RINCÓN
Vicerrectora Administrativo
MANUEL JOAQUÍN MOROCOIMA
Secretario (e)

JULIO QUINTERO MÁRQUEZ
Decano (e) Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales
ARGIMIRO CASTILLO GANDICA
Decano Facultad de Arquitectura y Diseño

LILIAN TERESITA BRACAMONTE MUÑOZ
Directora del Centro de Estudios Forestales y
Ambientales de Postgrado (CEFAP)
WILVER CONTRERAS MIRANDA
Director Laboratorio Nacional de Productos Forestales

MARY ELENA OWEN DE CONTRERAS
WILVER CONTRERAS MIRANDA
Facultad de Arquitectura y Diseño
Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales
Laboratorio de Sostenibilidad y Ecodiseño ULA/UPV

OBRA DE LA PORTADA

Cuadro elaborado por el artista ***Jesús de Luzam***
titulado "Transfiguración del Relámpago del Catatumbo";
Dimensiones 28 cm x 28 cm; Acrílico y sobre tela plastificada; año
2024. Colección privada Axel Atilio Contreras Owen.
E-mail: jesusdeluzam@gmail.com

LABORATORIO DE SOSTENIBILIDAD Y ECODISEÑO
Centro de Estudios Forestales y Ambientales de Postgrado (CEFAP-ULA)
Laboratorio Nacional de Productos Forestales (LNPF-ULA)
revecodisostenibilidad@gmail.com; revecodiseno@ula.ve

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA
UNIVERSIDAD DE LOS ANDES VENEZUELA
LABORATORIO DE SOSTENIBILIDAD Y ECODISEÑO (UPV-ULA/CEFAP-LNPF)

ISSN 1856-9552

EDITOR JEFE 2023 – 2024
Dra. Mary Elena Owen de Contreras
Universidad de Los Andes
maryelenaowen@gmail.com

COMITÉ EDITORIAL
Dr. Vicente Agustín Cloquell Ballester
Universidad Politécnica de Valencia, España
cloquell@dpi.upv.es
Dr. Víctor Andrés Cloquell Ballester
Universidad Politécnica de Valencia, España
Departamento de Proyectos de Ingeniería
vacloque@dpi.upv.es
Dr. Domingo Gómez Orea
Universidad Politécnica de Madrid
domingo.gomez.orea@upm.es
Dr. Wilver Contreras Miranda
Universidad de Los Andes
wilvercontrerasmiranda@gmail.com

PRODUCCIÓN EDITORIAL

Asistentes Editoriales
Ing. MSc. María Teresa Rondón Sulbarán
Universidad de Los Andes
labsostenibilidadyecodiseno@gmail.com
Lic. María Edelmira Araujo Barrios
Lic. Norca Fernández de Rivero
Universidad de Los Andes

Revisión y corrección idioma inglés
Lic. MSc. Janeet Rondón Sulbarán
Ulster University, Reino Unido
Dr. Ángel Infante *Fundacite-Mérida*

Diseño Gráfico
Wilver Contreras Miranda

Diagramación Revista N° 17: 2024
Mary E. Owen de C. y Wilver Contreras Miranda

CONSEJO EDITORIAL

España
Dra. Ma. Cristina Santamarina Siurana
Dr. Salvador Capuz Rizo
Dr. José Luís Vivancos Bono
Dr. Rafael Monterde Díaz
Dra. María José Bastante Ceca
Dra. María Teresa Gómez Villarino
Dra. María Dolores Bovea Edo
Dr. Antonio Gallardo Izquierdo
Dr. Francisco Colomer Mendoza
Italia
Arq. MSc. Marco Capellini
USA
Dr. Luis Bojórquez Tapia
MÉXICO
Dra. Enriqueta Salazar Ruíz
Dr. Alfonso Moreno Salazar
Dr. Alberto Julián Valencia Botín
Dra. Ruth León Morán
COLOMBIA
Dr. José Rafael González Díaz
ARGENTINA
Lic. MSc. Alejandro Sarmiento
VENEZUELA
Geo. MSc. Elías Méndez Vergara
Ing. MSc. José Emil Amilkar Contreras Miranda
Lic. MSc. Alejandro Rassias López
Ing. MSc. Sergio Santos Cañizares Arango
Dr. Eric José Barrios Pérez
Dr. Jesús Alexander Cegarra Rodríguez
Dr. Juan Ygnacio López Hernández
Dr. Carlos Pacheco Ángulo
Dr. Juan Carlos Rivero Ballestero
Dr. Mauricio Jerez Rico
Dr. José Remigio Guevara González
Dr. Argimiro Castillo Gandica
Dra. Beatriz Ramírez Boscán
Dr. Luis Alfonso Sandia Rondón

Es una publicación interinstitucional del Laboratorio de Sostenibilidad y Ecodiseño, adscrito al Centro de Formación de Postgrado de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales de la ULA; creada en el año 2009 en el marco del Convenio específico entre la Universidad de Los Andes, Venezuela, y la Universidad Politécnica de Valencia, España (ULA-UPV); con la participación de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, la Facultad de Arquitectura y Diseño de la ULA y la Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño de la UPV.



Ecodiseño & Sostenibilidad (RES) Nº 17: 2024

DOI: https://doi.org/10.53766/ECOSOS

HECHO EL DEPÓSITO DE LEY

Depósito Legal: PP1200802ME3062
ISSN 1856-9552 «*Revista Ecodiseño & Sostenibilidad*»
DOI: https://doi.org/10.53766/ECOSOS

La Revista Ecodiseño y Sostenibilidad es una publicación científica interinstitucional, arbitrada, indizada, en formato digital, con periodicidad anual; cuyo objetivo es la divulgación de trabajos de investigación científico tecnológicos y de innovación, en el ámbito del Ecodiseño y el Desarrollo Sostenible. Creada en el año 2009. Los artículos que se publican en la Revista son de exclusiva responsabilidad de sus autores y no reflejan en ningún caso el pensamiento de los editores ni del Laboratorio de Sostenibilidad y Ecodiseño CEFAP. ULA-UPV, y se entiende, que todos los autores firmantes, se harán responsables de las mismas.

La *Revista Ecodiseño y Sostenibilidad* asegura que los editores, autores y árbitros cumplen con las normas éticas internacionales durante el proceso de arbitraje y publicación. Del mismo modo aplica los principios establecidos por el Comité de Ética en Publicaciones Científicas (COPE). Todos los artículos publicados son admitidos previamente por el Comité Editorial y luego revisados por tres árbitros, bajo el sistema de doble ciego; así como su verificación por plagio.

La reproducción y citación del material contenido en esta revista debe cumplir con la respectiva mención de fuente.

Los autores deben colocar el Código ORCID (Personal)

Es una publicación científica de carácter transdisciplinar, dirigida a la comunidad científica, técnica, académica y profesional internacional. *Se puede consultar, en acceso abierto, y sin restricciones al texto completo de los trabajos inmediatamente después de ser publicadas, a través de su sitio Web institucional:* ***http://erevistas.saber.ula.ve/ecodiseno***

También está disponible, en formato tradicional y bajo marcado XML en: ***https://www.redalyc.org/***

La Revista Ecodiseño y Sostenibilidad – RES está indizada y acreditada en Revistas Venezolanas de Ciencia y Tecnología **(REVENCYT)** y en el Catálogo **LATINDEX**.

La Revista Ecodiseño y Sostenibilidad, posee acreditación tipo A del **Consejo de Desarrollo Científico, Humanístico, Tecnológico y de Las Artes** de la Universidad de Los Andes-Venezuela **(CDCHTA-ULA).**

@ ecodiseno_sostenibilidad

Laboratorio Sostenibilidad y Ecodiseño ULA-UPV

Todos los documentos publicados en esta revista se distribuyen bajo licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Sin Derivadas 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0). Por tanto, el envío, el procesamiento y la publicación de artículos en la revista es totalmente gratuito.

La Revista Ecodiseño y Sostenibilidad está editada en formato digital para cumplir criterios de sostenibilidad. La Edición de este Número Especial se realizó cumpliendo con los criterios y lineamientos establecidos para la edición electrónica en el año 2023. Publicada en el repositorio institucional SABER-ULA Universidad de los Andes – Venezuela:

www.saber.ula.ve **info@saber.ula.ve**

La edición de la Revista Ecodiseño y Sostenibilidad RES ha sido auto financiada por el Laboratorio de Sostenibilidad y Ecodiseño, aun contando con la buena disposición del CDCHTA-ULA, del Vicerrectorado Administrativo (ULA), del Decanato de la Facultad de Arquitectura y Diseño y del Decanato de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, no ha podido ser costeada, producto de la grave situación presupuestaria de la Universidad de Los Andes en medio de una Venezuela que para el año 2024 continúan los tiempos desdibujados y en aguda de crisis económica, política y social.

ECODISEÑO & SOSTENIBILIDAD

Tabla de Contenido

Ecodiseño & Sostenibilidad (RES)
Nº 17: 2024

Editorial

Vicente Agustín Cloquell Ballester
LOS INSTRUMENTOS DE GESTIÓN AMBIENTAL: CLAVE PARA LA PRESERVACIÓN DEL ENTORNO Y EL BIENESTAR HUMANO
Environmental management tools: key to environmental preservation and human well-being **9- 13**

Prólogo

Mary Elena Owen de Contreras
LA REVISTA ECODISEÑO Y SOSTENIBILIDAD RES 17: 2024
The Ecodesign and Sustainability Magazine RES 17: 2024 **14 - 20**

Reflexiones sobre sostenibilidad y desarrollo

Luis Alfredo Galíndez Galdona
IMPORTANCIA DEL DISEÑO PASIVO PARA LOGRAR LA EFICIENCIA ENERGÉTICA Y LA SOSTENIBILIDAD EN EDIFICACIONES
The importance of passive design to achieve energy efficiency and sustainability in buildings **21-32**

Sandra Arrán
CAMBIAR EL MUNDO
Change the World **33-36**



©Instagram

Juan de Dios Salas Canevaro

LA TOMA DE DECISIONES DE DISEÑO ARQUITECTÓNICO CON CRITERIOS DE SOSTENIBILIDAD DESDE UNA ÓPTICA NEUROCIENTÍFICA

Architectural design decision-making with sustainability criteria from a neuroscientific perspective **37-49**

Omar Antonio Guerrero

¿EL "RELÁMPAGO DEL CATATUMBO" FENÓMENO METEOROLÓGICO ÚNICO EN SU TIPO?

¿Is the "Catatumbo Lightning" a unique meteorological phenomenon of its kind? **50-68**

ARTÍCULOS

Luis José Durán Santiago y Leonardo Bonomie Medina

EL DISEÑO INDUSTRIAL DE ELEMENTOS URBANOS SUSTENTABLES PARA EL DESCANSO, RECREACIÓN Y SOCIALIZACIÓN EN MÉRIDA, VENEZUELA

Industrial design of sustainable urban elements for relaxation, recreation, and socialization in Mérida, Venezuela **69 - 95**

Omar Antonio Guerrero, Anairamiz Aranguren Hernández, Leni Prado y Gerardo Pineda

CRISIS GEOAMBIENTAL SOSTENIBLE: EL CASO MONUMENTO NATURAL LAGUNA DE URAO – MÉRIDA, VENEZUELA

Sustainable geoenvironmental crisis: the case of the Urao lagoon wetland natural monument – Mérida, Venezuela **96 - 125**

Luis Raúl Veliz Guillen y Ezio Mora Contreras

DISTRITO CULTURAL Y CREATIVO "MANUEL MUJICA MILLÁN", A TRAVÉS DE LA PLATAFORMA DIGITAL ARCGIS ONLINE Y STORY MAPS

"Manuel Mujica Millán" Cultural and Creative District, THROUGH THE DIGITAL PLATFORM ArcGIS online and Story Maps **126 - 142**



©Unsplash

Luis Raúl Veliz Guillen y Edgar Hernández Becerra
EVALUACIÓN DE LA DINÁMICA DE EROSIÓN HÍDRICA Y PÉRDIDA DEL SUELO UTILIZANDO TÉCNICAS DE TELEDETECCIÓN Y SIG EN EL MUNICIPIO RANGEL DEL ESTADO MÉRIDA
Evaluation of the dynamics of hydric erosion and soil loss using teledetection and GIS techniques in the municipal Rangel of Mérida state. **143 - 184**

Lucio Guzmán Mares, Ma. Soledad Castellanos Villarruel, María Elvia Edith Alanis Pérez y Carlos Vázquez Cid de León
EVALUACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO - CALENTAMIENTO GLOBAL DEL LADRILLO ROJO (TÍPICO EN LA ZONA CIÉNEGA) Y DEL LADRILLO BLANCO PARA CONSTRUCCIONES SUSTENTABLES
Carbon footprint assessment - global warming of red brick (typical in the Ciénega area) and white brick for sustainable construction **185 - 221**

NOTAS TÉCNICAS

Janne Rojas Vera
LOS PRODUCTOS NATURALES, USOS MEDICINALES, COSMÉTICOS Y SU RELACIÓN CON EL ECODISEÑO
Natural products, medicinal uses, cosmetics and their relationship with Ecodesign **222 - 249**

María Andreina Salas-Bourgoin; Omar Carrero Araque; Elides Sulbarán Zambrano; José R. Guevara Gonzáles y Leonardo Lugo Salinas
INVESTIGACIÓN FORESTAL EN VENEZUELA, UNA REVISIÓN DE HECHOS, INSTITUCIONES Y PROTAGONISTAS RELEVANTES
Forestry research in Venezuela: a review of facts, institutions, and important players **250 - 280**

Amarilis Burgos Franco
LA EMPRESA BAMBÚ TURISMO VERDE ESMERALDA SAS. MONTENEGRO, QUINDÍO, COLOMBIA
The Company Bamboo Tourism Green Emerald SAS. Montenegro, Quindío, Colombia **281 - 327**



©Concepto

ECODISEÑO & SOSTENIBILIDAD

RES: ULA-UPV

N°17: 2024

DOI: https://doi.org/10.53766/ECOSOS

EDITORIAL

Vicente Agustín Cloquell Ballester

ECODISEÑO & SOSTENIBILIDAD

RES: ULA-UPV
N°17: 2024

LOS INSTRUMENTOS DE GESTIÓN AMBIENTAL: CLAVE PARA LA PRESERVACIÓN DEL ENTORNO Y EL BIENESTAR HUMANO

Environmental management tools: key to environmental preservation and human well-being



VICENTE AGUSTÍN CLOQUELL BALLESTER

Ingeniero por la Universitat Politècnica de Valencia, licenciado en Ciencias Religiosas por la Universidad Eclesiástica San Dámaso de Madrid y graduado en Derecho por la Universidad Internacional de La Rioja. Doctor Ingeniero Industrial por la Universitat Politècnica de Valencia en Técnicas de Proyectos en Ingeniería, con estudios de maestría en Gestión Medioambiental y Dirección y Gerencia Pública. Es profesor titular funcionario del departamento de Proyectos de Ingeniería y funcionario en excedencia voluntaria de la Escala Superior de Administradores de la Universitat Politècnica de Valencia. Cofundador del Laboratorio de Sostenibilidad de la Universidad de los Andes-Universitat Politècnica de Valencia, fue Director del Programa de Doctorado de Desarrollo, Sostenibilidad y Ecodiseño, del Proyecto Biodiversidad de la Universitat Politècnica de Valencia y, en la actualidad, es Presidente de la fundación de la Comunidad Valenciana de Envases y Economía Circular (ENVACIR). E-mail: cloquell@upv.es ORCID: https://orcid.org/0000-0003-2930-7236

La gestión ambiental es un campo fundamental para garantizar no solo la conservación del entorno natural, sino también el bienestar humano. Los instrumentos de gestión ambiental, que abarcan desde políticas, planes y programas hasta proyectos, procesos y productos, constituyen la base de un desarrollo sostenible que -por definición- integre de manera armónica las necesidades del presente sin comprometer el futuro. Sin embargo, a pesar de la creciente evidencia sobre la relación directa entre la degradación ambiental y la calidad de vida de las personas, la implantación efectiva de estos instrumentos sigue enfrentando desafíos significativos.

El papel fundamental de la gestión ambiental

Independientemente de la existencia del cambio climático, la gestión ambiental es esencial para la estabilidad y seguridad de la sociedad. La contaminación, la sobreexplotación de recursos naturales y la pérdida de biodiversidad afectan a todos los niveles de la actividad humana, generando impactos negativos en la economía, la salud pública, así como en la esfera personal.

En este contexto, los instrumentos de gestión ambiental se erigen como herramientas esenciales para mitigar los riesgos y optimizar las oportunidades del desarrollo humano. A nivel de políticas públicas, los gobiernos tienen la responsabilidad de establecer marcos normativos que regulen el uso de los recursos naturales, promuevan la adecuada y disciplinada ordenación del territorio, fomenten la economía circular y potencien energías limpias, entre otras. Sin embargo, la efectividad de estas políticas depende de su implementación, del compromiso de los actores involucrados y del cumplimiento de normativas ambientales que muchas veces se ven debilitadas o desplazadas por intereses económicos o políticos.

En el ámbito empresarial, la gestión ambiental es una estrategia clave no solo por el mero cumplimiento normativo para evitar sanciones, sino también para la mejora de la competitividad y la reputación corporativa. La adopción de certificaciones ambientales, el ecodiseño y la innovación en procesos productivos más sostenibles, son ejemplos de cómo las empresas pueden contribuir a la reducción de su huella ecológica. No obstante, aún existen actores que consideran las regulaciones ambientales como obstáculos en lugar de oportunidades para un crecimiento sólido a largo plazo.

Desastres naturales y la reafirmación de una realidad evidente

Cada desastre natural que ocurre en el mundo refuerza la necesidad de contar con estrategias de gestión ambiental más robustas y proactivas. Las inundaciones, los incendios forestales y los fenómenos meteorológicos extremos tienen efectos devastadores en las comunidades humanas afectadas.

Estos eventos no solo generan pérdidas materiales y humanas, sino que también afectan la seguridad alimentaria, el acceso al agua potable y la estabilidad económica de regiones enteras. Paradójicamente, aunque la conexión entre el deterioro ambiental y las catástrofes naturales debería ser evidente, en muchas ocasiones las respuestas gubernamentales y empresariales siguen siendo reactivas en lugar de preventivas y proactivas.

Un ejemplo claro de esta situación es la reciente DANA en Valencia (España), cuyas inundaciones han dejado en evidencia la falta de preparación ante fenómenos meteorológicos extremos, con el agravante de su repetición histórica. Tras varias décadas de investigación, práctica profesional y desarrollo legislativo en materia de gestión ambiental, sigue existiendo una intolerable brecha entre lo que se sabe que ha de hacerse y lo que realmente se hace. Y es que, aplicar bien estos instrumentos (la Evaluación Ambiental Estratégica, la Evaluación de Impacto Ambiental, la Evaluación de Impacto Social, los Sistemas de Gestión Ambiental, el Análisis del Ciclo de Vida de producto...) requiere participación, equilibrio y convicción. Sin embargo, en más ocasiones de las tolerables, estos mecanismos se convierten en un ejercicio de fariseísmo que se aleja del verdadero objetivo.

Es difícil tomar decisiones cuando el peligro apremia (y eso es comprensible), pero no es justificable que la sociedad en su conjunto no se prepare adecuadamente para tomar las mejores decisiones en los momentos más críticos. Vivir de cerca los

sucesos derivados de la DANA en Valencia, acontecida el 29 de octubre de 2024, me ha confirmado que, en esencia, la preservación o incluso la mejora de la calidad del medio ambiente y de la calidad de la vida humana necesita (o no es básicamente distinta) de una correcta gestión de los riesgos y de las oportunidades de cualquier iniciativa o acción humana en el territorio. Y ésta debe ser la esencia de todos los instrumentos antes citados. Y ése debe ser el objetivo de toda investigación y desarrollo que se realice en esta materia.

La integración de la gestión ambiental en todos los niveles

Para que los instrumentos de gestión ambiental sean efectivos, es fundamental que se integren en todos los niveles de la actividad humana. Esto implica no sólo la acción gubernamental y corporativa, sino también el compromiso de la ciudadanía en la adopción de hábitos de consumo responsables, así como en el desarrollo de actitudes y aptitudes responsables frente al riesgo.

En este sentido, la educación ambiental juega un papel crucial. Desde edades tempranas, es necesario fomentar una conciencia ecológica y una conciencia del riesgo que permitan a las nuevas generaciones comprender la interdependencia entre el ser humano y su entorno. La incorporación de criterios ambientales en el diseño de ciudades, en la producción de bienes y en la toma de decisiones políticas es un paso imprescindible hacia un modelo de desarrollo más equilibrado.

Asimismo, es imprescindible seguir impulsando los avances científicos y técnicos en materia de gestión ambiental, asegurando que los conocimientos generados no solo se traduzcan en nuevas herramientas y metodologías, sino que también lleguen a aplicarse de manera efectiva. La investigación debe centrarse no solo en

la identificación de problemas y soluciones, sino también en la superación de las barreras que impiden su implementación real. La toma de decisiones basada en evidencia científica, es clave para cerrar la brecha entre el conocimiento y la acción.

Reflexión final

La gestión ambiental no debe ser vista como una opción, sino como una necesidad impostergable para la supervivencia de nuestra especie y del planeta. Los instrumentos de gestión ambiental, cuando se aplican de manera efectiva y transversal, pueden prevenir desastres, mejorar la calidad de vida y garantizar un futuro más sostenible. La evidencia de su importancia es cada vez más innegable y, sin embargo, la acción sigue siendo insuficiente.

Es momento de cambiar la percepción de la gestión ambiental como un obstáculo y comenzar a verla como una oportunidad para construir sociedades más resilientes, justas y prósperas. Cada decisión cuenta, y la suma de esfuerzos individuales, empresariales y gubernamentales determinará el rumbo a seguir en las próximas décadas. El bienestar humano y la estabilidad del planeta dependen de ello.

ECODISEÑO & SOSTENIBILIDAD

RES: ULA-UPV

N°17: 2024

DOI: https://doi.org/10.53766/ECOSOS

PRÓLOGO

Mary Elena Owen de C.

Prólogo

LA REVISTA ECODISEÑO Y SOSTENIBILIDAD (RES) N° 17: 2024

The Ecodesign and Sustainability Magazine RES N° 17: 2024

MARY ELENA OWEN DE C.

Universidad de Los Andes. Facultad de Arquitectura y Diseño (FADULA). Prof. Titular, Jubilada, adscrita al Departamento de Tecnología para el Diseño Industrial- Escuela de Diseño Industrial. Coordinadora del Decanato de la FADULA (2008-2022). En la actualidad Coordinadora Académica y Extensión del Laboratorio de Sostenibilidad y Ecodiseño (ULA-UPV: CEFAP-LNPF-FADULA). Editora Jefe de la Revista Ecodiseño y Sostenibilidad (2022-2024). Mérida, Venezuela. E-mail: maryelenaowen@gmail.com. ORCID: https://orcid.org/0000-0002-1944-2904



En el contexto de la perseverancia y resiliencia comprometida con el claustro del saber universitario, el Comité Editorial y el equipo de editores responsables, logran consolidar la edición de la Revista Ecodiseño & Sostenibilidad N° 17: 2024. Son tiempos de continuar la larga brecha que nos separa de lo que se ha dejado un poco atrás; tiempos de buenaventura. Período en el cual se camina por la senda de la esperanza por un mundo mejor, motivo de fe y alabanza al ser Superior.

Ratificamos el agradecimiento institucional a los eméritos académicos, prestigiosos investigadores y colaboradores del ejercicio libre profesional nacional e internacional que han participado en la edición de este número. Valiosa contribución realizadas en diversos temas que han sido plasmadas en el *editorial,* las *reflexiones, los artículos y las notas técnicas*; siendo una vitrina abierta, dinámica y multidisciplinaria al pensamiento crítico y la difusión de experiencias diversas. A través de la plataforma Saber ULA, la Revista Ecodiseño & Sostenibilidad N° 17: 2024, se presenta con el siguiente contenido:

EDITORIAL.

Vicente Agustín Cloquell Ballester. Los instrumentos de gestión ambiental: clave para la preservación del entorno y el bienestar humano. Ante las lamentables acontecimientos desarrollados en el año 2024 en la ciudad de Valencia, España con la DANA, nuestro coeditor y emérito académico de la Universidad Politécnica de Valencia, diserta con sapiencia, solidaridad y espíritu en reflexión silente con su dolor que se disipa por las fuentes del río Turia al exponer en el contexto de la gestión ambiental que la misma no debe ser vista como una opción, sino como una necesidad impostergable para la supervivencia de nuestra especie y del planeta. Los instrumentos de gestión ambiental, cuando se aplican de manera efectiva y transversal, pueden prevenir desastres, mejorar la calidad de vida y garantizar un futuro más sostenible. La evidencia de su importancia es cada vez más innegable y, sin embargo, la acción sigue siendo insuficiente. Es momento de cambiar la percepción de la gestión ambiental como un obstáculo y comenzar a verla como una oportunidad para construir sociedades más resilientes, justas y prósperas. Cada decisión cuenta, y la suma de esfuerzos individuales, empresariales y gubernamentales determinará el rumbo a seguir en las próximas décadas. El bienestar humano y la estabilidad del planeta dependen de ello.

REFLEXIONES SOBRE SOSTENIBILIDAD Y DESARROLLO.

Este espacio editorial de la RES, es el más dinámica y libre en el pensamiento y opinión particular de cada autor, donde no existe restricción en el formato, diferenciándose de artículos o notas técnicas. Las desarrolladas para el presente número, se indican a continuación:

Reflexión 1. ***Luis Alfredo Galíndez Galdona****. Importancia del diseño pasivo para lograr la eficiencia energética y la sostenibilidad en edificaciones*; **Reflexión 2.** ***Sandra Arrán.*** *Cambiar el mundo*; **Reflexión 3.** ***Juan de Dios Salas Canevaro.*** *La toma de decisiones de diseño arquitectónico con criterios de sostenibilidad desde una óptica neurocientífica.* **Reflexión 4.** ***Omar Antonio Guerrero*** *¿El "Relámpago del Catatumbo" fenómeno meteorológico único en su tipo? Exponen*

DOI: https://doi.org/10.53766/ECOSOS **ISSN-1856-9552**
Sede Institucional: Laboratorio de Sostenibilidad y Ecodiseño ULA-UPV, Laboratorio Nacional de Productos Forestales.
Galpón Principal. Tercer Piso. Avenida Principal hacia Chorros de Milla. Conjunto Forestal. Mérida 5101, Venezuela.
Teléfonos: +58-412169540 / +58-4247370411. E-mail: revecodisostenibilidad@gmail.com revecodiseno@ula.ve
WEB: http://erevistas.saber.ula.ve/ecodiseno

ARTÍCULOS

Luis José Durán Santiago y Leonardo Bonomie Medina. El Diseño Industrial de elementos urbanos sustentables para el descanso, recreación y socialización en Mérida, Venezuela. Reportan el desarrollo del diseño de mobiliario urbano para el Sector La Milagrosa, Tramo desde el Pasaje Principal hasta el Pasaje Primero de Mayo, con el fin de mejorar la calidad de vida de sus habitantes. Se propone crear espacios de descanso y recreación que fomenten la socialización y ofrezcan protección ante las inclemencias del tiempo y la inseguridad. El proyecto busca integrar la naturaleza al entorno urbano mediante jardineras, cubiertas verdes y materiales sostenibles, además de incorporar puntos de carga solar. La propuesta se basa en el *Design Thinking* y el diseño participativo, es decir, se involucró a la comunidad en el proceso de diseño para garantizar que las soluciones sean acordes a sus necesidades reales. El resultado final fue un sistema modular, llamado EDÉN, que podrá adaptarse a cualquier espacio público de la ciudad, brindando así a los ciudadanos lugares dignos para descansar y recrearse.

Omar Antonio Guerrero, Anairamiz Aranguren, Leni Prado y Gerardo Pineda. Crisis Geoambiental Sostenible: caso Monumento Natural Laguna de Urao – Mérida, Venezuela. Exponen la importancia de Monumento Natural Laguna de Urao, el cual, actualmente, como *sistema lacustre, está disminuyendo su espejo de agua y batimetría de manera alarmante, debido a diferentes causas: disminución de la precipitación media anual, que se acentuó entre los años 2013 al 2015 con valores por debajo de 400 mm de media anual; construcción de un anillo urbanístico hacia la parte alta de la cuenca alimentadora de agua del Monumento con la consiguiente construcción de viviendas, vialidad y cloacas, que producen interrupción del flujo superficial y subsuperficial de las aguas de lluvia, las cuales deberían alimentar parcialmente al cuerpo de agua; el desvió de agua para la agricultura y la ganadería extensiva; la tala indiscriminada de las partes altas y medias de las microcuencas San Miguel y El Molino; así como los usos actuales del suelo no aptos para la preservación e higiene del mismo. Este conjunto de actividades resulta en fuerte desbalance hídrico. La disminución progresiva del espejo de agua de Laguna de Urao y de su espacio disponible para almacenamiento natural de agua que causa concentración de elementos fisicoquímicos modificantes de su pH y, por ende, la sostenibilidad del frágil ecosistema que controla su vitalidad.* Es un patrimonio natural que, de llegar a perderse, significará parte fundamental del gentilicio de la comunidad de Lagunillas y de su propia historia.

Luis Raúl Veliz Guillen y Ezio Mora Contreras**. **Distrito Cultural y Creativo "Manuel Mujica Millán", a través de la plataforma digital Arcgis Online y Story Maps. Indican sobre el impacto que ha tenido en la sociedad mundial el rápido desarrollo de nuevas tecnologías y de la información computarizada e informática, llegando *a transformar la gestión de la información geográfica y geomática, convirtiendo la georreferenciación y geolocalización en una necesidad fundamental. Esta tendencia afecta varios aspectos de nuestra vida cotidiana, como la navegación y la referencia territorial. Asimismo, la disponibilidad y accesibilidad de herramientas y aplicaciones modernas de Sistemas de Información Geográfica – SIG, está reemplazando a los programas tradicionales de cartografía.*

Luis Raúl Veliz Guillen y Edgar Hernández Becerra**. **Evaluación de la dinámica de erosión hídrica y pérdida del suelo utilizando técnicas de teledetección y SIG en el municipio Rangel del estado Mérida. Versa sobre la implementación de una metodología que permite *evaluar el riesgo de erosión hídrica y estimar las pérdidas de suelo, con los Sistemas de Información Geográfica-SIG, en las condiciones particulares de relieve, vegetación, hidrografía y climatología de Los Andes venezolanos. El mismo fue evaluado mediante técnicas de análisis espacial y algebra de mapas utilizando la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo-EUPS. Los factores considerados involucran la potencialidad erosiva de la lluvia y del escurrimiento superficial de las aguas, la susceptibilidad del suelo a la erosión, el efecto del grado y longitud de la pendiente del terreno, el uso y cobertura de los suelos y, finalmente, las prácticas de conservación. Los resultados obtenidos muestran relación con lo que se observó en el terreno, al coincidir las zonas ya erosionadas con aquellas que manifiestan un alto riesgo de erosión.*

Lucio Guzmán Mares, Ma. Soledad Castellanos Villarruel, María Elvia Edith Alanis Pérez y Carlos Vázquez Cid de León**. **Evaluación de la huella de carbono - calentamiento global del ladrillo rojo (típico en la zona Ciénega) y del ladrillo blanco para construcciones sustentables. A través de la prestigiosa Universidad de Guadalajara, estado de Jalisco, México, se tiene la participación del proyecto contextualizado en la oferta de ladrillos de arcilla cocida, los cuales son elaborados artesanalmente en el país. Su producción proviene de un *número estimado de alrededor de 17 000 ladrilleras distribuidas en casi todo el país bajo condiciones de informalidad en pequeñas unidades de producción, con tecnología rudimentaria y que ofrecen productos que difieren regionalmente en cuanto a dimensiones y características de apariencia y probablemente en sus propiedades mecánicas. El objetivo trazado fue evaluar y comparar los daños e impactos ambientales mediante el uso del software SimaPro© para conocer la huella de carbono del ladrillo rojo y ladrillo blanco. El desarrollo de la investigación fue en base a la información proporcionada*

DOI: https://doi.org/10.53766/ECOSOS **ISSN-1856-9552**
Sede Institucional: Laboratorio de Sostenibilidad y Ecodiseño ULA-UPV, Laboratorio Nacional de Productos Forestales.
Galpón Principal. Tercer Piso. Avenida Principal hacia Chorros de Milla. Conjunto Forestal. Mérida 5101, Venezuela.
Teléfonos: +58-412169540 / +58-4247370411. E-mail: revecodisostenibilidad@gmail.com revecodiseno@ula.ve
WEB: http://erevistas.saber.ula.ve/ecodiseno

por el empresario sobre la composición de los tipos de materiales para fabricar ladrillo, y sin considerar el proceso de horneado (quema del ladrillo), se procedió a ingresar los datos en el software especializado en la evaluación de impactos, SimaPro©. En los resultados obtenidos, se logró determinar la huella de carbono – calentamiento global de cada ladrillo y conocer cuál de ellos supone mayor afectación al medio ambiente. Como conclusiones se determinó que el ladrillo rojo tradicional, supone mayor daño e impacto ambiental con un 12.56%, respecto al ladrillo blanco; y de esta manera, se obtuvo el valor (huella de carbono) del calentamiento global – cambio climático de cada ladrillo.

NOTAS TÉCNICAS

Janne Rojas Vera. Los productos naturales, usos medicinales, cosméticos y su relación con el ecodiseño. Expone la autora que, *los productos naturales son sustancias derivadas de fuentes naturales como plantas, minerales y animales. Tienen una amplia gama de usos medicinales debido a sus propiedades curativas y beneficios para la salud. Muchas culturas han utilizado productos naturales para tratar diversas dolencias y mejorar la salud de forma holística. Pero el uso de los productos naturales se extiende más allá de la nutrición y la medicina, también se usan en la cosmética donde los productos naturales son cada vez más populares debido a su menor impacto ambiental y, a menudo, se prefieren sobre productos elaborados con sustancias sintéticas ya que pueden beneficiar la piel, el cabello y el cuerpo de manera más natural. Por otro lado, es tendencia actual referirse al ecodiseño, el cual busca minimizar el uso de recursos naturales no renovables y reducir la generación de residuos, promoviendo así la sostenibilidad y la protección del medio ambiente. La relación entre los productos naturales y el ecodiseño se basa en la idea de utilizar materias primas sostenibles y procesos de fabricación ecológicos para reducir el impacto ambiental de los productos. Al integrar productos naturales en el diseño de productos, se puede crear un ciclo más armonioso con la naturaleza y promover prácticas más respetuosas con el planeta.*

María Andreina Salas-Bourgoin; Omar Carrero Araque; Elides Sulbarán Zambrano; José R. Guevara Gonzáles y Leonardo Lugo Salinas. ***La investigación forestal en Venezuela, una revisión de hechos, instituciones y protagonistas relevantes.*** Los autores disertan de los primeros estudios realizados sobre los bosques naturales en Venezuela donde remontan que, a finales del siglo XIX y principios del XX, fueron realizados a partir de exploraciones botánicas y estudios sobre la distribución de especies. *Es a partir de la década de 1940 que se observa un impulso significativo en*

DOI: https://doi.org/10.53766/ECOSOS **ISSN-1856-9552**
Sede Institucional: Laboratorio de Sostenibilidad y Ecodiseño ULA-UPV, Laboratorio Nacional de Productos Forestales.
Galpón Principal. Tercer Piso. Avenida Principal hacia Chorros de Milla. Conjunto Forestal. Mérida 5101, Venezuela.
Teléfonos: +58-412169540 / +58-4247370411. E-mail: revecodisostenibilidad@gmail.com revecodiseno@ula.ve
WEB: http://erevistas.saber.ula.ve/ecodiseno

la investigación forestal, con la creación de instituciones como la Escuela de Capacitación Forestal y la Escuela de Ingeniería Forestal de la Universidad de Los Andes. Esta última, se ha caracterizado por su enfoque en la investigación básica y aplicada en ecología forestal y manejo silvícola. Sus estaciones experimentales y reservas forestales han sido fundamentales para el desarrollo de estudios a largo plazo y la generación de conocimiento sobre los bosques venezolanos. Otras universidades, como la Universidad Central de Venezuela, se han destacado en áreas como la botánica, la genética forestal y la evaluación de impactos ambientales. La Universidad de los Llanos Occidentales "Ezequiel Zamora", se ha enfocado en la investigación de los bosques tropicales y los sistemas agroforestales; por su parte la Universidad Nacional Experimental de Guayana, despunta con la creación de la carrera de Ingeniería en Industrias Forestales. En términos generales, la investigación forestal en Venezuela se ha caracterizado por su diversidad temática y su enfoque en la resolución de problemas locales. Sin embargo, existe una necesidad de fortalecer la colaboración entre las diferentes instituciones y de integrar los conocimientos generados en políticas públicas para la conservación y el manejo sostenible de los bosques.

Amarilis Burgos Franco**. **La Empresa Bambú Turismo Verde ESMERALDA SAS. Montenegro, Quindío, Colombia. La autora reporta su valiosa experiencia realizada en la empresa colombiana liderada por la Dra. Ximena Londoño y reconocida como *Bambú Turismo Verde Esmeralda SAS* ubicada en Colombia, departamento del Quindío, municipio Montenegro, vereda La Esmeralda, Finca El Bambusal. Esta empresa cuenta con una vasta experiencia en cultivo y aprovechamiento de bambúes nativos y exóticos. En referencia al bambú, es una gramínea y *una de las materias primas de origen vegetal más útiles y versátil que existen en el mundo. En Asía y en muchos otros países, juegan un papel muy importante en la vida y en la economía de las poblaciones rurales, ya que tiene infinidad de usos por lo que es llamada la planta de los mil usos. Sus aplicaciones pueden ser desde alimento humano, como comestible, hasta su uso en la construcción de casas, edificios o puentes. La empresa Bambú Turismo Verde Esmeralda tiene un emprendimiento agroturístico educativo alrededor del bambú denominado "El Paraíso del Bambú y la Guadua". Los turistas que lo visitan son guiados a través de 15 estaciones, donde se les enseña sobre los procesos sociales, beneficios eco-sistémicos de guadua/bambú. La empresa tiene un vivero para la producción de plantas de diferentes especies de bambúes. Acá se capacita a pasantes sobre los diversos métodos de reproducción y propagación, cuidados y requerimientos de cada especie. También la empresa produce brotes de bambúes, y se pueden consumir frescos, cocidos, en dulces, encurtidos, entre otros. Entre los diversos procesos de aprovechamiento del bambú se observó cosecha y postcosecha, producción de esterillas, elaboración de tableros con latas de bambú, preservado y secado del bambú.*

DOI: https://doi.org/10.53766/ECOSOS **ISSN-1856-9552**
Sede Institucional: Laboratorio de Sostenibilidad y Ecodiseño ULA-UPV, Laboratorio Nacional de Productos Forestales.
Galpón Principal. Tercer Piso. Avenida Principal hacia Chorros de Milla. Conjunto Forestal. Mérida 5101, Venezuela.
Teléfonos: +58-412169540 / +58-4247370411. E-mail: revecodisostenibilidad@gmail.com revecodiseno@ula.ve
WEB: http://erevistas.saber.ula.ve/ecodiseno

Como colofón, es oportuno expresar que, la edición de la *Revista Ecodiseño y Sostenibilidad N°17: 2024* se ha transformado en un espacio editorial de acceso abierto, prevaleciendo el espíritu ético y liberal, donde el pensamiento de lo virtuoso y ético en los seres humanos, el emprendimiento y la ecoinnovación, entre otros, son fundamentos del *Desarrollo Espiritual, Humano y Sostenible* que permanece vigente en su visión de cambio en procura de una sociedad mundial que se desenvuelva en los principios de la sostenibilidad en el siglo XXI.

DOI: https://doi.org/10.53766/ECOSOS **ISSN-1856-9552**
Sede Institucional: Laboratorio de Sostenibilidad y Ecodiseño ULA-UPV, Laboratorio Nacional de Productos Forestales.
Galpón Principal. Tercer Piso. Avenida Principal hacia Chorros de Milla. Conjunto Forestal. Mérida 5101, Venezuela.
Teléfonos: +58-412169540 / +58-4247370411. E-mail: revecodisostenibilidad@gmail.com revecodiseno@ula.ve
WEB: http://erevistas.saber.ula.ve/ecodiseno

ECODISEÑO & SOSTENIBILIDAD

RES: ULA-UPV

N°17: 2024

DOI: https://doi.org/10.53766/ECOSOS

REFLEXIONES

LUIS ALFREDO GALÍNDEZ GALDONA
SANDRA ARRÁN
JUAN DE DIOS SALAS CANEVARO
OMAR ANTONIO GUERRERO

ECODISEÑO & SOSTENIBILIDAD

RES: ULA-UPV
N°17: 2024

Reflexiones

Reflexión 1

IMPORTANCIA DEL DISE ÑO PASIVO PARA LOGRAR LA EFICIENCIA ENERGÉTICA Y LA SOSTENIBILIDAD EN EDIFICACIONES

The importance of passive design to achieve energy efficiency and sustainability in buildings



LUIS ALFREDO GALÍNDEZ GALDONA

Arquitecto graduado en la Universidad Central de Venezuela. Investigador y Profesor Asistente en la Facultad de Arquitectura y Diseño de la Universidad de Los Andes, con diversos estudios de cursos en Arquitectura y Construcción. E-mail: galindez.galdona@gmail.com ORCID: https://orcid.org/0009-0007-4331-8931

El sector de la construcción representa uno de los sectores económicos con mayores implicancias en la consecución del Desarrollo Sostenible, específicamente por medio de la *eficiencia energética* en las edificaciones. Esta afirmación destaca el valor preponderante del diseño basado en estrategias pasivas, consideraciones sobre la envolvente térmica y a la integración de diversos subsistemas en la optimización del aprovechamiento de la energía, así como la mitigación del calor en procura del confort térmico y ambiental de los espacios habitables en el trópico, aspectos que son considerados como metas relevantes para lograr edificaciones de Energía Neta Cero y de Carbono Neto Cero.

De ahí que, el carácter multifactorial y diverso del sector de la construcción, le confiere a la industria una gran amplitud de aspectos desde los cuales se debe abordar la sostenibilidad, permitiendo realizar consideraciones en los distintos procesos que en ésta interviene, desde la propia extracción de las materias primas, la elaboración de materiales de diversos orígenes, sean primarios o secundarios, la elaboración de componentes, procesos de ejecución de obras, el

comportamiento de la edificación durante su vida útil, los recursos necesarios para su aprovechamiento y uso adecuado, hasta la deconstrucción para la incorporación de partes de alto valor agregado, tanto para el mismo sector, como para otros procesos industriales de carácter económicamente circular.

Uno de los aspectos a los que se les presta mayor atención en el logro de la sostenibilidad es el referente a la carga energética de los procesos y del uso operacional. A éste se refiere uno de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), el Nº 7 *Energía asequible y no contaminante*, que por razones obvias presenta importantes fuerzas de conexión con otros objetivos con los que interactúa de manera sinérgica, como lo son: Nº 1 *Fin de la pobreza*; Nº 2 *Hambre cero*; Nº 3 *Salud y bienestar*; Nº 6 *Agua limpia y saneamiento*; Nº 8 *Trabajo decente y crecimiento económico*; Nº 9 *Industria, innovación e infraestructura*; Nº 10 *Reducción de las desigualdades*; Nº 11 *Ciudades y comunidades sostenibles*; Nº 12 *Producción y consumo responsable*; sin restar valor a los demás objetivos, aunque presentan una fuerza de conexión un poco más débil.

En tal sentido, se le da gran relevancia a la energía desde su generación primaria, su transformación y consumo final, sobre todo por las implicaciones antropogénicas en el cambio climático dadas las devastadoras consecuencias que han ocasionado las emisiones de gases equivalentes de Dióxido de Carbono (eCO2) por el uso de la energía de origen fósil, una de las principales causas del calentamiento global por su injerencia en el efecto invernadero.

En la figura 1, tomada de Beyond Foundations (2024), se puede observar cómo en el año 2022 el sector de la construcción presenta una demanda energética global del 34%, de los cuales el 30% ha sido usado para cubrir necesidades operativas, principalmente para calefacción y refrigeración; aunque han disminuido los requerimientos energéticos para calefacción en un 7% (AIE 2023 a), gracias a los mejores códigos de construcción sobre tratamientos de las envolventes de edifico existentes y nuevos.

Hay que destacar lo que expresa la Agencia Internacional de Energía (AIE, 2023 b) expresa que el consumo de energía para la refrigeración de espacios se ha

triplicado desde 1990, provocando una mayor presión sobre las redes eléctricas, mayores emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) y una exacerbación de las islas de calor urbanas.

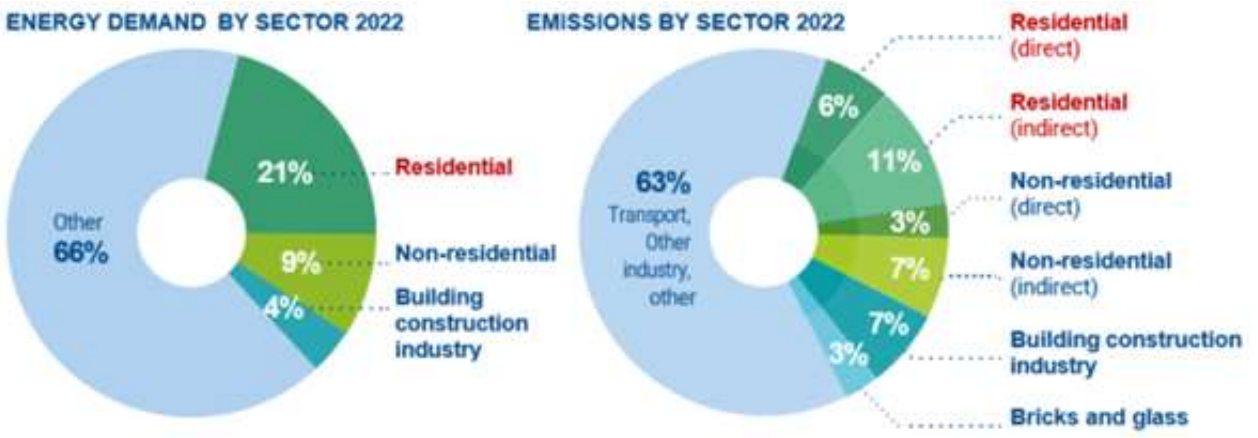


FIGURA 1. Participación de los edificios en el consumo total de energía final en 2022 (izquierda) y participación de los edificios en la energía global y emisiones de procesos en 2022 (derecha). Fuente: Beyond Foundations (2024).

El mismo informe expresa que, aunque se ha dado un incremento promedio de la demanda energética en edificaciones de aproximadamente 1% anual entre el año 2010 y el año 2022, se presentó una mejora en intensidad energética por metro cuadrado del 3,5% entre el 2021 y 2022 gracias al mejoramiento de los códigos de construcción y al rendimiento de los tejidos (envolvente de las edificaciones) especialmente en países de climas fríos en su mayoría desarrollados. Muy por el contrario, hubo un desmejoramiento en países con climas cálidos donde adolecen de apoyo gubernamental para la gestión e implementación de códigos de construcción adaptados a sus distintas zonas climáticas; algo contradictorio por la alta demanda energética para refrigeración de espacios habitables, aunado al hecho de que irá en aumento a medida que se incremente la temperatura

DOI: https://doi.org/10.53766/ECOSOS ISSN-1856-9552
Sede Institucional: Laboratorio de Sostenibilidad y Ecodiseño ULA-UPV, Laboratorio Nacional de Productos Forestales.
Galpón Principal. Tercer Piso. Avenida Principal hacia Chorros de Milla. Conjunto Forestal. Mérida 5101, Venezuela.
Teléfonos: +58-4121269540 / +58-4247370411. E-mail: revecodisostenibilidad@gmail.com revecodiseno@ula.ve
WEB: http://erevistas.saber.ula.ve/ecodiseno

ambiente y sus consecuencias en el sobrecalentamiento espacial de las edificaciones, lo que además acarreará, primero un aumento en la demanda energética para fines de refrigeración. En segundo lugar, mayor estrés térmico con graves afectaciones a la salud de los pobladores, sobre todo aquellos con menores capacidades económicas para solventar la climatización de sus espacios habitables con equipos de acondicionamiento.

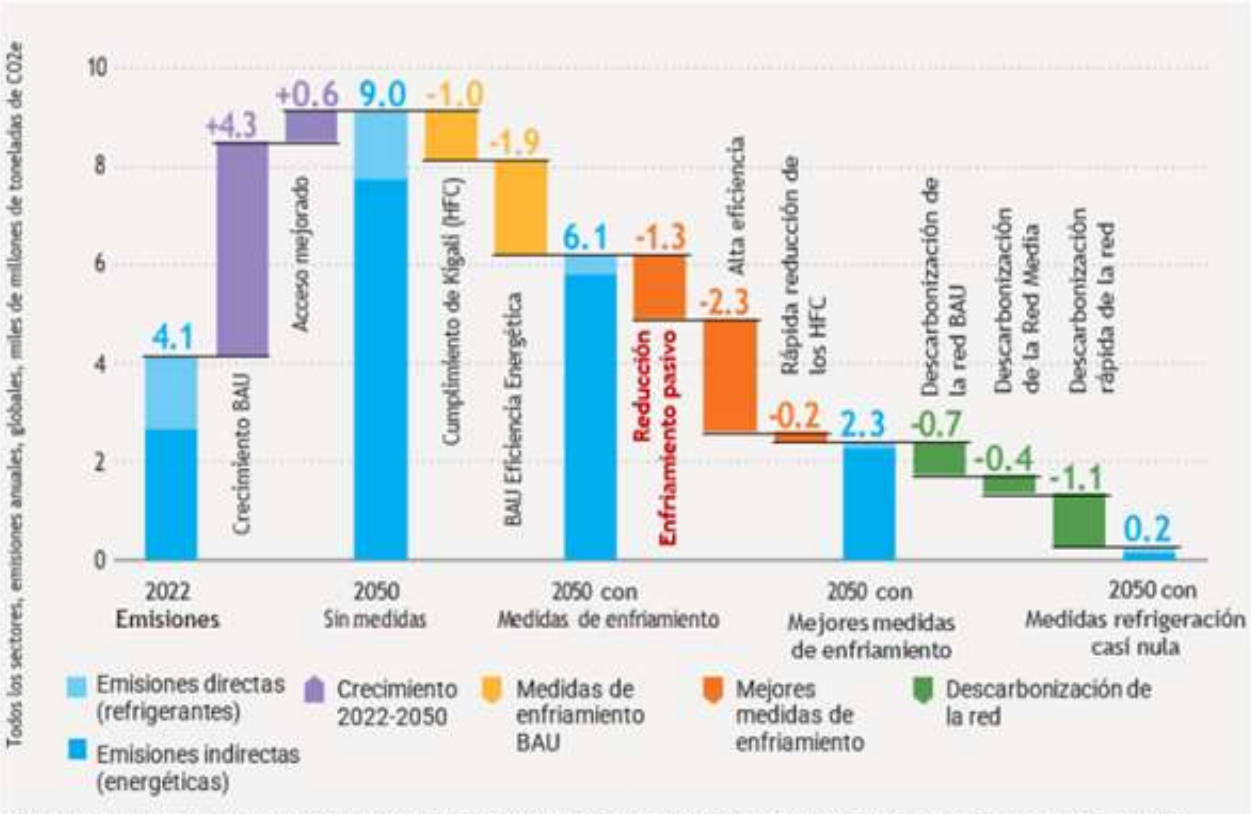
Sumado a lo anterior, debemos agregar que en el último informe de la COP28 (2023), los expertos estiman que se ha alcanzado un incremento de la temperatura promedio global de 1,1°C por encima de la media registrada en la era preindustrial, con una expectativa al alza de hasta 1,5°C a suceder entre el 2030 y el 2050 según los modelos predictivos, lo que elevará las temperaturas locales y la disconfortabilidad de los espacios para los usuarios. Por otra parte, las proyecciones sobre el aumento de la población mundial estiman que será alrededor de 1 500 millones de habitantes en los próximos 30 años con una alta concentración en las ciudades y produciéndose mayormente en los países más cálidos y poco desarrollados, ejerciendo una mayor demanda energética sobre todo para la generación de confortabilidad térmica por medio de la refrigeración estacional. En este sentido, la AIE (2023 b), prevé que serán cuatro los factores que interferirán en la demanda energética para refrigeración en los próximos 30 años: a) El cambio climático, b) El crecimiento de la población, c) El crecimiento de los ingresos (clase media), d) La urbanización de las ciudades.

Ante estos escenarios, la Cool Coalition del PNUMA (2025), plantea que se requiere hacer grandes esfuerzos para lograr una refrigeración sostenible basada en un cambio integral y sistémico, donde las partes involucradas asuman minimizar la demanda energética y las emisiones de CO_2 derivadas de esta al mismo tiempo que se garantice el aumento del acceso a la refrigeración para las personas más vulnerables y de escasos recursos económicos. Este mismo informe presenta datos modelados mundiales de reducciones de carga energética y de emisiones generadas por enfriamiento tanto directas como indirectas en todos los sectores, incluida la refrigeración de espacios, la cadena de frío y la refrigeración

DOI: https://doi.org/10.53766/ECOSOS ISSN-1856-9552
Sede Institucional: Laboratorio de Sostenibilidad y Ecodiseño ULA-UPV, Laboratorio Nacional de Productos Forestales.
Galpón Principal. Tercer Piso. Avenida Principal hacia Chorros de Milla. Conjunto Forestal. Mérida 5101, Venezuela.
Teléfonos: +58-4121269540 / +58-4247370411. E-mail: revecodisostenibilidad@gmail.com revecodiseno@ula.ve
WEB: http://erevistas.saber.ula.ve/ecodiseno

de alimentos, y el transporte refrigerado, al tiempo que considera las necesidades de acceso a la refrigeración y evalúa los beneficios de un enfoque integral y un

camino hacia emisiones cercanas a cero como consecuencia de disminuir la demanda de carga energética. La figura 2 muestra las distintas disminuciones estimadas destacando la Reducción por Enfriamiento Pasivo de las Edificaciones en el orden de 1,3 mil millones de toneladas de eCO_2.



Nota: Las barras azules muestran las emisiones en 2022 y 2050. Las barras moradas indican crecimiento. Las barras amarillas indican reducciones de emisiones de la medida de enfriamiento BAU. Las barras naranjas indican reducciones de emisiones de la Mejor Medida de Enfriamiento. Las barras verdes indican la reducción de emisiones debido a la descarbonización de la red eléctrica.

FIGURA 2. Camino global y pasos clave para lograr emisiones de GEI casi nulas provenientes del enfriamiento, 2022-2050. Fuente: UNEP-UN (2023).

En la figura 3 se presentan valores estimados de reducciones de carga en el orden del 24% siguiendo las estrategias antes mencionadas, destacándose las reducciones logradas por refrigeración de espacios residenciales y no residenciales.

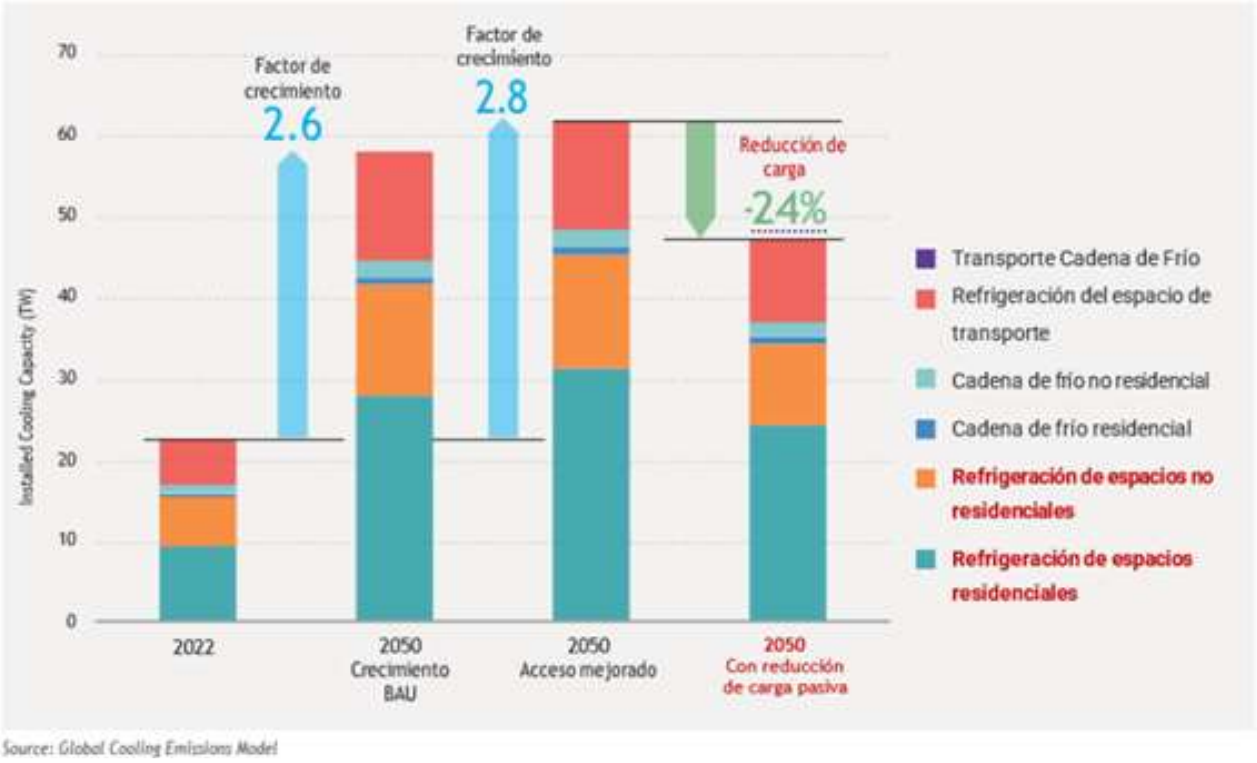


FIGURA 3. Capacidad de refrigeración global en el 2022 y según tres escenarios de crecimiento hasta 2050. Fuente: UNEP-UN (2023).

En el escenario que muestra la figura 3, el stock de equipos de refrigeración aumenta su capacidad en un factor de 2.6, pasando de 22 TW en 2022 a 58 TW en 2050. Esto equivale a 16 mil millones de unidades de aire acondicionado tipo minisplit, suponiendo una capacidad típica de 3.5 kilovatios (kW). En este sentido,

DOI: https://doi.org/10.53766/ECOSOS ISSN-1856-9552
Sede Institucional: Laboratorio de Sostenibilidad y Ecodiseño ULA-UPV, Laboratorio Nacional de Productos Forestales.
Galpón Principal. Tercer Piso. Avenida Principal hacia Chorros de Milla. Conjunto Forestal. Mérida 5101, Venezuela.
Teléfonos: +58-4121269540 / +58-4247370411. E-mail: revecodisostenibilidad@gmail.com revecodiseno@ula.ve
WEB: http://erevistas.saber.ula.ve/ecodiseno

una significativa reducción de la carga energética, y más específicamente la vinculada a la refrigeración de los espacios en regiones cálidas requiere mejores prácticas constructivas y de selección de materiales para la envolvente térmica y espacios interiores, diseños pasivos mejor adaptados a las condiciones climáticas del entorno, y soluciones que consideren la incorporación de naturaleza y basadas en la naturaleza, las cuales aprovechan las funciones ecosistémicas para regular el microclima local, mejorar la calidad lumínica, del aire y del agua. Una propuesta que resulta interesante es el llamado *diseño biofílico* que entre otros aspectos incorpora humedales purificadores de agua y para intercambio térmico con el aire, y superficies vegetales sensibles al agua de lluvia para su purificación y aprovechamiento, permitiendo el desarrollo de biodiversidad, que todas juntas mejoran la percepción psicológica de los espacios, la productividad, el aprendizaje y minimizan el efecto de isla de calor de las ciudades.

Aunado a todo lo anterior, en el informe *Manteniéndolo frío* de la UNEP-UN (2023) (Figura 4), se expresa que "las medidas pasivas podrían reducir las cargas de refrigeración en un 24%, con ahorros en costos de inversión, costos de energía y emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI)". Así mismo, propone 8 pasos para la reducción de requerimientos energéticos para refrigeración, en los cuales se destacan en primer lugar cuatro categorías pasivas fundamentales de adaptación relacionadas con la envolvente térmica y sus ganancias radiactivas:

1. **Protección solar**. Bloquear la radiación solar, utilizar aplicaciones de microclima y aplicar medidas de control solar como sombra en acristalamiento y aperturas.
2. **Modulación del calor**. Utilizar materiales de construcción para capturar o desplazar las altas temperaturas hacia donde será requerido, o disipado.
3. **Disipación de calor**. Extraer calor de los edificios y eliminarlo en disipadores de calor con materiales y componentes en la envolvente, así como el aire, el agua o el cielo nocturno.

DOI: https://doi.org/10.53766/ECOSOS ISSN-1856-9552
Sede Institucional: Laboratorio de Sostenibilidad y Ecodiseño ULA-UPV, Laboratorio Nacional de Productos Forestales.
Galpón Principal. Tercer Piso. Avenida Principal hacia Chorros de Milla. Conjunto Forestal. Mérida 5101, Venezuela.
Teléfonos: +58-4121269540 / +58-4247370411. E-mail: revecodisostenibilidad@gmail.com revecodiseno@ula.ve
WEB: http://erevistas.saber.ula.ve/ecodiseno

4. **Prevención de calor**. Colocar aislamientos o retardadores térmicos en la envolvente y disminuir la generación y ganancias de calor internas.

Las actuaciones en la construcción de edificaciones y espacios urbanos, requieren de un trabajo transdisciplinario, en el que participen profesionales de distinta índole como arquitectos, ingenieros, promotores, constructores, paisajistas, ecologistas, y otras partes involucradas, con una elevada conciencia sobre la situación que atraviesa el planeta; y como por medio de distintas actuaciones a nuestro alcance con las cuales podemos contribuir con la sostenibilidad haciendo más eficientes las edificaciones y disminuyendo las emisiones de GEI.

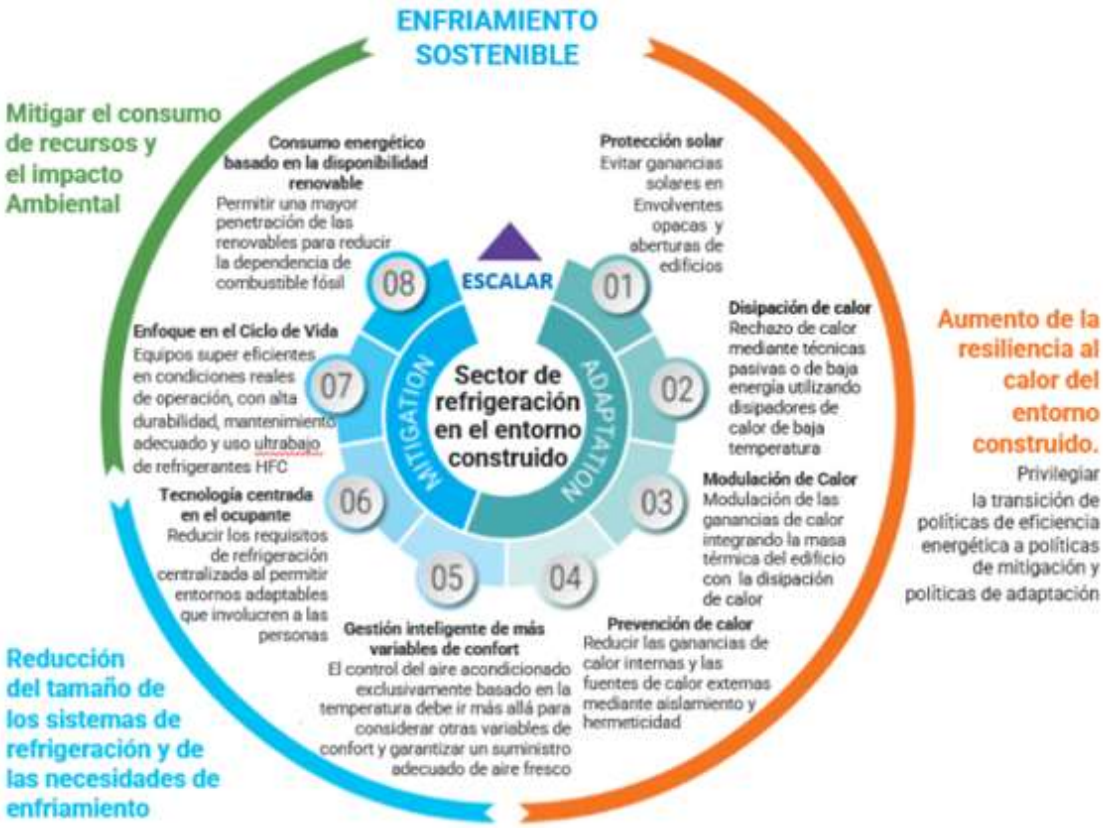


FIGURA 4. Pasos de acción recomendados para abordar las barreras al enfriamiento espacial sostenible. Fuente: UNEP-UN (2023).

DOI: https://doi.org/10.53766/ECOSOS ISSN-1856-9552
Sede Institucional: Laboratorio de Sostenibilidad y Ecodiseño ULA-UPV, Laboratorio Nacional de Productos Forestales. Galpón Principal. Tercer Piso. Avenida Principal hacia Chorros de Milla. Conjunto Forestal. Mérida 5101, Venezuela.
Teléfonos: +58-4121269540 / +58-4247370411. E-mail: revecodisostenibilidad@gmail.com revecodiseno@ula.ve
WEB: http://erevistas.saber.ula.ve/ecodiseno

Entre las medidas a asumir en las edificaciones energéticamente eficiente y sostenibles se contemplan:

Históricamente, la ventilación ha sido la tecnología de enfriamiento pasivo dominante, pero están evolucionando rápidamente nuevas innovaciones en medidas radiativas de materiales (como paneles radiantes) y técnicas de control solar.

Se debe tener muy presente la orientación optima de acuerdo a un conocimiento preciso de la geometría solar y a las direcciones predominantes de los vientos; manejo adecuado de la compacidad y el factor de forma de la edificación para minimizar las ganancias térmicas y disminuir los requerimientos de volúmenes de aire a acondicionar; consideraciones de espacialidad y funcionalidad; envolventes optimizadas y diseño de fachadas; soluciones basadas en la naturaleza (como agregar vegetación y técnicas a base de agua); el uso de materiales frescos en superficies del suelo circundante y envolventes de edificios; considerar el factor de sombra sobre toda la envolvente opaca y transparente; generar sombra artificial a través de marquesinas, volados, parasoles, pérgolas, toldos y otros.

Aquí cabe mencionar que algunas metodologías de deseño en la arquitectura y urbanismo a nivel mundial inician con un estudio y evaluación de las manifestaciones arquitectónicas vernáculas y tradicionales con la intención de tomar referencias técnico constructivas que han sido desarrolladas por las poblaciones locales o regionales de manera empírica a lo largo de su historia, para así reinterpretarlas y aplicarlas bajo nuevos procedimientos. Esto gracias a su alto valor por las experiencias basadas en las buenas prácticas acumuladas generación tras generación, con alto valor en sus propuestas y soluciones a las condiciones climáticas locales.

Asumir el compromiso de la eficiencia energética en Venezuela desde el aspecto de confortabilidad térmica de las edificaciones es un requerimiento urgente, ya que es un país intertropical con alta predominancia de zonas climáticas cálidas secas, cálidas semi húmedas y cálidas húmedas, con alrededor del 83% de su territorio con una altimetría por debajo de los 1 000 m s.n.m., siendo la altitud

media de 218 m s. n. m. entre los 0 m s. n. m. en la costa caribeña y 4.978,4 ± 0,4 m s. n. m. en el Pico Bolívar, con temperaturas anuales promedio en las zonas cálidas predominantes entre los 26°C y 28°C, y con una amplitud térmica ascendente de alrededor de 4°C. En estos territorios se alcanzan a registrar temperaturas medias máximas alrededor de 32°C con picos máximo de hasta 38°C, es evidentemente un país en donde la mayoría de sus zonas climáticas se encuentran fuera del rango de confort durante al menos 5 horas diarias llegando a alcanzar hasta 9 horas diarias según la altimetría, estación del año, la pluviometría y humedad relativa, la frecuencia y velocidad de los vientos, y que es evidentemente similar en el interior de las edificaciones donde se acumulan altas temperaturas dado por las características constructivas de edificaciones sin previsiones de amortiguamiento y control térmico, debido a la falta de códigos de construcción que regulen el tratamiento de las envolventes para evitar las ganancias térmicas por radiación, y ocasionando un elevado estrés térmico.

En tal sentido, y siendo Venezuela un país carente de reglamentación y normativa constructiva sobre parámetros de confortabilidad de acuerdo a sus zonas climáticas y a los materiales a ser utilizados en las construcciones para garantizar un adecuado comportamiento de la envolvente térmica en función a la confortabilidad deseada, el nulo uso de materiales aislantes o de suficiente retardo térmico y el escaso manejo de estrategias bioclimáticas y de diseños basados en la naturaleza, ha hecho imprescindible para la mayoría de las poblaciones del país, el uso de equipos de climatización mecánicos con la finalidad de alcanzar los niveles mínimos de confortabilidad durante las horas más calurosas del día y durante todos los días del año, lo que ocasiona enormes consumos energéticos con elevadas emisiones de GEI.

Según López (2019), Venezuela cuenta con una capacidad instalada de generación eléctrica de 36 561 Megavatios (MV) de los cuales solo 13 799 MV se encuentran disponibles dado el deterioro de la infraestructura, siendo esta generación discriminada de la siguiente manera: Térmica instalada 19 500 y disponible 4 290 MV (Vapor, Ciclo combinado, Motogenerador, Turbogas, Distribuida); Hidroeléctrica instalada 16 905 MV y disponibles 9 500 MV; otras instaladas 96

DOI: https://doi.org/10.53766/ECOSOS ISSN-1856-9552
Sede Institucional: Laboratorio de Sostenibilidad y Ecodiseño ULA-UPV, Laboratorio Nacional de Productos Forestales.
Galpón Principal. Tercer Piso. Avenida Principal hacia Chorros de Milla. Conjunto Forestal. Mérida 5101, Venezuela.
Teléfonos: +58-4121269540 / +58-4247370411. E-mail: revecodisostenibilidad@gmail.com revecodiseno@ula.ve
WEB: http://erevistas.saber.ula.ve/ecodiseno

MV y disponibles 9 MV. De esta se consumió en 2019: 55% en el sector residencial, 22% en el sector industrial, 8% en el sector comercial, 12% en el sector oficial, 3% en otros sectores. Cabe destacar que solo en el sector de oficinas el 46% del consumo energético se atribuye a acondicionamiento climático para refrigeración (CAVEINEL, 2000), y aunque no se tienen datos precisos por falta de mapeos específicos, el porcentaje de consumo energético para refrigeración es mucho más elevado en el sector residencial.

Ante tales condiciones, en Venezuela se requiere de un gran esfuerzo para sensibilizar a los administradores gubernamentales, a profesionales y promotores del sector de la construcción, y a la población en general, sobre la necesidad de abordar la construcción de las edificaciones con conciencia sostenible de alta eficiencia energética incluso con la aplicación de conceptos como el de edificios de Energía Neto Cero. Esta presenta parámetros para su abordaje desde los conceptos pasivos con la aplicación de una arquitectura optima con visión integral, sistémica y sinérgica, que sea adecuada, inteligente e integradora de aspectos como la bioclimática, el diseño biofílico o basado en la naturaleza, la arquitectura de fachadas y materiales para minimizar las ganancias en la envolvente térmica, el uso de tecnología informática de registro, seguimiento y control de los consumos energéticos, hasta la aplicación de modelos de simulación con inteligencia artificial para proponer edificaciones con los mejores desempeños energéticamente eficientes posibles para cada contexto.

En este sentido, cobra importante relevancia en Venezuela, acometer proyectos de investigación en el uso de materiales y componentes constructivos, como por ejemplo: materiales energéticamente eficientes y sostenibles que garanticen un adecuado retardo térmico y la disipación del calor acumulado por medio de enfriamientos convectivos diurnos y nocturnos, la aplicación de dobles fachadas ventiladas, y el uso de materiales aislantes incorporados en materiales y componentes usados en la envolvente térmica, diseño de protecciones solares, y el uso de la mejor tecnología disponible para alcanzar altos estándares de sostenibilidad y circularidad para lograr llevar al sector de la construcción a

DOI: https://doi.org/10.53766/ECOSOS ISSN-1856-9552
Sede Institucional: Laboratorio de Sostenibilidad y Ecodiseño ULA-UPV, Laboratorio Nacional de Productos Forestales.
Galpón Principal. Tercer Piso. Avenida Principal hacia Chorros de Milla. Conjunto Forestal. Mérida 5101, Venezuela.
Teléfonos: +58-4121269540 / +58-4247370411. E-mail: revecodisostenibilidad@gmail.com revecodiseno@ula.ve
WEB: http://erevistas.saber.ula.ve/ecodiseno

estándares de alta eficiencia energética y de emisiones de carbono cercanas a cero o neto cero.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AIE. (2023a). Space cooling. Agencia Internacional de Energía (AIE). https://www.iea.org/energy-system/buildings/space-cooling

AIE. (2023b). Building envelopes tracking. Agencia Internacional de Energía (AIE). https://www.iea.org/energy-system/buildings/space-cooling

Beyond Foundations. (2024). Mainstreaming sustainable solutions to cut emissions from the buildings sector. Global Status Report for Buildings and Construction. UN Environment Programme, Global Alliance for Buildings and Construction. Job number: CLI/2621/NA.

CAVEINEL. (2000). Estadísticas del sector eléctrico venezolano. Cámara Venezolana de la Industria Eléctrica (CAVEINEL). https://www.ariae.org/servicio-documental/estadisticas-del-sector-electrico-venezolano

COP28. (2023). Informe Final. CEOE. Industria, Energía, Medio Ambiente y Clima. https://www.ceoe.es/es/publicaciones/sostenibilidad/cop28-informe-final-resultados-y-conclusiones

López, Johnny G. (2019). Solo 38,2% de la capacidad de generación eléctrica en Venezuela está funcionando. Editorial La República. https://www.larepublica.co/globoeconomia/solo-38-2-de-la-capacidad-de-generacion-electrica-en-venezuela-esta-funcionando-2838297

PNUMA. (2025). Cool Coalition. https://www-unep-org.translate.goog/topics/cities/cooling-and-heating-cities/cool-coalition?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=es&_x_tr_hl=es&_x_tr_pto=sge#:~:text=The%20Cool%20Coalition%20aims%20to,to%20the%20Global%20Cooling%20Pledge

UNEP-UN. (2023). Keeping it chill. How to meet cooling demand, while cutting emissions UN Environment Programme, Global Cooling Watch. https://www.unep.org/news-and-stories/speech/keeping-it-chill-how-meet-cooling-demands-while-cutting-emissions

ECODISEÑO & SOSTENIBILIDAD

RES: ULA-UPV

N°17: 2024

DOI: https://doi.org/10.53766/ECOSOS

REFLEXIONES

LUIS ALFREDO GALÍNDEZ GALDONA

SANDRA ARRÁN

JUAN DE DIOS SALAS CANEVARO

OMAR ANTONIO GUERRERO

ECODISEÑO & SOSTENIBILIDAD

RES: ULA-UPV
N°17: 2024

Reflexiones

Reflexión 2



CAMBIAR EL MUNDO

Change the World

SANDRA ARRÁN

Licenciada en Enfermería por la Universidad de Los Andes. Docencia en Educación Superior Instituto Pedagógico de Barquisimeto, estado Lara; Salud escolar por la UNESCO; Salud Opcional por el CEUJAP. Artista plástica con desempeño en la pintura y escultura. E-mail: arransandra@gmail.com

Cambiar el mundo con una idea. Cambiarnos a nosotros mismos con la expresión de nuestro ser a través de nuestras manos plasmando ideas, propósitos, encuentros que influyan en otros a través del color, de la figura, de la abstracción, de las líneas, de los puntos, del vacío, de la intención…

... A veces podemos creer que una obra es simplemente decorativa, pero es casi seguro que lo que hay plasmado en ella es un proceso interno del artista que quiere compartir con el espectador. Una obra va más allá de todo concepto, de toda interpretación. Es una conexión con los planos invisibles de una consciencia que traspasa lo físico para ser emoción, energía pensamiento y vibración. Además del color utilizado que ya es vibración, la idea (pensamiento) que ya es vibración y la acción de ejecutar, la que ya es vibración.

Personalmente al encontrarme con un lienzo en blanco, es tener frente a mí, una ventana cerrada que se abre cuando comienzo con las primeras salpicaduras, esas gotas que inauguran el universo de posibilidades que se abre para dejar mi mensaje de amor a una sociedad que se busca a su misma fuerza de sí misma. El arte en sí, es una meditación con una intención que abre una línea de tiempo para expresarse y dejar que otros disfruten y se conecten de lo plasmado allí. Una forma de confluir con el espectador en una dimensión onírica. Principalmente me he conectado con un pensamiento cuántico que en resumen dice: una partícula en este plano físico tiene otra partícula inteligente en otro plano energético dimensional capaz de comunicarse (Teoría del agujero gusano). Yo la adopte para mí proyecto artístico y cada obra que creo en sí misma es capaz de comunicarse con el entorno, y de ser una detonante vibración al que contribuye a modificar el ambiente donde se encuentre y a las personas que lo observen (Figuras 1 y 2).



FIGURA 1. Pintura titulada "El Pez" realizada en acrílico sobre madera. Artista Sandra Arrán, año 2024.

Por tal razón, pienso que el arte en la ciudad tiene un papel relevante. No solo para convertir los espacios públicos en lugares atractivos visualmente, sino una forma de influenciar el comportamiento social. Es un compromiso del artista cuya intención de su trabajo es hacerse más consciente del poder que puede ejercer en los ambientes públicos y privados a través del impacto al subconsciente, no solo

con la psicología del color, sino con la intención y así contribuir a la transformación vibracional de individuos y comunidades que conviven con dichas obras.

Del proceso creativo de un artista surgen casi siempre obras que tienen la intensión de comunicar, bien de forma consciente o inconsciente. Sin embargo, el espectador tiene su propia apreciación y conexión con la obra observada, lo que para mí le da una connotación de universal al arte.

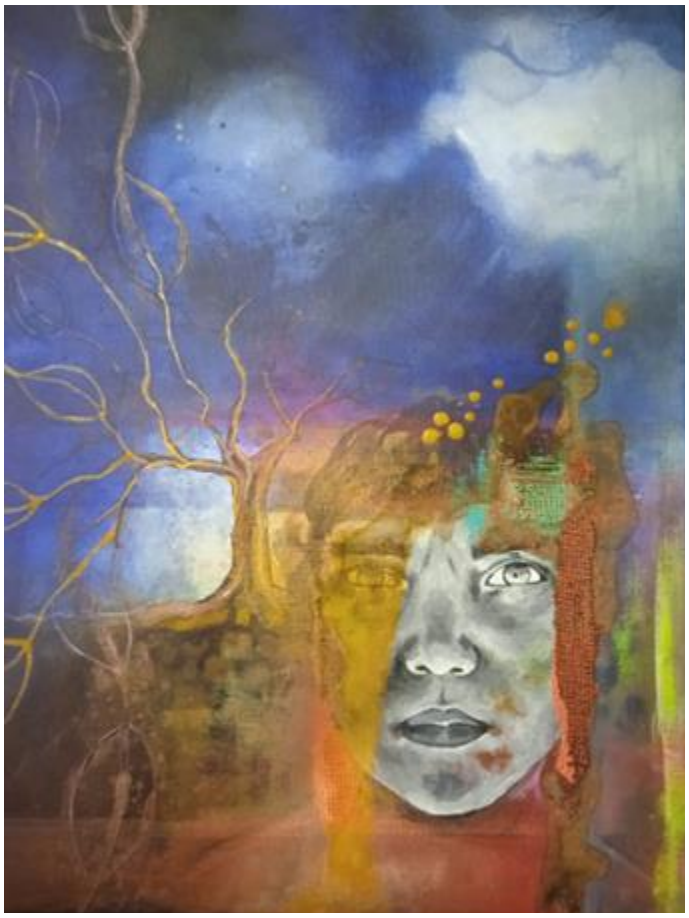


FIGURA 2. Pintura titulada "Vivir sin miedo" realizada en acrílico sobre madera. Artista Sandra Arrán, año 2024.

Como lo expresa el artista Sergio Valenzuela (Valenz): *para ser creativos, necesitamos entender nuestra mente y una de las cosas que hay que hacer, es dejar de aprender.* A mi forma de entender, es estar más presente en la observación y abrirse a la reinterpretación de lo observado para ampliar la visión.

Todo esto nos puede llevar a un entendimiento importante, que ubicarnos en el aquí y en el ahora. En el momento presente, influencia de forma positiva los procesos de ansiedad y miedo, lo cual contribuye a qué un individuo y su colectivo viva sus procesos de estrés de forma contribuyente y así evitar el malestar y, más allá, la enfermedad porque su sistema inmunológico no se debilita.

Finalmente, en mi experiencia, observar arte, me ha condicionado a cada vez más agudizar mis sentidos para experimentar de forma más placentera estar en espacios hechos para el arte. Es razón por la cual me lleva a pensar que es de importancia crear conexiones con instituciones escolares para alimentar en las poblaciones que se están formando, el interés por las obras y los procesos creativos de los artistas locales; más allá de lo que pueda ofrecer un pensum.

Es nutrir a nuestros niños y jóvenes con la necesidad de ser creativos y de disfrutar de espacios de arte y de la expresión artística de otros. Es activar el cerebro creativo.

DOI: https://doi.org/10.53766/ECOSOS ISSN-1856-9552
Sede Institucional: Laboratorio de Sostenibilidad y Ecodiseño ULA-UPV, Laboratorio Nacional de Productos Forestales.
Galpón Principal. Tercer Piso. Avenida Principal hacia Chorros de Milla. Conjunto Forestal. Mérida 5101, Venezuela.
Teléfonos: +58-4121269540 / +58-4247370411. E-mail: revecodisostenibilidad@gmail.com revecodiseno@ula.ve
WEB: http://erevistas.saber.ula.ve/ecodiseno

ECODISEÑO & SOSTENIBILIDAD

RES: ULA-UPV

N°17: 2024

DOI: https://doi.org/10.53766/ECOSOS

REFLEXIONES

LUIS ALFREDO GALÍNDEZ GALDONA

SANDRA ARRÁN

JUAN DE DIOS SALAS CANEVARO

OMAR ANTONIO GUERRERO

ECODISEÑO & SOSTENIBILIDAD

RES: ULA-UPV
N°17: 2024

Reflexiones

Reflexión 3

CAMBIAR EL MUNDO LA TOMA DE DECISIONES DE DISEÑO ARQUITECTÓNICO CON CRITERIOS DE SOSTENIBILIDAD DESDE UNA ÓPTICA NEUROCIENTÍFICA

Architectural design decision-making with sustainability criteria from a neuroscientific perspective



JUAN DE DIOS SALAS CANAVARO

Arquitecto graduado en la Universidad Ricardo Palma de Lima, Perú; Master in Regional Planning en Syracuse University; Egresado de la Maestría en arquitectura con mención en gestión empresarial de la Universidad Ricardo Palma. Profesor jubilado de la Universidad de Los Andes de Mérida, Venezuela, Profesor principal de la Universidad Ricardo Palma. Autor de artículos y libros de la especialidad. E-mail: jdsalasc@gmail.com y juan.salas@urp.edu.pe, ORCID: https://orcid.org/0000-0002-9658-0737

El reto de este ensayo es conciliar el paradigma del inicio creativo en el diseño arquitectónico y urbano, con los hallazgos de la neurociencia relativos al funcionamiento cerebral. En ese rumbo, sugerir la revalorización del concepto de intencionalidad en la búsqueda de la sostenibilidad ambiental, como producto de un pensamiento no estrictamente racional. Es notable como en los últimos decenios se ha consolidado la dimensión ambiental en el pensamiento proyectual de la arquitectura y la ciudad.

De manera creciente, los proyectistas perciben como el ahorro energético; el empleo de fuentes de energía renovables; el impacto de la materialización de sus obras en la huella ambiental y el respeto por el patrimonio natural, entre otros temas, toman un papel predominante en sus decisiones racionales de diseño. No obstante, aún no se ha reflexionado, suficientemente, sobre el origen de las primeras intenciones proyectuales, las cuales, como se discute en este ensayo, no provienen exclusivamente del pensamiento racional.

En un trabajo publicado hace algunos años, sostuve la tesis de que la prefiguración de la actividad proyectual arquitectónica se desarrolla en tres dimensiones diferenciables, aunque no necesariamente en términos temporales, debido a su alternancia de sincronicidad y simultaneidad (Salas, 2018, págs. 5-18). Estas dimensiones son: inicio creativo, conceptualización creativa y concreción creativa. Los siguientes párrafos se enfocan en la primera de estas dimensiones: el inicio creativo en el proceso de proyectar la arquitectura y la ciudad con criterios de sostenibilidad. Para profundizar en este tema, se discuten los conceptos de creación y creatividad desde las perspectivas filosófica, psicológica y neurocientífica.

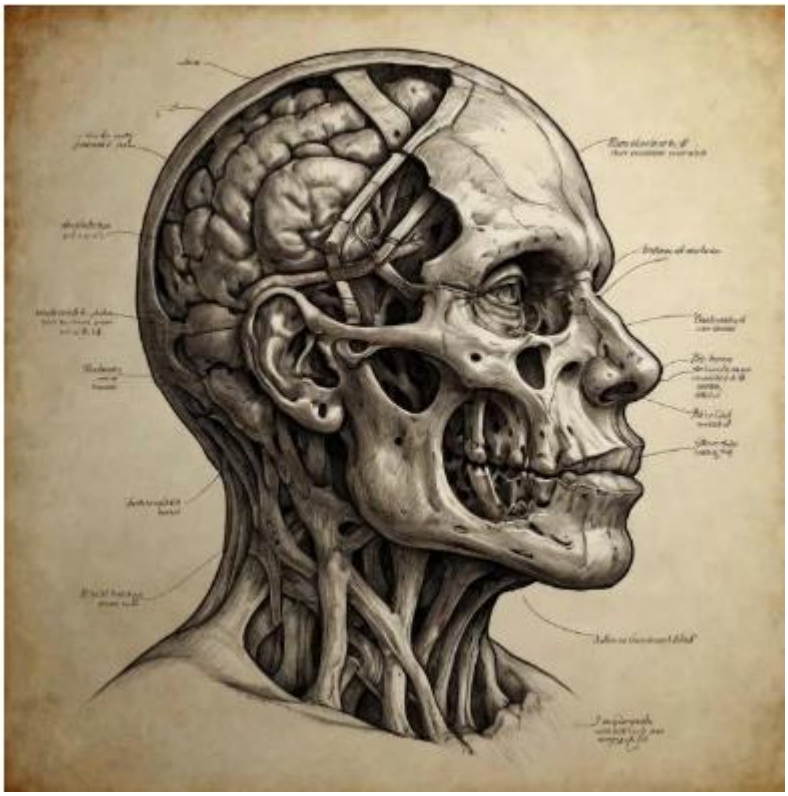


FIGURA 1. Bosquejo del cerebro humano explicativo del concepto de creación. Elaborado por IA ©Blue willow

DOI: https://doi.org/10.53766/ECOSOS ISSN-1856-9552
Sede Institucional: Laboratorio de Sostenibilidad y Ecodiseño ULA-UPV, Laboratorio Nacional de Productos Forestales.
Galpón Principal. Tercer Piso. Avenida Principal hacia Chorros de Milla. Conjunto Forestal. Mérida 5101, Venezuela.
Teléfonos: +58-4121269540 / +58-4247370411. E-mail: revecodisostenibilidad@gmail.com revecodiseno@ula.ve
WEB: http://erevistas.saber.ula.ve/ecodiseno

Perspectiva filosófica de la creación

Iniciemos la discusión con la definición de lo que se considera creativo. Desde una perspectiva filosófica, me permito adoptar la primera acepción de la definición filosófica del término creación, según Ferrater (1965, pág. 354): "Producción humana de algo a partir de alguna realidad preexistente, pero en tal forma que lo producido no se halle necesariamente en tal realidad". Esta particular acepción se refiere, a la producción humana de bienes culturales (tangibles e intangibles), y muy especialmente, a la creación artística. En efecto, desde los orígenes de la cultura occidental, el pensamiento griego no admitía la posibilidad de creación que no cumpliera con el principio de *ex nihilo nihil facit*. Según Platón, existe una causa mediante la cual una idea pasa de una condición de no ser a una de ser, a la que llama *Poiesis*, es decir, aquella que permite el desvelamiento del devenir de una situación o cosa en una realidad. A partir de esta idea, el helenismo concluye en la consideración genética de la 'causalidad ejemplar' en la representación de la producción de las realidades, basándose en un primer principio, un *primum mobile* (primer motor). Desde esta óptica, el concepto de lo creativo se alinea correctamente con lo ya postulado sobre el inicio creativo del proceso proyectual.

Perspectiva psicológica de la creatividad

Desde principios del siglo XX, la psicología ha formulado diversas definiciones sobre las capacidades humanas de creación, lo cual dificulta sintetizarla en una sola definición particular. Sin embargo, se puede definir como el proceso que reúne ciertos atributos perceptibles en los productos. Tales atributos son: inventiva, novedad, originalidad, capacidad, aptitud, actitud, proceso, solución de problemas, habilidad, fluidez, potencialidad, producción y valor. Trasladando el tema a la actividad creativa del arquitecto, imaginación, ingenio, fantasía, individualidad y descubrimiento, estarían presentes en el pensamiento creativo del proyectista.

De manera divergente se presenta en los siguientes rasgos: ser capaz de percibir y relacionar información en un modo poco usual y advertir inconsistencias y necesidades derivadas para convertirlas en problemas por resolver. La activación del fenómeno de asociación de ideas creativas se propaga como ondas en un estanque por una pequeña parte de la extensa red neuronal, aunque de manera no consciente (Kahneman, 2012). Por supuesto, en la medida en que el proyectista tenga una experiencia relevante recorrerá, con más eficacia, el camino de una aproximación intuitiva a una opción que considere satisfactoria: el yo que recuerda, se sobrepondrá al yo que experimenta.

La perspectiva de la creatividad desde la neurociencia

Desde el ángulo de la neurociencia, se ha podido evidenciar la existencia de asociaciones entre redes neuronales en el cerebro humano, desencadenadas por la percepción de la realidad tangible. Estas asociaciones son responsables de la generación de ideas o cosas aún inexistentes. La evidencia de estas asociaciones se encuentra en el registro de neuroimágenes obtenidas mediante: intervenciones quirúrgicas; implantación de artefactos para registro eléctrico o administración de productos; imagen de actividad cerebral por medio de resonancias magnéticas (RM); tomografías axiales computarizadas (TAC); tomografías por emisión de fotones simples (SPECT); electroencefalografía (EEG); magnetoencefalografía (MEG) y espectroscopia de infrarrojo cercano (NIRS) (Ferrús, 2018, págs. 35- 44).

En estas imágenes, se detecta la actividad neuronal del córtex en sincronía con la activación de neuronas subcorticales, especialmente las de la subestructura límbica. En otras palabras, se estaría ante la demostración científica de la existencia del mencionado *primum mobile*. Es razonable argumentar entonces, que el principio de primer motor del proceso creativo es verificable y, que este no descansa, exclusivamente, en procesos racionales de la corteza cerebral, sino en una compleja interacción entre esta y las estructuras subcorticales, el cerebelo y el tronco del encéfalo.

Tal argumento refuerza la idea de la esencia de la primera dimensión del proceso creativo en la actividad de proyectar dentro de un modelo de sostenibilidad ambiental. Sin duda es el plano más elevado de la creación proyectual y supone un dominio de la imaginación sobre la razón. En esencia, es un proceso cerebral intuitivo, ya que responde a la concepción personal del mundo subjetivo del proyectista y a su codificación genética. El avance de la psicología cognitiva y la neurociencia permite afirmar que el desarrollo de habilidades y capacidades de aprendizaje, en áreas del conocimiento como el diseño arquitectónico y urbano, está sujeto a la compleja interacción cerebral entre lo heredado genéticamente y el medio cultural al cual está expuesto el proyectista.

La toma de decisiones en el proceso creativo y la neurociencia

Pero ¿son estas decisiones conscientes? ¿Cómo se toman decisiones en este primer estadio? ¿Cómo se relaciona este estadio con el siguiente en el proceso creativo de proyectar Arquitectura Sostenible?

No sabemos con exactitud, cómo funciona el tejido de conexiones de una cantidad de entre 86 000 a 100 000 millones de neuronas

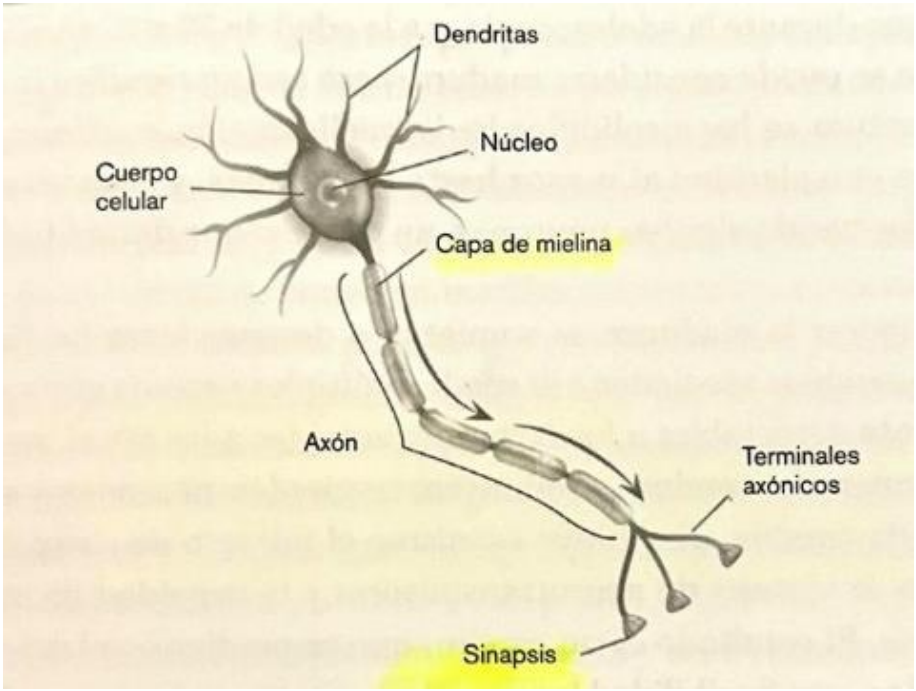


FIGURA 2. Esquema de la estructura de una neurona. Autor: José Ramón Alonso Peña e Iren Esquisábel.

que posee el ser humano, ni qué, cómo, cuándo, dónde, por qué ni para qué. No obstante, hoy sabemos que se activa el complejo 'cableado' de axones que conducen las sinapsis entre columnas neuronales especializadas en el pensamiento abstracto, la memoria, los sueños, las emociones y, sobre todo, la consciencia. Conjeturar sobre los mecanismos de la gestión del procesamiento neuronal de tal información dentro del proceso creativo de proyectar es, sin duda, un desafío. Para este efecto, será necesario elaborar una infraestructura mínima de nociones.

En primer lugar, debemos conocer que en el *soma* de cada neurona (cuerpo celular), existen diversas estructuras (*organelos*) que almacenan la información genética; las mitocondrias que producen energía química y los ribosomas, responsables de la fabricación de proteínas. Estas proteínas crean las condiciones para producir impulsos eléctricos –por diferencia de potencial– entre neuronas (Purves,2012, págs. 37-40). De acuerdo con este conocimiento, la codificación genética del proyectista influye decisivamente en lo que conocemos como el "talento innato" para generar mecanismos mentales que ensamblen combinaciones en la producción de imágenes, prefigurar escenarios y generar las formas y



FIGURA 3. Bosquejo de la actividad sináptica neuronal en la configuración de redes. Elaborado por IA ©Blue willow.

escalas de los objetos en el espacio (Salas, 2016, págs. 32-33). Esta es una de las razones por las cuales la selección de individuos proyectistas (estudiantes o profesionales) se ha apoyado, tradicionalmente, en pruebas psicotécnicas que desvelen la generación de los mecanismos mentales necesarios para la expresión de ideas a través de imágenes.

En segundo lugar, se sabe que tanto el *soma*, el axón y la *dendrita* (partes de la estructura de la neurona), funcionan como emisor y receptor de impulsos eléctricos. Estos impulsos son producidos por la energía química de sus mitocondrias, lo cual provoca las sinapsis conducentes de la actividad neuronal, a través del complejo cableado cerebral del cuerpo humano. Por supuesto, la activación neuronal no se produce por sí sola; es el resultado del intercambio de información fisiológica que llega a los receptores sensoriales (luz, cambios de temperatura, activación electroquímica de otras neuronas), las órdenes motrices, el conocimiento, la memoria y las actividades vegetativas del sistema simpático (respiración, sudoración, presión sanguínea, etcétera.) (Purves, 2012, págs. 6-13).

Esto sugiere que el proyectista necesita estar permanentemente estimulado por condiciones ambientales que catalicen la conexión y desconexión de circuitos neuronales, conducentes a imaginar realidades diferentes 'ver lo que no está ahí'. Evocando un lugar común atribuido a Miguel Ángel: para esculpir esculturas, 'solo retiro lo que sobra del bloque de mármol traído de la cantera'. En el diseño sostenible, estas condiciones ambientales también incluyen el conocimiento y la percepción de las necesidades de conservación de recursos, eficiencia energética y reducción de la huella ambiental.

En tercer lugar, la *sinapsis* juega el rol de unión especializada entre dos neuronas o entre una neurona y una célula de una glándula o un músculo. La diferencia de potencial eléctrico se traduce en la liberación de neurotransmisores (noradrenalina, dopamina, acetilcolina). Estas sustancias químicas viajan en el espacio sináptico (contacto entre el axón y la dendrita), hasta producir la activación o desactivación neuronal. Los estados de polarización y despolarización

de las neuronas generan lo que se puede considerar una 'conversación neuronal' de alto impacto en los procesos cerebrales del conocimiento y la actividad creativa. Es cierto, que el lenguaje de las neuronas y su conectividad (conectómica) es aún un misterioso laberinto y, por supuesto, lo es más para un cerebro creativo, como el del proyectista. En la Arquitectura Sostenible, esta 'conversación neuronal' incluye la integración de conceptos y principios ecológicos, la percepción de las necesidades ambientales y la evaluación de alternativas sostenibles en el diseño.

Finalmente, las redes cerebrales poseen rutas en el cerebro del proyectista que pueden estar influenciadas por cómo se inicia la actividad de percibir la realidad (intercambio entre su mundo interior y el mundo exterior). La ruta más frecuente es la llamada bottom-up, aquella que activa el cerebro del proyectista desde sus sensaciones (recogidas a través de los sentidos) hasta sus percepciones y que, a partir de ahí, viaja por intrincados senderos de activaciones neuronales para llegar a centros cognitivos superiores cerebrales, donde integra conocimiento y dispara, finalmente, la acción (toma de decisiones) (Sepulcre, 2018, págs. 41-56). En estos centros se produce el



FIGURA 4. El cerebro humano estimulado en modo *bottom up*. Elaborado por IA ©Blue willow.

pensamiento en su forma más elaborada y personal. Las interrogantes que la neurociencia trata de responder son:

¿cómo llega la información del mundo exterior hasta estas áreas asociativas centrales, generadoras del pensamiento?, ¿hacia qué áreas del cerebro vuelca la información ya integrada? y ¿cuánto de esta acción respondería a la predisposición genética? Esta última pregunta insta a pensar que el talento del proyectista (instalado en sus genes) podría, decisivamente, indicar la dirección de sus acciones; su toma de decisiones tendría entonces un 'software' preinstalado por defecto.

En la Arquitectura Sostenible, este 'software' preinstalado incluye una predisposición a diseñar con principios de sostenibilidad, eficiencia energética y conservación de recursos naturales.

Relación entre el inicio creativo y el conocimiento neurobiológico

¿Cómo podemos establecer una relación entre la primera dimensión de la creación proyectual y el conocimiento neurobiológico del proyectista? Hemos definido que crear significa dar una mirada distinta a lo ya percibido, pero sobre la base del conocimiento existente o de la experiencia vivencial, con el propósito de obtener algo diferente a lo existente. Reconocemos, además, la existencia de una propensión a establecer determinadas rutas neuronales predefinidas por el ADN mitocondrial de la estructura neuronal del individuo. En el caso del arquitecto proyectista, esta propensión está modulada por el impacto del ambiente (*nature and nurture*) a lo largo de la vida del proyectista. Tal modulación se da, principalmente, en la gestión de la información que recibe a través de la retina, que se propaga por el nervio óptico al cerebro y es procesada (percepción) por redes de diversas áreas del cerebro, trabajando en paralelo: forma, color y movimiento.

Viene a mi memoria que, durante los primeros años de la década del 70, la discusión académica sobre la metodología de lo proyectual en arquitectura era

significativa. El trabajo de Christopher Jones era el oráculo que nos proponía tres opciones de aproximación metodológica al diseño: la caja negra; la caja transparente y el autoorganizado. En particular, nos atraía el tema de la caja negra (por lo enigmático), método al cual él atribuía la inexistencia de un proceso consciente. Jones ofrecía, sin reconocerlo expresamente, un acercamiento al inicio creativo del diseño como un estadio en el que el diseñador es creativamente libre y confiado en su talento personal, sin preguntarse ni reflexionar en cómo se llegaba al resultado final. Para Jones, esto situaba al diseñador en una suerte de 'caja negra' en que solo su intuición, con base en sus experiencias, podían sostener el resultado. En esos tiempos, la aplicabilidad de la neurociencia en otras áreas del conocimiento era incipiente y solo se contaba con el avance de la psicología cognitiva para explicarse qué y, por qué, sucedía en el inicio creativo.

Ensayemos aquí una definición de decisión, desde la neurociencia, en términos de escoger entre futuros simulados en nuestra mente, imaginando sus consecuencias al proyectar realidades posibles. Escoger implica la existencia de por lo menos dos alternativas y las simulaciones de los efectos de estas en su elección. Será evidente que cuantas más alternativas pueda imaginar el proyectista, mayor variedad contendrá el proceso de simulación de consecuencias. Una interrogante surge en este punto de la discusión. ¿Es la toma de decisiones un proceso consciente? Para responderla, debemos concordar con lo que significa estar consciente. La definición de consciencia más aceptada es la que establece que es un fenómeno perceptual del estado de entendimiento que tiene un ser vivo de su propia existencia y de su capacidad de actuar sobre lo que considera es la realidad del entorno.

Veamos ahora cómo tomamos decisiones en el inicio creativo de diseñar con criterios de sostenibilidad ambiental, de acuerdo con lo que hoy nos revela la neurociencia. El inicio del proceso creativo de la toma de decisiones es sensorial (bottom-up), proviene del contacto del proyectista y su procesamiento perceptual del mundo exterior; no obstante, la información obtenida es contrastada con la almacenada en su memoria: *episódica* (experiencias vivenciales de índole personal) y, *semántica* (hechos y conocimiento del mundo exterior al proyectista).

Simultáneamente, el proyectista debe lidiar con las sensaciones de urgencia y confianza para acumular 'organizadamente' la información y evaluar las consecuencias de tomar decisiones alternativas. Esto es lo que sentimos como situaciones de ensayo-error, en las que la selección se impregna de un aroma instintivo. Estas siempre estarán afectadas por nuestras emociones (placer, miedo, alegría, tristeza, ira, ansiedad, sorpresa, etcétera). En el diseño sostenible, estas emociones también incluyen la percepción de la responsabilidad ambiental y el impacto a largo plazo de las decisiones de diseño.

Inquietudes futuras

Debemos dejar algunas inquietudes que, sin duda, irán siendo despejadas a medida que los avances científicos, tecnológicos y las propias reflexiones académicas aporten el conocimiento para ello.

- ¿En qué medida el desarrollo de la tecnología digital y, en especial, el de la Inteligencia Artificial (IA) serán factores que aporten elementos estimuladores de la creatividad en los proyectistas?
- ¿La creatividad será exclusivamente una actividad humana o podrá ser construida con algoritmos?
- ¿Las emociones serán en un futuro exclusivas de los seres humanos?
- ¿En qué medida los algoritmos podrán simular el mundo subjetivo de los proyectistas?

Estos cuestionamientos abren caminos hacia nuevas investigaciones que integren conocimientos de diversas disciplinas en la búsqueda de una comprensión más profunda del proceso creativo en la Arquitectura Sostenible. La colaboración entre filósofos, psicólogos, neurocientíficos y arquitectos puede enriquecer nuestra comprensión y mejorar nuestra capacidad para diseñar edificios y espacios urbanos que no solo sean funcionales, seguros, estéticamente y socialmente

aceptables, sino también sostenibles y responsables con el medio ambiente. Continúa en manos de la educación el poder ejercer la influencia necesaria en la formación de un consenso social sobre el tema.

Corolario y Conclusiones

El proceso en el inicio creativo de proyectar arquitectura dentro de un modelo de sostenibilidad ambiental ha sido poco tratado; no obstante, los avances neurocientíficos sugieren que su aproximación desde el conocimiento de la actividad cerebral es crucial para entenderlo y gestionarlo con evidencias científicas.

Como consecuencia de lo arriba afirmado, el talento provisto por las capacidades de activación y estructuración de redes neuronales, y sus capacidades de elaboración del pensamiento abstracto, con base en emociones, memoria y razón, queda aún en el misterioso laberinto de lo más profundo de las funciones cerebrales.

Los argumentos presentados en los párrafos anteriores confirman la validez de la hipótesis planteada sobre la naturaleza de una construcción mental racional filtrada, previamente, por las emociones del proyectista. Esta, no obstante, estaría limitada por las capacidades genéticas signadas en el ADN del proyectista.

En el plano del aprendizaje de la disciplina de proyectar dentro de un modelo de sostenibilidad ambiental se puede afirmar, cada vez con mayores indicios científicamente hallados, que será más intensa la actividad creativa en aquellas personas que muestren una predisposición natural por observar, conservar, rescatar y transformar imágenes de objetos en el espacio con una visión de responsabilidad ambiental.

El dilema sobre si la naturaleza o el ambiente tienen el papel protagónico en la toma inicial de decisiones de diseño del proyectista está aún por definirse y, en todo caso, depende de la historia personal de cada proyectista. Sin embargo, cada vez hay más evidencias de laboratorio que soportan la hipótesis de que la

estructura genética del ser humano evoluciona con el aprendizaje (*nuture*) y puede ser transmitido generacionalmente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ferrater, J. (1965). Diccionario de filosofía. Buenos Aires: Sudamericana.

Ferrús, A. (2018). ¿Qué es la consciencia? Una aproximación desde la neurociencia. España: EMSE EDAPP S.L.

Kahneman, D. (2012). Pensar rápido, pensar despacio. Barcelona: Debate.

Purves, D. d. (2012). Neurociencia. Madrid: Editorial Médica Panamericana.

Salas, J. d. (2016). El aprendizaje del arte de proyectar arquitectura, Entre ideologías y prácticas. Revista P & A Pedagogía y Arquitectura, 25-37.

Salas, J. d. (2018). La teoría didáctica de lo proyectual en las escuelas latinoamericanas de arquitectura. Revista Ecodiseño & Sostenibilidad, (10), 5-18. DOI: https://www.doi.org/10.53766/ECOSOS/

Sepulcre, J. (2018). Redes cerebrales y lasticidad funcional. El cerebro que cambia y se adapta. España: EMSE EDAPP S.L.

ECODISEÑO & SOSTENIBILIDAD

RES: ULA-UPV

N°17: 2024

DOI: https://doi.org/10.53766/ECOSOS

REFLEXIONES

LUIS ALFREDO GALÍNDEZ GALDONA
SANDRA ARRÁN
JUAN DE DIOS SALAS CANEVARO
OMAR ANTONIO GUERRERO

ECODISEÑO & SOSTENIBILIDAD

RES: ULA-UPV
N°17: 2024

Reflexiones

Reflexión 4

¿EL "RELÁMPAGO DEL CATATUMBO" FENÓMENO METEOROLÓGICO ÚNICO EN SU TIPO?

¿Is the "Catatumbo Lightning" a unique meteorological phenomenon of its kind?



OMAR ANTONIO GUERRERO

Geógrafo graduado en la Universidad de Los Andes, estudios de postgrado y doctorado en Ciencias Geológicas, profesor titular en Geomorfología y Geología Ambiental de la Universidad de Los Andes, Venezuela. Publicación de varios libros y artículos en el campo de la geomorfología, geología de campo y geología ambiental. E-mail: oag2021@ com. ORCID: https://orcid.org/0000-0002-8859-2906

En la presente reflexión técnica se realiza una sucinta revisión bibliográfica del espectacular fenómeno atmosférico de gran importancia en el planeta Tierra, denominado "Relámpago del Catatumbo". Se trata de un proceso natural que vincula de manera magistral la armonía entre paisajes, dirección de vientos y localización geográfica, solo dirigido por la mano del creador.

El primer escrito donde, se menciona al relámpago del Catatumbo fue el poema épico "La Dragontea" de Lope de Vega escrito en 1598 (Vega, 2007), que narra la derrota del pirata inglés Francis Drake por don Suárez de Amaya, Gobernador y Capitán General de Nueva Andalucía y Paria (más tarde llamada Provincia de Cumaná, Provincia de Venezuela). Los naturalistas y exploradores Alexander von Humboldt y Aimé Bonpland en su libro "Viaje a las regiones equinocciales del nuevo continente (1799-1804)" (Humboldt y Bonpland, 1941, p.390), traducido por Lisandro Alvarado, lo describieron como

«explosiones eléctricas que son como fulgores fosforescentes…» y al relacionarlo con la liberación de gases de hidrogeno y azufre de los volcanes y, señala:

> *¿Qué cosa es el fenómeno luminoso conocido con el nombre de farol de Maracaybo que todas las noches se ve del lado del mar como en lo interior del país, por ejemplo, en Mérida donde el señor de Palacios le ha observado durante dos años?*
>
> *La distancia de más de 40 leguas* [193,12km] *á que se distingue la luz, ha hecho creer que podría ser el efecto de una tempestad ó de explosiones eléctricas que tuviesen lugar diariamente en una garganta de montaflas* [enlace o nudo montañoso]*; y aun se asegura que se oye el ruido del trueno cuando se aproxima uno al farol. Otros pretenden vagamente que estos es un volean de aire y que terrenos asfálticos, parecidos á los de mena* [menes]*, causan exhalaciones inflamables y tan constantes en su aparición. El sitio en que este fenómeno se presenta, es un país montañoso é inhabitado en las orillas del rio Catatumbo, cerca de su unión con el rio Sulia* [actual Zulia]*. La posición del farol es tal que, situado casi en el meridiano de la boca de la laguna de Maracaybo, dirige á los navegantes como un fanal"*

Por su parte, el geógrafo italiano Agustín Codazzi, lo describe como un "relámpago continuado que parece surgir del río Zulia y sus alrededores" (Angel Ecotours, 2000); siendo también estudiado por el profesor Andrés Zavrostky (1991) de la Universidad de los Andes, Venezuela, quien visitó en los años 1966 y 1970, la zona de las ciénagas del Parque Nacional Ciénagas de Juan Manuel de Aguas Claras y Aguas Negras al oeste del lago de Maracaibo.

Entre los principales estudios recientes, se encuentra el realizado por Melchor Centeno (2000), quien atribuye el origen de las tormentas eléctricas a la circulación cerrada de vientos en la región. Entre 1997 y 2000, un equipo

encabezado por Falcón et al. (2000) de la Universidad de Carabobo, realizan un modelado micro físico de los relámpagos del Catatumbo. También existen los trabajos del Centro de Modelado Científico (CMC) de la Universidad del Zulia bajo la coordinación de Muñoz et al. (2011, 2015, 2016); entre otros.

Todos los autores antes mencionados, aunque coinciden que los relámpagos de Catatumbo, se trata de un fenómeno meteorológico natural. Sin embargo, difieren de la causa del posible origen de los mismos, como podemos resumir a continuación:

1. Es el resultado del efecto orográfico de las cordilleras (Andes venezolanos – Perijá), que encierran y frenan los vientos alisios del noreste.

2. Es el resultado de un proceso de atmosférico de formación de nubes de gran desarrollo vertical que producen descargas eléctricas entre los 2 y 10 kilómetros de altura (o más), a medida que los vientos alisios NE penetran en la superficie del lago en horas de la tarde (cuando la evaporación es mayor), y se ven obligados a ascender por el sistema montañoso de Perijá (de 3 750 m s. n. m.) y la Cordillera de Mérida, el ramal venezolano de los Andes (de hasta 5 000 m s. n. m , aproximadamente).

3. Es como consecuencia del encuentro de corrientes de aire frías y calientes sin descartar el uranio como posible agente co-causal.

4. A partir de un modelo micro físico del relámpago del Catatumbo, identifica al metano (CH_4), como una de las principales causas del fenómeno, aunque también, es un modelo general de la electrificación de nubes. El metano parece también asociado a los relámpagos de Titán (satélite de Saturno) y aparece vinculado a otras áreas de gran actividad electro atmosférica, como el sur de Florida y África central.

5. La propuesta de “choques” de frentes de aire fríos y calientes, que explicarían la pluviosidad (4 000 m. m. media anual en la Sierra de Perijá), pero no la permanente e inusual actividad eléctrica observada.

DOI: https://doi.org/10.53766/ECOSOS ISSN-1856-9552
Sede Institucional: Laboratorio de Sostenibilidad y Ecodiseño ULA-UPV, Laboratorio Nacional de Productos Forestales.
Galpón Principal. Tercer Piso. Avenida Principal hacia Chorros de Milla. Conjunto Forestal. Mérida 5101, Venezuela.
Teléfonos: +58-4121269540 / +58-4247370411. E-mail: revecodisostenibilidad@gmail.com revecodiseno@ula.ve
WEB: http://erevistas.saber.ula.ve/ecodiseno

La propuesta de coches de frentes de viento frío y caliente, según Whiteman (2000), se produce cuando una masa de aire comparativamente más frío se mueve hacia una zona con aire más cálido. El aire más seco y frío forma un frente muy inclinado debajo del aire más cálido y húmedo en la superficie y lo eleva (Figura 1). Esto suele provocar nubes de desarrollo vertical, que pueden manifestarse como un frente de chubascos y tormentas cuando hay suficiente humedad. Por otra parte, existen las denominadas tormentas secas, también conocidas como tormentas de "virga", son tormentas en las que se forman precipitaciones, pero no llegan a la superficie terrestre, evaporándose en el aire antes de alcanzar el suelo (Whiteman 2000).

Estas tormentas pueden presentar características típicas de las tormentas, como relámpagos, truenos y fuertes vientos, pero sin la presencia de lluvia en la superficie (Rakov y Man, 2003, en Donald, 2007). Por consiguiente, se exponen las siguientes hipótesis:

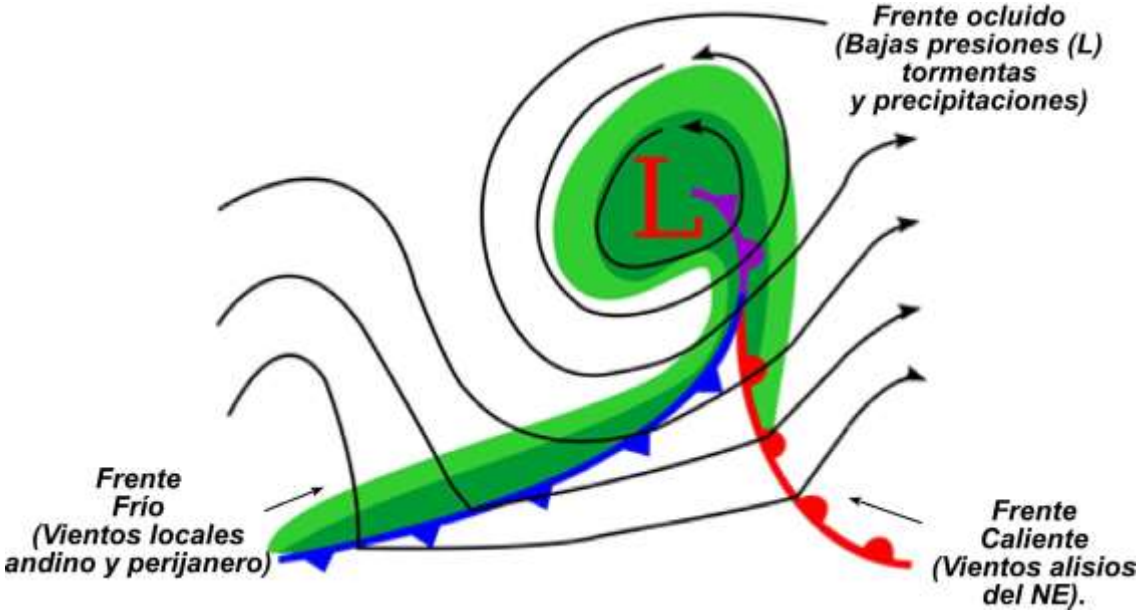


FIGURA 1. Esquema de un frente frío- caliente y ocluido. Fuente: Tomado y modificado de Wikipedia (2024).

DOI: https://doi.org/10.53766/ECOSOS ISSN-1856-9552
Sede Institucional: Laboratorio de Sostenibilidad y Ecodiseño ULA-UPV, Laboratorio Nacional de Productos Forestales.
Galpón Principal. Tercer Piso. Avenida Principal hacia Chorros de Milla. Conjunto Forestal. Mérida 5101, Venezuela.
Teléfonos: +58-4121269540 / +58-4247370411. E-mail: revecodisostenibilidad@gmail.com revecodiseno@ula.ve
WEB: http://erevistas.saber.ula.ve/ecodiseno

a) Este fenómeno de relámpagos de Catatumbo, puede formarse por la existencia de una alta correlación entre la energía potencial disponible para convección (CAPE), vientos meridionales (Norte-Sur) y la actividad eléctrica en la cuenca del lago de Maracaibo. Por lo que, se sugiere un rol importante en la modulación de las descargas eléctricas, por parte de corriente en chorro de bajo nivel de América del Sur (*South American Low-Level Jet* – SALLJ, siglas en inglés) en la cuenca del Lago de Maracaibo. Se trata de un flujo de viento meridional entre los 850 y 700 hPa a 1.5 y 3 km de altura.

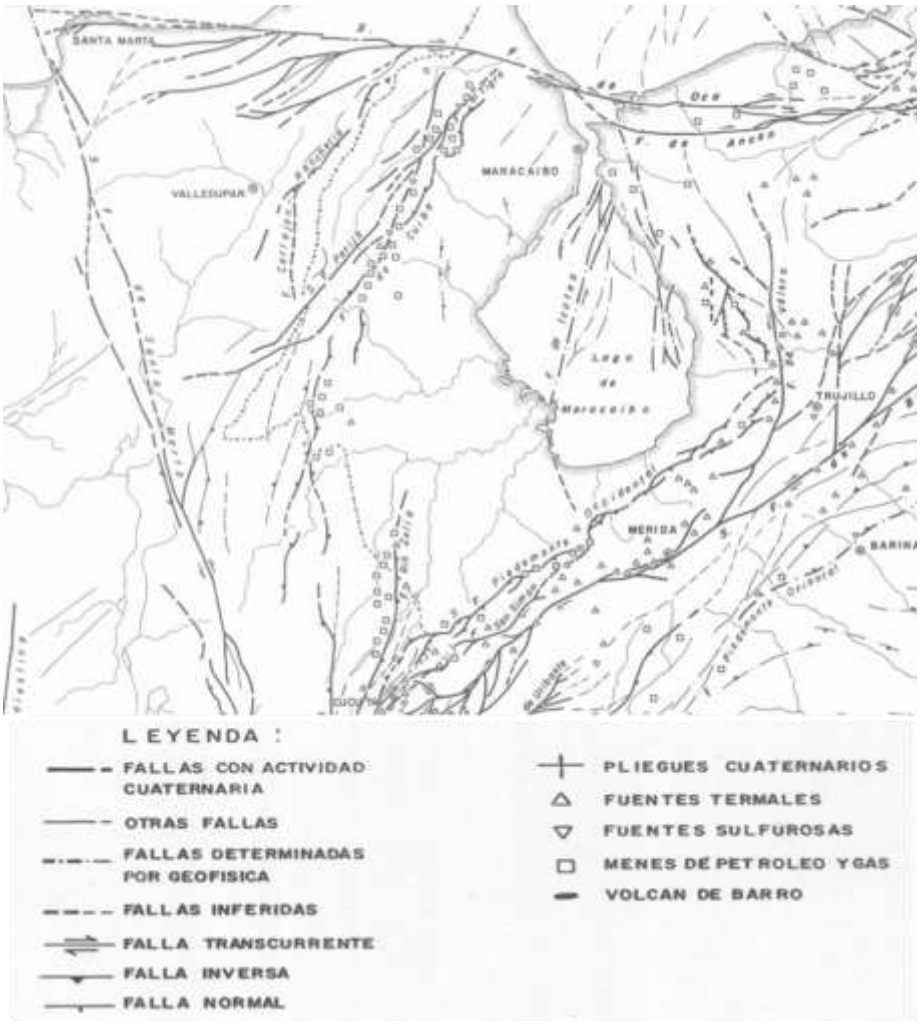
b) Varios autores han tratado de relacionar el fenómeno conocido como "El Niño" con la mayor o menor intensidad de los relámpagos del Catatumbo, pero ello no pasa de ser una especulación, ya que dicho fenómeno se produce en las latitudes meridionales de la costa pacífica de América del Sur y no tienen mayor repercusión sobre territorio venezolano.

c) El Centro de Modelado Científico (CMC) de la Universidad del Zulia, ha detectado que los relámpagos del Catatumbo, no es el grupo de células tormentosas con más descargas eléctricas, que se presenta en el planeta. El sitio de mayor cantidad de células tormentosas de descargas eléctricas, ocurre en una región de África que abarca parte de la República Democrática del Congo y Ruanda. **Lo que hace peculiar al relámpago del Catatumbo, es que sus descargas están concentradas en una región muy pequeña; es decir, el número de descargas por unidad de área geográfica es la más grande del mundo**.

d) Una apreciación importante es la expuesta por Tulio Febres Cordero (1931), al mencionar que "*es indudable que existe alguna relación desconocida entre el relámpago del Catatumbo y ciertos temblores en Los Andes. Desde 1894 (Gran Terremoto de Los Andes) apuntamos esta observación, en vista de la gran actividad en que estuvo el Catatumbo en la noche del terremoto y en las inmediatas y de la inexplicable claridad en los momentos del gran temblor; y ahora hemos confirmado la observación con motivo de los últimos temblores del 21 de junio de 1914 en adelante,*

que también se ha notado gran actividad en el Catatumbo, tanto el citado Señor Lares como el señor M. Centeno Graü han hecho por su parte observaciones análogas , que contribuyen a probar esa relación misteriosa del célebre relámpago con algunos fenómenos sísmicos de Los Andes"

En la figura 2, podemos reconocer la afinidad que existe entre la zona de fallamiento geológico activo en el occidente venezolanos y los sitios de localización de menes de petróleo, aguas termomineralizadas y presencia de formaciones geológicas ricas en carbón e hidrocarburos afectadas por las trazas de las fallas geológicas tanto de la región andina como perijanera.



DOI: https://doi.org/10.53766/ECOSOS ISSN-1856-9552
Sede Institucional: Laboratorio de Sostenibilidad y Ecodiseño ULA-UPV, Laboratorio Nacional de Productos Forestales.
Galpón Principal. Tercer Piso. Avenida Principal hacia Chorros de Milla. Conjunto Forestal. Mérida 5101, Venezuela.
Teléfonos: +58-4121269540 / +58-4247370411. E-mail: revecodisostenibilidad@gmail.com revecodiseno@ula.ve
WEB: http://erevistas.saber.ula.ve/ecodiseno

FIGURA 2. Neotectónico del occidente venezolanos. Fuente: Mapa neotectónico de Venezuela. Fuente: FUNVISIS (1993).

Localización geográfica del Relámpago del Catatumbo

El relámpago del Catatumbo se suele desarrollar entre las coordenadas de 8° 30’ y 9° 45’ de latitud norte y los 71° y 73° de longitud oeste, lo que supone una zona de 33 km^2 aproximados. La frecuencia se estima en 260 días del año con una duración de 10 horas por noche. Aunque, los valores climatológicos de los mapas del Atlas de la Fuerza Aérea Venezolana, señalan un promedio de 140 a 160 días de tormentas eléctricas al año.

Las descargas pueden alcanzar un rango estimado entre 16 y 40 por minuto (Muñoz et al., 2015). Las tormentas de relámpagos ocurren de manera dispersas por esa extensa zona antes mencionada, aunque se han determinado dos ventanas más frecuentes de luminosidad, una cerca de la desembocadura del río Catatumbo (9,5°N/71,5°), y la otra en la frontera entre Venezuela y Colombia (9°/73°) (Bürgesser et al., 2012; Figura 3).

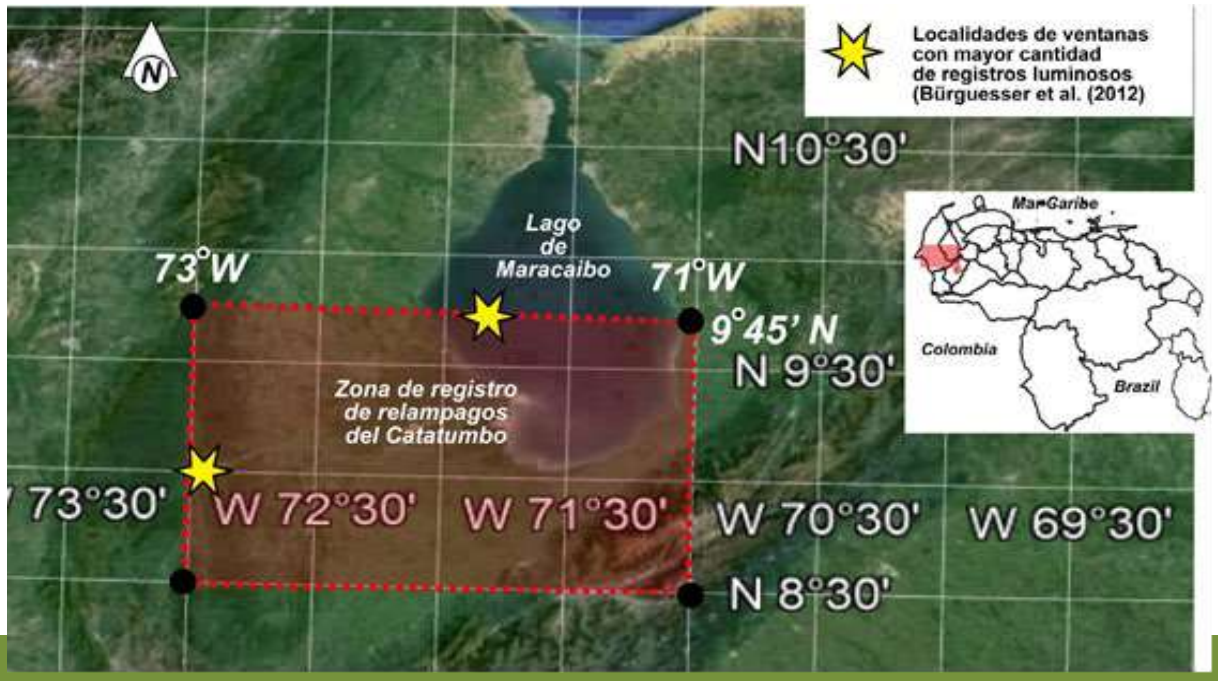


FIGURA 3. Localización geográfica de la zona de registro de los relámpagos del Catatumbo en el occidente de Venezuela. Zona centro sur del Lago de Maracaibo. Fuente: Bürgesser et al. (2012).

La cuenca hidrográfica del río Catatumbo, donde es más frecuente el avistamiento de relámpagos y por tal motivo lleva el nombre de este fenómeno meteorológico; nace a una altura de 4 110 m s. n. m., en el flanco este de la Cordillera Oriental de Colombia en el Departamento del Norte de Santander, tiene una extensión aproximada de 450 km^2; de estos, 240km^2 en territorio colombiano. La cuenca hidrográfica es compartida entre Venezuela y Colombia, abarca 25 600 Km^2, de esta extensión 16 200 km^2, se localiza en territorio de Colombia. El río Catatumbo aporta entre el 60% y 70% del agua dulce al lago de Maracaibo.

Claves importantes del fenómeno de los Relámpagos del Catatumbo

Este fenómeno meteorológico, se caracteriza por presentan una actividad mínima en los meses de enero y febrero (meses secos), y máxima en septiembre y octubre (meses húmedos).

Según el Centro de Modelado Científico (CMC) de la Universidad del Zulia, **es muy poco probable (si es que fuera posible), que sea el principal regenerador de la capa de ozono**. Aunque, efectivamente los relámpagos del Catatumbo producen ozono (O_3), pero es muy poco probable que este gas inestable llegue a la estratósfera porque tiende a transformarse en algún otro compuesto en cuestión de horas. Según Muñoz et al. (2015, 2016), *el tiempo que le tomaría al ozono (O_3) producido por los relámpagos del Catatumbo para ascender hasta la capa de ozono es de como mínimo 6 meses, por lo que no vemos un mecanismo viable para que contribuya a la regeneración de la capa de ozono planetaria*.

La actividad de relámpagos del Catatumbo, aparecen 260 noches por año, es decir desde los meses de abril a diciembre está activo (nueve meses, con

DOI: https://doi.org/10.53766/ECOSOS ISSN-1856-9552
Sede Institucional: Laboratorio de Sostenibilidad y Ecodiseño ULA-UPV, Laboratorio Nacional de Productos Forestales.
Galpón Principal. Tercer Piso. Avenida Principal hacia Chorros de Milla. Conjunto Forestal. Mérida 5101, Venezuela.
Teléfonos: +58-4121269540 / +58-4247370411. E-mail: revecodisostenibilidad@gmail.com revecodiseno@ula.ve
WEB: http://erevistas.saber.ula.ve/ecodiseno

máximos de luminosidad en los meses de octubre y noviembre) y, su actividad disminuye en los meses secos de enero, febrero y parte de marzo. Su actividad lumínica tiende a ocurrir predominantemente entre las 7 pm y las 5 am (Figura 4).



FIGURA 4. Vistas del fenómeno meteorológico "Relámpago del Catatumbo". Fuente: Rafael Álvarez Bermúdez / JSGV / Globovisión.

Un estudió el patrón de vientos en la baja tropósfera, en los sectores meridional y oriental de la cuenca del lago de Maracaibo utilizando globos pilotos, durante el período abril-mayo de 2004, fue realizado por Andressen y Diaz (2000) y concluyen, que en la cuenca del lago de Maracaibo la circulación atmosférica en la baja tropósfera está determinada por las condiciones del relieve. La presencia de la sierra de Perijá al oeste, y la cordillera de Mérida al sur y sureste desvían los vientos hacia el sur en el sector occidental de la cuenca, y luego de girar en el sector meridional, son dirigidos hacia el norte. Esta situación sinóptica es casi permanente en el período de sequía y muy frecuente en los meses del período lluvioso (Goldbrunner, 1963; Andressen, 2007; Figura 5). De ahí que Muñoz et al. (2016), de acuerdo con este planteamiento de dirección de vientos locales, considera que la convergencia de mayor alcance es la Convergencia Local de Vientos, que se forma en el

extremo sur del estado Zulia, como consecuencia del choque de los vientos del norte con los del sur que soplan del estado Táchira hacia la cuenca del lago de Maracaibo. Los vientos provenientes del Táchira (de la región de San Antonio del Táchira), pueden servir como índice de las intensidades del fenómeno, así como el de las lluvias producidas.

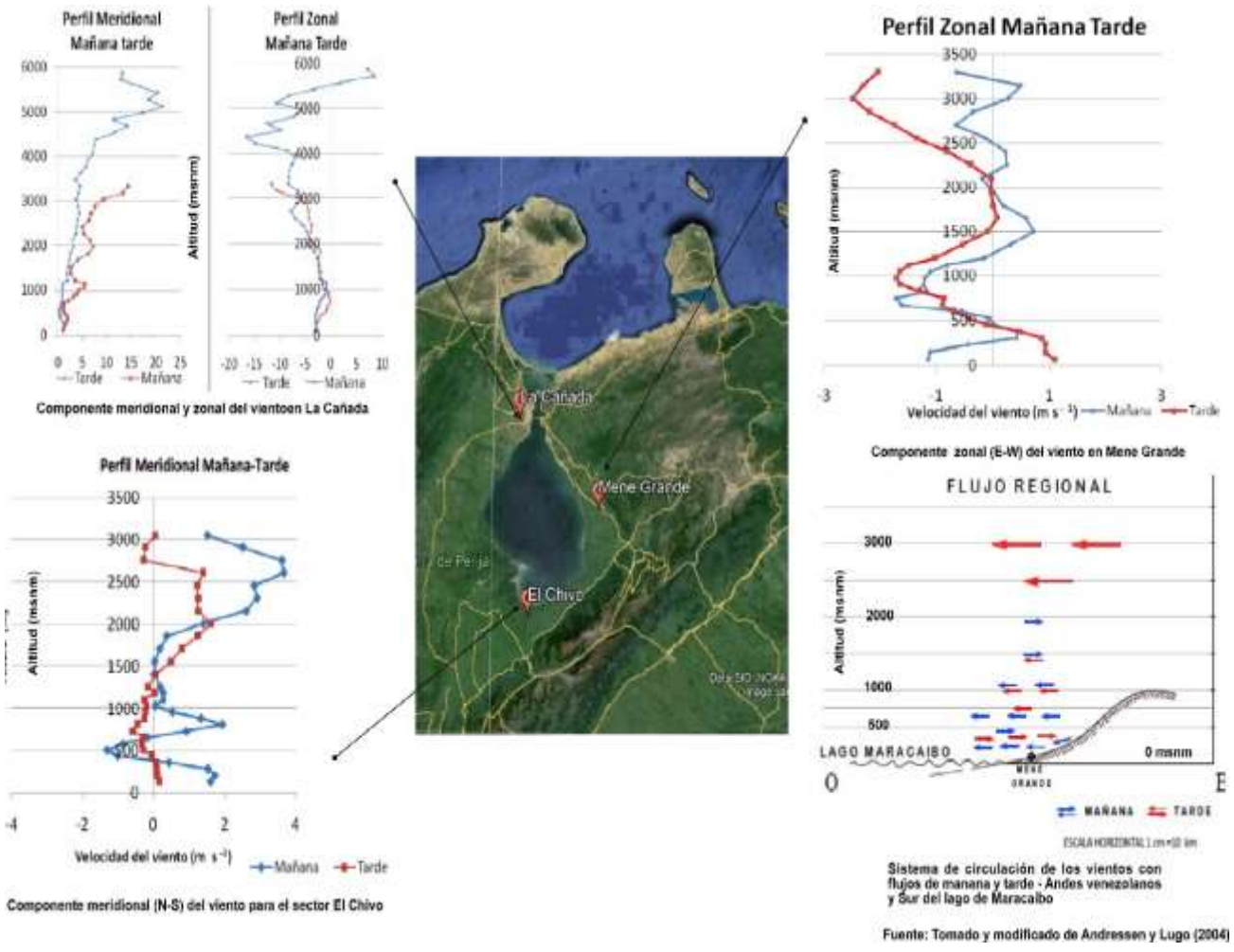


FIGURA 5. Mediciones de perfiles de vientos (mañana y tarde) para determinar la dirección de los flujos de vientos. Fuente: Tomado y modificado de Andressen y Diaz (2000).

La dirección y encuentro de vientos cálidos y húmedos de bajo nivel, provenientes del mar Caribe, y la presencia de las cordilleras de los Andes y Perijá, que rodean el lago de Maracaibo, producen condiciones ideales para generar nubes de tormenta, especialmente en el sudoeste de la cuenca. Cuando los vientos traen consistentemente humedad a esta área, la altura de las montañas ayuda al desarrollo y persistencia de nubes de gran despliegue vertical (Figura 6). Esto último es importante porque la frecuencia de rayos se incrementa muy rápidamente con la altura de la nube (cuanto mayor despliegue vertical, más descargas eléctricas por km^2. Sin embargo, según estudios realizados por el Centro de Modelado Científico (CMC) citado por Muñoz et al. (2015), sugieren que la presencia de metano en los terrenos del piedemonte y llanos aluviales – pantanosos y lacustres, contribuye en la formación y concentración de la frecuencia e intensidad de la luminosidad de los relámpagos del Catatumbo.

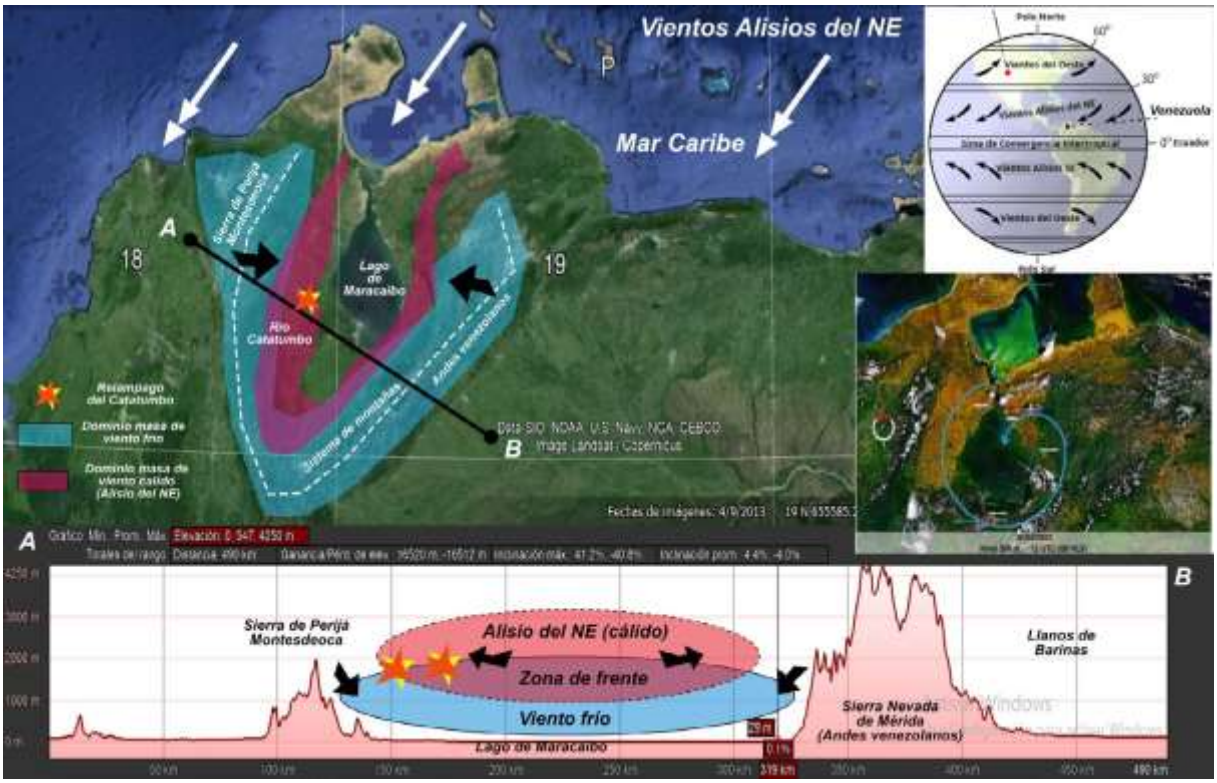


FIGURA 6. Diseño de la distribución general de los vientos y su encuentro con la zona de montañas de las regiones andinas y perijanera del occidente de Venezuela. Fuente: Elaboración propia.

¿El Metano, factor determinante en la generación del Relámpago?

En los estudios realizados por el Centro de Modelado Científico (CMC) y publicados por Muñoz et al. (2015), sugiere que la presencia de abundantes moléculas de metano (CH_4), proveniente de varias fuentes naturales, tales como la zona de humedales (pantanos y estuarios lacustres), así como la presencia de afloramientos rocosos con minerales de carbón e hidrocarburos (menes), aportan gases de metano, que se eleva rápidamente por ser más liviano que el aire, ascendiendo sobre las nubes de vapor de agua. Este fenómeno se incrementa en las horas siguientes del ocaso, cuando la ausencia de irradiación solar evita su foto disociación, lo que podría explicar por qué el relámpago sólo es visible en horas nocturnas.

La extensión de los pantanos permanentemente inundados y la generación de metano por descomposición de detritus y humus, se incrementa durante el verano porque las aguas son menos profundas y la temperatura media aumenta facilitando la descomposición del material orgánico, lo que al parecer es la causa por la cual el relámpago del Catatumbo es más visible en épocas de sequía.

De esta manera, la presencia de metano en las nubes bajas de la región, favorecida por la circulación cerrada de vientos y por la gran extensión de pantanos, permitiría explicar la microfísica de las descargas gaseosas (relámpago o fluorescencia y rayos o descargas de arco nube-nube) y el mecanismo de auto polarización eléctrica de la nube (Figura 7).



FIGURA 7. Los relámpagos tienen su propio ciclo de actividad: más visibles en octubre y noviembre y menos en enero y febrero. Foto: Archivo - Daboin Gusmán.

¿Son los Relámpagos del Catatumbo la primera fuente regeneradora de la capa de Ozono (O_3), como tormenta eléctrica en el planeta tierra?

El Ozono es un gas compuesto de tres átomos de Oxígeno (O_3). Se obtiene como resultado de la aplicación de alta energía radiante (rayos UV del Sol) y de energía eléctrica al Oxígeno, este compuesto químico es esencial para la conservación y regeneración de la capa de ozono, pues dependemos de esta capa de la estratosfera para el manteniendo el equilibrio térmico del planeta al absorber y filtrar la radiación calórica y rayos ultravioleta (UV), emitida desde la superficie terrestre y re-irradiarla hacia el espacio exterior, lo que permite la vida en la superficie terrestre, se estima que un 10% de Ozono, es generado por las tormentas eléctricas (Muñoz et al., 2016).

En otras localidades del planeta tierra podemos reconocer fenómenos atmosféricos similares a los ocurridos en el occidente de Venezuela; es el caso de la localidad de Bogor (isla de Java, Indonesia, UTM 700239E/9275041S, Figura 8), considerado como el lugar del mundo con mayor frecuencia de días de tormentas eléctricas al año, con un promedio anual actual de 223 días de

tormentas (posee un récord Guinness de 322 días, de 1916 a 1919). También destaca lo que se conoce como el "Cinturón de los Relámpagos", que se extiende desde Orlando hasta el sur del estado de la Florida (USA, UTM 362778E/3089057N. Figura 9); dentro de esta zona se ubica Tampa, conocida como la capital de las tormentas en Estado Unidos, con un promedio de hasta 120 días de tormentas al año.



FIGURA 8. Localización de la isla de Bogor (Isla de Java, Yakarta), en el archipiélago indonesio. Fuente: Imagen Google Earth (2023).

DOI: https://doi.org/10.53766/ECOSOS ISSN-1856-9552
Sede Institucional: Laboratorio de Sostenibilidad y Ecodiseño ULA-UPV, Laboratorio Nacional de Productos Forestales.
Galpón Principal. Tercer Piso. Avenida Principal hacia Chorros de Milla. Conjunto Forestal. Mérida 5101, Venezuela.
Teléfonos: +58-4121269540 / +58-4247370411. E-mail: revecodisostenibilidad@gmail.com revecodiseno@ula.ve
WEB: http://erevistas.saber.ula.ve/ecodiseno

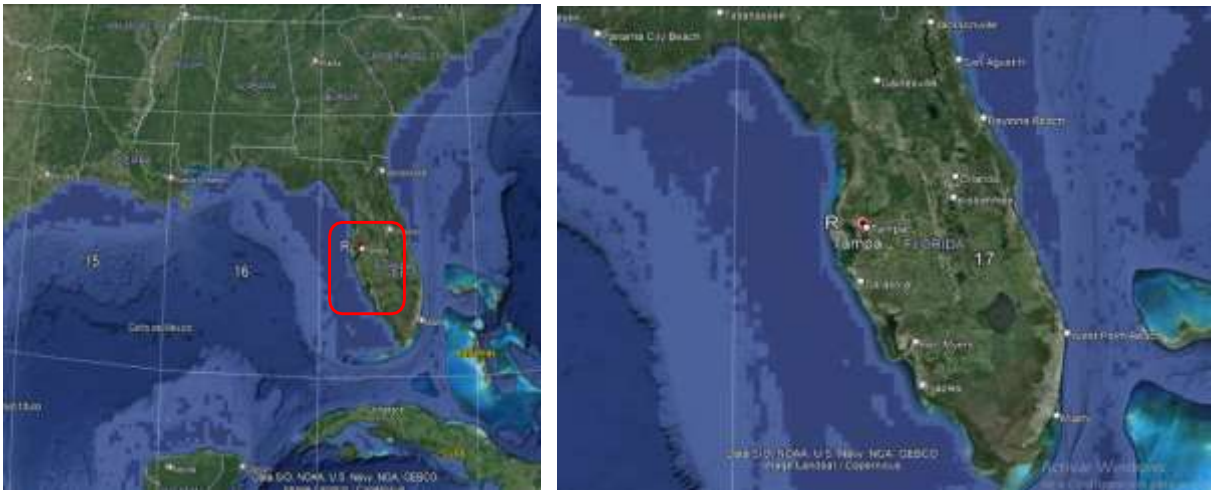


FIGURA 9. Localización de la zona de Tampa – Florida (USA). Región del Caribe – Atlántico norte. Fuente: Imagen Google Earth (2023).

Según Muñoz et al. (2011), la gran diferencia entre el fenómeno de la región del Catatumbo y Bogor (Indonesia), es el tiempo de duración de las tormentas y sus características. En la región del Catatumbo las duraciones de los días de tormentas se inician aproximadamente a las 20:00 (8:00 pm) y se prolongan por lo general hasta las 06:00 (6:00 am) del día siguiente, lo que da en promedio, tomando como referencia la recurrencia menor de 140 días de tormentas de 70 días de tormentas de 4 horas = 280 horas y 70 días de tormentas de seis horas = 280, tendremos un total de 700 horas de tormentas al año.

En lo referente a descargas de tormentas Muñoz et al. (2016), señala un rango entre 16 a 40 descargas por minuto, lo que da un promedio de 28 descargas, para un total de 1 176 000 descargas eléctricas anuales (según especialistas en el tema, cada descarga eléctrica equivale aprox. a unos 10 000 Amperios).

El relámpago del Catatumbo es una tormenta nube-nube que forma un arco voltaico a más de 5 km de altura (Muñoz et al., 2016). En Bogor (Indonesia) las tormentas son en su mayoría diurnas, de nube-tierra y su tiempo de duración

DOI: https://doi.org/10.53766/ECOSOS ISSN-1856-9552
Sede Institucional: Laboratorio de Sostenibilidad y Ecodiseño ULA-UPV, Laboratorio Nacional de Productos Forestales.
Galpón Principal. Tercer Piso. Avenida Principal hacia Chorros de Milla. Conjunto Forestal. Mérida 5101, Venezuela.
Teléfonos: +58-4121269540 / +58-4247370411. E-mail: revecodisostenibilidad@gmail.com revecodiseno@ula.ve
WEB: http://erevistas.saber.ula.ve/ecodiseno

es de una a dos horas (promedio de hora y media), lo que ubica su promedio máximo anual en 335 horas tormentas. Mientras que, el promedio tormentas eléctricas en Tampa (USA), según la National Oceanic and Atmospheric Administration - NOAA (Donald, 2007; Laboratorio Oceanográfico y Meteorológico del Atlántico de la NOAA, 2025), por lo general, es de una hora escasamente ocurren tormentas de dos horas de duración.

Lo anteriormente expuestos, basado en investigaciones realizadas Centro de Modelado Científico (CMC), demuestra que **los relámpagos del Catatumbo no solo son, la primera fuente regeneradora de la capa de ozono (O_3) en su tipo del planeta tierra, sino que, la extensa región que ocupa el Parque Nacional de las Ciénagas en el lago de Maracaibo, es el lugar del mundo con el mayor promedio de tiempo en tormentas eléctricas anuales**.

¿Los Relámpagos del Catatumbo tiene el premio Guinness y merece ser catalogado como patrimonio de la humanidad por la UNESCO?

El fenómeno natural denominado “Relámpago del Catatumbo” fue declarado Patrimonio Natural del Zulia el 27 de septiembre de 2005. Mientras que, el 28 de enero de 2014, ingresó oficialmente a la lista mundial del Récord Guinness por poseer el mayor promedio mundial de relámpagos por km^2 al año (estimado en 250 relámpagos/km^2), ubicándolo como el de mayor envergadura de su clase.

Esta distinción se logró a través de las gestiones del ambientalista venezolano Erik Quiroga, quien solicitara ante la sede inglesa del Guinness, que se incluyera a la región como el lugar con mayor recurrencia de relámpagos por km^2 al año, desplazando del primer puesto a la región de Kifuka, en el Congo (África), con 153 relámpagos/km^2 (Figura 10).

DOI: https://doi.org/10.53766/ECOSOS ISSN-1856-9552
Sede Institucional: Laboratorio de Sostenibilidad y Ecodiseño ULA-UPV, Laboratorio Nacional de Productos Forestales.
Galpón Principal. Tercer Piso. Avenida Principal hacia Chorros de Milla. Conjunto Forestal. Mérida 5101, Venezuela.
Teléfonos: +58-4121269540 / +58-4247370411. E-mail: revecodisostenibilidad@gmail.com revecodiseno@ula.ve
WEB: http://erevistas.saber.ula.ve/ecodiseno



FIGURA 10. Región de Kifuka, localizada al este de la República democrática del Congo (África), límite con los países de Ruanda y Burundi. Fuente: Imagen Google Earth (2023).

Actualmente, se busca catalogar al relámpago del Catatumbo como patrimonio de la humanidad bajo la protección de la UNESCO, y en caso de lograrse sería el primer fenómeno meteorológico con esta figura internacional.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Andressen, R. (2007). Circulación atmosférica y tipos de climas. En Fundación Empresas Polar (Ed.). Geo Venezuela. Medio físico y recursos ambientales. Tomo 2, (13), 238 – 328

Andressen, R. y Díaz, A. (2000). Influencia de la altitud y la distancia al lago de Maracaibo en la caracterización pluviométrica del estado Trujillo, Venezuela. Revista de la Facultad de Agronomía UCV, 26, 107 - 124

Angel Ecotours. (2000). Catatumbo – Lake Maracaibo, Venezuela. Datos interesantes. https://angel-ecotours.com/es/catatumbo-interesting-facts/3/#:~:text=%E2%80%94%20El%20ge%C3%B3grafo%20italiano%20Agust%C3%ADn%20Codazzi,alrededor%20del%20lago%20de%20Maracaibo.

Bürgesser R. E., Nicora M. G. y Ávila, E. (2012). Characterization of the lightning activity of "Relámpago del Catatumbo". Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics, (77), pp. 241-247. https://doi.org/10.1016/j.jastp.2012.01.013.

Centeno, Melchor. (2000). Energía solar en Venezuela. http://www.asovac.org/2010/01/27/energia-solar-en-venezuela-melchor-centeno-vallenilla/

Donald, C. (2007). Meteorology today: an introduction to weather, climate, and the environment (8th edition). Belmont, Calif.: Thomson/Brooks/Cole. pp. 298-300

Falcón Nelson, Peter Williams, Angel Muñoz y Dia Nader. (2000). Microfísica del Relámpago del Catatumbo. Revista de la Facultad de Ingeniería 7(1): 47-53

Febres Cordero, T. (1931). Archivo de Historia y Variedades. Tomos I-II. Editorial Parra León Hermanos. Caracas.

FUNVISIS. (1993). Mapa neotectónico de Venezuela. Neotectónico del occidente venezolanos. https://www.funvisis.gob.ve/atlas/pdf/atlas_Parte_3_geofisica_WEB.pdf

Goldbrunner, A. (1963). Las causas de las lluvias de extraordinaria magnitud en Venezuela. Ministerio de la Defensa. Comandancia General de la Aviación. Servicio de Meteorología. Publicación Especial No. 2. Maracay. 230 p.

Humboldt, Alejandro von y Bonpland, A. (1941). Viaje a las regiones equinocciales del nuevo continente (1799-1804). Traducción Lisandro Alvarado. Colección Viajes y naturaleza. Biblioteca Venezolana de Cultura. Tomos I, II, III, IV, V.

Laboratorio Oceanográfico y Meteorológico del Atlántico de la NOAA. 2025. Promedio tormentas eléctricas en Tampa (USA). https://www.aoml.noaa.gov/hrd-faq/

Muñoz, Á.G. y Díaz-Lobatón, J. (2011). The Catatumbo Lightnings: A review. Memoirs of the XIV International Conference on Atmospheric Electricity. Brazil.

Muñoz, Á.G., Díaz-Lobatón, J., Chourio, X., and Stock, M.J. (2016). Seasonal Prediction of Lightning Activity in North Western Venezuela: Large-Scale versus Local Drivers. Atmospheric Research Volúmenes 172-173, pp. 147-162. https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2015.12.018

Muñoz, Á.G., Núñez, A., Chourio, X., Díaz-Lobatón, J., Márquez, R., Moretto, P., Juárez, M., Casanova, V., Quintero, A., Zurita, D., Colmenares, V., Vargas, L., Salcedo, M.L., Padrón, R., Contreras, L., Parra, H., Vaughan, C. y Smith, D. (2015). Reporte Final de la Expedición Catatumbo: abril 2015. Reporte Público CMC-01-2015. Centro de Modelado Científico (CMC). Universidad del Zulia. pp. 20. DOI: 10.13140/RG.2.1.1351.0566

Vega, Lope de. (2007). La Dragontea. Ediciones Cátedra. Letras Hispánicas. Amazon. 568 p.

Whiteman, C. David (2000). Mountain meteorology: fundamentals and applications. New York: Oxford University Press. pp. 77-79

Wikipedia. (2024). Frente (Meteorología). https://es.wikipedia.org/wiki/Frente_(meteorolog%C3%ADa)

Zavroski, A. (1991). "Faro del Catatumbo: lo Conocido y Lo Desconocido". Carta Ecológica N° 56: Caracas. Publicación de LAGOVEN.

ECODISEÑO & SOSTENIBILIDAD

RES: ULA-UPV

N°17: 2024

DOI: https://doi.org/10.53766/ECOSOS/2024.17.01

ARTÍCULO 001 RES 17: 2024

EL DISEÑO INDUSTRIAL DE ELEMENTOS URBANOS SUSTENTABLES PARA EL DESCANSO, RECREACIÓN Y SOCIALIZACIÓN EN MÉRIDA, VENEZUELA

Luis Durán Santiago
Leonardo de Jesús Bonomie Medina

ECODISEÑO & SOSTENIBILIDAD
RES: ULA-UPV
N°17: 2024

Artículo RES 001

EL DISEÑO INDUSTRIAL DE ELEMENTOS URBANOS SUSTENTABLES PARA EL DESCANSO, RECREACIÓN Y SOCIALIZACIÓN EN MÉRIDA, VENEZUELA

The industrial design of sustainable urban elements for rest, recreation and socialization in Mérida, Venezuela

[1]LUIS JOSÉ DURÁN SANTIAGO
[2]LEONARDO DE JESÚS BONOMIE MEDINA

[1] Diseñador Industrial. Egresado de la Universidad de Los Andes, Facultad de Arquitectura y Diseño FADULA, Escuela de Diseño Industrial. Mérida, Venezuela. E-mail: luisjoseduransantiago@gmail.com
[2] Profesor de la Universidad de Los Andes, Facultad de Arquitectura y Diseño, Escuela de Diseño Industrial, Dpto. de Diseño Industrial. Mérida, Venezuela. E-mail: bonomiel@ula.ve; bonomie.tdi@gmail.com. ORCID: 0000-0002-2772-467X

Recibido: 14/08/2024 **Aceptado:** 11/11/2024

RESUMEN

La investigación busca diseñar mobiliario urbano para el Sector La Milagrosa, Tramo desde el Pasaje Principal hasta el Pasaje Primero de Mayo con el fin de mejorar la calidad de vida de sus habitantes. Se propone crear espacios de descanso y recreación que fomenten la socialización y ofrezcan protección ante las inclemencias del tiempo y la inseguridad. El proyecto busca integrar la naturaleza al entorno urbano mediante jardineras, cubiertas verdes y materiales sostenibles, además de incorporar puntos de carga solar. La propuesta se basa en el *Design Thinking* y el diseño participativo, es decir, se involucró a la comunidad en el proceso de diseño para garantizar que las soluciones sean acordes a sus necesidades reales. El resultado final fue un sistema modular, llamado EDÉN, que podrá adaptarse a cualquier espacio público de la ciudad, brindando así a los ciudadanos lugares dignos para descansar y recrearse.

Palabras clave: Ecodiseño, etnografía, diseño participativo, espacio público, modularidad.

SUMMARY

The research aims to design urban furniture for the Milagrosa Sector, specifically the section from the main passage to First de Mayo Passage, with the goal of improving the quality of life for its residents. The proposal is to create spaces for rest and recreation that foster socialization and provide protection from inclement weather and insecurity. The project seeks to integrate nature into the urban environment through planters, green roofs, and sustainable materials, as well as incorporating solar charging stations. The proposal is based on *Design Thinking* and participatory design, meaning the community was involved in the design process to ensure that the solutions meet their real needs. The final result was a modular system, called EDÉN, that can be adapted to any public space in the city, providing citizens with dignified places to rest and recreate.

Keywords: Participatory design, ethnography, rest, public space, modularity.

1. INTRODUCCIÓN

El mobiliario urbano se constituye como un sistema de elementos integrados al tejido de las ciudades, que actúan como soporte material de las dinámicas socio-espaciales cotidianas de la población. Al fortalecer el binomio infraestructura-equipamiento, tales elementos garantizan la configuración de un espacio público habitable, fomentando el bienestar colectivo y promoviendo un modelo de desarrollo urbano fundamentado en la multifuncionalidad, la mejora de la vivencia ciudadana y la sostenibilidad. En nuestro contexto latinoamericano, se observa un crecimiento no controlado y desigual en todas las ciudades, evidenciándose las diferencias entre las áreas ordenadas, mayormente de sectores de clase económica alta, respecto a las comunidades de bajos recursos con un crecimiento no organizado, llevando a un uso anárquico del espacio público. Es por ello que, se deben recuperar estos espacios para el mejor desenvolvimiento de los ciudadanos que interactúan en la zona, y para brindar un espacio de calidad digno de un ser humano independientemente de su estrato social. Ello sería posible siempre y cuando se responda a las necesidades reales

del espacio por parte de las personas que interactúan allí, logrando un mejor apropiamiento del lugar y rescatar así el sentido de pertenencia del mismo.

En la ciudad de Mérida, Venezuela, existe un deterioro y abandono de este tipo de infraestructura, así como una escasez generalizada de mobiliario urbano. Lo que hace que haya muy pocos espacios disponibles para la interacción social, pues los que existen se encuentran en malas condiciones y generan inseguridad en los usuarios.

En ese sentido, esta investigación busca incorporar elementos urbanos centrándose en el Sector La Milagrosa (Pasaje Principal hasta el Pasaje Primero de Mayo), que pudieran replicarse en diversas partes de la ciudad, con el objetivo de brindar un espacio digno para el descanso y la recreación de los miembros de la comunidad; recuperando este espacio en pro de ella; partiendo del enfoque de diseño participativo ya que esta metodología permite crear un vínculo entre el usuario, el diseñador y el elemento a diseñar así como de las características y atributos de éste para que sean fácilmente reconocidas y aceptadas por ambas partes. Sumado a ello, se plantea el uso de materiales sustentables en función de la durabilidad, puesto que las ciudades del futuro se proyectan como espacios que buscan el menor impacto ambiental y el aprovechamiento de los recursos.

De este modo, se plantea como objetivo general, diseñar una propuesta de elementos urbanos para las personas que transitan dicho tramo del Sector La Milagrosa que les permita la recreación y el descanso, aplicando criterios de sostenibilidad ambiental. Siendo el objetivo específico más destacado, examinar las características de los materiales y accesorios a ser utilizados para que faciliten el desarrollo del sistema de elementos urbanos empleando aspectos sostenibles.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Para el desarrollo de esta investigación se planteó utilizar la visión estratégica del *Design Thinking* para enmarcar el proyecto, así como el empleo de *técnicas etnográficas* para la interacción con usuarios y el levantamiento de información y el modelo de diseño participativo para lograr una obtención de los datos directamente del área de estudio.

De este modo, al consultar el artículo de DinngoLab (2023) titulado ¿*Design Thinking* y cómo mejorar la competitividad de tu empresa?, nombra a Tim Brown, actual CEO de IDEO, quien señala:

> *El Design Thinking es una disciplina que usa la sensibilidad y métodos de los diseñadores para hacer coincidir las necesidades de las personas con lo que es tecnológicamente factible, y con lo que una estrategia viable de negocios puede convertir en valor para el cliente, así como en una gran oportunidad para el mercado*.

Esta visión estratégica puede incorporar dentro su estructura, el enfoque de diseño participativo donde se incluye la etnografía en las primeras fases para observar directamente y obtener los datos útiles con las personas vinculadas al problema para entender la situación y buscar una forma para solventarla. La visión estratégica del *Design Thinking* plantea las siguientes fases (DinngoLab, 2023):

Empatizar: ponerse en la piel de los usuarios del lugar**,** conociendo y entendiendo sus necesidades y dificultades.
Definir: cribar los hallazgos para identificar problemas, en base a sus deseos y necesidades.
Idear: etapa creativa para crear las posibles soluciones a la problemática.
Prototipar: permite hacer las ideas palpables y ayuda a visualizar posibles soluciones, buscando la validación de la mejor propuesta.

Testear: probar si los prototipos satisfacen la necesidad del usuario.

En este trabajo, también se planteó implementar la etnografía como una herramienta para lograr un acercamiento a la realidad donde ocurren los hechos, logrando una comprensión y descripción para conocer la cultura del área para entender cómo se relacionan las personas involucradas.

De ahí que la etnografía es entendida desde una doble vertiente. Por un lado, la conciben como un método de investigación que centra su objetivo en el estudio de las unidades sociales con el fin de describir, reconstruir e interpretar la realidad desde un punto de vista analítico de la cultura, formas de vida y estructura social del grupo estudiado (Serra, 2004, p. 165).

Desde lo metodológico, se utilizó la investigación documental para indagar en los aspectos referentes al diseño sostenible que se pueden aplicar al proyecto. Según Alfonso (1995, p. 2), *la investigación documental es un procedimiento científico, sistemático de indagación, recolección, organización, análisis e interpretación de información o datos en torno a un determinado tema. Al igual que otros tipos de investigación, éste es conducente a la construcción de conocimientos.*

2.1 FASE DE INVESTIGACIÓN DOCUMENTAL

Permitió indagar sobre conceptos en los que se desenvuelve el diseño urbano y que se deben aplicar o considerar para el desarrollo de la propuesta; se incluyeron las normativas vigentes que regulan el diseño de elementos urbanos en donde se evidencian las principales condicionantes para lograr una óptima dinámica para el lugar; y a nivel tecnológico, la literatura disponible sirvió como referencia respecto a los materiales y sus aspectos ambientales referidos a durabilidad, y los procesos tecnológicos, a implementar que mejor se adecuan al diseño.

2.1.1 FUNDAMENTOS TEÓRICOS EMPLEADOS

2.1.1.1 CONCEPTOS DEL ÁMBITO DEL DISEÑO DE ELEMENTOS URBANOS

En esta parte de la investigación se recolectaron diversos conceptos para comprender la visión del diseño de elementos urbanos, partiendo desde la concepción del paisaje urbano, el espacio público, la planificación urbana, los tipos de elementos urbanos empleados para el descanso y la recreación, los tipos de espacios urbanos para la recreación, la accesibilidad, la imagen ciudad y el placemaking. Fue de vital importancia incluir información referente a la dinámica entre los barrios y las ciudades, así como una aproximación del espacio público en los barrios, es importante para esta investigación abordar el diseño urbano sustentable y su implementación en los elementos urbanos. Ante la amplitud de cada uno de los conceptos nombrados se citan a continuación los más relevantes:

Placemaking: es una tradición dentro del diseño urbano que combina la preocupación por el diseño físico y la estética de los lugares con las cualidades del espacio urbano como un lugar de comportamientos humanos, interacción de personas y actividades sociales. (Carmona y Tiesdell, 2010, p.7).

Imagen ciudad: Según Blain et al. (2005, p. 337), se define como: *la creación de un nombre, símbolo, logotipo u otro grafismo que identifica y distingue un destino; que comporta la promesa de una experiencia memorable de viaje que se asocia exclusivamente con el destino; y que sirve para consolidar y reforzar la conexión emocional entre el visitante y el destino; que reduce los costes de búsqueda del consumidor y el riesgo percibido; todo con el objetivo de crear una imagen de destino que influya positivamente en la elección del destino por parte del consumidor*.

Mobiliario urbano sostenible: Pallo (2019, p.9), haciendo referencia a Zambrano (2014), señala lo siguiente: Es aquel que está pensado para ser útil y duradero, concebido para todos, hecho con materiales reciclados y reciclables y,

además, está fabricado por industrias cercanas y comprometidas con el medio ambiente. Es aquel que incorpora la aplicación de nuevas tecnologías y materiales para mejorar la eficiencia, potenciar el ahorro energético y minimizar la contaminación. Y por supuesto, todo ello sin merma estética, ni perjuicio de su calidad ambiental o lumínica.

2.1.1.2 PRINCIPALES MATERIALES Y PROCESOS PRESENTES EN VENEZUELA A SER TOMADOS EN CUENTA

Aunque existen diversas dificultades tecnológicas en el país, aún existen diversas empresas y presencia de materia prima para ser aprovechada en el diseño de productos a nivel nacional; respecto a materiales, los más comunes son: el aluminio, el acero inoxidable, el concreto, la madera y los plásticos, aprovechando los aspectos de sustentabilidad de estos materiales bien sea por su durabilidad y reciclaje como los metales (aluminio, acero, acero inoxidable), plásticos (HDPE, LDPE, PP, PET, etc.) y el concreto. Además, el empleo de la madera por su capacidad de ser renovable, se propone el empleo, por ejemplo, de las siguientes especies: Teca, Apamate, Azucarito, Algarrobo, Caramacate, Cacho, Carapa, Cartán, Caraño Blanco, Chupón, Gateado, Hielillo, Hierrito, Merecurillo, Mureillo, Majaguillo, Maramo, Pata de Danta, Purguillo, Roble, Sarrapia, Tampipio, Pino Caribe, etcétera. Ante la materia prima planteada, existen procesos de transformación como: corte CNC, corte plasma, doblado de piezas metálicas, soldadura, vaciado de concreto, mecanizado de madera, rotomoldeo e inyección de plástico, fundición de metales, otros.

2.1.1.3 BASES LEGALES VINCULADAS AL DISEÑO DE ELEMENTOS URBANOS

Existen diversas regulaciones vigentes que determinan las características ideales que deben estar presentes en el diseño de los elementos urbanos, de este modo se nombra: la Ley Orgánica del Poder Público Municipal en función de las

dimensiones de las aceras, rampas, caminerías, accesos y ubicación de áreas de descanso y bancos (art.276, art. 13, art.15, art.28, art.33, art.33, art. 39, art.40 , art. 41, art.42, art.43) ; la Ley Orgánica para la Recreación (art.19, art.20) ; las Gacetas Municipales sobre las limitaciones en función de la venta de alcohol, loterías, buhonería, y ubicación de elementos que estorben en el espacio público (Gaceta Municipal N°. 79-0151 Extraordinaria N°. 20; Gaceta Municipal N°. PPO198506ME100; N°. 79-0151 Extraordinaria N°. 13; Nro. 79-0151 Extraordinaria N°. 58.

2.2 FASE DE INVESTIGACIÓN ETNOGRÁFICA

A través de visitas al lugar, entrevistas a vecinos y profesionales, y la recopilación de material audiovisual, se logró obtener una visión detallada de las condiciones actuales del espacio. Se identificó una gran diversidad en las fachadas de las viviendas y comercios, lo que refleja la variedad socioeconómica de la zona. Además, se constató que este tramo es un punto de encuentro y paso obligado para muchos habitantes, debido a la ubicación de comercios, paradas de autobús y accesos a otros sectores de la ciudad. Esta información será fundamental para dar respuesta a las carencias y desarrollar una propuesta de diseño que se adapte a las necesidades y características específicas de la comunidad (Figuras 1 y 2).



FIGURA 1. Registro fotográfico de carencias respecto a elementos urbanos adecuados, vandalismo, accesos dificultosos y presencia de tomadores en los alrededores. Fuente: Elaboración propia.

A nivel de elementos urbanos, las figuras 1 y 2 exponen que existe un déficit evidente pues son prácticamente inexistentes y los que hay se encuentran en malas condiciones o han sido improvisados, sin mantenimiento y sin poder cumplir de forma efectiva las necesidades de la población.

Esta es un área de alto tránsito vehicular y peatonal pero debido a la delincuencia generalizada y la falta de espacios adecuados hacen que los ciudadanos permanezcan poco tiempo en el lugar, sumándose la presencia de tomadores principalmente los fines de semana; a esto se le suma, el mal estado de las calles, el vandalismo generalizado, la inexistencia de áreas para el resguardo ante condiciones climáticas, publicidades pegadas y desgastadas en las paredes, manifestaciones artísticas sin intención, no hay áreas delimitadas para los buses, presencia de indigentes, puestos improvisados de buhoneros que invaden las aceras, improvisación de cestas para la basura, casilla policial en desuso, presencia de tomadores, ausencia de señalética, diversos vehículos que se suben a las aceras, malos olores, escasa iluminación, una pérgola metálica sin uso y la incomodidad que experimentan los transeúntes debido a los abusos, la delincuencia y la venta de drogas que intimidan a la comunidad.



FIGURA 2. Registro fotográfico de carencias respecto a elementos urbanos adecuados, vandalismo, desorganización y carencia de espacios para el resguardo. Fuente: Elaboración propia.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se propone la creación de un nuevo espacio público que responda a las necesidades de la comunidad. Se busca un lugar que fomente la interacción social, el descanso y la recreación. Para ello, se plantean diferentes elementos como áreas de juego para niños, zonas de descanso para adultos, asientos, contenedores de residuos, mesas para juegos, jardineras y espacios verdes que embellezcan el entorno. Además, es importante garantizar la seguridad del lugar a través de una buena iluminación y sistemas de vigilancia.

El proyecto está diseñado para ser inclusivo y adaptable a diferentes grupos de edad. Se ha identificado que el rango de edad de los usuarios potenciales va desde los 3 hasta los 99 años, aunque se ha puesto especial énfasis en los jóvenes y adultos jóvenes. Asimismo, se han considerado los posibles actos vandálicos y se propone el uso de materiales duraderos para garantizar la longevidad de las instalaciones. La ubicación central del espacio también se considera estratégica, ya que podría impulsar el desarrollo comercial local y mejorar la estética general de la zona.

3.1 ANTECEDENTES Y CONCEPTUALIZACIÓN

Se realizó una investigación en línea para identificar diversos productos que sirvieran como punto de comparación y referencia respecto a aspectos mínimos o comunes con los que se debe dotar el diseño, incluyendo la funcionalidad, el uso, la forma, los atributos diferenciadores y comunes de cada propuesta. En la figura 3, se muestran 3 antecedentes de patentes, 4 antecedentes comerciales y 3 antecedentes de espacios en la ciudad de Mérida.

Siendo las características comunes de los productos consultados: el uso de materiales metálicos como acero inoxidable, aluminio; uso de madera en las

superficies; uso mínimo de 2 personas; superficies de los tubos pintadas con colores vibrantes; superficies para sentarse y recostarse y la utilización de materiales reciclados. Respecto a los atributos diferenciadores, algunos permiten tumbarse, algunos incluyen iluminación, funcionamiento eléctrico; y finalmente, inclusión de personas con discapacidad en algunos muebles.



FIGURA 3. Selección de antecedentes de patentes, antecedentes comerciales y de elementos urbanos presentes en la ciudad de Mérida (plazas o parques). Fuente: Elaboración propia.

3.1.1 CONCEPTO DE DISEÑO

Se buscó transformar un espacio urbano desagradable en un lugar acogedor y lleno de vida. Mediante un proceso creativo que incluyó la inmersión en la comunidad, la identificación de problemas y la generación de ideas. La fase de conceptualización se centró en desarrollar un concepto unificador que guíe el diseño. Se utilizaron diversas herramientas, como el método ASCABED y la creación de moodboards, para explorar diferentes posibilidades. Se tomó en

cuenta la visión de Mérida 2030 y se buscó contrastar los aspectos señalados como negativos por parte de la comunidad (desorden, abandono) con atributos positivos como la socialización, la armonía y la conexión con la naturaleza, de manera tal que se pudiesen integrar la dimensión morfológica de los elementos -entendidos como dispositivos que confieren identidad y legibilidad al entorno- con su dimensión funcional, asegurando que el equipamiento responda con eficacia a las demandas operativas del servicio público que prestan.

El concepto final, "La Morada de la Vida", evoca un espacio donde la vida florece y se desarrolla en armonía. Esta metáfora transmite la idea de un lugar acogedor, seguro y conectado con el entorno natural. Como se observa en la figura 4, los moodboards creados visualizan este concepto a través de imágenes que combinan elementos naturales y artificiales, reflejando la identidad de Mérida como ciudad turística y reserva de biosfera.



FIGURA 4. Moodboards/ collages de imágenes de referencia que evidencian los atributos formales para la generación de ideas. Fuente: Elaboración propia.

3.2 DESARROLLO Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS DE DISEÑO

Con el concepto “La Morada de la Vida” se realizaron cuatro propuestas a nivel de bocetos conceptuales iniciales que mostraron a grandes rasgos los atributos y usos propuestos para el lugar, siempre considerando áreas para transitar, accesos, elementos para sentarse y reposar, iluminación LED, incorporación de paneles solares, cubiertas y espacios para elementos naturales.

La primera, toma como referencia al crecimiento de las plantas en la naturaleza, por ello cada una de las cubiertas posee diversas alturas simulando formalmente también la configuración de una hoja; esta propuesta incluye jardineras y elementos urbanos de concreto con topes de madera para los usuarios, así como también iluminación LED y paneles solares. La segunda, incluye una cubierta modular que simula el patrón hexagonal de los paneles de abejas; dichos módulos sirven de cubierta e incluyen luz LED, paneles solares y módulos especiales para cubiertas verdes, en la parte inferior se incluyen asientos desplazables y elementos para el estacionamiento de bicicletas (Figura 5).

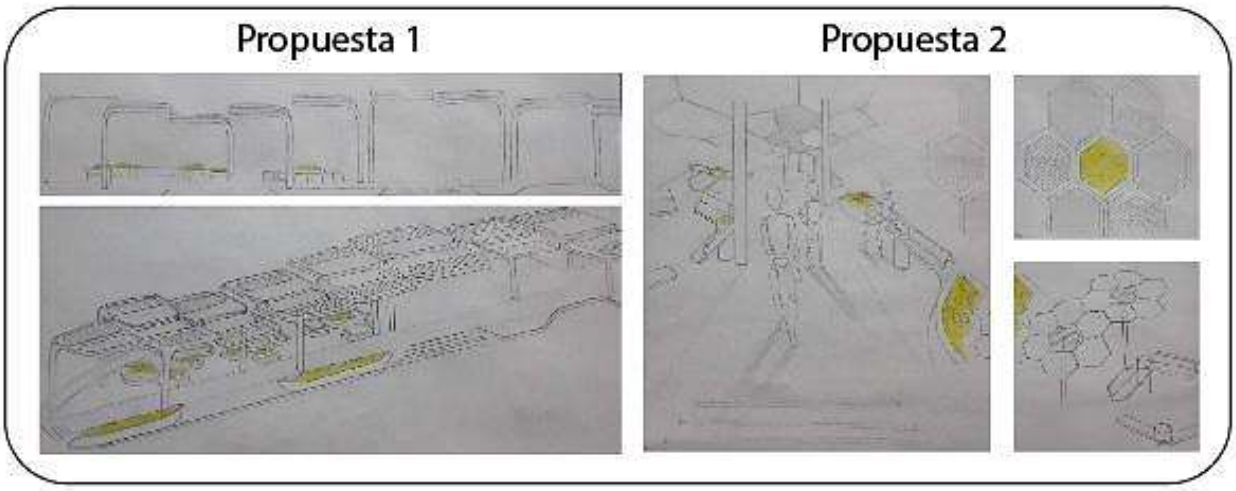


FIGURA 5. Elaboración de propuestas 1 y 2 a nivel de bocetos previos a la fase de selección de propuesta final. Fuente: Elaboración propia.

La tercera propuesta, se basa en una cubierta modular con la variación de ser curva y de simular una onda parecida a las montañas, consta principalmente de un módulo curvo que permite diversas configuraciones de asientos, funciona como estacionamiento para bicicletas e incorpora una franja de iluminación LED más áreas para cubierta verde y vegetación interna. La cuarta y última propuesta, se inspira en el refugio bajo los árboles; plantea cuatro módulos interconectados para el descanso (sentarse) y refugiarse del clima, incorporando una franja LED en todo el borde circular y empleando mayormente madera en la configuración, se diferencia al incluir un columpio (Figura 6).

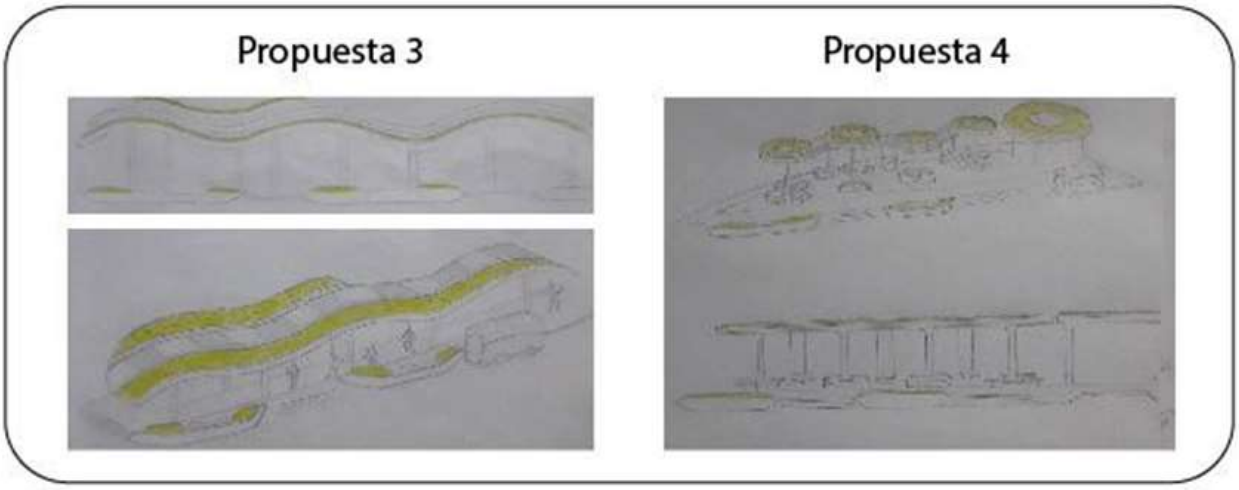


FIGURA 6. Elaboración de propuestas 3 y 4 a nivel de bocetos previos a la fase de selección de propuesta final. Fuente: Elaboración propia.

Para realizar la selección de la propuesta final se aplicó la herramienta (software) Expert Choice, que de acuerdo a los criterios como: forma, función, uso, técnico productivo y ergonomía, arrojó como propuesta más viable a la primera propuesta (inspirada en el crecimiento de las hojas), la cual también concordó con la opinión de los expertos y los miembros de la comunidad quienes señalaron a la primera propuesta como la más atractiva y viable para el lugar. El criterio de

durabilidad está presente en todas las alternativas por ello no se incluye en la matriz de Expert Choice.

3.3 DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA SELECCIONADA - "MOBILIARIO URBANO EDÉN- UN LUGAR PARA LA VIDA"

Es un conjunto de elementos urbanos conformados por cubiertas verdes, paneles solares, asientos modulares, papeleras, mesas, jardineras y bolardos los cuales permiten adoptar diversas configuraciones para ser ubicados en el boulevard del Barrio La Milagrosa (Figura7); pueden ser posicionados en otras partes de la ciudad con otras configuraciones, prestando el descanso y el resguardo ante el sol o la lluvia propiciando la socialización entre los ciudadanos acercando la naturaleza al área urbana.



FIGURA 7. Modelado 3D correspondiente a la Vista completa del Boulevard de La Milagrosa. Fuente: Elaboración propia.

3.3.1 CONSIDERACIONES CONCEPTUALES

Se refiere a un concepto natural, un lugar donde la vida florece en plenitud y armonía. Un espacio donde la vida es celebrada y todos se sienten en casa junto a

la naturaleza. Esto se ve reflejado por el uso de la madera como elemento natural, y también por el bajo impacto ambiental de los materiales.

La ciudad está rodeada de naturaleza; de allí provienen las configuraciones sencillas ue resultan de establecer analogías biológicas, mediante líneas rectas y curvas sutiles que evocan la configuración de una hoja, estas características aplican en los asientos y las cubiertas en el caso de estas últimas, poseen variedad de alturas para aludir al crecimiento de las hojas y su búsqueda del sol. Se incluyeron áreas naturales mediante jardineras, cubiertas verdes y bambusas que brindan armonía al lugar y constituyen el acercamiento de la naturaleza a la ciudad.

3.3.2 CONSIDERACIONES FORMALES

En el sector no hay referencias visuales materiales útiles para la generación de formas, pues no hay una uniformidad característica del lugar, por ello se tomó de referencia la naturaleza alrededor mediante la analogía biológica del crecimiento natural de las hojas (diferentes alturas) pues va en concordancia también con el lugar pues allí abundan viviendas con diferentes niveles de altura siendo este un atributo en común como se observa en la figura 8. De esta manera, nuevamente se destaca la integración de las dimensiones formal y funcional en los elementos urbanos propuestos.

El empleo de los materiales va acorde a su durabilidad por ello se seleccionó el concreto, el acero inoxidable y la madera. Así mismo, colores vinculados a lo natural (verde, azul, blanco). Está presente la proporción áurea, mediante una dimensión de 4,20 m x 2,60 m. Donde, 4,20 /2,60 = 1,61 concordando con el número áureo. Hay que destacar también algunos principios de diseño presentes: contraste (mediante áreas grisáceas respecto a la madera), Repetición (modularidad), simetría (dependiendo de la combinación modular), proporción áurea, semejanza etc.



FIGURA 8. Configuración simulando a dos hojas y un tallo que conforman el módulo de cubierta. Fuente: Elaboración propia.

3.3.3 CONSIDERACIONES FUNCIONALES

Áreas para conversaciones grupales, para reposar, sentarse, conversar; y para los más pequeños existen jardineras con arena para jugar y elementos como bancos y mesas desmontables para compartir alimentos o realizar juegos de mesa (Figuras 9 y 10). La conformación de las jardineras se realiza por medio de módulos individuales de concreto reforzado con fibra de polipropileno que permiten realizar varias configuraciones y con variaciones de altura; poseen un encaje incluido en la parte posterior del módulo, es de acero doblado insertado en el molde quedando dentro de la pieza ya fraguada, y sirve para situar el tornillo y la tuerca de seguridad n.27.



FIGURA 9. Módulos individuales de concreto reforzado con fibras de polipropileno, junta de dilatación y encaje lateral para pernos. Fuente: Elaboración propia.

Cuentan con una junta de dilatación de caucho para evitar el roce entre las piezas de concreto, compensando las diferencias dimensionales por la contracción o expansión del concreto. En el lateral derecho se encuentra un encaje en forma de pirámide trunca que calza dentro del siguiente módulo y evita su desplazamiento. Se incluyen topes de madera siendo más amigables al contacto. Los módulos están anclados al piso con tuercas de seguridad.



FIGURA 10. Áreas de descanso con bancos y mesas para la realización de juegos o compartir. Fuente: Elaboración propia.

Se promueve hábitos sustentables en los ciudadanos, por esta razón, hay módulos especiales para estacionamiento de bicicletas donde se apoya el uso de la bicicleta como medio de transporte sostenible y de menores emisiones de CO_2 generadas, se brinda una baranda metálica curvada para situar la bicicleta y amarrarla mientras la persona hace uso de las instalaciones o lugares alrededor.

Así mismo, se incorporan módulos especiales que conforman contenedores de residuos sólidos para clasificarlos de acuerdo al material (vidrio, plástico, metal, papel o cartón) para luego ser procesados en una planta de reciclaje (Figura 11).



FIGURA 11. Área para estacionamiento de bicicletas y respectivos contenedores separados para vidrio, papel y cartón, plásticos y metales. Fuente: Elaboración propia.

Existe la carencia de un lugar para resguardarse o protegerse ante condiciones ambientales, por ello se incluyen módulos de cubiertas de acero con iluminación LED popularizada por el bajo consumo energético empleando energía de paneles solares (Figura 12).



FIGURA 12. Área para la iluminación LED inferior alimentada por los paneles solares: Elaboración propia.

Esta iluminación tiene una capacidad de 100 lúmenes del tipo LED SMD y una eficiencia de hasta 150 lúmenes por vatio; en su parte superior incluye una cubierta verde. Estas cubiertas poseen dimensiones de 4,20 m x 2, 60 m con alturas variables; están hechas con lámina de acero de 8 mm y 12 mm cortada, doblada y soldada, así como los demás componentes que soportan la estructura. Además, cuenta con un soporte estructural de dos apoyos, se incluye un tercer refuerzo mediante dos guayas superiores de acero de 1" para soportar el peso.

En la figura 13, se muestra la incorporación de elementos naturales es un factor crucial para proporcionar un acercamiento de la naturaleza hacia las áreas urbanas, en este caso, se incluyen elementos de jardineras, cubiertas verdes y bambúes que poseen plantas bien sea como divisores de espacio o barreras de sonido (bambúes); pueden contar con grama común o plantas de carácter ornamental y de bajo mantenimiento (tomillo y Delosperma cooperi, etcétera).

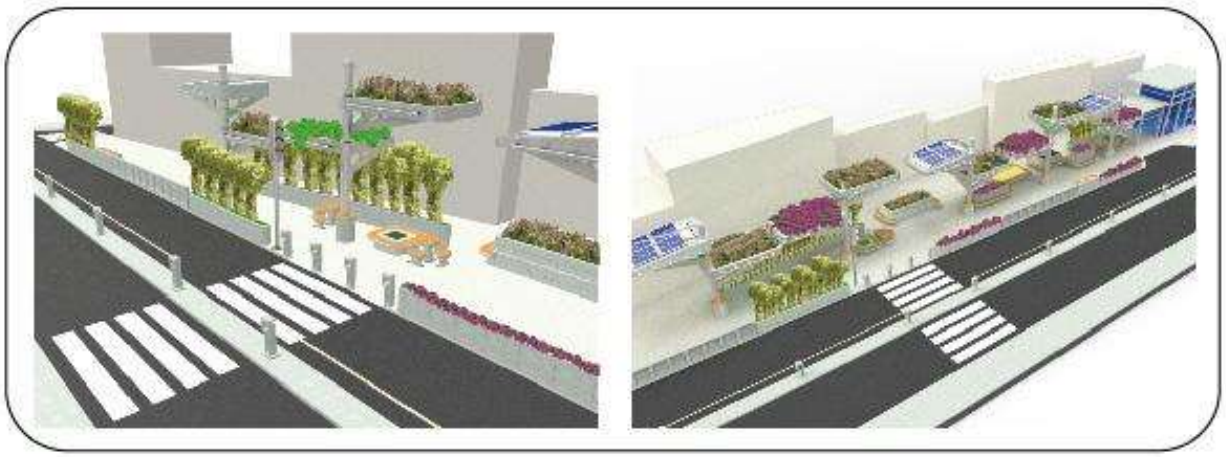


FIGURA 13. Visualización de áreas verdes, jardineras, cubiertas y bambuseras. Fuente: Elaboración propia.

Para las cubiertas, éstas deben tener un atractivo visual para que sean visibles y llamativas desde el nivel del suelo y se plantea el uso de plantas trepadoras, sedum, bromelias o especies de bajo mantenimiento como el tomillo.

No sólo se mantienen las entradas de los extremos, sino que se incorpora un acceso central mediante un cruce peatonal con un semáforo inteligente para solicitar el paso de transeúntes al momento de cruzar la avenida.

3.3.4 CONSIDERACIONES ESTRUCTURALES

Las piezas de concreto reforzado con polipropileno ofrecen una solución más ligera y resistente para la construcción, al reemplazar el acero tradicional. Este material reduce el peso de las estructuras en un 16%, facilitando su transporte e instalación. Como consideración especial se emplean espesores iguales o mayores a los 4 cm. Se incluyen Columnas de acero ECO-CONDUVEN de 12 mm y se anclan a la cubierta mediante pernos; y cubiertas compuestas por chapas de acero

A992Fy50 con un espesor de 8 mm. Se incluyen zapatas y placas metálicas para asegurar la estabilidad. Así como también refuerzos con perfiles de acero, guayas de acero A615Gr60 y cordones de soldadura de 9 mm. Respecto a las cargas, el primer nivel de la cubierta pesa 120 kgf/m2, el segundo 15 kgf/m2, sumándose 80 kgf/m2 correspondiente al mantenimiento y una carga de viento de 30 kgf/m2 (Figura 14).

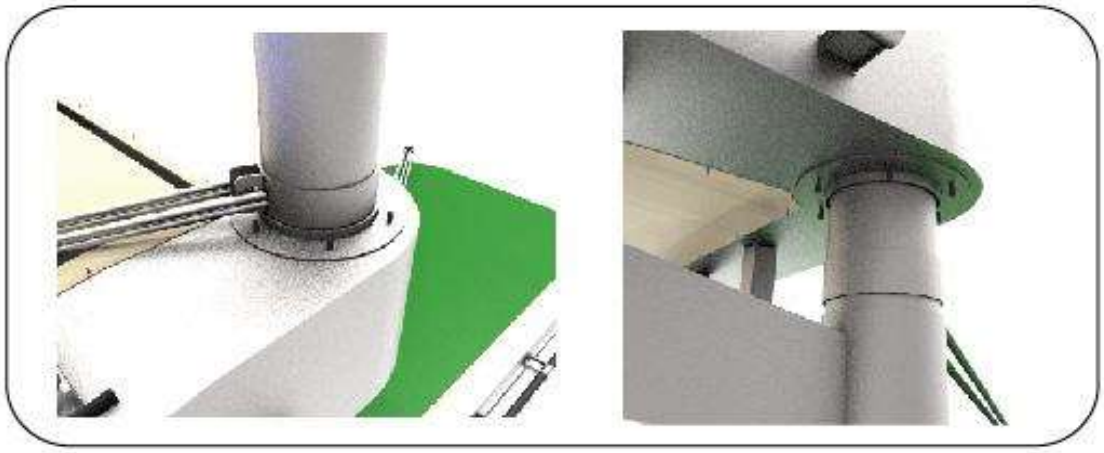


FIGURA 14. Detalle respecto a pernos y ubicación de guayas. Fuente: Elaboración propia.

3.3.5 CONSIDERACIONES TÉCNICO PRODUCTIVAS

Los materiales considerados de acuerdo al uso que se le dará a la propuesta deben ser resistentes, duraderos y encontrarse en el mercado nacional, es por ello que se seleccionaron: acero inoxidable 304 (en los módulos de estacionamiento para bicicletas), Acero A992Fy50. (Empleado en la estructura de las cubiertas), concreto reforzado con fibras de Polipropileno PP. para los módulos individuales de asientos, mesas, bancos, papeleras y bambúes, madera de Teca para las áreas de contacto; policarbonato alveolar (Tapas inferiores de las cubiertas) y plástico PVC. (Tapa superior, plato de desagüe y macetas individuales).

Respecto a los procesos de fabricación, éstos deben estar disponibles a nivel nacional también por ello se emplea: mecanizado de madera (corte y cepillado), corte CNC, corte plasma, curvado de madera, extrusión de perfiles metálicos, doblado de platinas o perfiles, soldadura por fusión, Inyección de plástico, encofrado y vaciado de concreto. Para los acabados, se consideran sellador para madera y poliuretano de alto tráfico.

3.3.6 CONSIDERACIONES COMERCIALES Y DE MERCADO

Para el sistema de productos EDÉN, se propone una variedad de configuraciones, las cuáles pueden ser adquiridas por instituciones, alcaldías, gobernaciones, parques, residencias o comunidades de acuerdo a las necesidades o dimensiones del lugar. Este conjunto de elementos tiene un público unisex y abarca edades desde los 3 hasta +99 años. Las ventas se pueden realizar bajo pedidos y comercialización vía Online donde se muestran las posibles combinaciones y las piezas que lo conforman con sus respectivas dimensiones.

3.3.7 CONSIDERACIONES DE USABILIDAD

Estos elementos son versátiles y adaptables; su diseño pensado para todas las edades y géneros, permite combinaciones diversas según las necesidades de cada lugar. La fácil sustitución de sus componentes garantiza una larga vida útil y facilita el reciclaje. Además, las dimensiones están calculadas para asegurar el confort y la accesibilidad de los usuarios. Por ejemplo, el área del tanque de arena, con un mínimo de 1m x 1m, puede ampliarse según sea necesario. Las mesas, con 0,60 m x 0,60 m, son ideales para juegos de mesa (Figura 15).

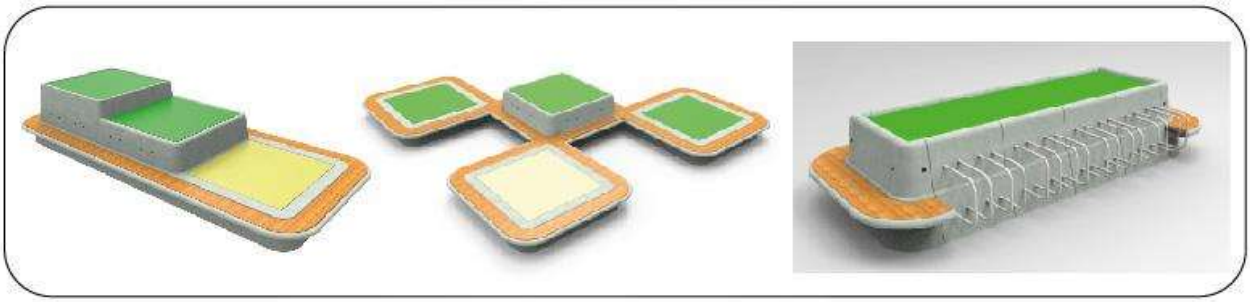


FIGURA 15. Diversas configuraciones de jardineras de acuerdo a las medidas del lugar. Fuente: Elaboración propia.

3.4 SUSTENTABILIDAD

Estos elementos se diseñaron con enfoque en la sostenibilidad y la reducción del impacto ambiental. Se han seleccionado materiales locales y duraderos como el acero, madera de teca, y concreto reforzado con fibra de polipropileno, los cuales pueden ser reciclados o reutilizados; por otra parte. La modularidad del diseño permite una fácil fabricación, reparación y reemplazo de componentes. Reduciendo la cantidad de material desperdiciado y facilitando el mantenimiento. Además, se han incorporado elementos verdes como jardineras y cubiertas vegetales, que purifican el aire, reducen el efecto de isla de calor, promueven la biodiversidad y generan bienestar psicológico; también se fomenta el uso de la bicicleta al incluir una propuesta de diseño de soportes fijos (staple racks) para su estacionamiento. Para minimizar el consumo energético, se han incluido paneles solares y luminarias LED. Estas tecnologías limpias reducen la huella de carbono y proporcionan una fuente de energía renovable para la iluminación y la carga de dispositivos electrónicos. Finalmente, se fomenta la conciencia ambiental a través de la inclusión de contenedores de reciclaje. La articulación de los aspectos antes mencionados favorece la consolidación de entornos urbanos amigables con el medio ambiente, logrando una sinergia donde la sostenibilidad es potenciada por la eficiencia funcional y los atributos estéticos del mobiliario urbano. De este modo, se garantiza que la optimización de los recursos ecológicos se realice

preservando la integridad visual y la operatividad del espacio público donde se proyecta su implantación.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El proyecto aporta una revitalización integral del Boulevard de La Milagrosa. A través de la incorporación de elementos urbanos cuidadosamente diseñados, transformando este espacio en un lugar más atractivo, funcional y sostenible para la comunidad. Involucra un enfoque centrado en las personas, mediante un profundo entendimiento de las necesidades y deseos de los habitantes de la zona.

Gracias a la aplicación de metodologías como el *Design Thinking* y el Diseño participativo, se han logrado identificar las problemáticas existentes y co-crear soluciones que respondan a las demandas locales. Este enfoque colaborativo garantiza que el proyecto sea relevante y sostenible a largo plazo.

EDÉN promueve la sostenibilidad y el cuidado del medio ambiente. La integración de la naturaleza, y materiales reciclados, contribuye a mejorar la calidad del aire, reducir la temperatura ambiental y fomentar la biodiversidad. Además, el uso de energías renovables y tecnologías eficientes garantiza un menor impacto ambiental.

Se cumple con el objetivo final de crear un espacio donde la comunidad se sienta identificada y orgullosa. Al ofrecer áreas de descanso, recreación y socialización, se fomenta la interacción y fortalece el tejido social. Asimismo, al proporcionar acceso a servicios básicos como conexión a internet, se mejora la calidad de vida de los habitantes.

EDÉN es solo el comienzo; el proyecto plantea la posibilidad de futuras ampliaciones y mejoras, siempre teniendo en cuenta las necesidades de la

comunidad como la recuperación de la casilla policial, la instalación de baños públicos y la creación de áreas de hidratación son algunas futuras mejoras.

5. AGRADECIMIENTOS

A la Universidad de Los Andes por la calidad académica, de investigación y apoyo institucional para realizar este proyecto, en específico a la Escuela de Diseño Industrial de la Facultad de Arquitectura y Diseño de la Universidad de Los Andes, que brindó las herramientas para abordarlo.

A los habitantes del sector La Milagrosa por ser tan receptivos y dispuestos a relatar su realidad y a sugerir soluciones para ella.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alfonzo, I. (1994). Técnicas de investigación bibliográfica. Contexto Ediciones.

Banco de Desarrollo para América Latina. (2022). Guía de Intervenciones para el Espacio Público. Herramientas municipales para la creación de Espacios Públicos de Calidad en América Latina.

Blain, C.; Levy, S. E. y Brent Ritchie J.R. (2005). Destination Branding: Insights and Practices from Destination Management Organizations. Journal of Travel Research, 43, 328-338.

Borja, J. y Muxi, Z. (2003). El espacio público: ciudad y ciudadanía. Grupo Editorial Random House Mondadori, SRL.

Carmona, M., Heath, T., Oc, T. y Tiesdell, S. (2010). Public Places - Urban Spaces: The Dimensions of Urban Design, 2da Edición. Architectural Press.

Contreras, W., Owen, M., León, W., Barrios, E., Contreras, A., y Contreras, A. (2.022). Maderas y algunas gramíneas para el ecodiseño y la construcción sostenible en Venezuela. Laboratorio de Sostenibilidad y Ecodiseño ULA-UPV.

DinngoLab. (2.023). ¿Qué es el Design Thinking? https://www.designthinking.es/inicio/index.php .

Pallo, F. (2.019). Propuesta de readecuación estética sostenible del mobiliario urbano de la ciudad de Mocache. Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil. https://docplayer.es/155177059-Universidad-laica-vicente rocafuerte-de-guayaquil.html.

Pérez, T. (2.011). Propuesta metodológica para establecer las pautas que permitan consolidar el espacio público y su sostenibilidad. Universidad Central de Venezuela.

Serra, C. (2.004). Etnografía escolar, etnografía de la educación. Revista de educación, (334), 165-176.

ECODISEÑO & SOSTENIBILIDAD

RES: ULA-UPV

N°17: 2024

DOI: https://doi.org/10.53766/ECOSOS/2024.17.02

ARTÍCULO 002 RES 17: 2024

ECODISEÑO & SOSTENIBILIDAD
RES: ULA-UPV
N°17: 2024

Artículo RES 002

CRISIS GEOAMBIENTAL SOSTENIBLE: EL CASO MONUMENTO NATURAL LAGUNA DE URAO – MÉRIDA, VENEZUELA

Sustainable geoenvironmental crisis: the case of the Urao lagoon wetland natural monument – Mérida, Venezuela

[1]OMAR ANTONIO GUERRERO
[2] ANAIRAMIZ ARANGUREN HERNÁNDEZ
[3]LENI PRADO
[4]GERARDO PINEDA

[1] Facultad de Ingeniería – Escuela de Ingeniería Geológica – ULA. Mérida – Venezuela. Asesor de la FUNDALAGUNA. E-mail; oag2021@gmail.com. ORCID: https://orcid.org/0009-0001-3642-0758.
[2] Facultad de Ciencias. Escuela de Biología. ULA. Mérida – Venezuela. Asesora de la FUNDALAGUNA. E-mail; anairamiza@gmail.com; ORCID: https://orcid.org/0000-0002-5855-8539.
[3] Facultad de Ingeniería – CIDIAT – ULA. Mérida – Venezuela. Asesor de la FUNDALAGUNA. E-mail; leniscarolap@gmail.com; ORCID: https://orcid.org/0009-0001-3642-0758.
[4] Exdirector y Asesor de INPARQUES. Mérida – Venezuela. E-mail: ecohabitat2023@gmail.com

Recibido: 23/06/2024 **Aceptado:** 07/11/2024

RESUMEN

El Monumento Natural Laguna de Urao, es conocido en los Andes centrales venezolanos por la precipitación de sesquicarbonatos de Na, K y Ca. Actualmente este sistema lacustre, está disminuyendo su espejo de agua y batimetría de manera alarmante, debido a diferentes causas como la disminución de la precipitación media anual, que se acentuó entre los años 2013 al 2015 con valores por debajo de 400 mm de media anual; construcción de un anillo urbanístico hacia la parte alta de la cuenca alimentadora de agua de la laguna con la consiguiente construcción de viviendas, vialidad y cloacas, que producen interrupción del flujo superficial y sub superficial de las aguas de lluvia, que deberían alimentar parcialmente al cuerpo de agua; el desvió de agua para la agricultura y la ganadería extensiva; la tala indiscriminado de las partes altas y medias de las microcuencas San Miguel y El Molino; así como los usos actuales del suelo no aptos para la preservación e higiene de este Monumento. Este conjunto de actividades resulta en fuerte desbalance hídrico. La disminución progresiva del espejo de agua de Laguna de Urao y de su espacio disponible para almacenamiento natural de agua causa

concentración de elementos fisicoquímicos que modifican su pH y, por ende, la sostenibilidad del frágil ecosistema que controla su vitalidad.

Palabras clave: Andes venezolanos, humedal, Geoloecología, uso del suelo.

SUMMARY

The Laguna de Urao Natural Monument is known in the central Venezuelan Andes for the precipitation of sesquicarbonates of Na, K and Ca. Currently, this lake system is decreasing its water mirror and bathymetry in an alarming way, due to different causes; decrease in the average annual rainfall, which was accentuated between 2013 and 2015 with values below 400 mm of annual average, construction of an urban ring towards the upper part of the water feeder basin of the Laguna de Urao Monument with the consequent construction of houses, roads and sewers, which produce interruption of the surface and subsurface flow of rainwater, which should partially feed the body of water and the use of water for agriculture and extensive livestock farming, as well as the indiscriminate felling of the upper and middle parts of the San Miguel and El Molino micro-basins, as well as the current uses of the land unsuitable for the preservation and hygiene of this Monument. This set of activities results in a strong water imbalance. The progressive decrease in the water surface of Laguna de Urao and its available space for natural water storage causes a concentration of physical-chemical elements that modify its pH and, therefore, the sustainability of the fragile ecosystem that controls its vitality.

Keywords: Venezuelan Andes, wetland, Geoecology, land use.

1. INTRODUCCIÓN

El Monumento Natural Laguna de Urao (Decreto N° 172, de fecha 18 de junio de 1979, publicado en Gaceta Oficial de la República de Venezuela N° 31 760, de fecha 19 de Junio de 1979), localizado en Lagunillas, Municipio Sucre, estado Mérida, Venezuela, posee un gran valor no solo por ser el asentamiento y parte de la historia de la génesis del pueblo aborigen de “Los Lagunillas” en el proceso de fundación y desarrollo como pueblo de indios en los periodos colonial - poscolonial y actual ciudad de Lagunillas, sino por tener, un sistema lacustre de aguas con sesquicarbonatos de Na, K y Ca (Urao – *Gaylissute*), único en nuestro país (Mazzarino, 2000).

Actualmente este sistema lacustre, está disminuyendo el espejo y lámina de agua de manera alarmante, debido a diferentes causas, entre otras, la disminución de la precipitación media anual, que se acentuó entre los años 2013 al 2016 con valores por debajo de 400 mm de media anual; sumándole el dinámico crecimiento demográfico, que ha requerido de grandes extensiones de terrenos urbanos para la construcción de los servicios básicos, llegando a afectar el territorio circundante de la laguna y su sistema de recolección de aguas torrenciales, así como la intervención por actividades antrópicas donde se asienta la ciudad y sus alrededores, que requiere ser restaurada por la profusa deforestación en las micro cuencas de las quebradas de El Molino y San Miguel para usos agropecuarios (Madroñero y Rojas, 2018).

Este conjunto de actividades antrópicas resulta en fuerte desbalance hídrico del flujo superficial y subterráneo del sistema lacustre de Laguna de Urao. La disminución progresiva del espejo y lámina de agua, causan concentración de las sales del agua, que modifican su pH y, por ende, la sostenibilidad del frágil ecosistema que controla su vitalidad (PROFORCA, 2002). Se exponen una serie de evaluaciones de monitoreo de la batimétricas y geoquímicas de las aguas del sistema lagunar para conocer el estado fisicoquímico y pronosticar las condiciones de sostenibilidad ambiental.

1.1. Localización del monumento natural Laguna de Urao

El complejo de humedales Laguna de Urao está localizado en el occidente de Venezuela, en los Andes venezolanos, parroquia Lagunillas capital del municipio Sucre del estado Mérida, a una distancia aproximada de 30 km al sureste de la ciudad de Mérida (capital del estado Mérida; Figura 1), entre las coordenadas geográficas 08°30´05” Latitud Norte y 71°23´32” Longitud Oeste, a una altitud de 1030 m s.n.m. (espejo de agua de laguna de Urao).

El Monumento Natural, se encuentra ubicado en el perímetro urbano de la población de Lagunillas. El toponímico que identifica a la parroquia capital del

municipio Sucre, se deriva justamente, de ese atractivo reservorio natural de agua, debido a que el conquistador español Juan Rodríguez Suárez, en las postrimerías del año 1558, bautizó a la población indígena allí asentada, con el nombre de "*La Lagunillas*" (Clarac 1981; Meneses et al., 2007).

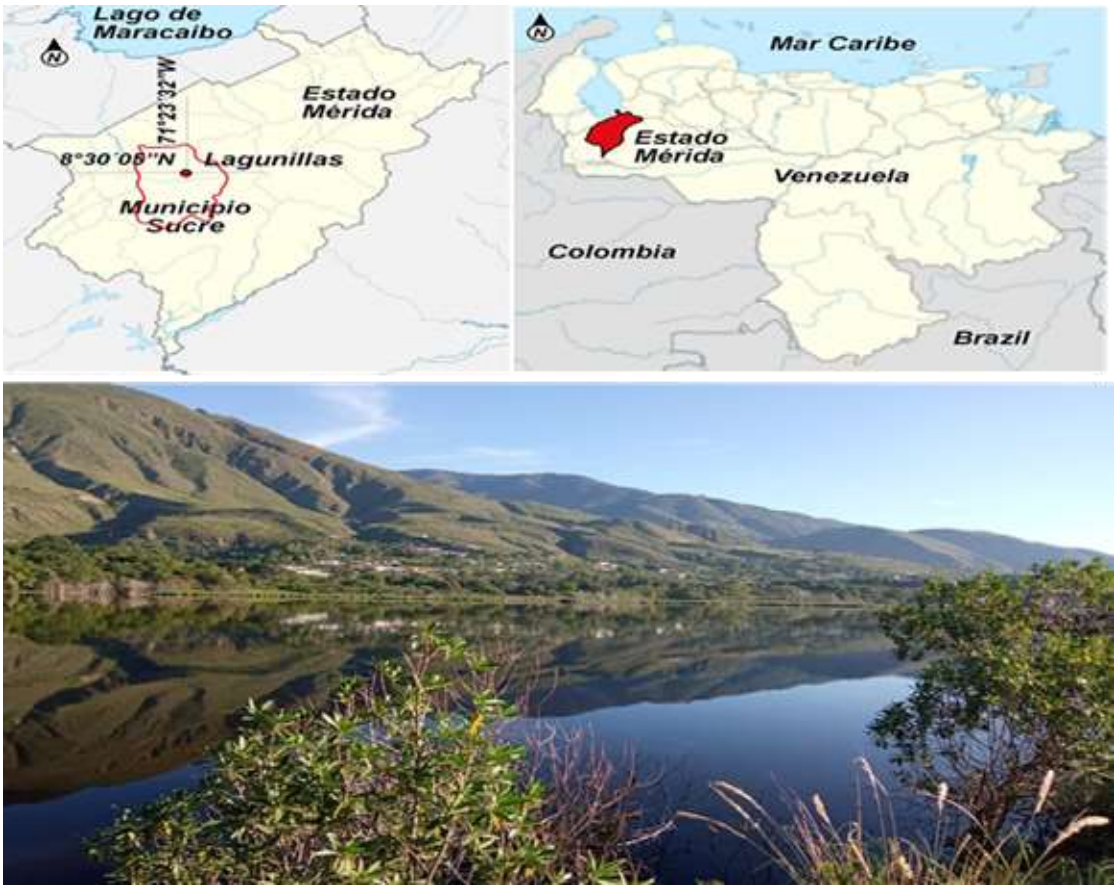
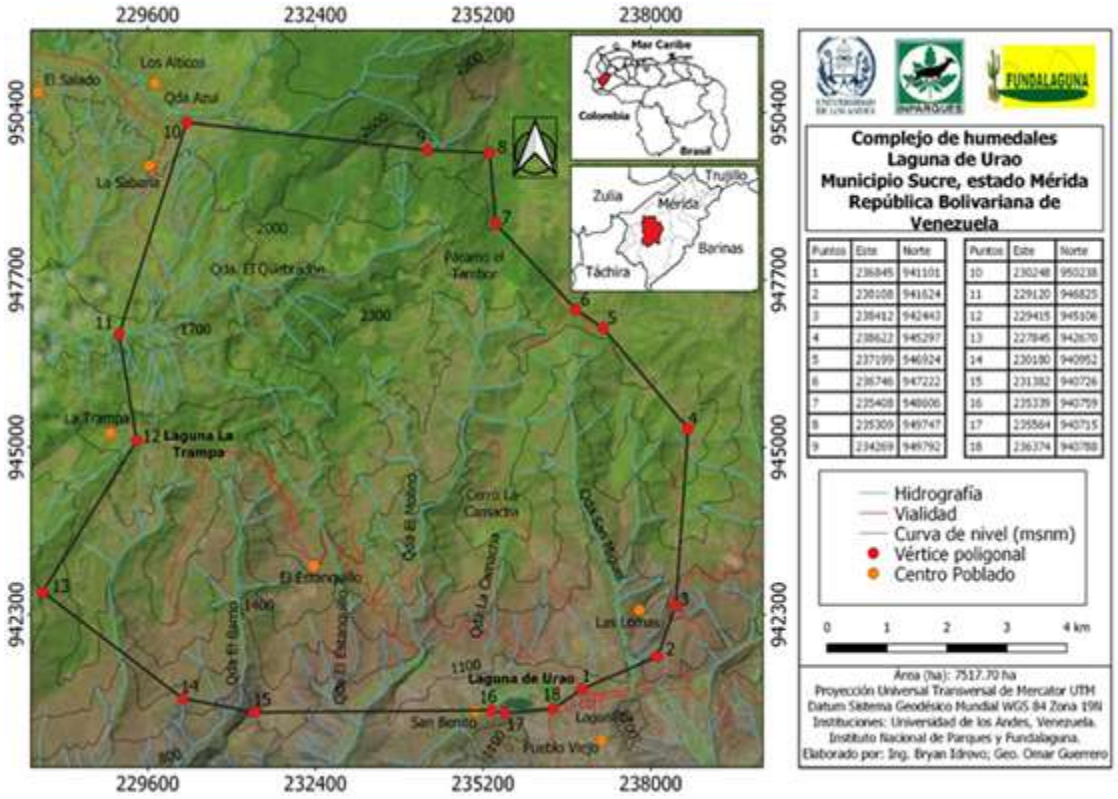


FIGURA 1. Localización del estado Mérida y municipio Sucre donde se localiza el complejo de humedales Monumento Natural Laguna de Urao – Mérida, Venezuela. Fuente: Guerrero y Contreras Miranda, 2018.

El Monumento Natural tiene un área de 29,7 ha., aunado al área de 5 562 ha decretada por el Juzgado con competencia en lo ambiental del estado

Mérida, como zona de protección de zona de recarga de los acuíferos de laguna de Urao (Figura 2).

Las micro cuencas hidrográficas que alimentan al sistema lacustre laguna de Urao tienen un área de 8,37 km^2 y sus altitudes varían desde los 2 200 m en el punto más alto hasta los 1 030 m de la orilla de la laguna. Su forma, vista en planta, es sub triangular, siendo uno de sus vértices el punto más alto y, el lado opuesto, el bloque levantado de la falla que limita el sistema lagunar por el sur. Sus otros dos límites laterales, son dos quebradas o arroyos, la del Molino al oeste y la de San Miguel al este.



Puntos	Este	Norte
1	236845	941101
2	236108	941624
3	238412	942443
4	238622	945297
5	237199	946924
6	236746	947222
7	235408	948006
8	235309	949747
9	234269	949792

Puntos	Este	Norte
10	230248	950238
11	229120	946825
12	229415	945306
13	227845	942670
14	230180	940952
15	231382	940726
16	235339	940759
17	235564	940715
18	236374	940788

FIGURA 2. Poligonal del área propuesta para complejo de humedales laguna de Urao, decretada por el juzgado con competencia en lo ambiental del estado Mérida, 2018. Fuente: Elaboración propia con datos de INPARQUES y FUNDALAGUNA.

Dentro de la cuenca de drenaje se distingue una zona de relieve en la parte norte y una zona de cuenca deprimida en la parte sur. El límite entre estas dos zonas lo conforman la traza norte de la falla de Boconó, la cual limita por el norte la cuenca de *pull apart* de Lagunillas (Medina et al., 2008; Huerta et al., 2012). Dentro de esta cuenca se distingue la zona de margen dominada por depósitos de abanicos aluviales y la zona lacustre (Figura 3).

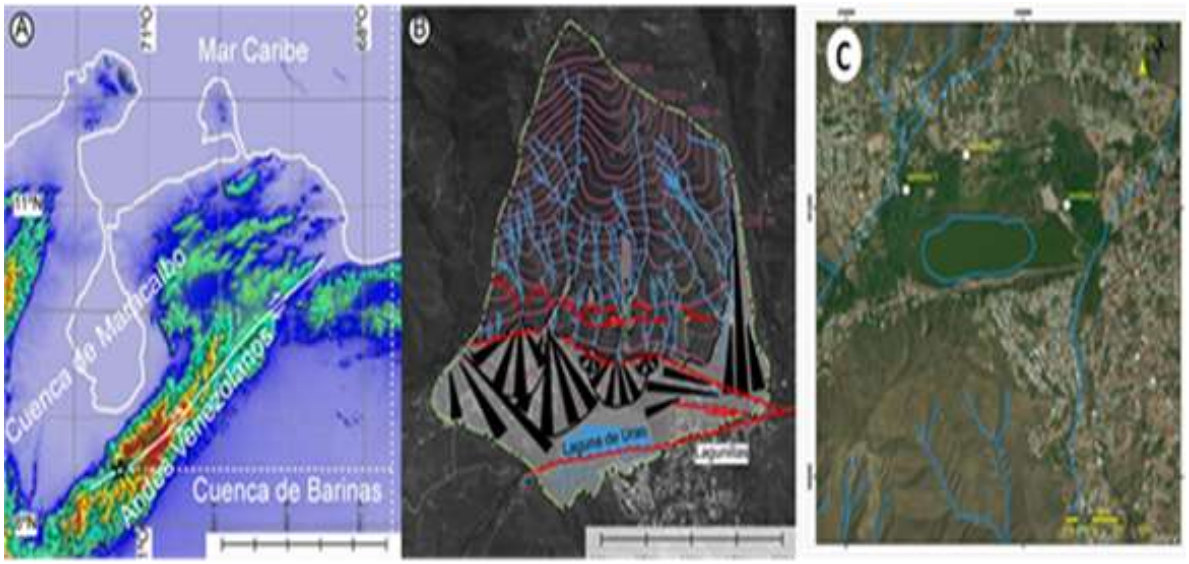


FIGURA 3. Localización de laguna de Urao, dentro del contexto geomorfológico y estructural del occidente de Venezuela. Fuente: Huerta et al. (2012).

1.2. Algunos aspectos geoecológicos del humedal laguna de Urao

El complejo de humedales laguna de Urao, se encuentra dentro de la cuenca media del río Chama, siendo una de sus características geológicas y geoquímicas principales, la de contener sesquicarbonatos de sodio y calcio (Urao o Trona). Además, se deposita en su seno el mineral de gaylussita (*gaylussite*), que es un carbonato sodio-cálcico pentahidratado ($Na_2Ca(CO_3)_2{\cdot}5H_2$), descubierto en Lagunillas (estado Mérida, Venezuela) en 1826 siendo dedicado su nombre al químico francés Joseph Louis Gay-Lussac

por los investigadores Jean-Baptiste Boussingault y Mariano Rivero. Las referencias del mineral pueden consultarse en: Palache, Berman y Frondel (1951); Fahey (1962); Menchetti (1968), citados más recientemente en Klein y Hurbult (1996).

Estos depósitos sedimentarios de sales carbonatadas y sódicas, han sido utilizados desde antaño por los habitantes originarios de esas localidades, como condimento en su dieta diaria, en la elaboración del chimó, definido como: una jalea preparada con hojas de tabaco cocido (Moó), harina de trigo, agua y urao en forma de salitre y como producto medicinal y cosméticos en los baños de medicina terapéutica por sus propiedades farmacéuticas (Burguera, 1983; Huerta et al., 2012; Guerrero y Guerrero Camargo, 2017; Guerrero et al., 2020).

Según la clasificación de humedales de RAMSAR (2006), podemos considerar, que el humedal laguna de Urao, se clasifica como **QSpUZk(b),** eso indica un humedal tipo **Q**: Lagos permanentes salinos/salobres/alcalinos. **Sp:** Pantanos/esteros/charcas permanentes salinas/salobres/alcalinos. **U:** Turberas no arboladas; incluye turberas arbustivas o abiertas (“bog”), turberas de gramíneas o carrizo (“fen”), bofedales, turberas bajas y **Zk(b):** Sistemas kársticos y otros sistemas hídricos subterráneos, continentales.

El complejo de humedales Laguna de Urao, permite la existencia de diversos ambientes geoecológicos, que lo transforman en un refugio natural, tanto para la fauna silvestre local y migratoria, como para la flora de esta subregión semiárida. Aranguren et al. (2015), lo describen como un Bosque xerófilo, excluyendo otro tipo de comunidades vegetales. Según características fisionómicas y estructurales, describe cinco formaciones: peladal, *rassicauletum* (tunal o comunidades de *Opuntia* y cardonal), espinares (enanos, medios y arborescentes) y matorrales (altos, medios y bajos) (Figura 4).



FIGURA 4. Vistas del Monumento Natural Laguna de Urao. Fuente: FUNDALAGUNA, 2024.

La disminución del espejo de agua de laguna de Urao y el cambio de su composición fisicoquímica a condiciones más ácidas han representado la disminución drástica de poblaciones de caracoles, peces y aves, además de especies vegetales hidrófilas asociadas a la misma. Por otra parte, representa la pérdida del hábitat para las especies migratorias, que se mueven por el valle del río Chama desde los llanos de Barinas y del sur del lago de Maracaibo.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Las evaluaciones para determinación geoquímica del humedal Laguna de Urao permitieron evaluar tanto la batimetría como las condiciones de algunos elementos químicos. Se aplicó geoquímica isotópica de agua para determinar su huella geoquímica (2δH-Deuterio y 18/16δO). El equipo

utilizado fue un Espectroscopio Laser de Inyección Automática (analizador DLT-100) del laboratorio de agua y suelo del CIDIAT. También se procesaron muestras con equipo de ICP-AES bajo método titulimétrico en el laboratorio de mineralogía de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Los Andes. La batimetría se realizó con equipo de bote inflable y sonda batimétrica marca Himax Sounder y fueron los datos procesados con programa libre QGIS.

2.1 Fase de investigación documental y registro de campo geológico: Lo crítico de su sostenibilidad Geoecológica

El primero reporte de exploración subacuática de la laguna de Urao (Lagunillas, estado Mérida) fue publicado por Drusini et al. (1985) con fines arqueológicos, se realizaron varias incursiones de buceo en la lámina de agua de laguna de Urao, reportando profundidad máxima promedio de 4,5 m., presencia de madera, clavos y restos de un antiguo muelle. Así como, abundante cantidad de sedimentos en suspensión que limitaba la visibilidad (visibilidad máxima promedio 30 cm,) y el espesor de sedimento en el fondo lagunar fue entre 20 y 40 cm,, haciendo imposible cualquier reconocimiento de objetos en el fondo y los estratos fangosos se apoyan sobre capas arcillosas de espesores variables.

La primera batimetría y monitoreo geoquímico de lámina y espejo de agua de laguna de Urao fue realizada por el equipo de la ULA – Grupo Terra en junio 2011, y reporto un área de espejo de agua de 184 618,4 m^2y una profundidad de lámina de agua en promedio de 4,9 m., con depocentro (máximo batimétrico) de 11,75 m., lo que sitúa su fondo en la cota 1 017,7 m s.n.m. (Figura 5).

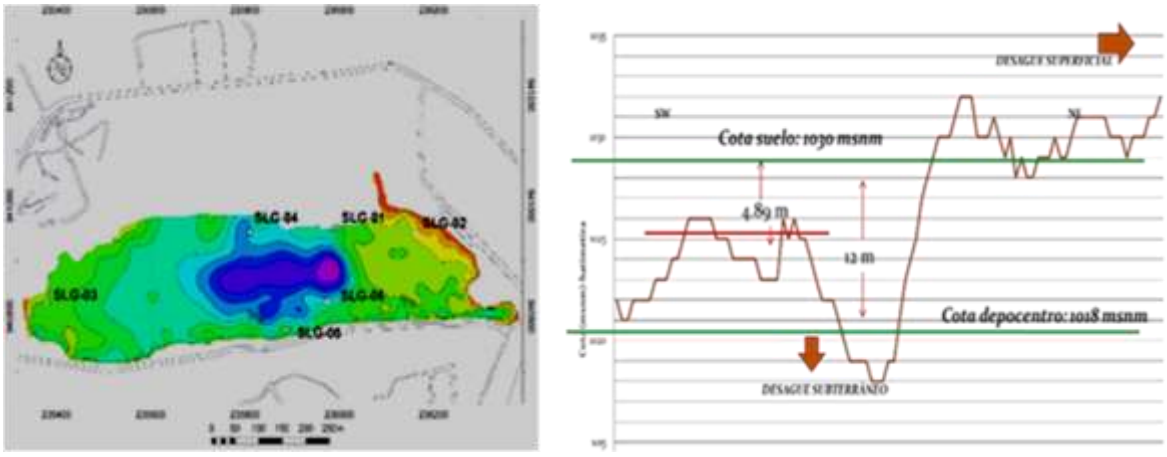


FIGURA 5. Mapa y perfil de batimétrico de laguna de Urao medido en el año 2011. Las cotas del fondo están indicadas en metros sobre el nivel del mar (m s.n.m.). Se ha considerado que la superficie de la laguna está a 1 030 m. Fuente: Huerta et al. (2012).

Los máximos niveles batimétricos o depocentros, se distribuyen de forma alargada paralela a la dirección de la falla sur con un gradiente marcado de dirección NNO-SSE situado al este, las zonas más profundas. La temperatura media anual en la zona es de 20°C a 1000 m s.n.m. (mientras que, la laguna de Urao se encuentra a 1030 m s.n.m.). La precipitación media anual alcanza como máximo a 500 mm promedio, por lo que se considera, que esta área tiene un clima semiárido seco (Guerrero et al., 2020) (Figura 6).

La estación lluviosa en la región va desde el mes de marzo hasta octubre, siendo estación seca el resto del año. La Sierra de la Culata situada al norte, ejerce un efecto orográfico, impidiendo la entrada de vientos húmedos procedentes del Caribe (Alisios del NE); y los vientos locales provenientes de la Sierra Nevada de Mérida, dificultando así la formación de precipitaciones en la zona formando un paisaje semiárido seco por efecto Föehn (Medina et al., 2001).

REVISTA ECODISEÑO & SOSTENIBILIDAD (RES)
DOI: https://doi.org/10.53766/ECOSOS/ - ISSN-1856-9552
Sede Institucional: Laboratorio de Sostenibilidad y Ecodiseño ULA-UPV, Laboratorio Nacional de Productos Forestales.
Galpón Principal. Tercer Piso. Avenida Principal hacia Chorros de Milla. Conjunto Forestal. Mérida 5101, Venezuela.
Teléfonos: +58-4121269540 / +58-4247370411. E-mail: revecodisostenibilidad@gmail.com revecodiseno@ula.ve
WEB: http://erevistas.saber.ula.ve/ecodiseno

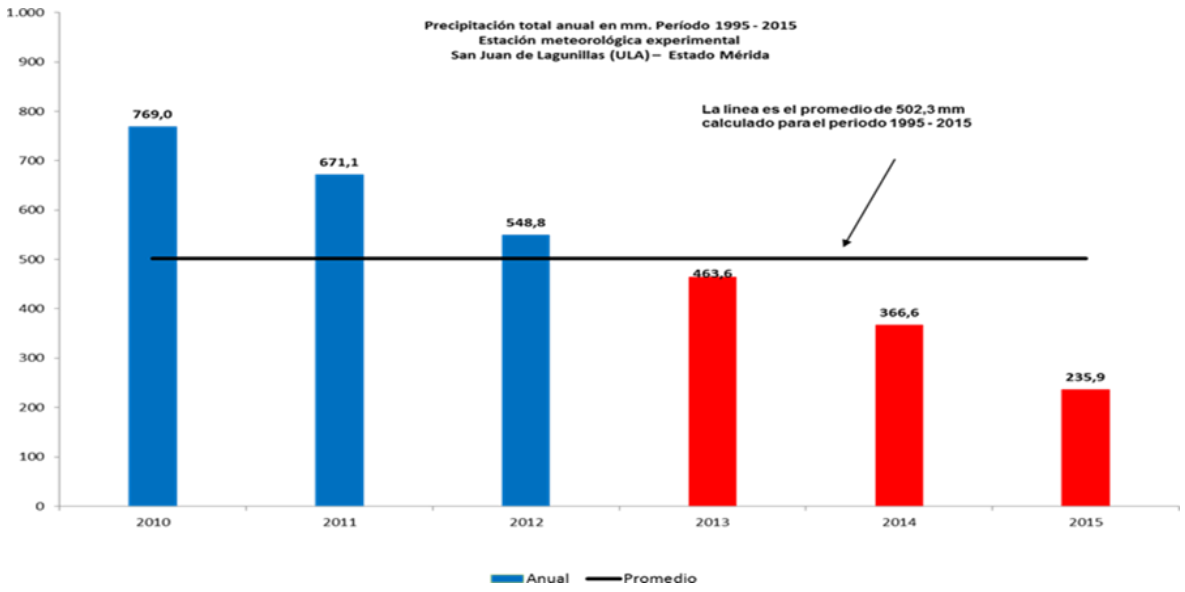


FIGURA 6. Datos de precipitaciones medias 1995 – 2015, se muestra un descenso importante en el periodo 2010 – 2015. Fuente: Elaboración propia basado en datos de la estación meteorológica experimental de San Juan de Lagunillas de la Universidad de Los Andes.

Las mediciones batimétricas realizadas en el mes de agosto del año 2016 (Figura 7), determinaron una disminución significativa de la profundidad de la lámina y del espejo de agua que, al compararse con la obtenida en el año 2011, representa una pérdida del 36,7 %, con una profundidad promedio de lámina de agua de 0,61 m. y depocentro de 1,40 m. aproximados.

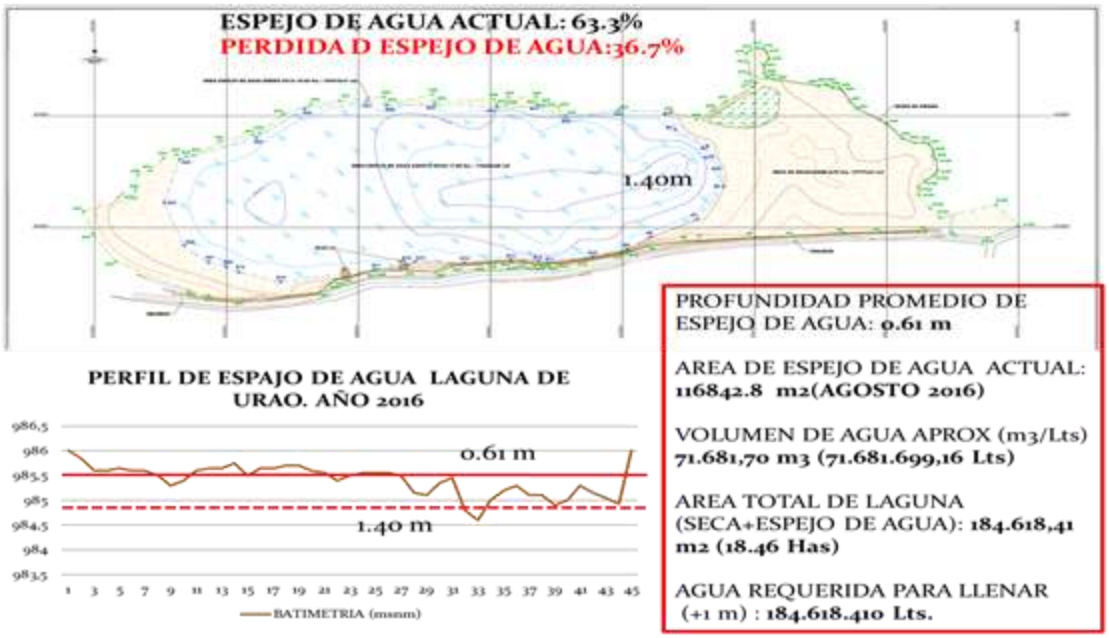


FIGURA 7. Condiciones batimétricas de laguna de Urao, se discrimina el área de espejo de agua (m^2) y la zona seca para lecturas realizadas; enero 2013 (1^{era}), las medidas de agosto 2016 (2^{da}) y junio 2017 (3^{era}), son las medidas iniciales cuando se aplicó las técnicas de recuperación de espejo de agua, a través de reactivación y restauración de los afluentes de sus manantiales. Fuente: Guerrero y Contreras, 2018.

Esta pérdida del área inundada y su eventual exposición a la radiación solar directa, produjo una importante deshidratación del material granular (arcilla + limos), que trajo como consecuencia formación de polígonos de encogimientos y un incremento de porosidad por agrietamiento en los sedimentos, así como un crecimiento de la infiltración y percolación del agua a los niveles inferiores del horizonte de los suelos (Figura 8).

Los resultados promedio de batimetría de la lámina de agua de Laguna de Urao para el año agosto de 2016, indican que existe una situación de balance hídrico crítico (Guerrero y Contreras Miranda, 2018), pues la profundidad

promedio de la lámina de agua fue de 0,61 m., siendo la profundidad batimétrica mayor (depocentro) de 1,40 m. Mientras que, el volumen de agua estimado fue de 71 681,70 m^3 (71.681.699,16 l.).



FIGURA 8. Áreas expuestas por retiro del espejo lagunar antes del inicio de los trabajos de recuperación en el año 2016. Fuente: Elaboración propia.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Considerando las condiciones geoecológicas presentadas en los apartados anteriores, se plantea la aplicación de un protocolo de evaluación geológica de campo para realizar un diagnóstico que nos permitiera establecer medidas de mitigación, en principio se propuso un plan de recuperación del espejo y lámina de agua de laguna de Urao: fundamentado en que la crisis es un proceso cíclico.

Debido a la situación de crisis de balance hídrico y la pérdida del espesor de lámina y espejo de agua de la zona inundada de la laguna de Urao, se

procede a localizar fuentes de agua (manantiales) y evaluar del sistema hidrogeológico en la zona (Figura 9). Aplicando medidas de mitigación para disminuir el impacto negativo e hidratar las zonas secas de los alrededores de la laguna, a través del siguiente procedimiento:

a) Localizar y evaluar los aportes de caudales naturales. Fueron medidos en los siete (7) puntos de manantiales adyacentes a laguna de Urao (desviados para otros fines por las viviendas, que habitan en las cercanías de la laguna). Se registran para mediciones realizadas en los años 2016 y 2017, un caudal promedio de 6,61 litros/s. Para periodos secos (enero–marzo), la disminución se estima en un 43% del caudal para periodos de lluvias (Tabla 1).



FIGURA 9. Localización de los manantiales que suministran agua al sistema de laguna de Urao. Fuente: Elaboración propia a partir de imagen Google Earth (2023). Manantiales: 1. Pozo los invernaderos; 2. Pozo vivero Luis Terán; 3,4 y 5. Los Cocos; 6. Finca Familia García; 7. Fundación del Niño.

b) Estimular el ascenso del nivel freático de las zonas secas. Se estimó un área de 67 775,61 m^2. A través del dragado de material en área de 30 m. x

10 m. y profundidad de 1 m. (Figura 10), con el propósito de extraer un volumen de 300 m^3 de material sedimentario.

TABLA 1. Mediciones de caudal promedio realizados en los manantiales que surten a laguna de Urao para los meses de agosto (2016) y septiembre (2017). Fuente: Elaboración propia.

Agosto 2016				Septiembre 2017		
Medidas (promedio)	**Tiempo (s.)**	**Litros (l)**	**Caudal promedio (l/s.)**	**Tiempo (s.)**	**Litros (l)**	**Caudal promedio (l/s.)**
1	8,00	13,5	1,69	8,00	13,5	1,69
2	10,45	18	1,72	10,50	18,00	1,72
3	3,57	4,83	1,36	5,46	8,60	2,93
4	17,56	2,94	0,17	27,15	3,00	0,28
					Total Q (l/s):	6,61

c) Estos espacios (calicatas). Fueron rellenados con agua proveniente de las fuentes y manantiales, que contienen agua de las mismas propiedades fisicoquímicas. Con el propósito de nivelar la mesa de agua o nivel freático en el subsuelo a través de la hidratación y posterior relajación de los sedimentos (limos + arcillas esencialmente motmorillonitas sódicas), incrementando el espacio disponible para almacenar más agua.

d) Resultados obtenidos de los sondeos eléctricos verticales. Permitieron determinar las siguientes características en el subsuelo de las adyacencias de laguna de Urao (Figura 11):

d.1) Se obtuvieron cuatro (4) horizontes de sedimentos y un basamento metamórfico. Los horizontes de sedimentos corresponden a; estrato de gravas y arenas secas, arenas saturadas, arcillas y acuífero somero.

d.2) La profundidad del acuífero somero se localiza a cinco metros (5 m), de la superficie del suelo. Pero se estima que el acuífero más profundo

está limitado por arcillas e interrumpido por el estrato de gravas y arenas, por lo que se estima que toda la unidad está saturada con agua.

d.3) La profundidad del basamento se estima entre 21 – 30 m., con respecto al nivel del suelo.

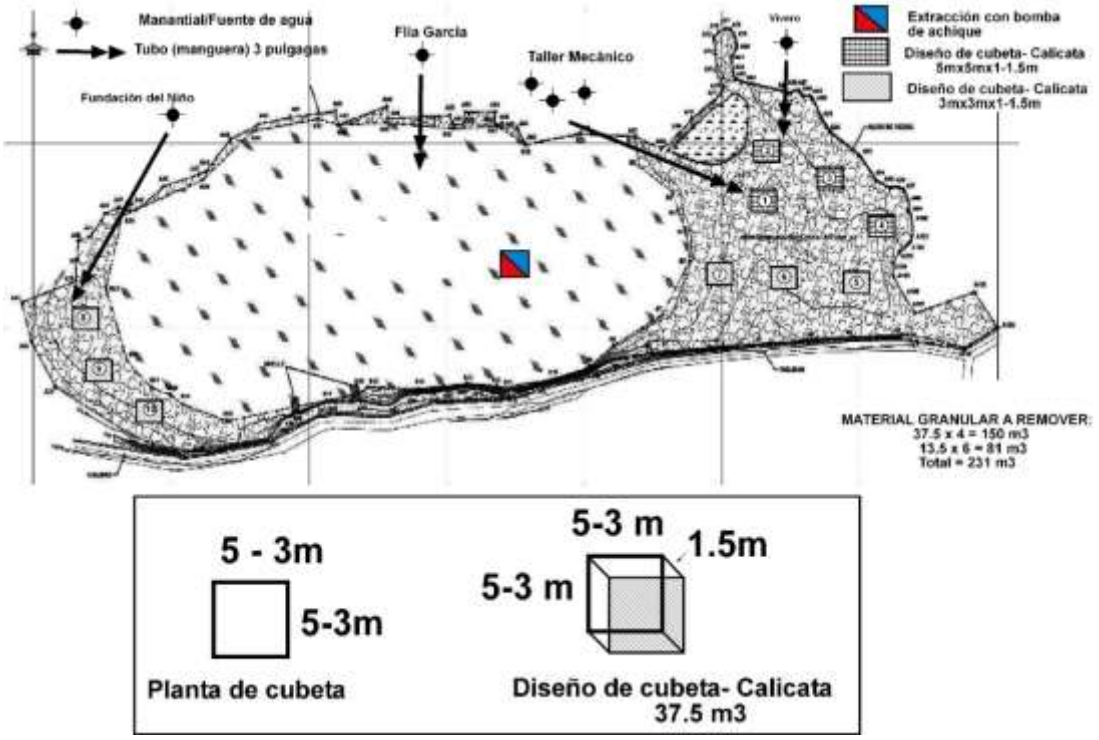


FIGURA 10. Laguna de Urao: propuesta dragado selectivo con calicatas para estimular el ascenso del nivel freático y mejorar la hidratación de los sedimentos, diseño de dique-toma, puntos de manantiales y localización aproximada de cubeta de llenado. Fuente: Elaboración propia.

d.4) Realizar las gestiones a corto y mediano plazo de la construcción de una perforación de agua subterránea exclusiva para el llenado de la laguna de Urao, la cual debe estar bajo la supervisión del INPARQUES; además se requiere que se instale una estación meteorológica digital para medir las variables climáticas, colocar en diferentes sitios de la

laguna de Urao reglas de medición de aforo, para conocer el nivel del espejo de agua y controlar los periodos secos.

e) Aplicar la normativa sobre monumentos naturales para establecer los cambios de usos actuales no permitidos a la que está siendo sometida los sectores aledaños a Laguna de Urao, que han producido efectos de pérdida de porosidad por compactación de las zonas, contaminación de las aguas y desvió de las aguas de los manantiales para otros usos no autorizados, así como, la extracción no controlada de aguas subterráneas para usos agropecuarios en las partes altas de los sectores La Camacha, San Miguel y La Calera.

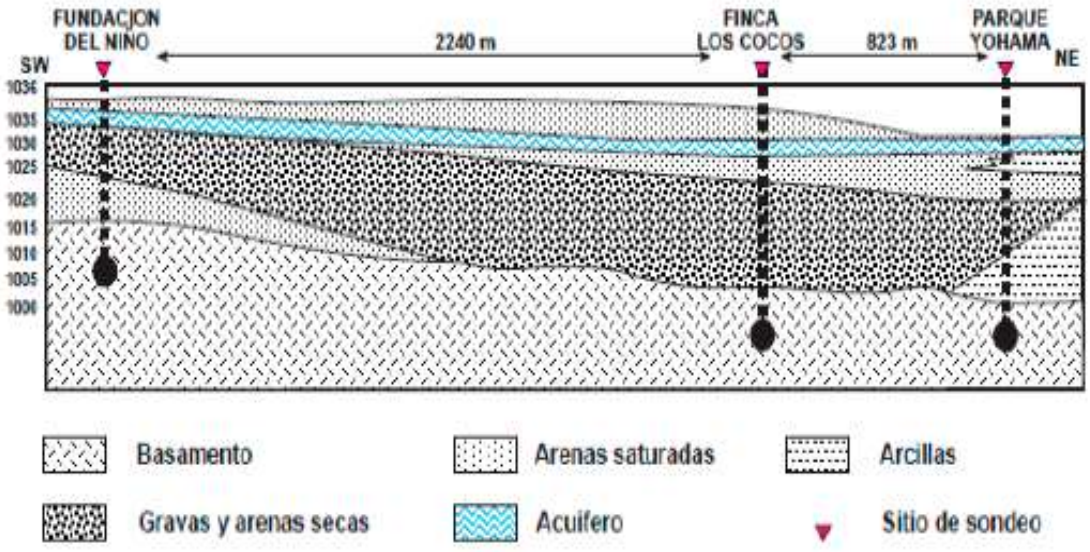


FIGURA 11. Resultados e interpretación de los sondeos eléctricos verticales realizados en la adyacencia de la laguna de Urao. Fuente: Elaboración propia.

3.1. Crisis sostenible del balance hídrico: las batimetrías de los años 2019 y 2023

La batimetría realizada en septiembre año 2019 (mes húmedo), mediante la toma de un total de 50 puntos de muestreo de manera aleatoria sobre el cuerpo lagunar tratando en lo posible de mantener cierta cercanía con los puntos de coordenadas correspondientes a las mediciones batimétricas realizadas en el año 2016 (Figura 12).

Los resultados batimétricos arrojan una profundidad promedio de lámina de 72,12 cm. (0,72 m.). Mientras que, la profundidad máxima fue de 2,10 m. Estos valores estiman que la profundidad promedio de la lámina de agua, se incrementó en 11 cm. con respecto al levantamiento batimétrico efectuado el año 2016. Mientras que, la profundidad máxima se incrementó en 70 cm. al pasar de 1,40 m. obtenida en el año 2016 a 2,10 m.



FIGURA 12. Puntos de coordenadas para la determinación de la batimetría. Nótese que los puntos de mayor profundidad se encuentran hacia el extremo Este. Fuente: Google Earth, (2018). Fuente: Elaboración propia.

Estos resultados demuestran que, las actividades de dragado selectivo y extracción de material sedimentario con saturación de agua proveniente de los manantiales aledaños, desarrolladas desde el año 2017 en aras de la

recuperación del espejo lagunar del Monumento Natural Laguna de Urao, generaron efectos positivos de manera sostenida.

La campaña de mediciones batimétricas y monitoreo geoquímico de agua, realizadas en octubre de 2023, arrojaron como resultados una profundidad máxima de lámina de agua (depocentro batimétrico) de 2,30 m. y profundidad promedio de lámina de agua de 1,21m. El área estimada de espejo de agua 198 492 m^2. Siendo el volumen estimado de agua máximo: 456 531,6 m^3 para el embalse y volumen estimado de promedio: 240 175,32m^3. El tratamiento cartográfico de los datos batimétricos, nos permiten determinar los siguientes aspectos adicionales del relieve interno de Laguna de Urao (Figura 13);

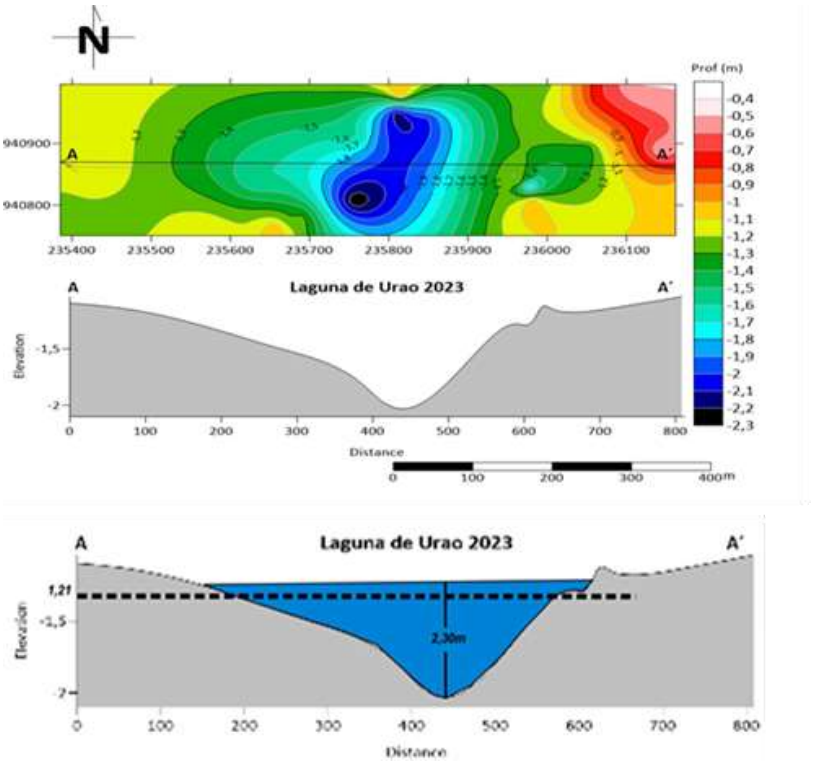


FIGURA 13. Esquemas y perfiles de la batimetría de la laguna de Urao. Profundidad máxima 2,30 m. y profundidad promedio 1,21 m. Fuente: Elaboración propia.

Considerando que la profundidad promedio de la lámina de agua de la laguna de Urao es de 1,21 m., la misma no es sostenible para el periodo de sequía (enero – marzo), debido a elevada evapotranspiración en la zona.

Con el propósito de mitigar efectos de pérdida de espejo y lámina de agua y similares a los ocurridos en los años 2015 – 2016 y mantener, tanto el espejo como la lámina de agua con niveles hídricos ecológicamente mínimos para conservar el ecosistema, se recomienda:

a) Hacer inspección de los manantiales existentes en la zona norte de laguna de Urao (siete manantiales; (Figura 7), los mismos deben ser despejados y direccionado al espejo de agua de la laguna de Urao.

b) Eliminar los usos del suelo actuales no acordes con la normativa establecida para la conservación y protección de los monumentos naturales.

c) Reactivar la extracción selectiva de material de sales de Urao con técnicas de utilizada por los artesanos de las sales de Urao o con aplicación de la realizada en las zonas descubiertas de la laguna de urao para los años 2016-2017 (Figura 14).

d) Se estima 3 gramos de sal de Urao por litro de agua, dato importante para extraer material de sales de urao, y disminuir la sedimentación en el fondo lagunar, pues la sedimentación y colmatación de este material granular y la materia orgánica, disminuyen sustancialmente el espacio disponible para la acumulación y mantenimiento del agua y de esta manera mitigar el impacto de la sequía.

Las mediciones batimétricas de la lámina y espejo de agua en la laguna de Urao, realizando una comparación de las mediciones realizadas en el periodo 2011-2023, se expone en la tabla 2.

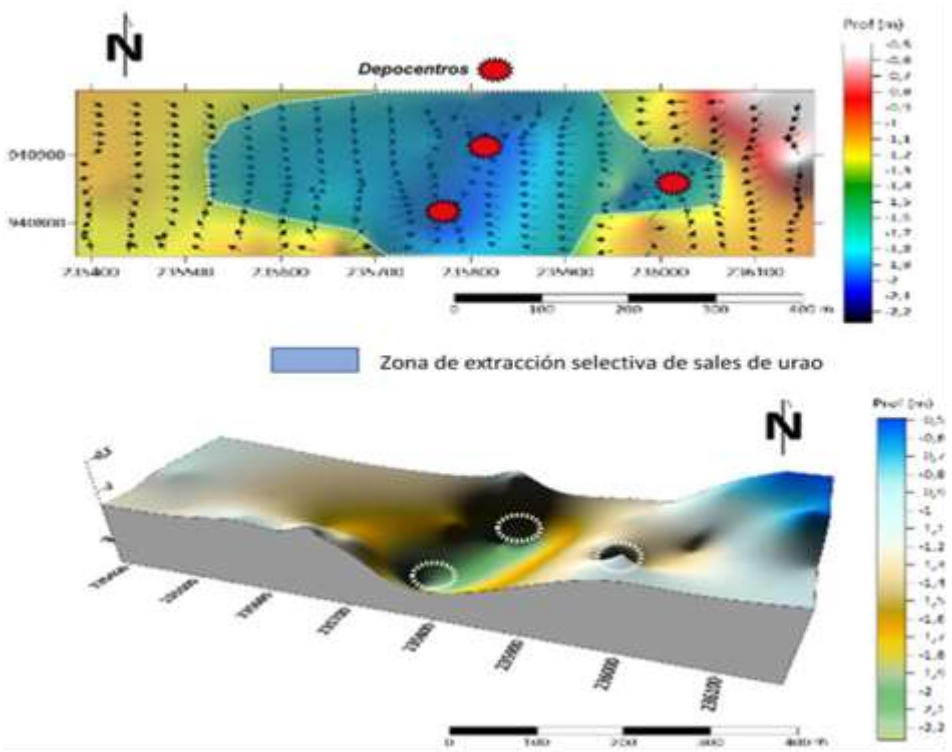


FIGURA 14. Localización de los depocentros batimétricos de laguna de Urao y zona estimada de extracción selectiva de sales de urao. Fuente: Elaboración propia.

TABLA 2. Datos comparativos de las variaciones batimétricas de lámina y espejo de agua de Laguna de Urao 2011 – 2023. Fuente: Elaboración propia.

Año de observación	Profundidad promedio de lámina de agua (m)	Depocentro máximo (m)	Área de espejo de agua (ha).
2011	4,9	11,75	18,46
2016	0,61	1,40	11,68
2019	0,72	2,10	11,30
2023	1,21	2,30	24,38

3.2. Composición Geoquímica del Agua de la Laguna de Urao: Sostenibilidad en Mengua

El primero análisis de la composición mineral de laguna de Urao fue realizado por Rivero y Boussingault en el año 1824, según los primeros ensayos, se puede considerar la presencia de urao (trona), como un carbonato de sodio puro; por consiguiente 68,48 partes, que deja el urao después de su calcinación, no pueden ser sino de carbonato de sodio privado de agua; lo que da 41,20 de sosa y 27,28 de ácido carbónico. Se ve pues, que el urao está compuesto de: ácido carbónico: 0,3900; sosa: 0,4122; agua 0,1880 y materias extrañas 0,0098. Pérdida 1,0000.

Según Klaproth (1943, en Baroni Urbani, 1989), analizó un carbonato de sodio que viene de la provincia de Sukena, cerca de Fézzan en África, y tiene mucha analogía con el urao de la laguna de Urao, como se puede apreciar en su composición química (Tabla 3), pues esta sal contiene más ácido carbónico, que el carbonato y menos que el bicarbonato.

TABLA 3. Resultados de los ensayos químicos en Urao y Trona según Klaproth (1943).

Composición química	Urao	Trona
Acido	0,3900	0,3900
Carbónico	0,4122	0,3800
Sosa	0,1880	0,2300
Agua	0,0098	0,0000
Pérdida	1,0000	1,0000

Drusini et al. (1985), realizaron ensayos de espectroscopia por fluorescencia de rayos X (EDS, XRF) y análisis de microscopio de luz polarizada y microscopia electrónicos (SEM Cambridge stereoscan 250) del mineral de urao. Los resultados se presentan en la tabla 4.

TABLA 4. Resultados del análisis químico de laguna de Urao.
Fuente: Drusini et al. (1985).

Composición química	Urao X	Urao Y
Na_2O	60	67,6
SiO_2	2,3	-
Cl	1	3
K_2O	0,7	0,7
CaO	3,5	1,5
MnO	Trazas	-
FeO	0,1	0,2
BrO	100 ppm	100 pm
SrO	200 ppm	-
ZrO	-	500ppm
P	Trazas	Trazas

Los análisis fueron realizados por el Laboratorio LARSA de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela, en el mes de abril del año 2012, sobre análisis fisicoquímico del agua de la laguna de Urao realizado por Huerta et al. (2012); se demuestra que la precipitación de los elementos químicos contenidos en el agua de dicha laguna, es la responsable de la sedimentación del complejo de sesquicarbonatos de sodio y, por ende, se acuña un origen hidrogeoquímico por migración subterránea de aguas con altos contenidos de minerales de calcio, sodio, potasio y magnesio existentes en unidades geológicas (Paleozoicas, Jurásicas y Cretácicas), que conforman la vertiente derecha del Sistema Laguna de Urao y corresponde con la distribución hidroquímica expuestas en la tabla 5.

TABLA 5. Resultados de los análisis fisicoquímicos del agua de la Laguna de Urao (abril, 2012). Fuente: Huerta et al. (2012).

Parámetro	LURAO1-0212	LURAO2-0212	LURAO3-0212	LURAO4-0212	(Unidad)	Método Analítico
Cloruros	83,4 ± 0,34	86,81 ± 0,34	84,76 ± 1,50	22,47 ± 0,68	mg/L	Método Titulimétrico
Alcalinidad Total	764,75 ± 3,99	770,07 ± 9,31	748,79 ± 3,99	335,16 ± 2,17	mgCO3/L	
Alcalinidad Fenolftaleínica	210,14 ± 2,66	228,76 ± 10,64	204,82 ± 7,98	-	mgCO3/L	
Sulfatos	17,01 ± 1,78	28,49 ± 1,12	22,82 ± 1,54	18,29 ± 0,01	mg/L	
Sodio	341,05 ± 0,22	339,84 ± 0,34	341,41 ± 0,66	99,73± 0,14	mg/L	ICP-AES
Magnesio	11,48 ± 0,01	11,20 ± 0,02	11,66 ± 2x10-3	5,64 ± 4x10-3	mg/L	
Potasio	12,73 ± 0,01	12,95 ± 6x10-4	14,61 ± 0,01	5,68 ± 1x10-3	mg/L	
Calcio	10,85 ± 0,02	10,87± 0,02	11,00 ± 0,02	52,50± 0,03	mg/L	
Silicio	24,60 ± 0,02	24,79 ± 0,06	24,34 ± 0,04	12,12 ± 0,02	mg/L	

El monitoreo físico - químico de las aguas de Laguna de Urao in situ, se realizado en 2016, con sonda multiparamétrica portátil para medir calidad de agua Eureka Manta+, se determinó un color marrón amarillento, el pH varía entre 9.2 (febrero, mes seco) y 9.6 (julio, mes húmedo). La temperatura del agua, en superficie, es de 28°C en febrero y 29°C en julio, sin cambios importantes en profundidad. Un dato importante medido *in situ*fue la concentración de Ca^{2+}, que varía entre unos 5 y 42 ppm de febrero a junio según registros del año 2016; mientras que, el Na^{+}, varía entre 40 y 260 ppm, para el mismo periodo.

La última revisión geoquímica del agua de laguna de Urao, realizada en octubre de 2023 (Tabla 6) en el laboratorio de análisis físico-químico de agua del CIDIAT - ULA, arroja resultados de agua con dureza (mg/L CaCO3) medianamente dura, alcalinidad que se encuentra dentro del rango de aceptabilidad según las Normas para la Clasificación y el Control de la Calidad de los Cuerpos de Agua y Vertidos o Efluentes Líquidos/ Gaceta Oficial de Venezuela Extraordinario 5.021 del 18 de diciembre de1995.

TABLA 6. Resultados parámetros químicos en muestra de agua. Fuente: Laboratorio fisicoquímico de agua. CIDIAT-ULA.

Parámetros Químicos	Muestra (S5)	Muestra (S17)	Muestra (S22)	Muestra (S30)	Promedio	Límite o rango máximo
Dureza Total (mg/L CaCO3)	186,6	182,3	193,6	195	189,4	500 (mg/L CaCO3)
Alcalinidad (mg/L CaCO3)	99	96,01	110	105,33	102,6	30<Alcalinidad<200**
HCO-3 (mgCaCO3/L)	77,98	95,66	109,995	105,328	97,2	
CO=3 (mgCaCO3/L)	22,08	16,318	27,713	16,366	20,6	
Calcio (mg/L)	67,82	69,84	68,54	64,21	67,6	250-100 (mg/L)**
Magnesio(mg/L)	69,14	68,19	70,25	69,52	69,3	50-30 (mg/L)**
Cloruros (mg/L)	45,33	62,6	69,36	59,34	59,2	600 (mg/L)

*Decreto 883 Normas para la Clasificación y el Control de la Calidad de Los Cuerpos de Agua y Vertidos o fluentes Líquidos
** Determinaciones realizadas siguiendo a Standard Methods for Examination of Water and wastewater. Edition 21.

Los valores de conductividad eléctrica son considerablemente altos, indicando de esta manera que los sedimentos lacustrinos tienen altas concentraciones de sales, las cuales están disueltas en el agua estudiada (Tabla 7).

Los valores de metales como calcio y magnesio están en concentraciones significativas, y el cloruro está en valores dentro del rango de aceptabilidad, según la norma. Por lo observado en el lugar, el grado de turbidez es alto debido a constante biodegradación de materia orgánica proveniente de la gran cantidad de vegetación invasora. Esta vegetación obstruye las fuentes alimentadoras de agua y la recirculación por lo que disminuye la oxigenación, creando zonas de estancamiento produciendo olores y una capa negra de material vegetal en descomposición (Tabla 8).

TABLA 7. Resultados de parámetros físicos obtenidos para fuente de agua estudiada. Fuente: Elaboración propia.

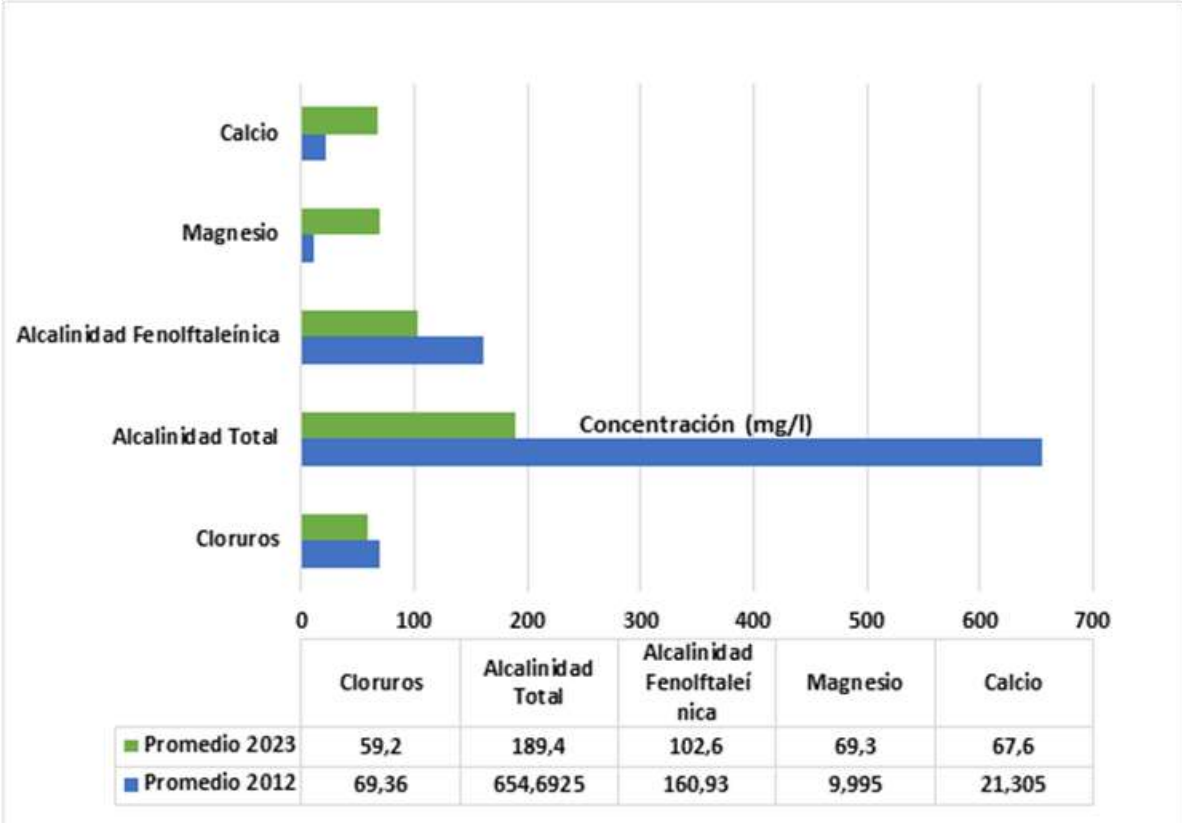
Parámetros Físicos				Límite o rango máximo	
Muestra	**T °C**	**pH**	**Cond. µs/cm**	**pH**	**Cond. µs/cm**
S5	21,63	7,63	456,36	*mínimo 6,0 y máximo 8,5	**400-600
S17	21,70	7,56	423,00	*mínimo 6,0 y máximo 8,6	**400-600
S22	21,69	7,84	489,36	*mínimo 6,0 y máximo 8,7	**400-600
S30	21,98	7,82	456,67	*mínimo 6,0 y máximo 8,8	**400-600
Promedio	**21,75**	**7,71**	**456,35**		

*Decreto 883 Normas para la Clasificación y el Control de la Calidad de Los Cuerpos de Agua y Vertidos o Efluentes Líquidos
** Determinaciones hechas siguiendo Standard Methods for Examination of Water and wastewater. Edition 21.

TABLA 8. Resultados de sólidos encontrados en la fuente de agua estudiada. Fuente: Elaboración propia.

Parámetros Físicos					Límite o rango Máximo	
Muestra	**Sólidos Totales (mg/L)**	**Sólidos Disueltos Totales (mg/L)**	**Sólidos suspendidos Totales (mg/L)**	**Sólidos Sedimentables (mg/L)**	**Sólidos Totales (mg/L)**	**Sólidos Disueltos Totales (mg/L)**
S5	90,370	32,450	56,900	1,020	1500-1000	1000-500
S17	27,597	89,230	103,090	0,980		
S22	33,180	86,170	110,840	0,630		
S30	40,333	87,654	107,320	1,200		
Promedio	**47,870**	**73,876**	**94,538**	**0,958**		

Un análisis comparativo entre los resultados de los estudios fisicoquímicos del agua de la laguna de Urao en 2011 y 2023, para algunos parámetros revelan una disminución sustancial en la actualidad de los parámetros químicos de alcalinidad, cloruros y un incremento del contenido de magnesio y calcio (Figura 15).



	Cloruros	Alcalinidad Total	Alcalinidad Fenolftaleínica	Magnesio	Calcio
Promedio 2023	59,2	189,4	102,6	69,3	67,6
Promedio 2012	69,36	654,6925	160,93	9,995	21,305

FIGURA 15. Comparación en el contenido de algunos parámetros químicos de los resultados obtenidos en 2012 y 2023.Fuente: Elaboración propia.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las variaciones del espejo, lámina de agua y composición química del agua almacenada en laguna de Urao, reflejan un proceso de sostenibilidad crítico del proceso de recuperación ambiental de este ecosistema único en los Andes venezolanos y el país.

La presencia de altos contenidos de sílice, magnesio y de sólidos (disueltos y sedimentables) en las aguas determinan un proceso de colmatación importante, que alimentada con el proceso de erosión laminar superficial y sub superficial, producen una pérdida importante de los niveles batimétricos y por ende, una disminución sustancial de la capacidad de almacenamiento del agua del sistema palustre del humedal laguna de Urao. Así como una pérdida de las condiciones de alcalinidad por incremento sostenido del SiO_2 (óxido de sílice) y sílice (Si), que ocasionan una progresiva disminución de la cristalización de la *gaylussita* (carbonato sodio-cálcico pentahidratado, fórmula $Na_2Ca(CO_3)^2{\cdot}5H_2$) por el isomorfo analcima (alumino silicato de sódico hidratado, fórmula $Na(Si_2Al)\ O_6{\cdot}H_2O$), aspecto químico que refleja las condiciones de sostenibilidad crítica del sistema hidrogeoquímico de laguna de Urao.

Recuperar las condiciones fisicoquímicas y geoecológicas ideales del monumento laguna de Urao, requiere de:

- Aplicar medidas de mitigación involucran aspectos de mejoramiento de la cobertura vegetal en las zonas de fuentes de aguas hidrogeológicas localizadas en la trampa y a lo largo de las cuencas altas y medias de las micro cuencas de las quebradas El Molino y San Miguel.
- Aplicar la normativa legal vigente que protege los monumentos naturales y corregir el descontrol urbano que existe en la zona de La Camacha y San Benito.
- En general, los cambios de usos de suelo actuales no permitidos a la que están siendo sometidos los sectores aledaños a laguna de Urao,

han producido efectos de pérdida de porosidad por compactación de las zonas, contaminación de las aguas y desvío de las aguas de los manantiales para otros usos no autorizados; así como, la extracción no controlada de aguas subterráneas para usos agropecuarios en las partes altas de los sectores La Camacha, San Miguel y La Calera.

5. AGRADECIMIENTOS

A los miembros de la Fundación Salvemos a Laguna de Urao-FUNDALAGUNA y a los profesionales de los laboratorios de mineralogía, sedimentología y análisis de agua y suelo de las Facultades de Ingeniería, Ciencias y CIDIAT de la Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aranguren, A., Costa, M., Guevara, J., y Carrero, O. (2015). Phytobiogeography of the species associated with dry intermountain valleys in the Chamariver middle basin, Mérida, Venezuela. Acta Botoànica de Venezuela, 38, (1): 63-85.

Baroni Urbani, C. 1989. Phylogeny and behavioural evolution in ants, with a discussion of the role of behaviour in evolutionary processes. Ethology Ecology and Evolution 1:137-168.

Burguera, R. (1983). Aguas termales del estado Mérida. Universidad de los Andes. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Mérida, Venezuela. 71 p.

Clarac de Briceño, J. (1981). Dioses en exilio: representaciones y practicas simbólicas en la cordillera de Mérida, ensayo antropológico. Editorial FUNDARTE. Colección Rescate (Fundación para la Cultura y las Artes del Distrito Federal. Caracas, Venezuela.

Drusini, A. Businaro, F. Calliari, I. y Furlan, C. (1985). Informe sobre la exploración subacuática de la Laguna de Urao, Mérida. Espectroscopia por fluorescencia de rayos x del urao, microscopia electrónica del urao. Boletín Antropológico N°14. Enero - mayo 1988. http://saber.ula.ve/boletin_antropologico/

Guerrero, O. Toro, R. Uzcátegui, S. M. Jégat, H. y Cerrada M. (2020). Evaluación de la recarga de laguna de Urao con aplicación de técnicas isotópicas. Lagunillas, estado

Mérida, Venezuela. Revista Latino-Americana de Hidrogeología. Número especial. 102-117.

Guerrero, O. y Contreras Miranda, W. (2018). Laguna de Urao: ¿Monumento Natural? Revista Digital Fundación Academia de Mérida. Año 1, (1), 5. Mérida, Venezuela. 12 p.

Guerrero, O. y Guerrero Camargo, G. (2017). Aguas termo-minerales del estado Mérida Venezuela: Aspectos geoquímicos y proyección geoturística. Publicaciones de la Universidad de los Andes Mérida – Venezuela. 104p.

Huerta, P., Guerrero, O., Cuevas, R., Armenteros, I., F. A. Audemard, F. A. y Paredes, J. (2012). Caracterización sedimentológica de Laguna de Urao (Andes de Mérida, Venezuela). Geo-Temas, 8, 6: 12 - 17.

Klein, A. y Hurbult, B. (1996). Manual de mineralogía de Dana. 4a Edición. Reverta. 392p.

Madroñero, C., y Rojas, E. (2018). Estudio Geológico e Hidrogeomorfológico de las Microcuencas Hidrográficas que componen el Sistema Laguna de Urao, con la finalidad de Recuperar su Espejo de Agua Actual. Parroquia Lagunillas, Municipio Sucre del estado Mérida. Trabajo de Grado para Optar al Título de Ingeniero Geólogo (Tutor: Dr. Omar Guerrero). ULA, Mérida-Venezuela.

Mazzarino, M. (2000). Clay and evaporite-mineralogy in the Holocene of Venezuela. Master Thesis, Universite de Massachusetts Amherst, Amherst. 82p.

Medina, J., Reyes, Y., y Guerrero, O. (2001**).** Estudio Geológico Aplicado a la Exploración de Aguas Subterráneas en el Área de Lagunillas. Municipio Sucre del estado Mérida. Tesis de Grado para Optar al Título de Ingeniero Geólogo. ULA, Mérida-Venezuela (Trabajo inédito). 172 p.

Meneses Pacheco, L., Gordones, G. y Clarac de Briceño, J. (2007). Lecturas antropológicas de Venezuela. Consejo Nacional de la Cultura (CONAC): Universidad de los Andes, Museo Arqueológico Gonzalo Rincón Gutiérrez.

PROFORCA. (2002). Caracterización Ambiental del Monumento Natural Laguna de Urao; Estudio base para la Formulación del Plan de Ordenamiento y Reglamento de Uso. Productos Forestales CA PROFORCA.

RAMSAR. (2006). Manual de la Convención de RAMSAR: Guía a la Convención sobre los Humedales (RAMSAR, Irán, 1971), 4a. edición. Secretaría de la Convención de RAMSAR (Gland, Suiza).

ECODISEÑO & SOSTENIBILIDAD

RES: ULA-UPV

N°17: 2024

DOI: https://doi.org/10.53766/ECOSOS/2024.17.03

ARTÍCULO 003 RES 17: 2024

Distrito Cultural y Creativo "Manuel Mujica Millán", a través de la plataforma digital Arcgis on line y StoryMapss

Luis Raúl Veliz Guillén
Ezio Mora Contreras

ECODISEÑO & SOSTENIBILIDAD

RES: ULA-UPV

N°17: 2024

Artículo RES 003

DISTRITO CULTURAL Y CREATIVO "MANUEL MUJICA MILLÁN", A TRAVÉS DE LA PLATAFORMA DIGITAL ARCGIS ON LINE Y STORYMAPSS

"Manuel Mujica Millán" Cultural and Creative District, through the digital platform ArcGIS on line and StoryMaps

[1]Luis Raúl Veliz Guillen
[2]Ezio Mora Contreras

[1] Profesor de la Universidad de los Andes, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Civil, Instituto de Fotogrametría. La Hechicera, Mérida, Venezuela. E-mail: veliz.luis@gmail.com
[2] Ingeniero Civil. Egresado de la Universidad de Los Andes, Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Civil. Fundación Leopoldo Garrido. Centro de Ingenieros del Estado Mérida (CIEM). E-mail: Ejmc4449@gmail.com

Recibido: 17/05/2024 **Aceptado:** 25/10/2024

RESUMEN

El rápido desarrollo de nuevas tecnologías y la sociedad de la información ha transformado la gestión de la información geográfica y Geomática, convirtiendo la georreferenciación y geolocalización en una necesidad fundamental. Esta tendencia afecta varios aspectos de nuestra vida cotidiana, como la navegación y la referencia territorial. Asimismo, la disponibilidad y accesibilidad de herramientas y aplicaciones modernas de Sistemas de Información Geográfica SIG, está reemplazando a los programas tradicionales de cartografía.

Palabras clave: Tecnologías, información geográfica, georreferenciación, aplicaciones, geolocalización, cartografía.

SUMMARY

The rapid development of new technologies and the information society has transformed the management of geographic and geomatic information, turning georeferencing and geolocation into a fundamental need. This trend affects several aspects of our daily lives, such as navigation and territorial reference. Likewise, the availability and accessibility of modern Geographic Information Systems GIS, tools and applications is replacing traditional mapping programs.

Keywords: Technologies, geographic information, georeferencing, applications, geolocation, cartography.

1. INTRODUCCIÓN

El desarrollo de las nuevas tecnologías y el avance de la sociedad de la información han contribuido de manera acelerada a los cambios que en los últimos años estamos viviendo en relación con el manejo de la información geográfica. En la actualidad el hecho de contar con información georreferenciada y geolocalizada se ha convertido incluso en una necesidad, como ya han dado cuenta algunos autores (Masso et al., 2010), hasta el punto de que muchos de los aspectos de nuestra vida cotidiana se relacionan habitualmente con nuestro posicionamiento geográfico, con el establecimiento de rutas o con la referencia territorial en la que nos movemos. La disponibilidad de este tipo de información, las herramientas para manejarla y el acceso a aplicaciones que, de modo más o menos accesible y universal, han surgido en los últimos años están cambiando este panorama hasta el punto de desplazar a los tradicionales programas para utilizar esa información geográfica y generar cartografía.

Pero es en la última década del siglo XX cuando aparece la visualización de la información geográfica a través de páginas web y, muy importante, sin ningún costo económico, suponiendo esto un fenómeno social y una

auténtica revolución, posibilitando presentar la información a través de nuevas formas y ofreciendo, además, distintas perspectivas y permitiendo simular la exploración de nuevas hipótesis (Bucley et al., 2000). Visualizar la información geográfica se ha convertido en una parte fundamental del trabajo con un Sistema de Información Geográfica (SIG) y, aunque no resulta totalmente imprescindible y es posible encontrar alguno dedicado exclusivamente al análisis de datos sin visualización de la información, la mayor parte incluye funcionalidades para ello como elemento principal y básico, siendo esto imprescindible para la mayoría de usuarios.

En esto último radica la verdadera importancia de poner información cartográfica a disposición de cualquier persona y de manera gratuita en la web. Además, hay que tener en cuenta que un SIG está pensado para, por un lado, crear cartografía a partir de datos, y por otro, para visualizarlos de la mejor forma posible para ser difundidos a usuarios cuyo objetivo no es la elaboración de cartografía, sino la consulta de la misma (Olaya, 2009).

De esta manera, los avances en la visualización geográfica o geovisualización han sido fundamentales, pues han permitido introducir nuevas formas de representación visual de la información geográfica que facilitan la comunicación de conocimiento espacial a los usuarios (Kraak, 2007), siendo su finalidad hacer más accesibles representaciones alternativas de fenómenos medioambientales, sociales, poblacionales y patrimoniales del territorio que provienen de diferentes fuentes y formatos. Las recientes herramientas de geovisualización permiten, sobre todo, la combinación dinámica en la pantalla del usuario de información geográfica de diversa procedencia sobre una base cartográfica estándar (Mateos, 2013). El éxito se basará en la combinación de la información geográfica adecuada y en que sea de una manera dinámica, rápida y de fácil entendimiento para cualquier tipo de usuario. Es indudable que, como están apuntando algunos autores, el

futuro de la información geográfica está vinculado unívocamente al mundo compartido de la red (Morais, 2011).

No se puede olvidar el gran avance experimentado en el desarrollo de servicios de mapas online, tales como Google Earth o Google Maps (Patterson, 2007), que proporcionan el acceso a imágenes de satélite y fotografías aéreas de alta resolución vía internet, así como información a nivel de calle con fotografías con vista panorámica (Dodge y Perkins, 2009). Destacar, además, la posibilidad que ofrece Google Maps por permitir, a través de una interfaz de programación, que los usuarios, con conocimientos básicos, puedan construir aplicaciones integrando sus propios datos geográficos.

En este punto hay que mencionar que, para publicar información en un geoportal existen varias formas, siguiendo las normativas de INSPIRE (Amaro y Jiménez, 2010) y del Open GeoSpatial Consortium (OGC) (Lupp, 2008) en cuanto a código abierto e interoperabilidad: servicio WMS (Web Map Services), con el que se permite la consulta de mapas con datos referenciados en formatos de imagen; servicio WFS (Web Feature Services), con el cual es posible la descarga de las capas de información geográfica vectorial completa, con su geometría y su tabla de atributos asociada; y servicio WCS, igual que los anteriores pero en formato ráster y ofreciendo la posibilidad de acceder a coberturas de imagen con valores numéricos asociados.

De este modo, en la presente investigación se muestran dos geovisores o geoportales construidos a partir de la herramienta SIG web ArcGIS Online de ESRI, como herramientas de utilidad versátil, en este caso, repositorio cartográfico y recurso turístico en el Distrito Cultural y Creativo “Manuel Mujica Millán”, al servir de medio de difusión del destino; considerando que el mismo es un territorio con presencia de arquitectura patrimonial y se configuran como espacios o sectores de ciudad, donde la diversidad de

expresiones y productos culturales, se convierten en insumos para la creación, experimentación e innovación basados en la transformación del conocimiento, la tecnología y la creatividad.

El Distrito Cultural y Creativo "Manuel Mujica Millán" (DCC3M), considera el centro de Mérida abarcando un área desde la plaza de Milla o Sucre hasta los alrededores de la plaza Las Heroínas, donde este arquitecto español dejó huella imborrable a partir del año 1945 del pasado siglo XX, trabajando en importantes edificaciones al imprimirle un carácter neobarroco al centro de la ciudad, a través de la catedral, el palacio de gobierno, el Seminario Arquidiocesano y el conjunto de la Universidad de Los Andes que incluye al edificio del rectorado, respectivamente.

Desde el 19 de julio de 2018, La Rama Dorada C.A., concentra sus actividades en la Casa Ave María, ubicada en el municipio Libertador del estado Mérida, Venezuela en la calle 19 Cerrada, entre las avenidas 3 Bolívar y 4 Independencia. Esta fue proyectada por el arquitecto español Manuel Mujica Millán en 1948 y restaurada a sus planos originales en marzo de 1994. Desde esta fecha su uso ha quedado destinado al desarrollo de la cultura, el arte y programas ecológicos de nuestra región.

El DCC3M, es un proyecto de La Rama Dorada C.A., que ha incorporado el patrimonio arquitectónico y cultural como parte fundamental de nuestra oferta de valor y la proyección social; el cual busca ser uno de los principales elementos de la revitalización del centro de la ciudad, producto de las nuevas dinámicas generadas por la presencia de las industrias culturales y creativas. Estas contribuyen y contribuirán al proceso de renovación urbana de la localidad del centro de Mérida, creando espacios de desarrollo cultural creativo con un enfoque que articule la economía creativa en una atmósfera cultural, buscando la cohesión social y la transformación urbana.

Es indudable que Manuel Mujica Millán fue uno de los más prestigiosos arquitectos y urbanistas de la primera mitad del siglo XX venezolano, aun

cuando sus primeros años de actividad profesional transcurrieron en Cataluña, donde efectuó sus trabajos iniciales. Sus biógrafos señalan como su lugar de nacimiento la ciudad de Vitoria, provincia de Álava, País Vasco, el 26 de mayo de 1897. A partir de 1945 empieza a trabajar en importantes edificaciones de Mérida, Venezuela, como la catedral, el palacio de gobierno y el Seminario Arquidiocesano. En 1952, Mujica Millán es contratado por la Universidad de Los Andes para la elaboración del bosquejo arquitectónico de la ampliación del edificio central o rectorado. Logrando un equilibrio interno y externo en su obra con una magistral organización de la cuadra de la plaza Bolívar, lo que permitió conservar importantes vestigios de la tradicional ciudad sin aferrarse a innovaciones modernas. Muere en Mérida el 13 de febrero de 1963 (José, 2013).

En ese contexto es que específicamente el objetivo del presente trabajo sea mostrar cómo el uso de este tipo de herramientas puede servir, de manera libre y gratuita, en la promoción turística de un territorio, en este caso del *Distrito Cultural y Creativo "Manuel Mujica Millán*", a través de dos plantillas de aplicación de los StoryMapss: Tours y Cascada, como un sistema válido para el diseño de rutas turísticas y narrativas, a través de la cartografía como elemento guía. Para ello fue necesario trazarse los siguientes objetivos específicos:

- Plantear el modelo conceptual del geovisor a partir de los requerimientos y el estado de la información del DCC3M.
- Formular la estructura del SIG Web a partir de la lógica de sus componentes: formatos estándar, servidor de mapas y el cliente.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

El proceso metodológico para la creación de ambos *StoryMapss*, utilizada en el Distrito Cultural y Creativo "Manuel Mujica Millán" se llevó a cabo en tres fases, como se indica en la figura 1.



FIGURA 1. Fases metodológicas del trabajo**.** Fuente. Elaboración propia.

Fase I. Definición de requerimientos. En esta primera fase se definieron los objetivos del proyecto y requerimientos para su ejecución. Se realizó la planificación en el tiempo en base a un plan de trabajo, estableciendo las funcionalidades, para cada uno de los StoryMapss creados.

Fase II. Escogencia del diseño de las plantillas StoryMaps. ArcGIS Online es un sistema SIG web de colaboración online que permite usar, crear y compartir mapas, escenas, aplicaciones, capas, análisis y datos basado en la nube. Se trabaja con estilos que permiten explorar o visualizar datos en 2D, los mapas creados y las aplicaciones, que vendrían a ser el geoportal, lo cual se puede compartir, después, con cualquier persona, en cualquier lugar y en cualquier momento.

Al acceder a la cuenta de ArcGIS Online aparece un perfil privado donde poder gestionar todo el contenido como se muestra en la Figura 2.

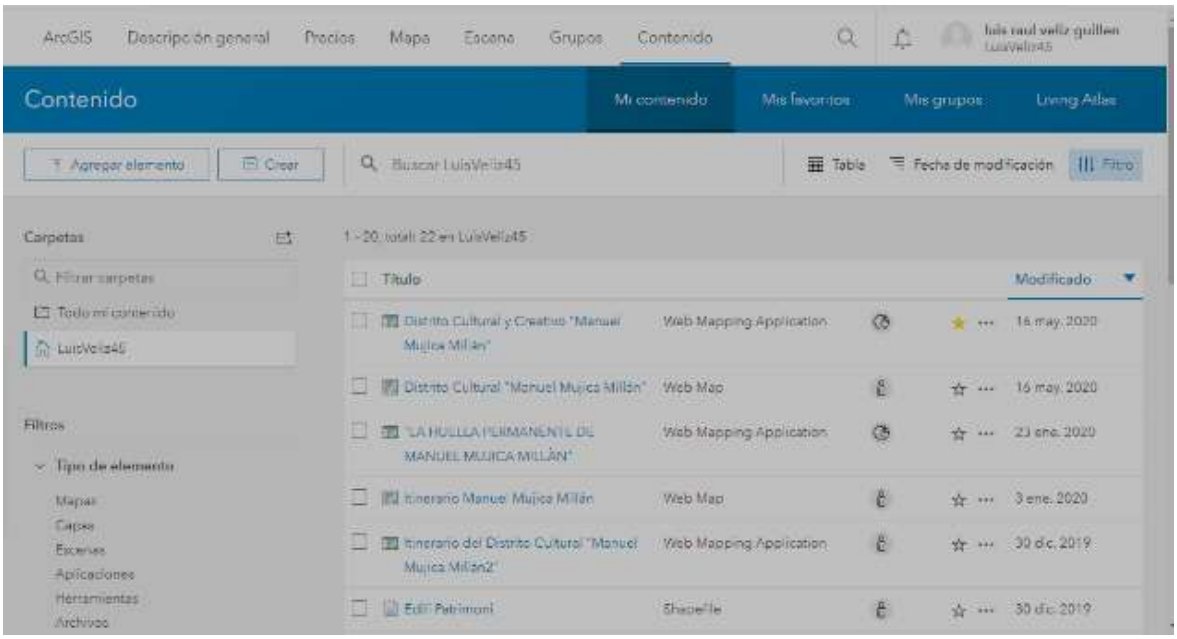


FIGURA 2. Plataforma de ArcGIS Online. Para crear mapas y gestionar la información cartográfica. Fuente: Elaboración propia.

Un mapa creado con ArcGIS Online será un mapa interactivo con información geográfica disponible para una amplia audiencia. Se incluyen mapas base de varias escalas, capas operacionales y ventanas emergentes que permiten a los usuarios ahondar en las entidades específicas en las que estén interesados. Además, se admite la visualización, edición y análisis de los datos. Los mapas web son la base de las aplicaciones web que, después, se podrán visualizar tanto en dispositivos móviles como en aplicaciones de escritorio y navegadores web.

Se pueden añadir, a través del Visor de Mapas, diversos mapas base, así como agregar capas desde la web con servicios Web Maps Services (WMS), o Web Feature Services (WFS), archivos Keyhole Markup Language (KML),

REVISTA ECODISEÑO & SOSTENIBILIDAD (RES)
DOI: https://doi.org/10.53766/ECOSOS/ - ISSN-1856-9552
Sede Institucional: Laboratorio de Sostenibilidad y Ecodiseño ULA-UPV, Laboratorio Nacional de Productos Forestales.
Galpón Principal. Tercer Piso. Avenida Principal hacia Chorros de Milla. Conjunto Forestal. Mérida 5101, Venezuela.
Teléfonos: +58-4121269540 / +58-4247370411. E-mail: revecodisostenibilidad@gmail.com revecodiseno@ula.ve
WEB: http://erevistas.saber.ula.ve/ecodiseno

comma separated values (CSV) y desde un archivo en formato shapefile, CSV o un archivo de texto simple (TXT) y Global Positioning System (GPS).

Usando una aplicación configurable de ArcGIS Online se ofrece a los usuarios una experiencia especialmente diseñada para interaccionar con los mapas puestos a su disposición. A través de una Web Mapping Application se le otorga una finalidad al conjunto de mapas establecido, teniendo en cuenta el público previsto y cuáles son los puntos clave que se desea que el "visitante" extraiga de su experiencia, así como funcionalidad y estética.

Fase III. Compartir Web Mapping Application en ArcGIS Online. Finalmente, una vez creadas las aplicaciones, solo queda compartirlas públicamente y se generará una URL alojada en el servidor de ArcGIS de ESRI, que se podrá difundir en cualquier plataforma (tablet, teléfonos inteligentes, laptops, redes sociales como Twitter o Facebook) de manera gratuita, lo que facilita el acceso y el uso de la aplicación por un público más amplio. Compartir la aplicación de esta manera no solo aumenta su visibilidad, sino que también proporciona a los usuarios una herramienta útil para visualizar y analizar datos geográficos en tiempo real, mejorando la toma de decisiones y la planificación basada en información precisa.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Dentro de las posibilidades de contar historias de Esri, se presentaron para este estudio, dos plantillas de creación que fueron utilizadas para el Distrito Cultural y Creativo "Manuel Mujica Millán", que explicaremos a continuación:

a. **Plantilla StoryMaps Tour.** La plantilla de aplicación StoryMaps Tour es ideal para demarcar una historia a partir de una narración secuencial lineal basada en lugares que muestre imágenes en este caso se empleó una serie de fotografías cronológicamente por

fechas, con etiquetas, en las principales obras del arquitecto Manuel Mujica Millán como lo fueron la catedral de Mérida, la gobernación del estado y el edificio del rectorado de la Universidad de Los Andes, vinculadas a un mapa interactivo.

b. Cada "punto de la historia" de la narración del recorrido está geolocalizado. Sus lectores pueden hacer clic de forma secuencial por el recorrido. También pueden examinar interactuando con el mapa o usando un carrusel opcional de vistas en miniatura, el panel utilizado para esta plantilla fue el Integrado, como se presenta en la figura 3.



FIGURA 3. StoryMaps Tour. Plantilla Integrada. Fuente: Elaboración propia (2020).

La historia es accesible públicamente, desde cualquier dispositivo, la dirección URL de las plantillas Tours y Cascada se anuncian a continuación para su posterior visita:

c. **StoryMaps Tours, intitulado:** Distrito Cultural y Creativo "Manuel Mujica Millán". https://arcg.is/8GT5q. Es importante destacar que este StoryMapss Tours fue premiado con la Distinción "Premio Nacional en Sistemas de Información Geográfica (NASIG), en el concurso ofrecido por ESRI Venezuela, ocupando el tercer premio 2019.

d. **Plantilla StoryMaps Cascade.** Esta aplicación presenta una narración como una experiencia de visualización a toda pantalla con desplazamiento. Esta aplicación es ideal para crear atractivas historias narrativas que incluyan imágenes y mapas 2D, especialmente cuando hay mucho texto y muchos detalles que se desea comunicar.

La sección narrativa contiene texto y contenido multimedia integrado. Cuando el lector se desplaza por una sección narrativa, se comporta de un modo muy similar a una página web típica. Dicha sección fue implementada para crear la plantilla de "La Huella Permanente de Manuel Mujica Millán" Mérida – Venezuela (Figuras 4 y 5).

Con estas herramientas se crean aplicaciones con las que se puede combinar mapas interactivos, enriqueciéndolos con contenido, fotografías, audio o incluso vídeos, como se ha dicho anteriormente, a partir de multitud de plantillas.

d. **StoryMaps Cascada, intitulado:** "La Huella Permanente de Manuel Mujica Millán" Mérida, Venezuela. https://arcg.is/0O0zLn



FIGURA 4. StoryMaps Cascade. Inicio de la historia. Fuente: Elaboración propia.



FIGURA 5. Narración de la Historia, combinando fotografía con texto. Fuente: Elaboración propia.

Igualmente se creó una aplicación dentro de la plataforma de Google Maps, representando el Distrito Cultural y Creativo “Manuel Mujica Millán”, como se muestra en la figura 6; se indica su dirección URL, para la visita del mismo:

https://www.google.com/maps/d/edit?mid=1oCyA9P_J4O_k9wWzuVnKhzdnx1_fJ4kl&ll=8.596888800669811%2C-71.1455118752188&z=16

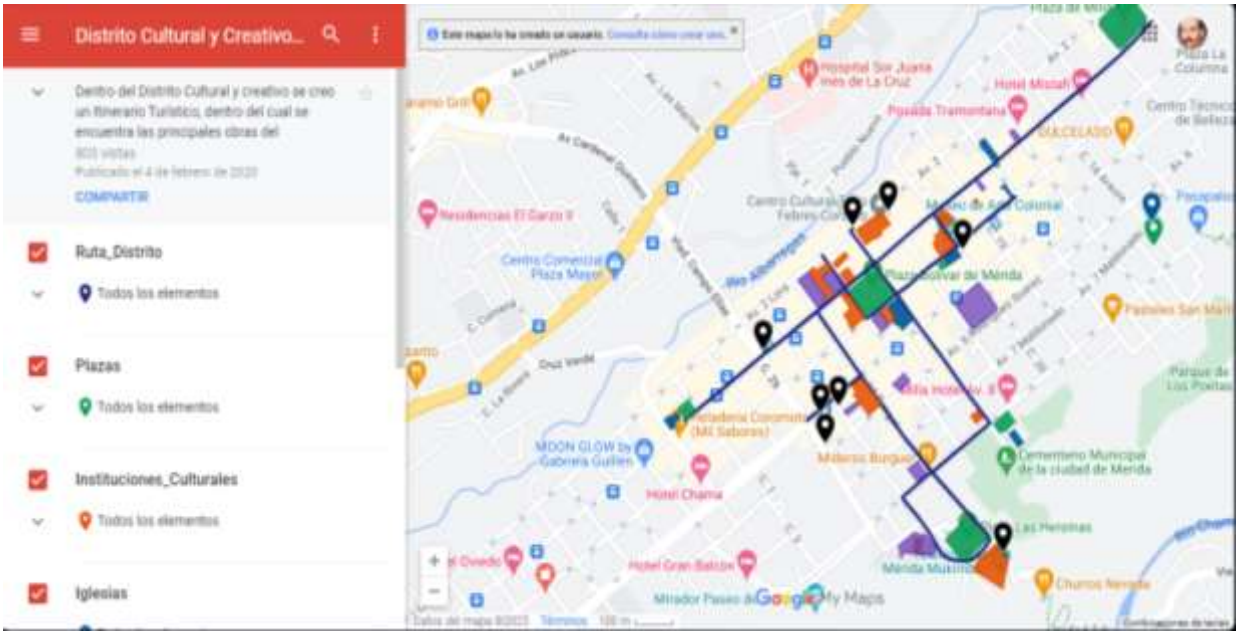


FIGURA 6. Geolocalización de puntos dentro del Distrito Cultural y Creativo “Manuel Mujica Millán, con la aplicación de Google Maps**.** Fuente: Elaboración propia.

Como resultado se obtiene un Sistema de Información Geográfica como herramienta para la visualización, consulta y especialización de la información que se genera en el Distrito Cultural y Creativo “Manuel Mujica Millán”. El geovisor como Sistema de Información Geográfica sirve para responder a las preguntas de localización de los sitios de interés y la consulta

de su información primaria, logrando mostrar en sí ¿Dónde están los sitios de interés turístico dentro del Distrito Cultural y Creativo “Manuel Mujica Millán? ¿Dónde están las instituciones culturales? ¿Dónde están ubicadas las plazas? Entre otras.

Los nuevos SIG Online se estructuran y organizan bajo el sistema habitual de las aplicaciones en entorno web y permiten realizar las funciones completas de los visores, incluyendo la composición habitual por capas, pero haciendo posible, además, subir a la nube archivos propios en diversos formatos (vectorial, ráster, datos tabulados, etcétera). La importancia de este hecho reside en que estas herramientas superan el tradicional concepto del visor de información geográfica, completando la información básica de las capas que contiene la aplicación con nuestros propios datos temáticos.

Las plantillas de los StoryMaps aplicadas en este trabajo, representa un cambio en el Distrito Cultural y Creativo “Manuel Mujica Millán”, transformando la forma en cómo se realizan los procesos para obtener y registrar la información, pasando de una cartografía analógica o estática por una información geográfica dinámica, contextual, situada en la nube y multi formato.

En realidad, estas herramientas se revelan como un medio eficaz para fomentar el uso de las tecnologías de la información geográfica y, en concreto, se plantea como un sistema válido para el diseño de rutas turísticas y narrativas, a través de la cartografía como elemento guía; dado que el mapa ha sido siempre la referencia básica en la dinámica de exploración que todo viaje lleva consigo y la posibilidad de utilizar los StoryMaps como esqueleto de conocimiento para una ruta turística abre un amplio abanico de desarrollo de propuestas en este sentido.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se logró cumplir con el objetivo de presente trabajo, al mostrar geovisores o geoportal construidos a partir de la herramienta SIG web ArcGIS Online de ESRI, como herramientas de utilidad de repositorio cartográfico y recurso en la promoción turística de un territorio. En este caso, del Distrito Cultural y Creativo "Manuel Mujica Millán", a través de dos plantillas de aplicación de los StoryMaps denominadas Tours y Cascada. Estas herramientas son un sistema válido para el diseño de rutas turísticas y narrativas, a través de la cartografía como elemento guía. Para ello fue necesario, un abordaje metodológico de tres etapas, encargas de definir los requerimientos, de seleccionar el diseño de las plantillas StoryMaps y compartir la Web Mapping Application en ArcGIS Online.

Empleando aplicaciones como las presentadas en este trabajo, ArcGIS Online, permite al usuario navegar libremente por el territorio y gestionar su actividad turística futura, así como promocionarla y dar difusión de la misma en cualquier momento y sin ningún coste económico, algo importante a tener en cuenta, ya que este tipo de herramientas es significativamente útil tanto para entidades públicas (gobiernos regionales, nacionales, y oficinas de turismo), como privadas (promotoras turísticas y agencias de viajes).

Se resalta la importancia de las primeras etapas en la construcción del SIG, conceptualización y adquisición de datos, porque en éstas se identifica qué es lo que se requiere construir para atender a las necesidades existentes y se obtienen los datos que, posteriormente, serán transformados en información para poder materializar el sistema y su funcionamiento.

En este trabajo se muestró cómo el empleo de una herramienta SIG web gratuita puede servir de forma efectiva para la promoción de destinos de interés turístico. Además, con este sistema se apoya la concepción actual de la comunicación, generando contenidos digitales, interactivos y

participativos que permitan al usuario vivir la experiencia de manera previa para conocer, de antemano, cuáles son tanto los puntos fuertes como los débiles de su destino seleccionado.

La estandarización de los datos, su adquisición y la forma en cómo son procesados es sumamente importante para el correcto funcionamiento del sistema, además, seguir las instrucciones de cómo deben ser diligenciados los formatos garantiza que la información pueda ser consultada correctamente y su visualización genere los resultados esperados.

Finalmente, dadas las demandas del mismo SIG generado, es importante plantear las siguientes recomendaciones:

- Se debe tener en cuenta el sistema de coordenadas con el cual se está representando la información al momento de adicionar los datos y establecer sus coordenadas, además, determinar una escala de visualización adecuada para los mismos y así mismo la simbología con la que se les representa.

- Se debe realizar una jornada de capacitación para mantener activo el sistema y aprovecharlo al máximo en el cumplimiento de las funciones del Distrito Cultural y Creativo “Manuel Mujica Millán”, actualizándolo con más capas de información que respondan a preguntas adicionales de las que fueron planteadas en el presente trabajo.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Amaro, J. L., y Jiménez, M. A. (2010). Reparto de competencias y responsabilidades cartográficas en España. Cómo se organiza la cartografía oficial en España. Catastro: formación, investigación y empresa: Selección de ponencias del I^{er} Congreso Internacional sobre Catastro Unificado y Multipropósito.

Bucley, A., Gahegan, M. y Clarke, K. (2000). Geographic visualization as an emerging research theme in Giscience. UCGIS.

Dodge, M. y Perkins, C. (2009). The view from nowhere? Spatial politics and cultural significance of high-resolution satellite imagery. Geoforum, (40), 4.

José, M.L. (2013). Manuel Mujica Millán (Semblanza). http://prensa.ula.ve/2013/02/13/manuel-mujica-millan-semblanza.

Kraak, M. J. (2007). Geovisualization and visual analytics. Cartographic, 42, (2), 115-116.

Lupp, M. (2008). Open geospatial consortium Encyclopedia of GIS (pp. 815-815). Springer.

Masso Cartagena, J., Valenzuela Díaz-Moreno, A. y Torres Saura, M. (2010). La geoinformación: una necesidad creciente. Mapping, 142, 24-33.

Mateos, P. (2013). Geovisualización de la población: Nuevas tendencias en la web social. Investigaciones geográficas, (60), 13.

Morais, C.D. (2011). Future of GIS. http://www.gislounge.com/future-of-gis/

Olaya, V. (2009). Sistemas de Información Geográfica libres y geodatos libres como elementos de desarrollo. Cuadernos Internacionales, 8.

Patterson, T. C. (2007). Google Earth as a (not just) geography education tool. Journal of Geography, 106 (4), 145-152.

ECODISEÑO & SOSTENIBILIDAD

RES: ULA-UPV

N°17: 2024

DOI: https://doi.org/10.53766/ECOSOS/2024.17.04

ARTÍCULO 004 RES 17: 2024

EVALUACIÓN DE LA DINÁMICA DE EROSIÓN HÍDRICA Y PÉRDIDA DEL SUELO UTILIZANDO TÉCNICAS DE TELEDETECCIÓN Y SIG EN EL MUNICIPIO RANGEL DEL ESTADO MÉRIDA

Luis Raúl Veliz Guillén
Edgar Hernández Becerra

ECODISEÑO & SOSTENIBILIDAD
RES: ULA-UPV
N°17: 2024

Artículo RES 004

EVALUACIÓN DE LA DINÁMICA DE EROSIÓN HÍDRICA Y PÉRDIDA DEL SUELO UTILIZANDO TÉCNICAS DE TELEDETECCIÓN Y SIG EN EL MUNICIPIO RANGEL DEL ESTADO MÉRIDA

Evaluation of the dynamics of hydric erosion and soil loss using teledetection and GIS techniques in the Municipal Rangel of Mérida state

[1] LUIS RAÚL VELIZ GUILLÉN
[2] EDGAR HERNÁNDEZ BECERRA

[1] Profesor de la Universidad de los Andes, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Civil, Instituto de Fotogrametría. La Hechicera, Mérida, Venezuela. Correo electrónico: veliz.luis@gmail.com
[2] Universidad de Los Andes. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Escuela de Ingeniería Forestal Mérida, Venezuela.

Recibido: 03/07/2024 **Aceptado:** 29/10/2024

RESUMEN

Se presenta en este trabajo una metodología para evaluar el riesgo de erosión hídrica y estimar las pérdidas de suelo, con los Sistemas de Información Geográfica, en las condiciones particulares de relieve, vegetación, hidrografía y climatología de los Andes venezolanos. El riesgo fue evaluado mediante técnicas de análisis espacial y algebra de mapas utilizando la *Ecuación Universal de Pérdida de Suelo* EUPS. Los factores considerados involucran la potencialidad erosiva de la lluvia y del escurrimiento superficial de las aguas, la susceptibilidad del suelo a la erosión, el efecto del grado y longitud de la pendiente del terreno, el uso y cobertura de los suelos y, finalmente, las prácticas de conservación. Los resultados obtenidos muestran relación con lo que observamos en el terreno al coincidir las zonas ya erosionadas con aquellas que manifiestan un alto riesgo de erosión.

Palabras clave: Sistema de Información Geográfica, riesgo, análisis espacial, ecuación Universal de Pérdida de Suelo (EUPS).

SUMMARY

It is presented in this paper a methodology for evaluating the risk of water erosion and soil loss, with the Geographic Information Systems, estimate in the special conditions of relief, vegetation, hydrology and climatology from the Venezuelan Andes. The risk was assessed using techniques of spatial analysis and algebra maps using the Universal Soil Loss Equation USLE. Factors considered involve the erosive potential of rain and runoff of water, soil susceptibility to erosion, the effect of grade and length of the slope of the land, use and coverage of the soil and finally practices conservation. The results show relation to what we see on the ground to coincide with areas already eroded those who express a high risk of erosion.

Keywords: Geographic Information Systems, risk, spatial analysis, Universals Equation of Soil Loss (EUPS).

1. INTRODUCCIÓN

La erosión de los suelos en los Andes venezolanos es un problema ambiental muy serio que afecta a gran parte de la región en diferentes grados de severidad. Durante las últimas décadas, en algunas zonas de los andes venezolanos están apareciendo e incrementándose procesos erosivos que pueden llevar a la desertificación de la región. La problemática que se deriva de esa situación nos ha servido como justificación para llevar a cabo este estudio.

En Venezuela, el deterioro de los suelos avanza rápidamente, haciéndose necesaria la realización de investigaciones que contribuyan al establecimiento de medidas de prevención y control, sobre la base de un buen conocimiento de los procesos de degradación y, de los recursos afectados.

Desde el inicio de los años 1970, se ha reportado la escasez de tierras de aptitud agrícola, con una cobertura de aproximadamente el 12% de la superficie del país, de la cual sólo el 2% se considera que corresponde a tierras agrícolas de buena calidad (COPLANARH, 1970). Particularmente la región de Los Andes representa una importante zona agrícola con la producción de cultivos anuales, semipermanentes y permanentes con significativos aportes en los rubros de hortalizas.

Es necesario destacar el hecho de que las causas indirectas de la mayoría de los procesos de degradación por la erosión hídrica en tierras altas son de naturaleza socioeconómica. Sin embargo, la adecuada identificación y entendimiento de las causas directas y de los procesos físicos que se desarrollan o pueden desarrollarse, resulta de fundamental importancia para la selección de sistemas y prácticas adecuadas para la prevención, control o corrección de la degradación.

El objetivo básico planteado en este trabajo ha sido el desarrollo de una *metodología, que permita cartografiar y evaluar las áreas con riesgo de erosión hídrica y su consecuente pérdida* del suelo. El trabajo está basado en el tratamiento digital de los datos aportados por *Sensores Remotos*, *y* su posterior integración en el marco de un *Sistema de Información Geográfica o GIS*, para identificar los parámetros que acotan el proceso de erosión en el contexto andino.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 MATERIALES

- Mapas topográficos a escala 1:25.000 (IGVSB)

Las imágenes que se utilizaron fueron las siguientes:

- **Landsat ETM+ P006R054_L7_061601,** cedida por el programa LandCoverFacility de la Universidad de Maryland, USA.
- **Spot 5 S080514133750023** cedida por el proyecto LPAIS del Centro de Procesamiento Digital de Imágenes (CPDI- FII), Caracas.
- **Aster AST_L1B_003_03022003151719_03222003175933**, cedida por el Laboratorio de Sensores Remotos y Fotogrametría de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales de la Universidad de Los Andes.
- Datos de los receptores GPS Diferencial Promark 2.
- Registros diarios, mensuales y anuales de precipitación de 8 Estaciones Climáticas.
- Mapa de suelos a escala 1:25.000 (Castillo, 1965) y Mapa de suelos de los Sistemas Ambientales de Venezuela (MARNR).
- Software básico: ArcGIS, QGIS 2.8 SIG, Erdas Imagine, Entorno para Visualizar Imágenes. (ENVI) es un software especializado en el procesamiento y análisis de imágenes geoespaciales, utilizado principalmente en aplicaciones de teledetección y análisis de datos satelitales.
- Hardware utilizado: 2Workstation Dell M6300. 4 GB de RAM, 250 GB Disco duro, 1GB de Video, Sistema Operativo Windows Xp.

2.2 Área de estudio

El área de estudio comprende la mayor parte de la cuenca alta del río Chama, extendiéndose desde el propio nacimiento del río Chama en la quebrada Mifafí a (4 600 m s.n.m.), hasta la antigua estación hidrométrica de Mucurubá, a 2 470 m s.n.m. Está delimitada por las divisorias de agua de la Sierra del Norte o de la Culata (margen izquierda), la Sierra de Santo

Domingo y la Sierra Nevada (margen derecha) en el Municipio Rangel (Figura 1).

Geográficamente pertenece a la cordillera de Mérida y, a su vez, a la región de los Andes centrales de Venezuela; posee una orientación en sentido noreste suroeste, siguiendo la dirección general del eje orográfico andino – venezolano. Astronómicamente, se localiza entre los paralelos 8° 37´16" y 8° 53´29" de latitud norte, y los meridianos 70° 48´09" y 70° 59´55" de longitud oeste (Figura 2).

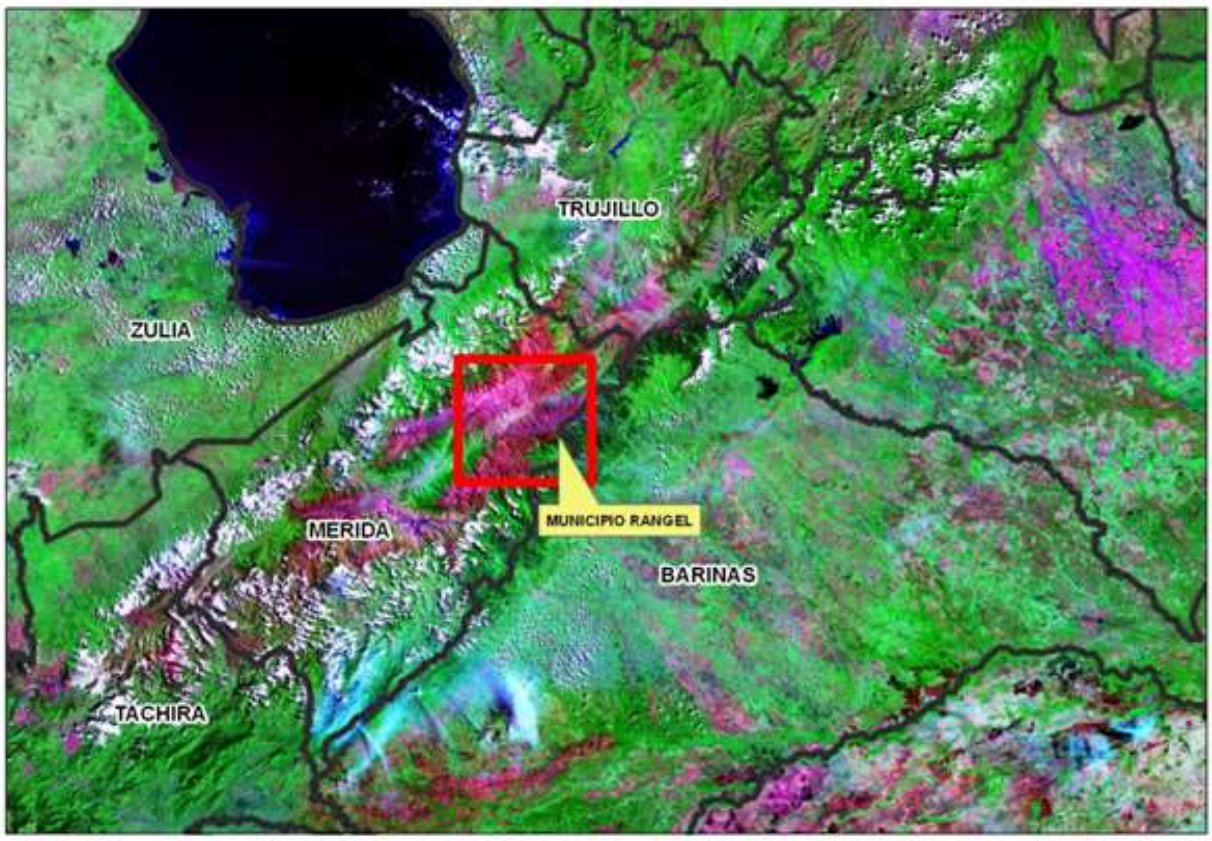


FIGURA 1. Zona de Ubicación del área de estudio. Fuente: Elaboración propia.

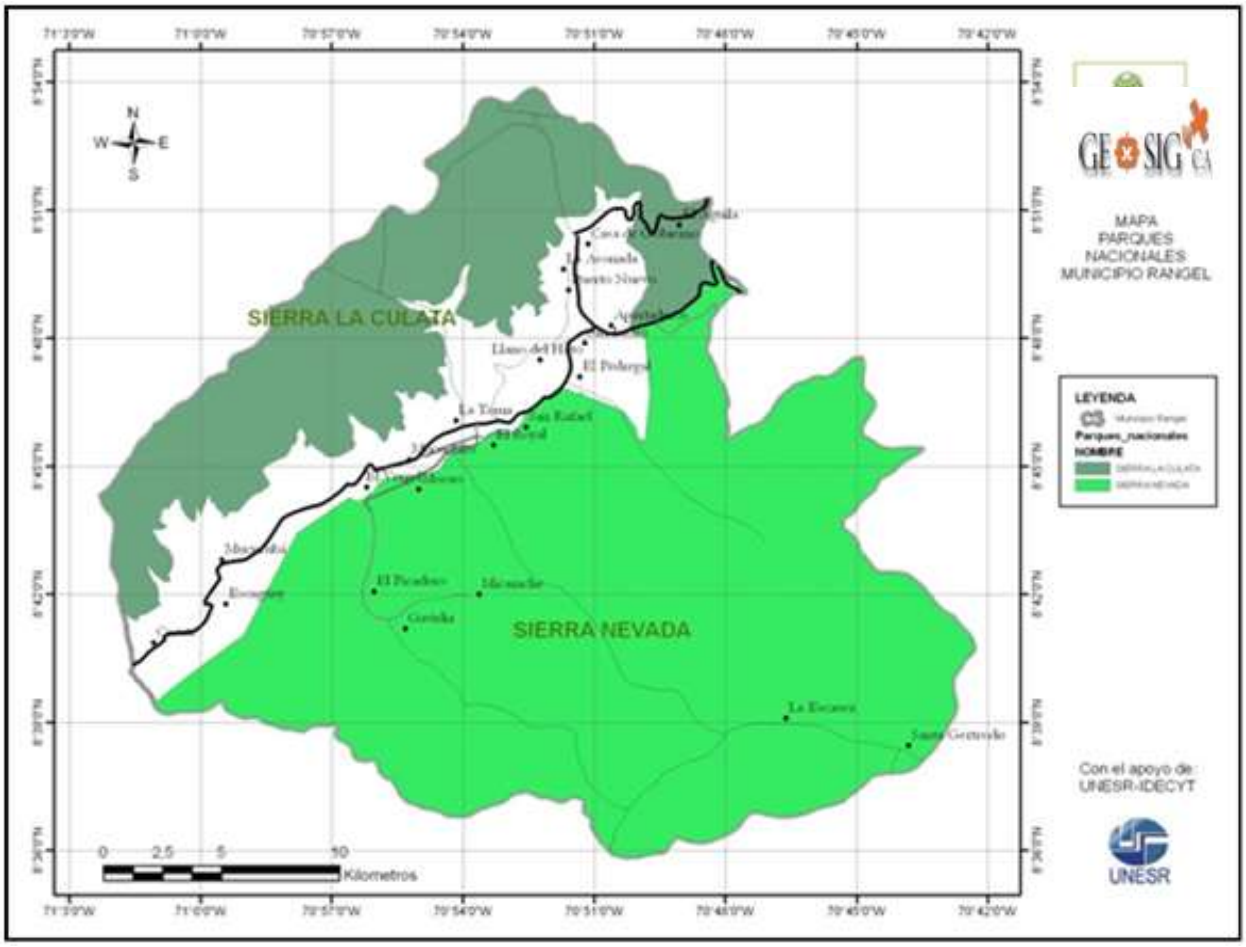


FIGURA 2. Mapa de Parques Nacionales en el Municipio Rangel. Fuente: Elaboración propia

Desde el punto de vista político – administrativo, toda el área bajo estudio pertenece al municipio Rangel del Estado Mérida. El municipio tiene una superficie de 726 km^2 de los cuales 573 km^2 son páramos lo que representa un 79% del total del municipio. Limita con el municipio Miranda (capital Timotes) al noreste; Justo Briceño (Capital Torondoy) y Libertador (Capital

Mérida) al noroeste; Santos Marquina (Capital Tabay) al sur, Cardenal Quintero (Capital Santo Domingo) al este; al oeste con parte del municipio Libertador, y Santos Marquina (Figura 3).

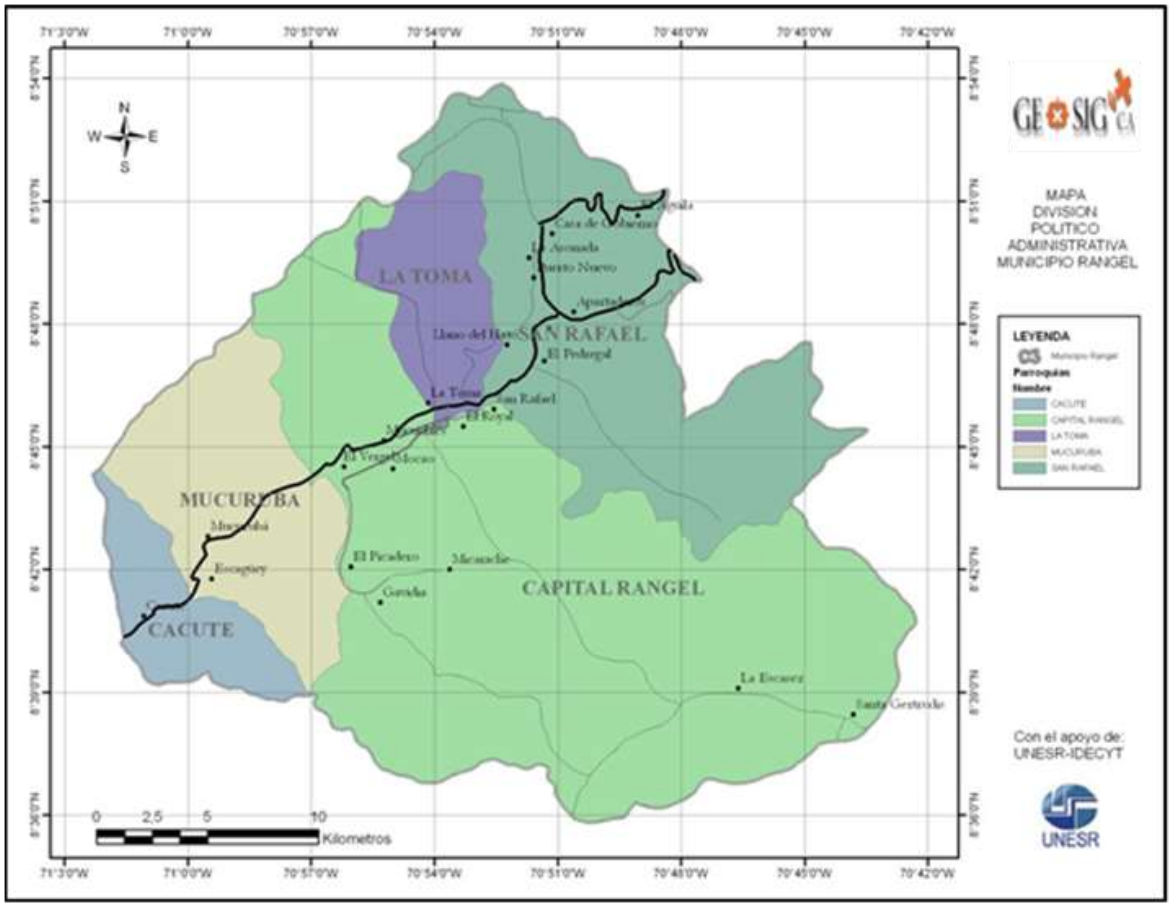


FIGURA 3. Mapa división político administrativa del Municipio Rangel. Fuente: Elaboración propia.

2.3 Aplicación de la EUPS

Los procesos involucrados en la erosión y en la pérdida del suelo son complejos y se encuentran muy interrelacionados entre sí. Varios modelos

empíricos y conceptuales han sido utilizados para evaluar la erosión de los suelos.

En este trabajo se plantea desarrollar un modelo dinámico piloto fundamentado en la ecuación empírica base (USLE), que describe los riesgos de erosión en los suelos debido a los cambios en el manejo en el uso de la tierra.

Los resultados de este estudio pueden usarse en la planificación del uso de la tierra con vista a determinar qué métodos de conservación de suelo tienen las mayores probabilidades de tener éxito en la protección del suelo contra la erosión en esta región.

La utilización de los modelos dinámicos de erosión en suelos y su integración a un SIG se considera una de las ventajas de este trabajo especialmente cuando se utiliza para correr el modelo tantas veces se desee en un análisis determinado utilizando diversos mapas y al mismo tiempo para diferentes escenarios de estudio.

2.4 Determinación de parámetros de la ecuación universal de pérdida de suelo (EUPS)

Para aplicar el modelo erosivo se debe adaptar la información base para obtener los factores de erosividad de la lluvia, erosionabilidad del suelo, longitud y pendiente de la ladera, cultivo y manejo del suelo. La ecuación 1 (Ecu:1) y las unidades que serán aplicadas son:

Fórmula: $A=R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P$ Ecu: 1

(Pérdida media anual de suelo en Ton/Ha/Año)

Donde:

A = Pérdida media anual de suelo (Mg ha-1 año-1)
R = Factor de erosividad de la lluvia (MJ cm ha-1 h-1 año-1)
K = Factor de erosionabilidad del suelo (Mg ha-1 h MJ-1 cm-1 ha)
L = Factor de longitud de la ladera (adimensional)
S = Factor de pendiente de la ladera (adimensional)
C = Factor cobertura y manejo del suelo (adimensional)
P = Factor prácticas de conservación (adimensional).

Cada uno de los factores requiere de un tratamiento diferenciado para obtener, como resultado final, el mapa que representa las pérdidas de suelo por erosión.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Metodología aplicada para la determinación de las áreas de fragilidad y susceptibilidad a la erosión en el municipio Rangel.

Para que sea posible la evaluación de los grados de erosión hídrica, en los Andes, es necesario recurrir al análisis de los factores causantes de la misma. En este trabajo, partimos de la hipótesis según la cual los parámetros definidos en la USLE ó EUPS (Universal Soil Loss Equation o Ecuación Universal de Pérdida de Suelo) acotan, desde un punto de vista cualitativo, los factores que intervienen en los procesos de erosión hídrica en Los Andes. Teniendo en cuenta lo anterior, hemos planteado la proposición metodológica que vamos a desarrollar a lo largo de este capítulo. El procedimiento consiste en agrupar los parámetros de la USLE dos a dos, para obtener un “elemento evidencia”, que es el resultado de ambos factores.

Así, (L.S) queda representado por un Mapa de Pendientes elaborado a partir de un Modelo Digital del Terreno (DEM. Digital Elevation Model); (K.R) se puede evaluar a partir de un Mapa de Densidad de la Red de Drenaje y (C.P) mediante un Mapa de Cubiertas Vegetales.

A continuación, en este capítulo se detalla metodología seguida para la obtención de los mapas de pendientes, densidad de la red de drenaje y cubiertas vegetales a partir de los datos aportados por los satélites Landsat, Aster y Spot. Estos mapas son lo que denominaremos de primera generación. A partir de la integración de los mapas de primera generación en el marco de un Sistema de Información Geográfica vamos a obtener las Unidades homogéneas de Fragilidad (mapas de segunda generación) y de Susceptibilidad a la erosión (tercera generación) en el municipio Rangel.

3.1.1 Determinación de las áreas de fragilidad y susceptibilidad a la erosión

Los factores L (longitud de la pendiente) y S (ángulo de gradiente), constituyen el llamado efecto de la pendiente. Normalmente, la erosión aumenta con el incremento del ángulo y de la longitud de la pendiente, debido al aumento de la velocidad y de la superficie de escorrentía. Ambos factores quedan recogidos en un mapa de pendientes que se puede elaborar a partir de un Modelo Digital del Terreno. En la actualidad, el sensor HRV, a bordo de la sede de satélites Spot. Permite elaborar pares estereoscópicos y generar el Modelo Digital del Terreno.

Los factores C (cobertura) y P (conservación) se recogen en un mapa de cubertura de vegetación. El principal papel de la vegetación está en interceptar las gotas de lluvia, disipando su energía cinética, antes de que impacte contra el suelo. La respuesta espectral que presenta la vegetación en la región del infrarrojo cercano hace de los datos aportados por los

sensores Landsat, Aster y Spot, la herramienta imprescindible para generar el mapa de cobertura de vegetación de un territorio.

Por último, los factores R (erosividad de la lluvia) y K (erosionabilidad del terreno) reflejan, respectivamente, el poder de arranque de las gotas de lluvia y la resistencia del suelo a ese arranque y transporte. Las variables de las cuales dependen estos factores son muchas: intensidad de la lluvia, posición topográfica, propiedades del suelo. La actuación de estos factores queda reflejada en un mapa de densidad de la red de drenaje, que es un índice de la intensidad de la erosión.

3.1.2 Mapa de pendientes

El Modelo Digital del Terreno se ha obtenido mediante una interpolación espacial, de manera que para cada pixel se calculan las distancias más cercanas a las dos curvas de nivel más próximas. El resultado es una matriz numérica bidimensional, en la que cada pixel tiene un valor que corresponde a una altura determinada (Figura 4).

A partir del Modelo Digital del Terreno se obtiene un mapa en el que queda reflejado el porcentaje o el grado de pendiente (Figura 5).

En el municipio Rangel, la superficie ocupada por los distintos rangos de pendientes está repartida entre éstos, en proporciones muy diferentes, como se puede observar en el cuadro 1.

Predominan aquellas pendientes que pueden definirse como abruptas superiores al 20%. Las zonas de menor pendiente (<10%) cubren una superficie de 7,669 Has. Y corresponden a los valles y depresiones principales de las micro cuencas dentro del municipio.

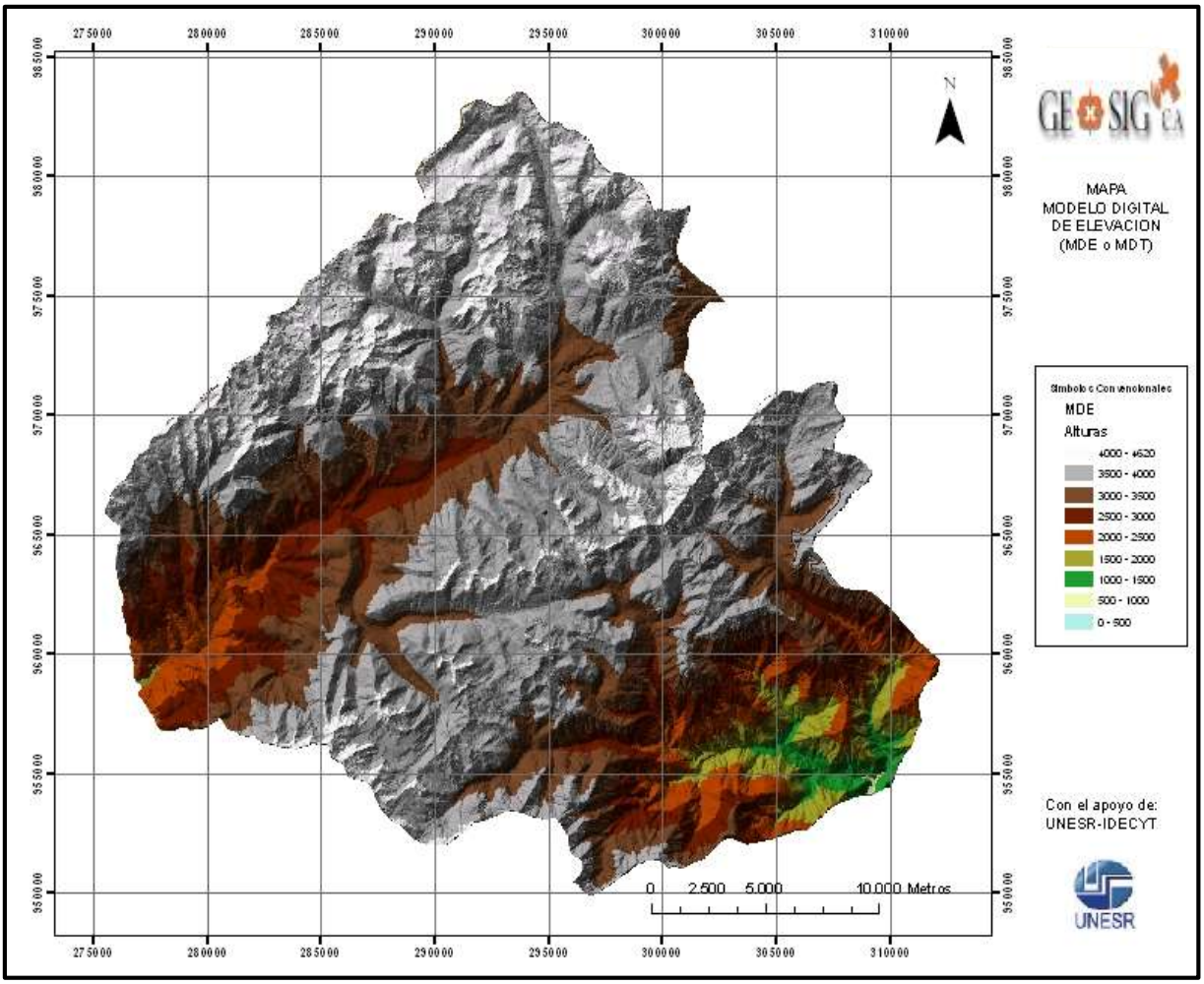

27 50 00
28 00 00
28 50 00
29 00 00
29 50 00
30 00 00
30 50 00
31 00 00
38 50 00
38 00 00
37 50 00
37 00 00
36 50 00
36 00 00
35 50 00
35 00 00
N
GEOSIG CA
MAPA
MODELO DIGITAL
DE ELEVACION
(MDE o MDT)
Simbolos Convencionales
MDE
Alturas
4000 - 4620
3500 - 4000
3000 - 3500
2500 - 3000
2000 - 2500
1500 - 2000
1000 - 1500
500 - 1000
0 - 500
0 2.500 5.000 10.000 Metros
Con el apoyo de:
UNESR-IDECYT
UNESR

FIGURA 4. Modelo Digital de Elevaciones (MDE) del municipio Rangel. Fuente: Elaboración propia.

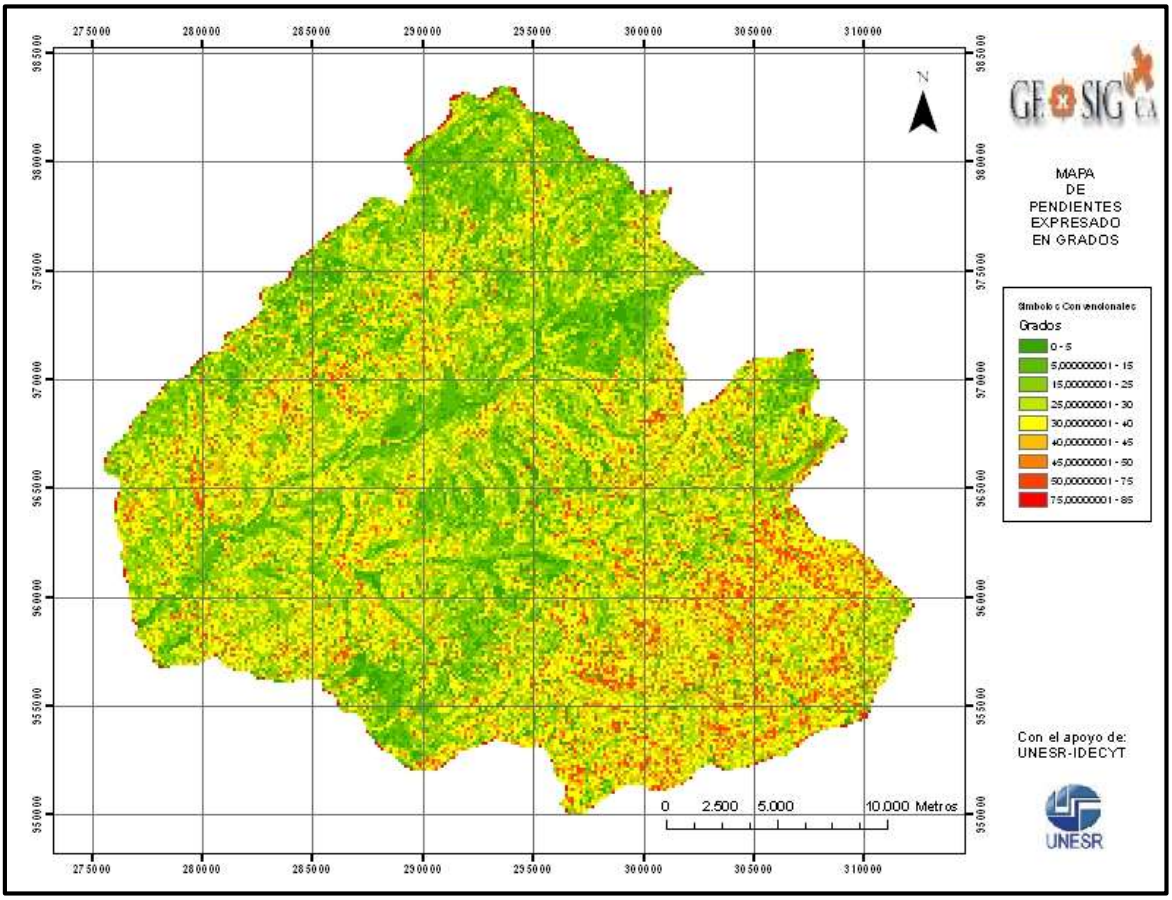


FIGURA 5. Mapa de Pendientes del municipio Rangel. Fuente: Elaboración propia.

CUADRO 1. Rangos de pendientes y superficies en el municipio Rangel.

Clase	Rango de Pendiente %	Superficie en Ha	Superficie en Km^2	Porcentaje
1	0 -5	5762	56,62	7,9
2	5 -10	1907	19,07	2,6
3	10 -20	13150	131,5	18,1
4	20 -35	32351	323,5	44,7
5	35 – 50	16320	163,2	22,5
6	50 - 65	2638	26,38	3,6
7	65 - 85	188	1,88	0,4

3.1.3 Mapa de cobertura de vegetación.

Una base de datos de carácter temático es necesario mantenerla actualizada, debido al dinamismo que presentan los usos agrícolas y forestales del suelo. Las imágenes de satélite son la fuente de datos más eficiente para llevar a cabo dicha actualización.

Para obtener el mapa de coberturas de vegetación se han elegido tres sensores multiespectrales: 1. El Sensor ETM+ del satélite Landsat, 2. El sensor VNIR del satélite Terra Aster, con una resolución espacial de 15 metros, 3. El sensor HRVdel Satélite Spot 5 con una resolución espacial de 10

metros, estos sensores son los más adecuados para discriminar cubiertas vegetales en el municipio Rangel.

Mediante la utilización de avanzadas técnicas de teledetección espacial se realizó una clasificación digital con la cual se obtuvo una cartografía e inventario de las categorías objeto de estudio. La imagen multibanda o multiespectral se convierte en otra imagen, del mismo tamaño y características de las originales. Con la diferencia de que el nivel digital o ND que define cada pixel no tiene relación con la radiancia detectada por el sensor, sino que se trata de una etiqueta que identifica la categoría asignada a ese pixel. A partir de este proceso se genera fácilmente la cartografía temática, así como un inventario estadístico del número de pixeles y por tanto de la superficie asignados a cada categoría. A continuación, se presenta el mapa de uso y cobertura obtenido para el municipio Rangel (Figura 6).

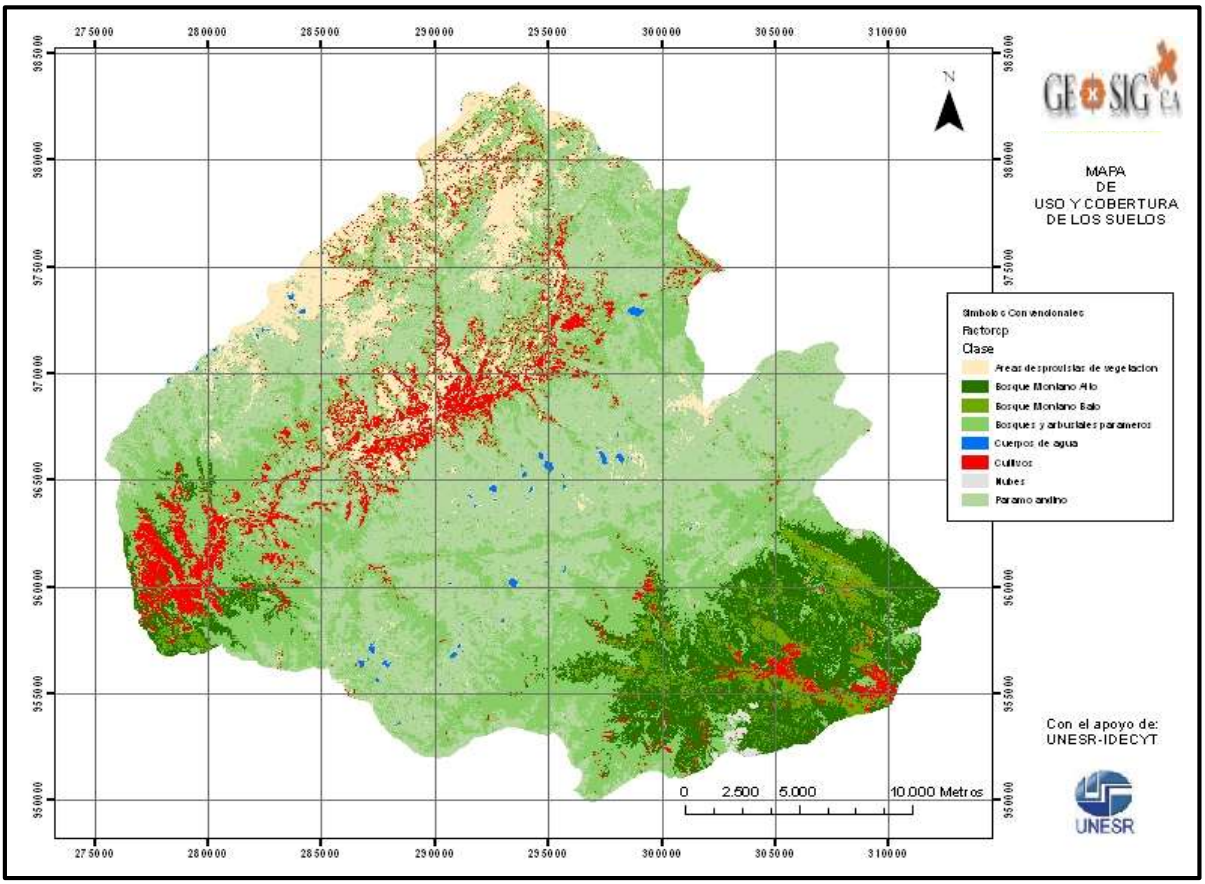


FIGURA 6. Mapa de uso y cobertura de vegetación del municipio Rangel. Fuente: Elaboración propia.

3.1.4 Mapa de densidad de drenaje

El mapa de densidad de la red de drenaje del municipio Rangel aporta una información básica de la erosión hídrica que se está produciendo en la zona. Nos permite deducir, indirectamente, los factores de erosividad de la lluvia y erosionabilidad del terreno, ya que la red de drenaje va a ser consecuencia de la resistencia de los materiales a ser arrastrados por el agua de lluvia y la escorrentía.

La evolución de la red de drenaje, significativa de la dinámica con que se desarrollan actualmente los procesos de erosión, es un indicador de la actividad torrencial. Basta analizar las fotografías aéreas o imágenes de satélite del municipio, en dos fechas alejadas entre sí en el tiempo, para comprobar el dinamismo de la red de drenaje y cómo quedan reflejadas en ella las acciones naturales y antrópicas.

La red de drenaje para este estudio fue digitalizada a partir de las hojas topográficas a escala 1:25.000 del IGVSB y actualizadas con las fotografías aéreas a escala 1:60.000 del año 1997 y la imagen de satélite Spot de 2,5 m de resolución del año 2008 (Figura 7).

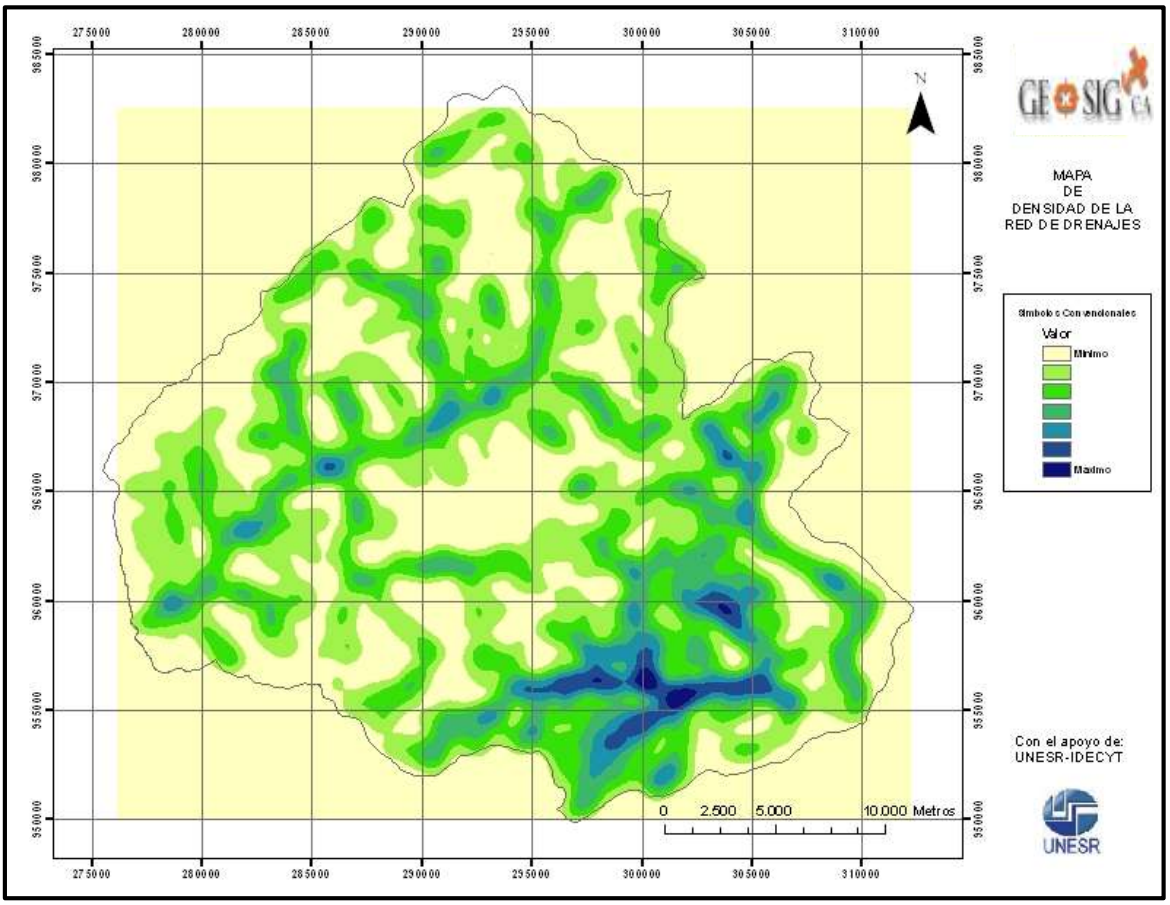


FIGURA 7. Mapa de densidad de drenaje. Fuente: Elaboración propia.

3.1.5. Zonas de Fragilidad y Susceptibilidad a la erosión

A partir de los mapas temáticos realizados previamente (Uso y cobertura de vegetación, pendientes y densidad de drenaje), vamos a obtener índices indicativos del grado de fragilidad y de susceptibilidad a la erosión de la cuenca.

El grado de fragilidad se pone de manifiesto mediante el análisis del tipo de cobertura y de su distribución en función de la pendiente. Esto significa que, por ejemplo, dentro de la clase cultivos situados en zonas con una pendiente inferior al 12% van a proteger el sustrato sobre el que se asientan, de forma más efectiva que si las pendientes son superiores a este porcentaje, con lo que la fragilidad es menor.

En un caso similar nos encontramos con el resto de las clases definidas, los terrenos determinados como *Bosque* entendemos que ejercen una protección máxima sobre el suelo para cualquier porcentaje de pendiente, mientras que la presencia de terrenos tipo *área desprovista de vegetación* va a determinar una fragilidad máxima para cualquier pendiente, dada la carencia de cubierta protectora.

Para obtener el mapa de áreas con fragilidad se ha operado una matriz con las herramientas de álgebra de mapas a partir de los grados de pendientes y las coberturas del suelo, agrupándolas en 5 clases cualitativas desde el valor “bajo” hasta el “alto” grado fragilidad como se muestra en la figura 8.

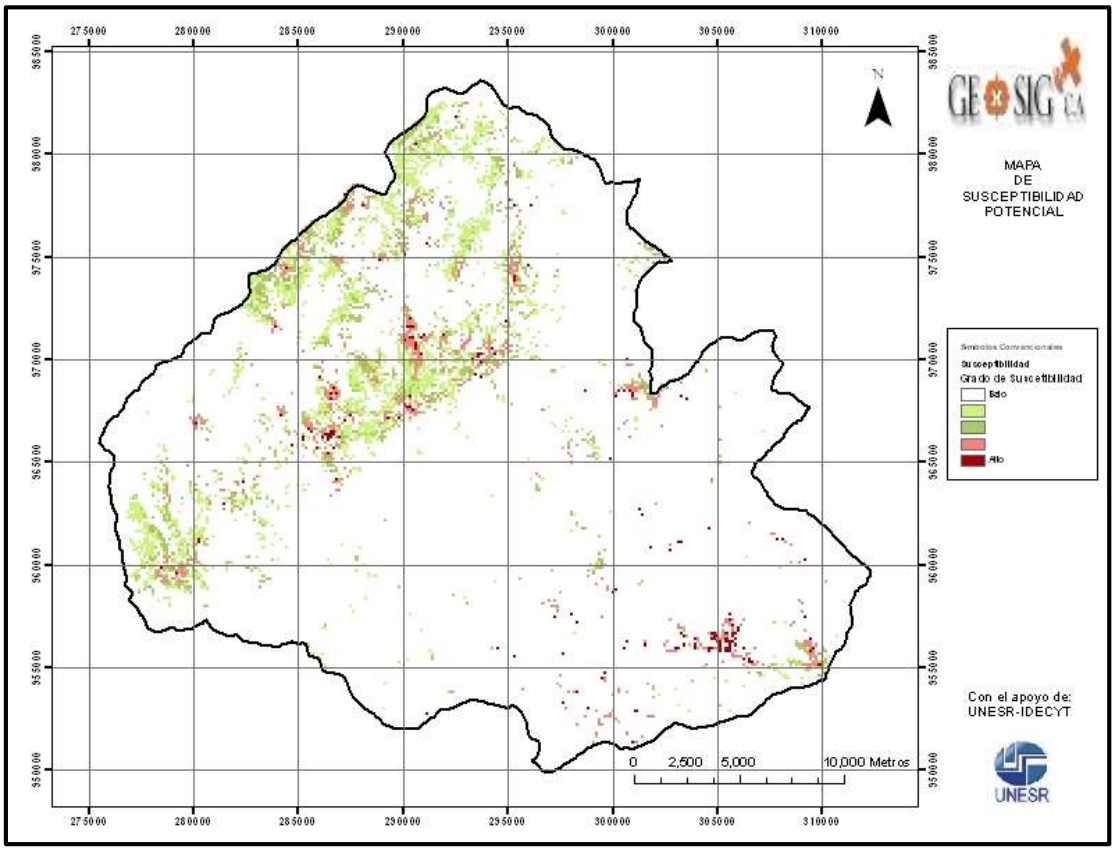


FIGURA 8. Mapa de Fragilidad potencial en el municipio Rangel. Fuente: Elaboración propia.

3.2 Metodología aplicada para la determinación de los factores de la EUPS y para el cálculo de la pérdida del suelo.

3.2.1 Estimación de la erosividad de la Lluvia o factor "R".

Para realizar la estimación de la erosividad de la lluvia o factor R, diversos autores han realizado sus propuestas en los últimos 70 años. En Venezuela el Centro Interamericano de Desarrollo e Investigación Ambiental y Territorial

(CIDIAT, 1996), regionalizó mediante un estudio el factor erosividad de la lluvia para las cuencas de los ríos Tuy y Chama.

Para ello utilizó registros de lluvias de más de 30 estaciones en cada caso. Ajustó la distribución probabilística de Gumbel para duraciones 1,3,6,9,12 y 24 horas obteniendo las respectivas láminas de precipitación con periodos de retorno de 1,2,5,10,20,25,50,100,500 y 1000 años (Figura 9).

Cada valor de R fue calculado a partir de información lluvia horaria (CIDIAT, 1996), fue correlacionado con los valores de precipitación dados por los ajustes de Gumbel. Para ambos casos Tuy y Chama se logró el mejor ajuste para 2 años de periodo y retorno y 24 horas de duración (P2, 24), como se expone en el cuadro 2.

$$\mathbf{R= 0,0718 * (P2, 24)^{2,64}} \qquad \mathbf{(Ecu:2)}$$

Donde:

R= Mj.mm/ha.h.año

P2, 24= es la lluvia para dos años de periodo de retorno y 24 horas de duración en mm.

CUADRO 2. Estimación de la erosividad de la lluvia o factor "R" en el municipio Rangel. Cálculos con base en la ecuación desarrollada por el CIDIAT (1996).

Estación	Serial	Factor R (Mj.mm/ha.h.año)
Mucubají	3072	648,13
Mucurubá	3029	1019,77
Paramo de Mucuchíes	3111	774,58
Pico el Águila	3112	452,85
Paramo La culata	3027	1131,33
Tabay	3038	3807,3
Timotes	3166	1123,67
Mitisus	3115	4513,23

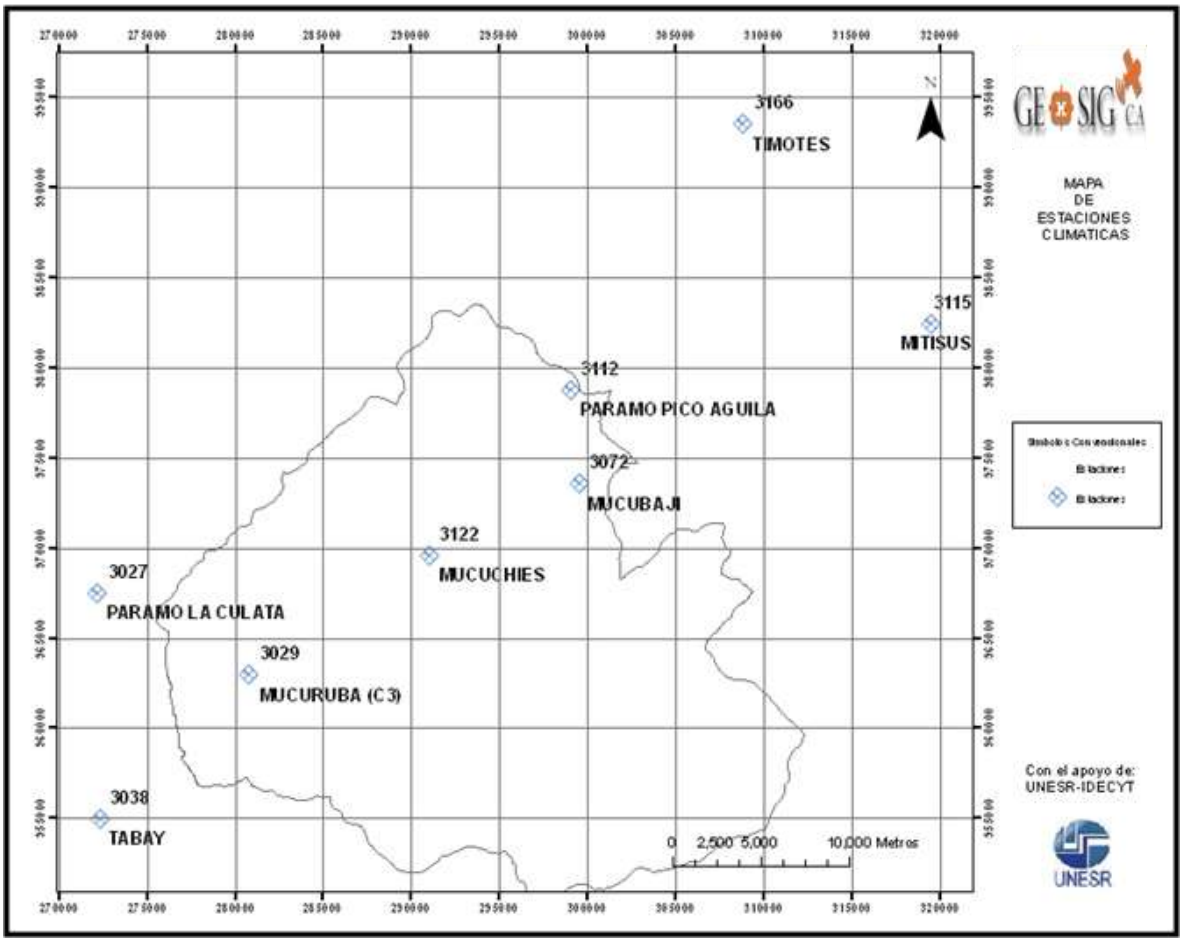


FIGURA 9. Mapa de Estaciones Climáticas del área de estudio. Fuente: Elaboración propia.

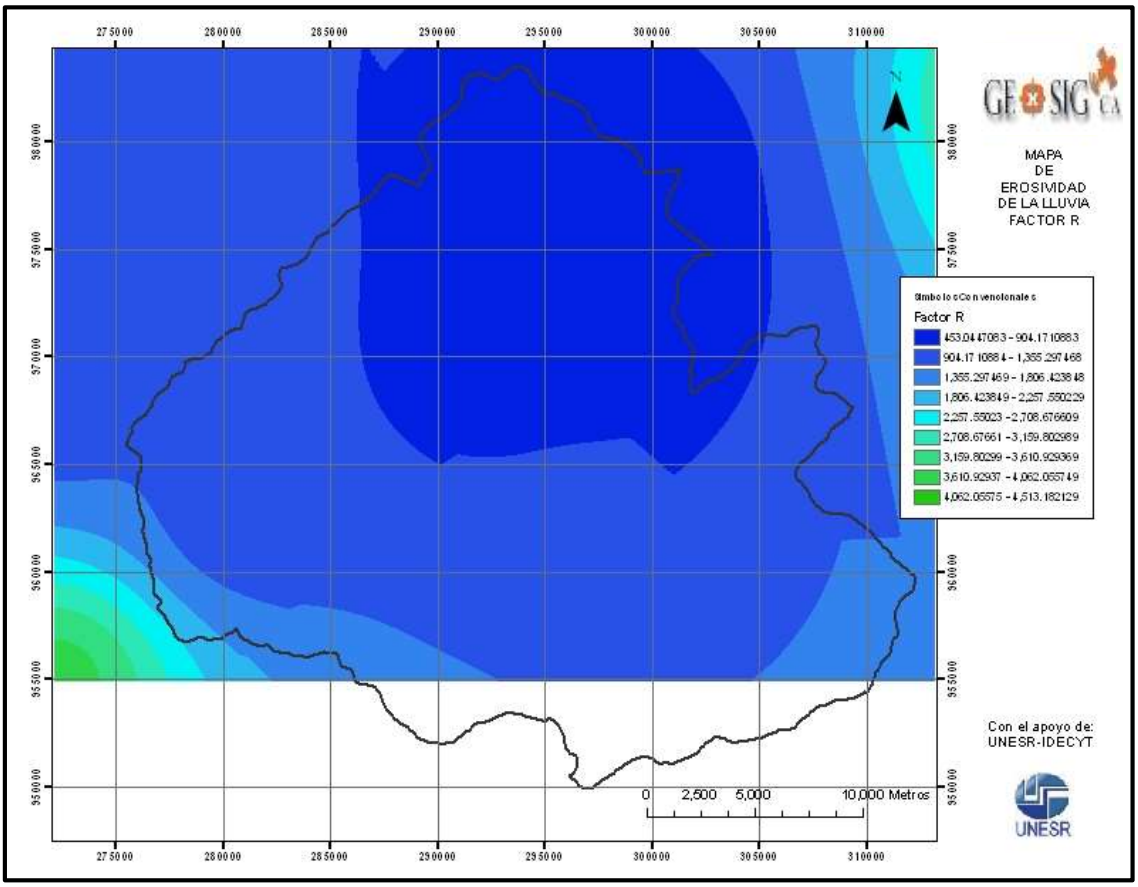


FIGURA 10. Cálculo del Factor Erosionabilidad o Erodabilidad de los suelos "K". Fuente: Elaboración propia.

3.2.2 Estimación de la erosividad de los suelos Factor "K".

López (1996) estimó la erosionabilidad del suelo en Mucuchíes con base a los estudios agrológicos detallados del campo experimental (Granados et al., 1988). Según sus estimaciones del factor K de erosionabilidad de los suelos en la zona en promedio tiene un valor de 0,027 (t/ha.) / (Mj.mm/ha.h), lo cual corresponde a suelos de moderada erosionabilidad (Figura 11).

Debido a la falta de tiempo y recursos en esta investigación para hacer un estudio de suelos detallado por todo el municipio, la información necesaria para aplicar la metodología propuesta por Kirkby en 1980 se obtuvo del proyecto Sistemas Ambientales de Venezuela del MARNR de 1983, donde existe un estudio de suelos a escala 1:250.000, con descripción del tipo de suelos, texturas, otros. Este estudio se comparó con el mapa de levantamiento de suelos a escala 1:25.000 de Castillo (1965), el cual no existe otro mapa posterior, que cubre aproximadamente un 40% del municipio hacia las zonas centro norte del mismo.

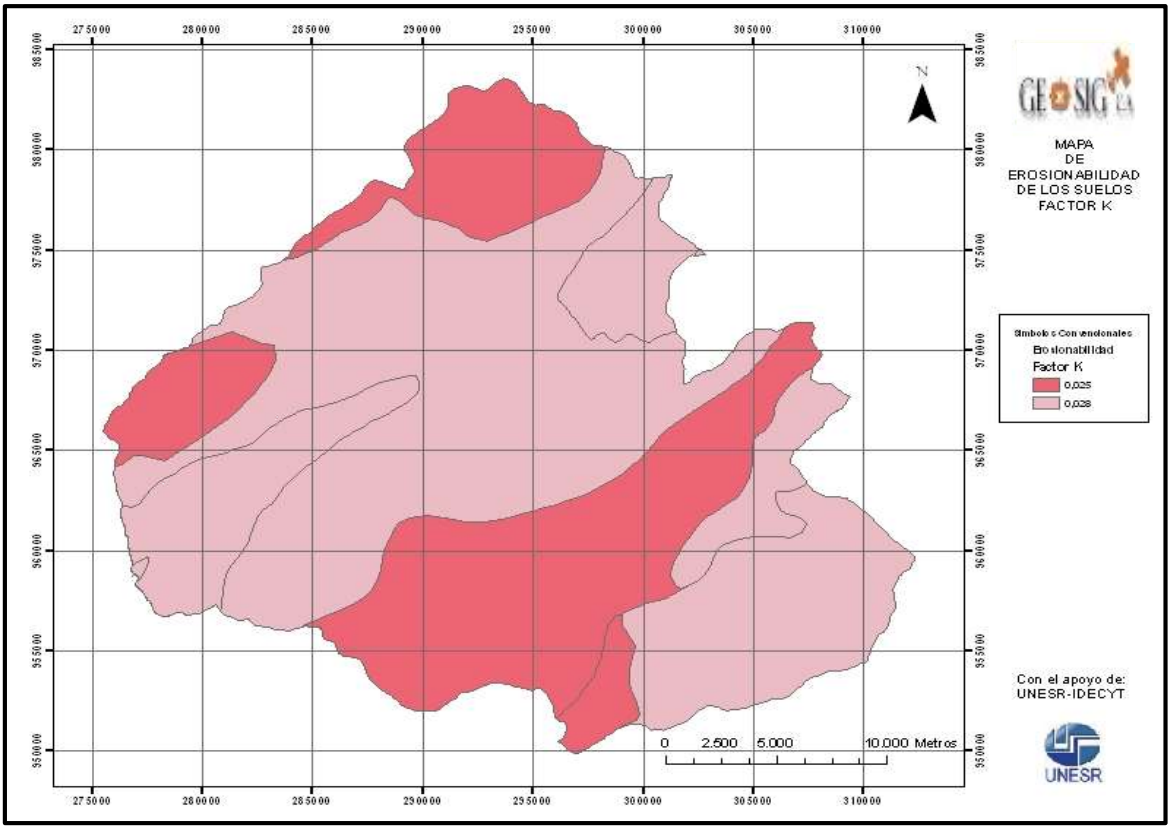


FIGURA 11. Cálculo del Factor Erosionabilidad de los suelos "K". Fuente: Elaboración propia.

3.3 Cálculo del Factor Topográfico "LS", Longitud y Pendiente de ladera.

El procedimiento general considera que el factor LS es el producto de los subfactores longitud (L) y pendiente (S) del terreno, y su magnitud y distribución espacial dependerá de la que tengan estos subfactores. La distribución espacial de S se obtuvo directamente aplicando las ecuaciones a una cobertura SIG sobre pendiente del terreno; esta última fue derivada del MDE usando las herramientas de análisis 3D en el SIG (Figura 12). Por otra parte, la distribución espacial de L depende de las distribuciones espaciales tanto de λ como del exponente m (Figura 13).

La distribución espacial de λ dentro de la cuenca se determinó mediante un MDE y aplicando la aproximación usada en CALSITE (Bolton et al., 1995), citado por Barrios (1999):

$$\lambda = (\text{área acumulada de flujo} / \pi)^{0.5} \quad \text{(Ecu:3)}$$

El área acumulada de flujo se calculó mediante el algoritmo de Biesemans (1997), el cual determina el área acumulada de drenaje hasta cada celda a partir de un MDE (Barrios, 1999).

Debido a que en el área de estudio se presentan pendientes medias mayores a 9% la expresión utilizada para calcular el factor LS es:

$$LS = (\lambda / 22.1)^{0.5} * [16{,}8 \text{Sen}(\text{Arctg}(p/100)) - 0{,}5] \quad \text{(Ecu:4)}$$

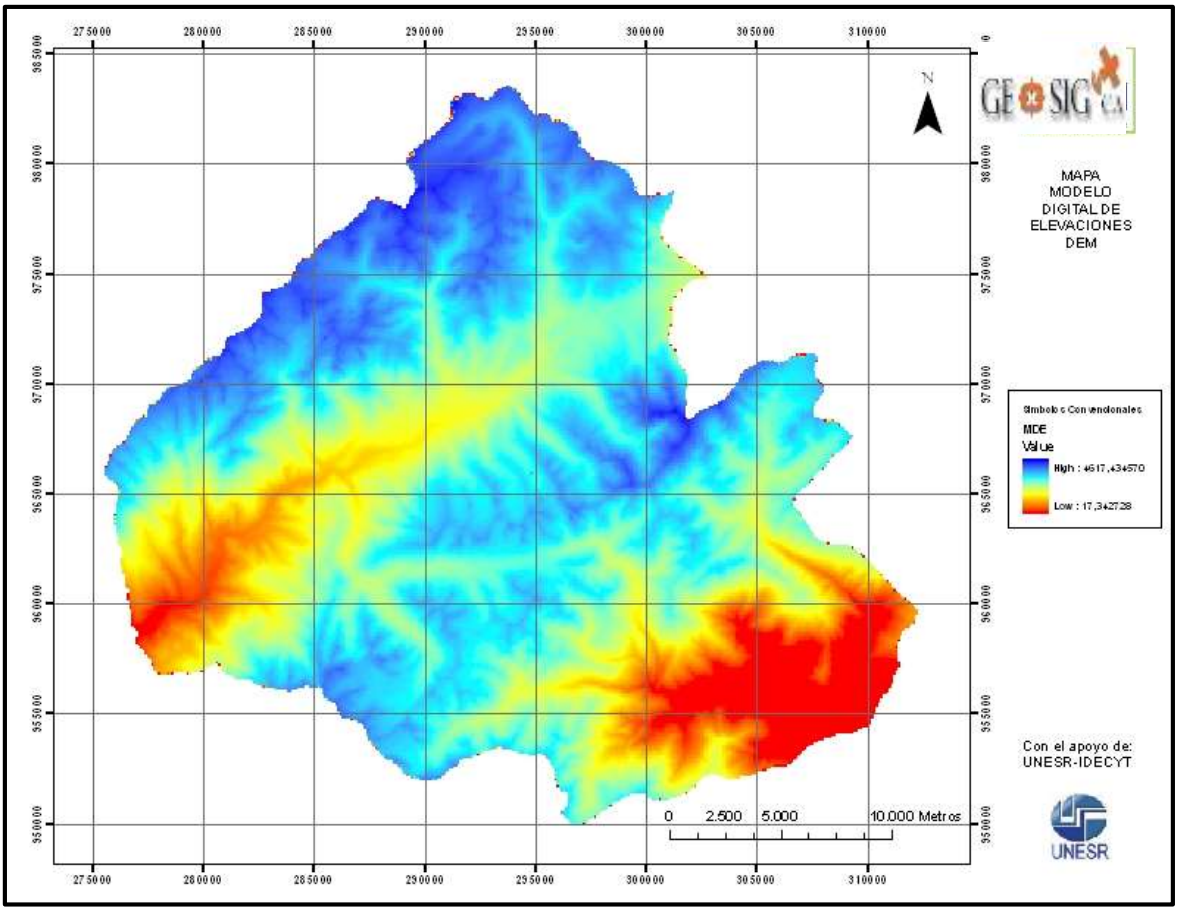


FIGURA 12. Modelo digital de elevaciones. Fuente: Elaboración propia.

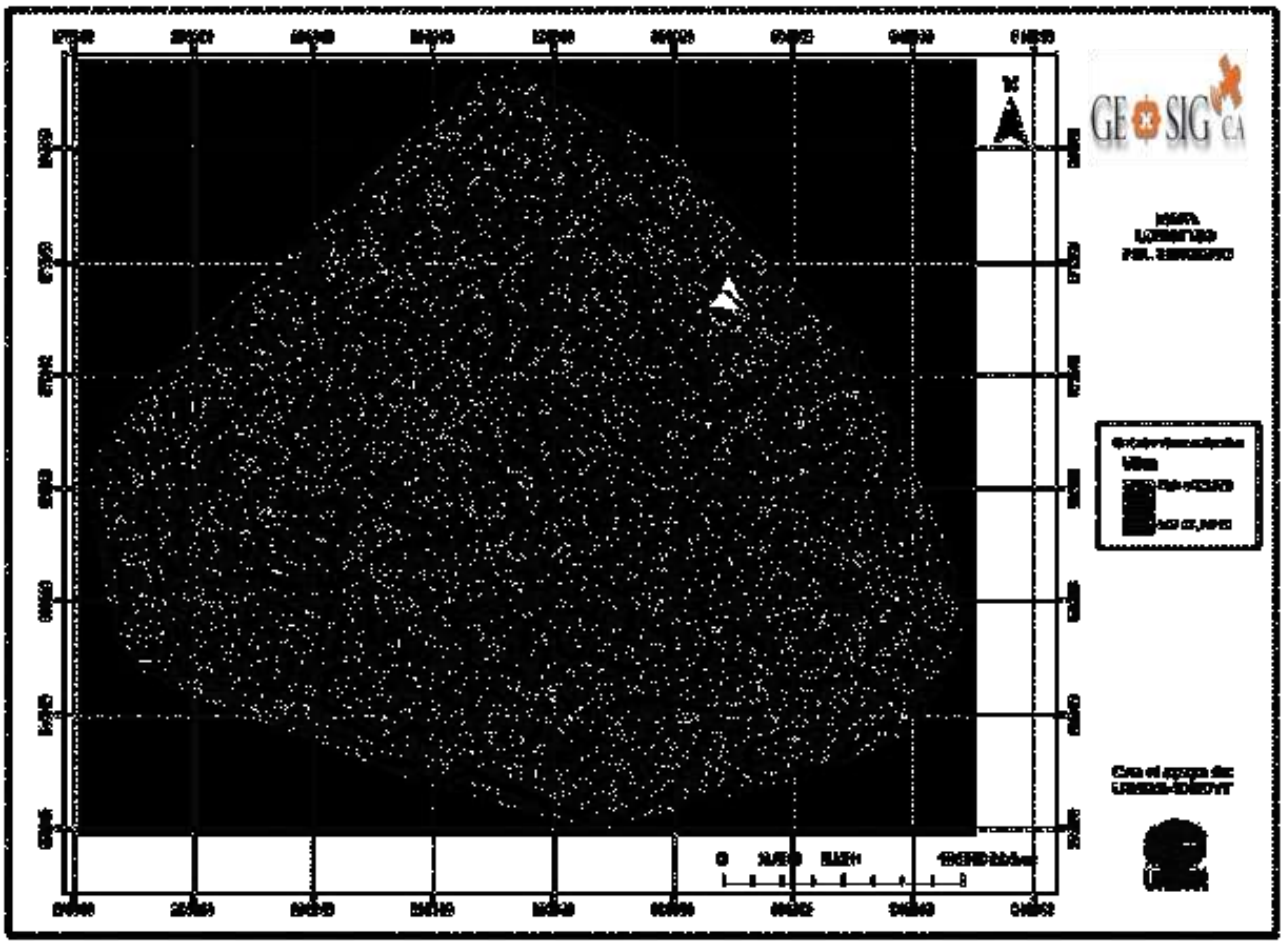


FIGURA 13. Longitud del terreno. Fuente: Elaboración propia.

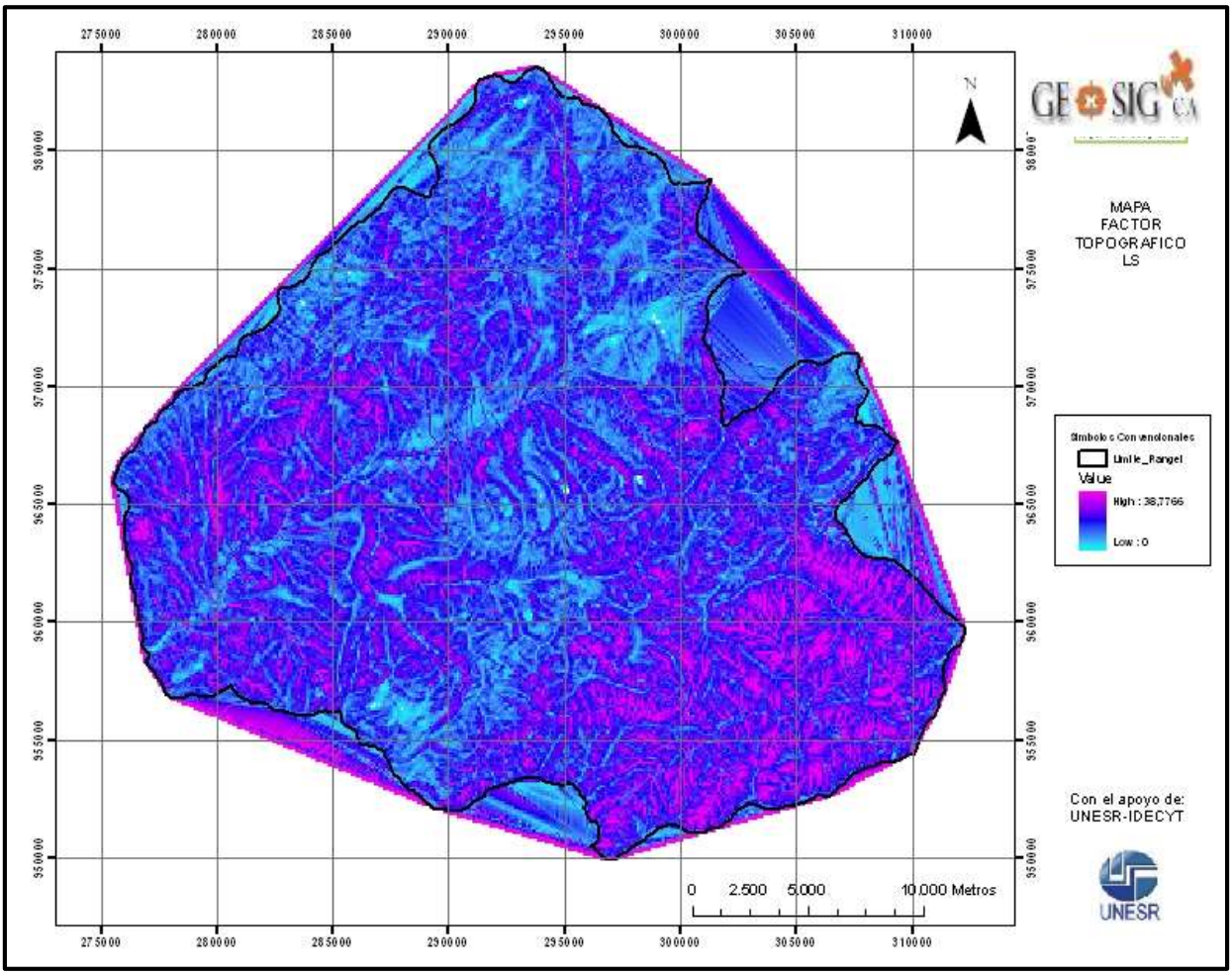

27 50 00
28 00 00
28 50 00
29 00 00
29 50 00
30 00 00
30 50 00
31 00 00
N
GEOSIG CA
MAPA
FACTOR
TOPOGRAFICO
LS
Simbolos Convencionales
Limite_Rangel
Value
High : 38,7766
Low : 0
Con el apoyo de:
UNESR-IDECYT
UNESR
0 2.500 5.000 10.000 Metros

FIGURA 14. Factor topográfico LS. Fuente: Elaboración propia.

3.4 Cálculo del factor "C", Cobertura y uso.

El factor de Cobertura y uso de los suelos factor "C" se estimó en base a valores de diferentes tablas fundamentadas en los trabajos de Wischmeier y Smith (1978).

Para evaluar el factor C se requirió levantar información sobre el uso y cobertura actual de los suelos. Este trabajo se realizó mediante técnicas de teledetección espacial utilizando las imágenes de satélite descritas anteriormente (Figura 15).

Las clases establecidas para realizar el mapa de uso y coberturas de los suelos y los cálculos de superficie se representan en el cuadro 3.

CUADRO 3. Tipos de cobertura y porcentaje de superficie ocupada.

Tipo de cobertura	% Superficie Has	% Superficie Km2	% total tipo Vs % Superficie Mun.
Aéreas desprovistas de vegetación	6157,42	61,57	8,45
Bosque Montano Alto	7836,99	78,36	10,76
Bosque Montano Bajo	2582,63	25,82	3,55
Bosques y Arbustales Parameros	23015,42	230,15	31,60
Cuerpos de agua	206,55	2,06	0,28
Cultivos	5086,39	50,86	6,98
Nubes	159,60	1,59	0,22
Paramo Andino	27789,50	277,89	38,15

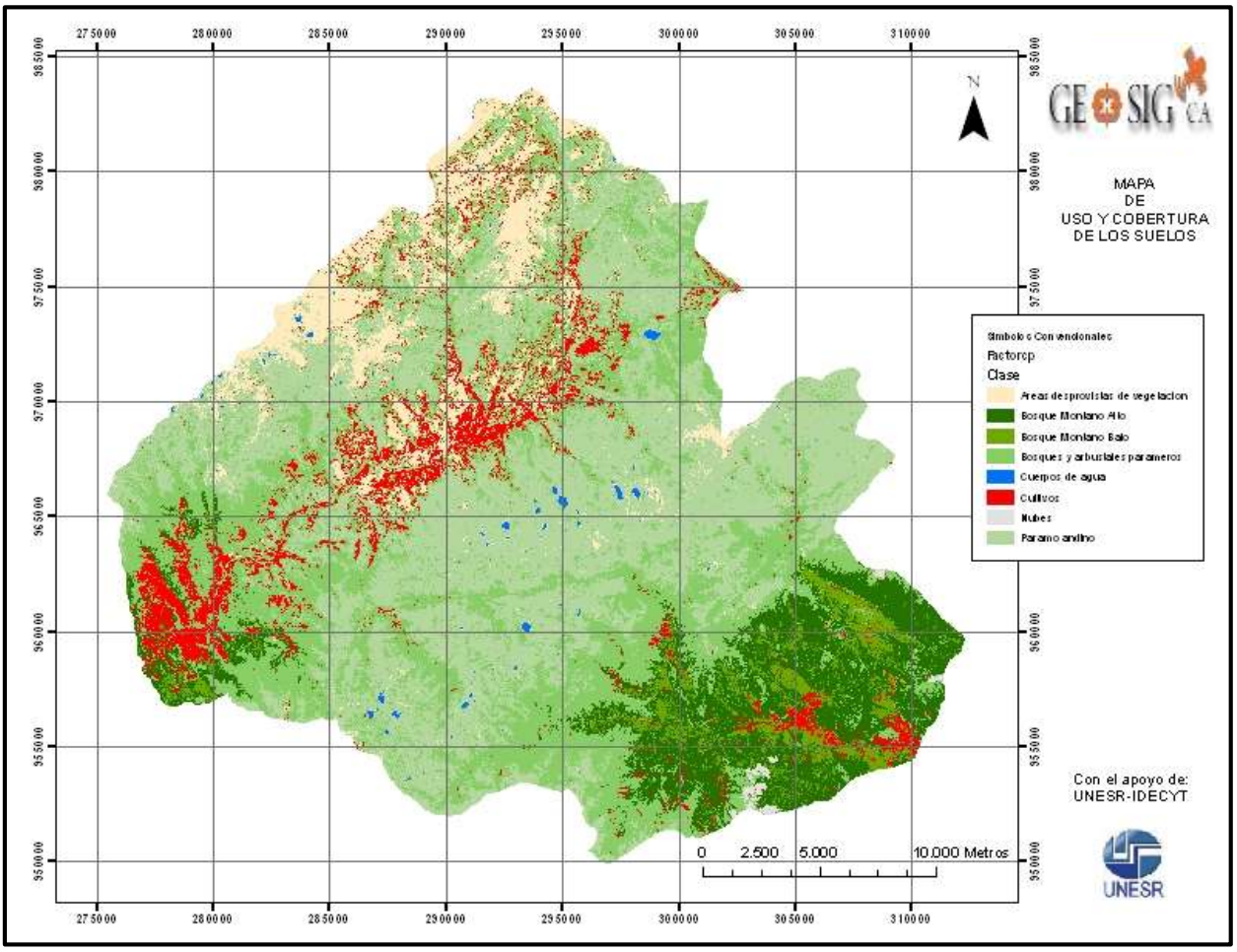


FIGURA 15. Uso y cobertura de los suelos del municipio Rangel. Fuente: Elaboración propia.

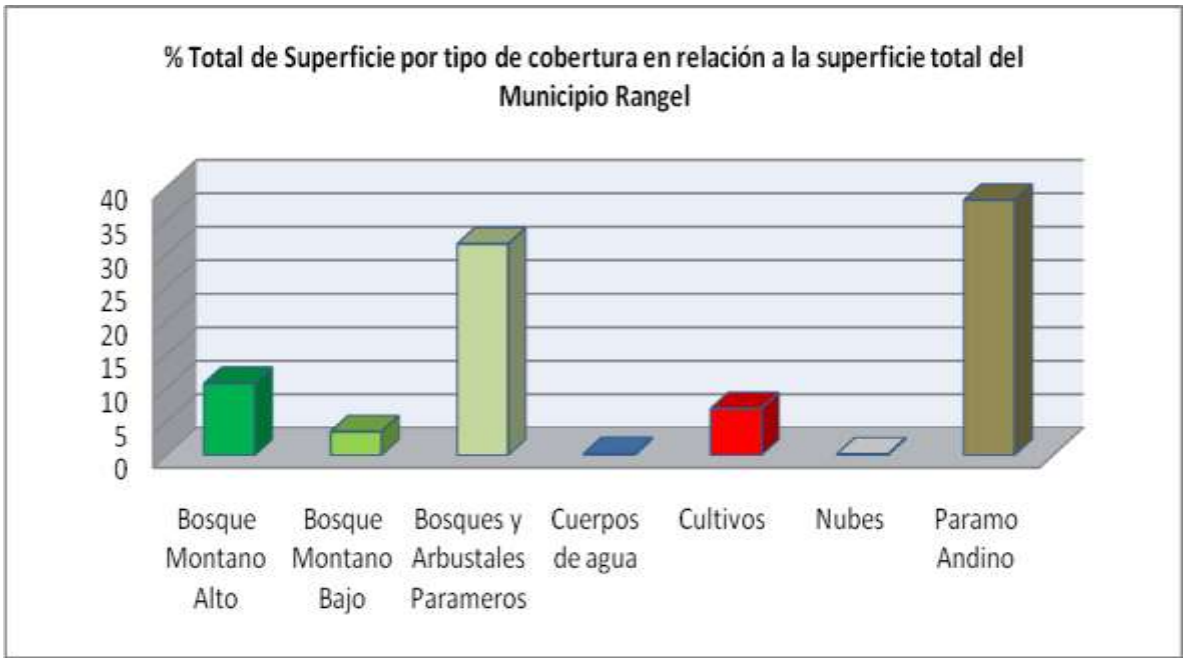


FIGURA 16. Porcentaje total de superficie por tipo de cobertura en relación a la superficie total del Municipio.

A partir de los valores de C obtenidos en las diferentes tablas y para áreas similares, se asignó un valor de acuerdo al rango comprendido entre 0,005 para Bosque Montano Alto y 1 para áreas desprovistas de vegetación. Como los valores de C en las diferentes tablas están agrupados en rangos se seleccionó un valor máximo y un valor mínimo para promediar el factor C de acuerdo a cada tipo de cobertura.

CUADRO 4. Factor C de USLE. Clasificación usada por el ministerio del ambiente (MARNR) Fuente: Velásquez (1985), citado por Bizarro (1985).

SIMBOLO	COBERTURA VEGETAL Y USO DE LA TIERRA	C
1a	Bosque denso	0.003 - 0.01
1b	Bosque claro con subestrato herbáceo denso	0.003 - 0.01
1c	Bosque claro con subestrato herbáceo degradado	0.01 - 0.1
2a	Matorral denso	0.003 - 0.03
2b	Matorral claro con subestrato herbáceo denso	0.003 - 0.03
2c	Matorral claro con subestrato herbáceo degradado	0.030 - 0.10
2d	Páramo	0.003 - 0.01
3a	Pastizal natural completo	0.003 - 0.04
3b	Pastizal natural pastoreado	0.040 - 0.20
3c	Pastizal cultivado (manejado)	0.003 - 0.04
4	Terrenos desprovistos de vegetación	0.90 -1.0
5a	Cultivos anuales de ciclo corto (1 - 6 meses)	0.30 - 0.8
5b	Cultivos anuales de ciclo largo (> 6 meses)	0.40 - 0.9
6a	Cultivos permanentes asociados densos	0.01 - 0.3
6b	Cultivos permanentes no densos	0.100 - 0.45
7	¡Huertos de subsistencia	0.3 - 0.9

Es importante señalar que en el mapa de cobertura y uso no se especifican los tipos de cultivos de ciclo corto o de ciclo largo, si no que aparecen sólo áreas de cultivos de manera general, sin embargo, los trabajos de campo permitieron identificar distintos tipos de cultivos y coberturas para asignar los valores de C de forma correcta a cada uno de los tipos de cobertura. A partir de esto se promediaron valores de C para todas las áreas (Cuadro 5 y Figura 17).

CUADRO 5. Factor C en Los Andes Venezolanos.

Tipo de cobertura	Factor "C"
Aéreas desprovistas de vegetación	0,95
Bosque Montano Alto	0,005
Bosque Montano Bajo	0,01
Bosques y Arbustales Parameros	0,025
Cultivos	0,55
Paramo Andino	0,02

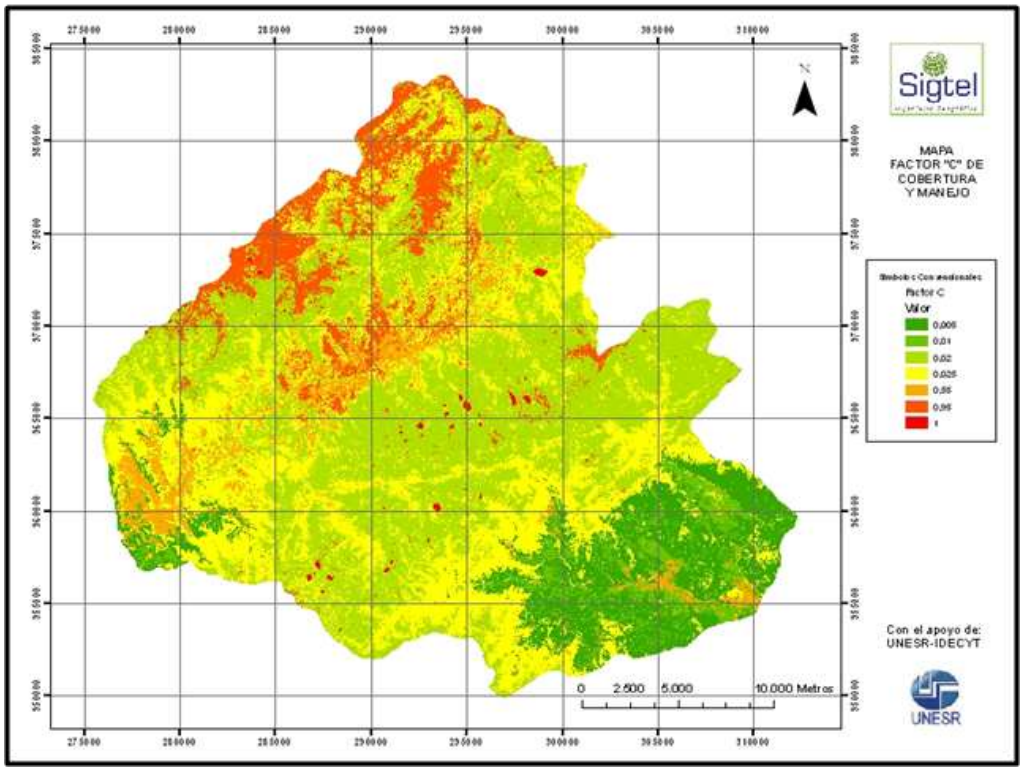


FIGURA 17. Factor "C" de cobertura y manejo. Fuente: Elaboración propia.

3.5 Cálculo del factor "P", Prácticas de conservación

La cuenca alta del rio chama se caracteriza por presentar una intensa actividad agrícola abarcando parte de su espacio físico natural en donde se observa que, algunas vertientes con inclinaciones mayores a 25% no presentan tipo alguno de práctica conservacionista las cuales tienen como objetivo principal frenar o evitar los procesos erosivos.

Para los diferentes tipos de prácticas de conservación, el valor de P, puede variar entre 0,10 y 1, siendo más efectivas las prácticas cuando los valores de P están más cercas a cero (0). Se identificó la distribución espacial de las Pérdidas Estimadas de Suelo (Figura 18).

Para este estudio se decidió trabajar con un valor de P=1, ya que éste se debe aplicar en las cuencas donde no es generalizado el uso de prácticas especiales de conservación, orientadas a facilitar la infiltración del agua en el suelo, disminuir o controlar el escurrimiento, o actuar en la retención de sedimentos (FAO, 1980) (Figura 19).

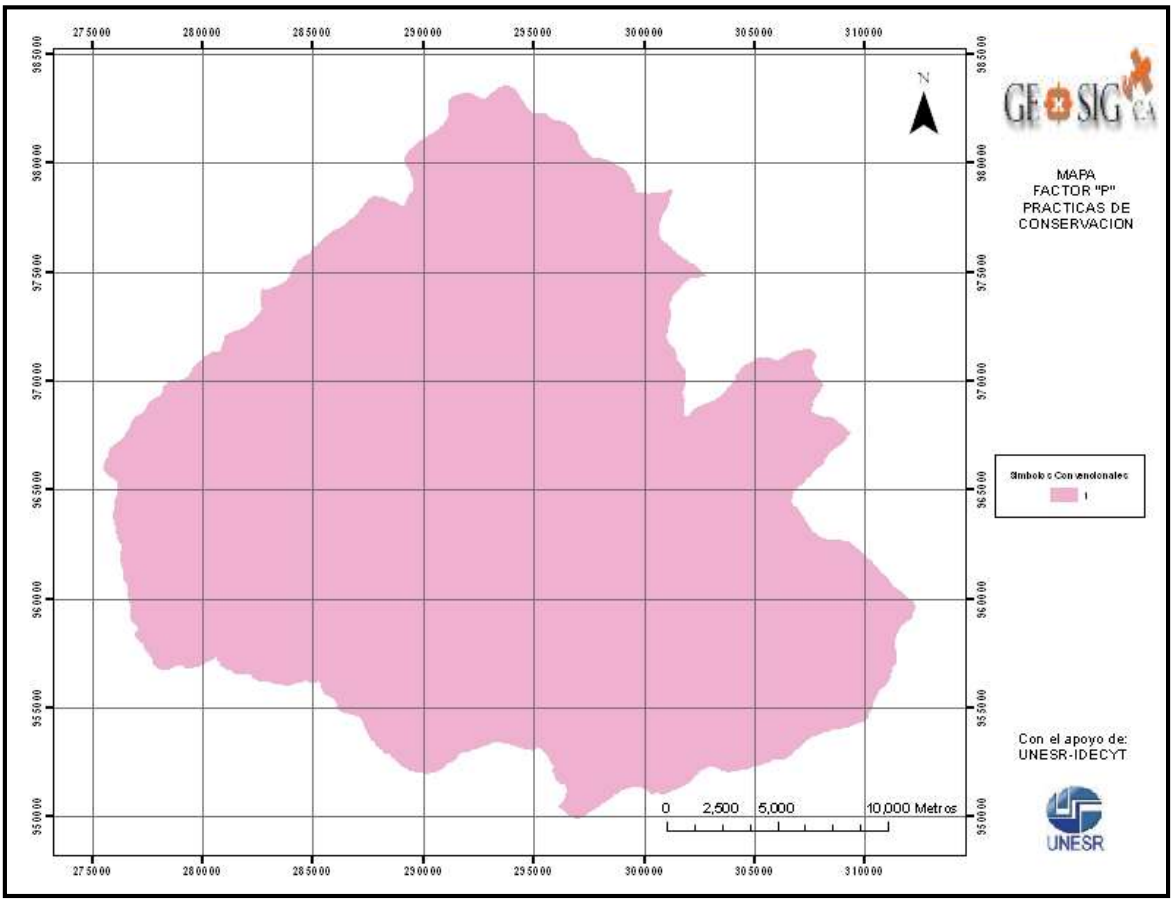


FIGURA 18. Factor "P", Practicas de Conservación. Fuente: Elaboración propia.

3.6 Cálculo de las pérdidas de suelo

Para la realización del cálculo de estimación de pérdidas de suelos se utilizó una herramienta del sistema de información geográfico llamada Calculadora de datos Raster (RasterCalculator, ImageCalculator o MapCalculation). En este sistema se aplicó la fórmula de la EUPS y se obtuvo el resultado de **15,17 Tn/Ha/Año** de pérdida de suelo. También se obtuvo como resultado

un mapa con la distribución espacial de estas pérdidas, es decir la ubicación de los sitios dentro del municipio donde se estima que se está produciendo este fenómeno.

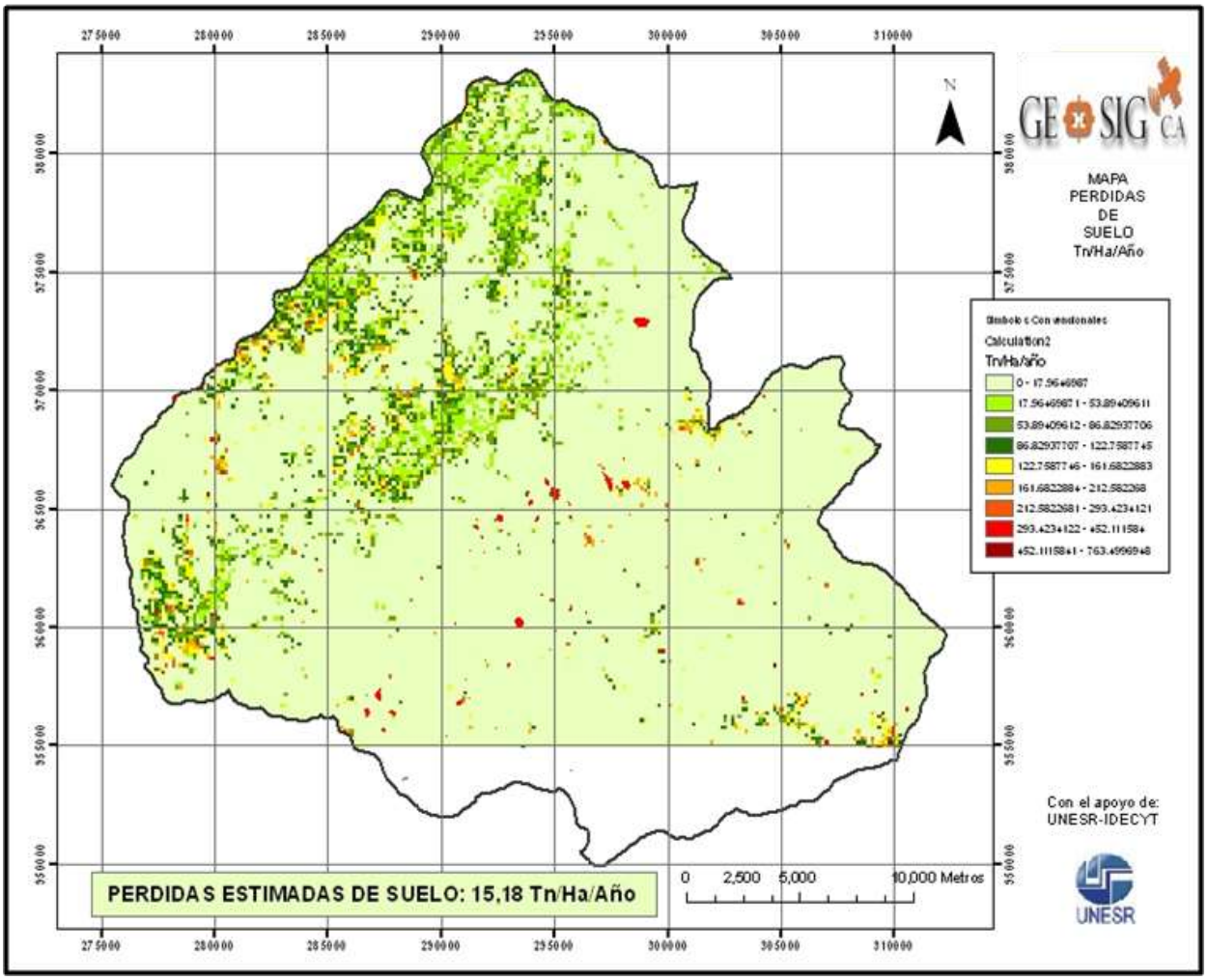


FIGURA 19. Distribución espacial de las Pérdidas Estimadas de Suelo en el Municipio Rangel. Fuente: Elaboración propia.

Las cuencas más susceptibles a los riesgos por erosión en el municipio Rangel obtenidas a través de este análisis son: parte media y baja de la microcuenca de la quebrada La Toma, río Chama; parte baja de la micro cuenca del rio Canaguá, parte media de la microcuenca de la Qda. La Musuy; y parta baja de la micro cuenca del río Arenoso como se puede observar en la figura 19.

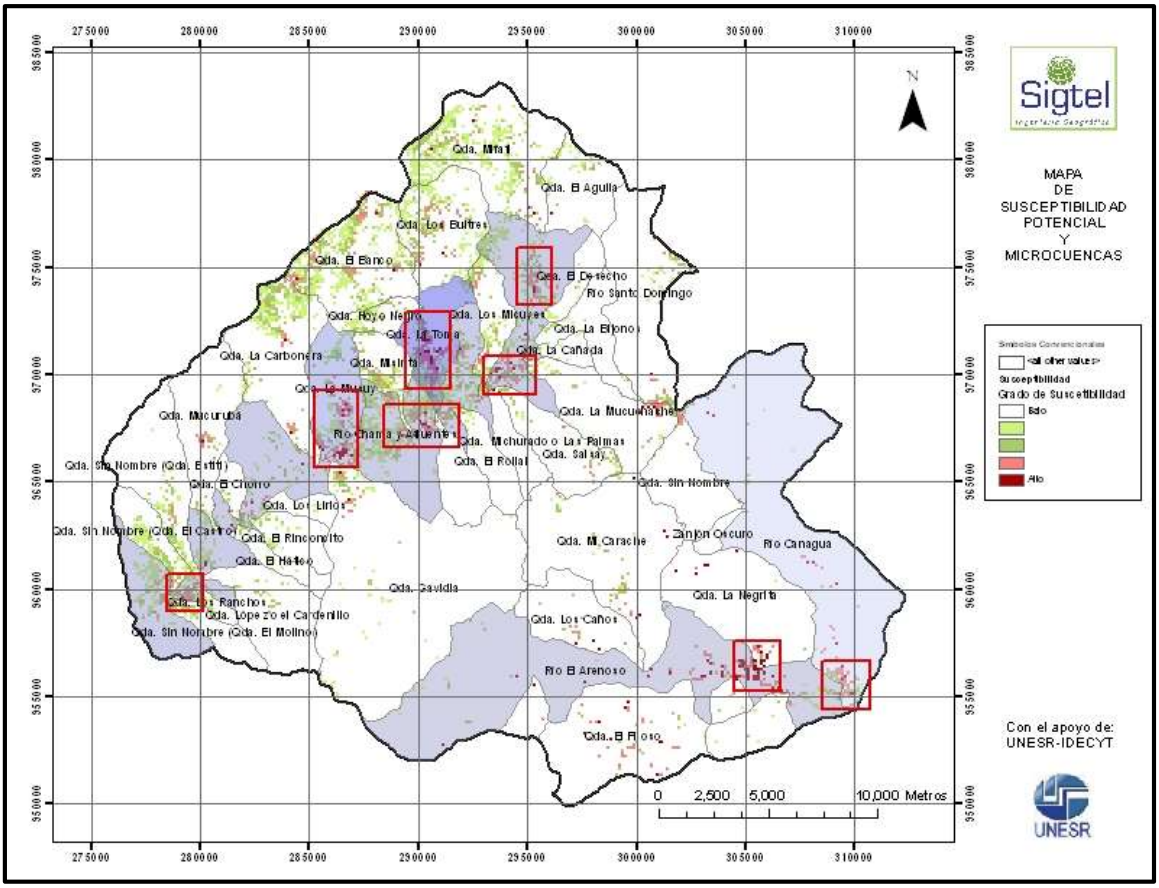


FIGURA 19. Distribución espacial de la pérdida de suelo, con la ubicación de los sitios dentro del municipio donde se estima que se está produciendo este fenómeno. Fuente: Elaboración propia.

En conjunto se puede definir el municipio Rangel como una zona de moderada fragilidad. Esto supone que una proporción media de su superficie está expuesta a la acción efectiva de los agentes erosivos, como consecuencia del tipo, estado y distribución de la cubierta vegetal, su red de drenaje y las pendientes presentes.

En lo que respecta a la susceptibilidad a la erosión, se puede ver como las áreas que tienen un valor "alto" se asocian con las cárcavas, los márgenes de los ríos con elevada pendiente y las zonas con escasa vegetación, zonas de cultivos, zonas deforestadas y todos los terrenos donde la densidad de drenaje es mayor.

El riesgo de erosión puede ser expresado cualitativamente (alto, moderado, bajo, etc.), o cuantitativamente (toneladas por hectárea por año). Existen varios cuadros comparativos para evaluar los resultados los cuales se presentan a continuación.

Para la evaluación cualitativa de los resultados formulada por Renschler (1996) y adoptada en Venezuela por el CIDIAT y El MARNR, se pueden interpretar los resultados expuestos en el cuadro 6.

CUADRO 6. Para la Evaluación de los resultados de estimación de pérdidas de suelo.

Riesgos de Erosión	Pérdidas (Tn/Ha/Año
Muy Bajo	0-2
Bajo	2-5
Tolerable	5-10
Alto	10-20
Muy Alto	>20

4. CONCLUSIONES

Conceptualmente, la EUPS nos ha servido para definir los principales factores que inciden en los procesos erosivos en el municipio Rangel, que según lo demuestran los estudios son las pendientes y el uso del suelo.

El formato digital en que se utilizaron los datos geográficos ha permitido cruzarlos entre sí, utilizando matrices bidimensionales de cálculo. Esta técnica facilita enormemente el trabajo de los técnicos, ya que permite rehacer los criterios adoptados, modelizándolos y adecuándolos a la realidad observada en campo.

El 84.5 % del territorio del municipio no presenta problemas graves de erosión, el otro 15.5% corresponde a las pérdidas significativas de suelo presentes en el municipio.

El índice de agresividad, climático o de la lluvia, es moderado principalmente debido al tipo de lluvias orográfico-convectivas. El índice aumenta hacia la cuenca media del río Chama (población de Tabay) y hacia la población de Santo Domingo.

Para la vertiente sur del municipio en donde no se pudieron obtener datos debido a la falta de estaciones meteorológicas, se infiere que, el índice de lluvias también puede ser alto porque las precipitaciones anuales aumentan de forma brusca como lo demuestra el mapa de isoyetas.

El índice de erodabilidad del suelo se ubicó entre 0,026 y 0,028. Lo cual corresponde a suelos de moderada erosionabilidad.

La implementación de prácticas de conservación, en las zonas de cultivos agrícolas que se determinaron como críticas en el estudio, sería suficiente para minimizar e incluso eliminar algunos de los procesos erosivos relacionados con la erosión hídrica.

Con la finalidad de preservar los suelos y mejorar la producción, se debe integrar el manejo agroecológico en los procesos productivos y los ciclos ecológicos de la región y manejar los medios agrícolas en forma sostenible

5. AGRADECIMIENTOS.

El equipo de trabajo desea expresar su mayor agradecimiento a la Universidad Nacional Experimental Simón Rodríguez (UNESR) y al Instituto de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (IDECYT) por el apoyo económico para la realización de este trabajo. Un agradecimiento muy especial a la Profesora Hilda Di Stefano por todo su apoyo durante la realización de este trabajo. Al Profesor Miguel Ángel Núñez, por todo el apoyo que ha brindado a esta iniciativa, por su asesoría y comentarios sobre la investigación. A los estudiantes del Diplomado en Agroecológica, por sus comentarios y la atención prestada al presente trabajo.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Barrios. A. (1999). Distribución espacial del factor LS (RUSLE) usando procedimientos SIG compatibles con IDRISI. Aplicación en una micro cuenca andina. Revista Forestal Venezolana, 44, 57-64.

Bizarro, D. M., y Siqueira, O. J. W. D. (1985). Estimativa da erodibilidade e do fator cobertura e manejo para solos do Rio Grande do Sul. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 20, (3), 353-361.

Bizarro, D. M., y De María, I. C. (1988). Fator cobertura e manejo do solo (C) da equação universal de perdas de solo, para condições do Estado de São Paulo. Bragantia, 47, (1), 127-138.

COPLANARH. (1970). Evaluación de los sistemas de riego. Caracas: Comisión del Plan Nacional de Aprovechamiento de los Recursos Hidráulicos.

Castillo, J. B. (1965). Estudio de los suelos de las partes altas de las cuencas de los ríos Chama y Santo Domingo. II Parte. Escuela de Geografía, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, Universidad de Los Andes.

CIDIAT. (1996). Erosividad de la lluvia y riesgo de erosión hídrica en suelos de Mucuchíes, Estado Mérida. Centro Interamericano de Desarrollo e Investigación Ambiental y Territorial

FAO. (1980). Metodología provisional para la evaluación de la degradación de los suelos. Roma, Italia. 86 p.

MARNR. (1983). Sistemas Ambientales Venezolanos. Regiones naturales: 7A Depresión del Táchira, ProyectoVen/79/001, Código II-2-7A. Proyecto VEN/79/001. Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables MARNR.

López, R y Crespo C, H. (1996). Erosividad de la lluvia y riesgo de erosión hídrica en suelos de Mucuchíes, Estado Mérida. Revista Geográfica Venezolana, 37, 77-96.

Wischmeier, W. H. y Smith, D. D. (1978). Predicting rainfall erosion losses. A guide to conservation planning. United States Department of Agriculture (USDA). Agriculture Handbook N° 537. Washington. USA. 51 p.

Biesemans, J. (1997). Wtrshed y Rusle_Flowline_Ls C source programs. Program. Dept.Soil Management. University Gent.

ECODISEÑO & SOSTENIBILIDAD

RES: ULA-UPV

N°17: 2024

DOI: //doi.org/10.53766/ECOSOS/2024.17.05

ARTÍCULO 005 RES 17: 2024

EVALUACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO - CALENTAMIENTO GLOBAL DEL LADRILLO ROJO (TÍPICO EN LA ZONA CIÉNEGA) Y DEL LADRILLO BLANCO PARA CONSTRUCCIONES SUSTENTABLES

Lucio Guzmán Mares
Ma. Soledad Castellanos Villarruel
María Elvia Edith Alanís Pérez
Carlos Vázquez Cid de León

ECODISEÑO & SOSTENIBILIDAD

RES: ULA-UPV

N°17: 2024

Artículo RES 005

EVALUACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO - CALENTAMIENTO GLOBAL DEL LADRILLO ROJO (TÍPICO EN LA ZONA CIÉNEGA) Y DEL LADRILLO BLANCO PARA CONSTRUCCIONES SUSTENTABLES

Carbon footprint assessment - global warming of red brick (typical in the Ciénega area) and white brick for sustainable construction

[1]Lucio Guzmán Mares, [2]Ma. Soledad Castellanos Villarruel, [3]María Elvia Edith Alanís Pérez, [4]Carlos Vázquez Cid de León

1. Universidad de Guadalajara. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores. Correo: lucio.guzman@academicos.udg.mx; https://orcid.org/0000-0002-3409-7600.
2. Universidad de Guadalajara. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores. Correo: ma.castellanos@academicos.udg.mx; https://orcid.org/0000-0002-4218-8537.
3. Universidad de Guadalajara. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores. Correo: elvia.alanis@academicos.udg.mx; https://orcid.org/0000-0002-6305-4423.
4. Universidad Tecnológica de la Mixteca, Oaxaca, México. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores. Correo carlosvazquezc@mixteco.utm.mx; https://orcid.org/0000-0003-2067-0565

Recibido: 16/06/2024 **Aceptado:** 11/10/2024

RESUMEN

La oferta de ladrillos de arcilla cocida elaborados artesanalmente en el país, proviene de la producción que genera un número estimado de alrededor de 17 000 ladrilleras distribuidas en casi todo el país bajo condiciones de informalidad en pequeñas unidades de producción, con tecnología rudimentaria y que ofrecen productos que difieren regionalmente en cuanto a dimensiones y características de apariencia y probablemente en sus propiedades mecánicas (SEMARNAT, 2016). El objetivo trazado fue evaluar y comparar los daños e impactos ambientales mediante el uso del software SimaPro© para conocer la huella de carbono del ladrillo rojo y ladrillo blanco. Desarrollo: con base en información proporcionada por el empresario sobre la composición de los tipos de materiales para fabricar ladrillo, y sin considerar el proceso de horneado (quema del ladrillo), se procedió

a ingresar los datos en el software especializado en la evaluación de impactos, SimaPro©. En los resultados obtenidos se logró determinar la huella de carbono – calentamiento global de cada ladrillo y conocer cuál de ellos supone mayor afectación al medio ambiente. Conclusiones: uno de los principales resultados es que el ladrillo rojo tradicional supone mayor daño e impacto ambiental, con un 12.56%, respecto al ladrillo blanco; obteniendo el valor (huella de carbono) del calentamiento global – cambio climático de cada ladrillo.

Palabras clave: Industria del ladrillo, Análisis del Ciclo de Vida, Evaluación de Impactos Ambientales.

SUMMARY

The supply of handmade fired clay bricks in the country comes from the production that generates an estimated number of around 17 000 brickyards distributed throughout almost the entire country under informal conditions in small production units, with rudimentary technology and that offer products that differ regionally in terms of dimensions and appearance characteristics and probably in their mechanical properties (SEMARNAT, 2016). The objective was to evaluate and compare environmental damage and impacts by using SimaPro© software to know the carbon footprint of red brick and white brick. Development: Based on information provided by the businessman about the composition of the types of materials for manufacturing brick, and without considering the baking process (brick burning), the data was entered into the software specialized in the evaluation impacts, SimaPro©. In the results obtained, it was possible to determine the carbon footprint – global warming of each brick and knowing which of them has the greatest impact on the environment. Conclusions. One of the main results is that traditional red brick represents greater damage and environmental impact, with 12.56%, compared to white brick. Getting the global warming – climate change value (carbon footprint) of every brick.

Keywords: Brick Industry, Life Cycle Analysis, Assessment of Environmental Impacts.

1. INTRODUCCIÓN

El cocimiento de los ladrillos se lleva a cabo en hornos rudimentarios de baja eficiencia, sin posibilidades de control de emisiones y que en pocos casos usan

maquinaria y equipo auxiliar (Fontalvo-Porras et al., 2014); esos hornos utilizan diversos combustibles de fácil acceso y/o bajo costo como son la biomasa forestal, otros residuos de biomasa, residuos de manejo especial o incluso residuos peligrosos.

Como consecuencia de lo anterior, la actividad artesanal es fuente de emisiones de contaminantes que afectan la calidad del aire y de emisiones de gases de efecto invernadero (Chávez, 2018), incluyendo los Contaminantes Climáticos de Vida Corta (CCVC), ocasionando el reclamo social de quienes habitan en las cercanías de las unidades o zonas en las que se produce ladrillo y con probables efectos negativos en la salud.

García et al. (2023), obtuvieron resultados que indican que el uso de una capa de PCM (una capa de RT25HC de 10 mm de espesor) en muros de bloques huecos HB puede reducir significativamente el flujo de calor, con una disminución del 48,7% en comparación con los muros HB convencionales. Esto, junto con el desfase térmico y la reducción de emisiones de CO_2, respalda su recomendación en edificios manufacturados en la ciudad mexicana de Mérida y áreas similares para mejorar la eficiencia energética y reducir la huella de carbono.

Los diferentes intentos que se han realizado para establecer estrategias de mejoramiento de la actividad artesanal no han tenido éxito y, la planeación de nuevas acciones, encuentra un obstáculo en la carencia de datos oficiales derivados de la informalidad en la cual se desarrolla la actividad. La mejor información disponible se encuentra en los estudios del sector de ladrilleras artesanales del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (SEMARNAT, 2016a) y en la base de datos de Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (INEGI, 2015), aunque no es suficiente para desarrollar un análisis integral.

Conscientes de la necesidad de realizar a nivel nacional mejoras en la actividad que permitan disminuir las emisiones de contaminantes y los riesgos para la salud y riesgo climático de acuerdo con Penikas y Vasilyeva (2024), el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático enfoca la búsqueda de soluciones desde una perspectiva integral que considere la situación social y económica de los productores artesanales y la dinámica de la oferta y demanda del ladrillo en un mercado que ofrece productos sustitutos o complementarios (SEMARNAT, 2016b).

Chen et al. (2024), realizaron un estudio que exploró la relación entre las emisiones de carbono con la energía y la variedad en el desarrollo humano en las provincias chinas. Encontraron que el total de emisiones de carbono de energía en 30 provincias chinas alcanzó los 10.2 mil millones de toneladas en 2019, con un crecimiento anual promedio del 6.93% en las últimas dos décadas.

Los resultados señalan que la renovación de edificios tiene el potencial de disminuir las emisiones de carbono en operación en un rango que va del 59% al 94%. Los enfoques convencionales de renovación, aunque generan un ahorro de energía un 37% menor en comparación con el estándar EnerPHit que utiliza materiales petroquímicos, solo resultan en una diferencia del 1% en la cantidad de carbono incorporado, de acuerdo con Mohammadpourkarbasi et al. (2023).

Expresada dicha problemática, se convierte en una oportunidad de innovación sostenible al realizar dicha evaluación y demostrar que el ladrillo blanco, fabricado con materiales recuperados, genera menor daño al medio ambiente y a la salud pública.

A partir del contexto antes mencionado el *Objetivo General* de la presente investigación fue evaluar y comparar la huella de carbono – calentamiento

global de ladrillos típicos para la construcción en la zona Ciénaga, México; el tradicional ladrillo rojo versus ladrillo blanco, utilizando el software SimaPro©, especializado en evaluación de daños e impactos ambientales y, finalmente, presentar el análisis y discusión de los resultados obtenidos.

1.1. ESTADO DEL ARTE DE LA PRODUCCIÓN DEL LADRILLO ARTESANAL ROJO

El universo de ladrilleras artesanales del que se extrajo la muestra representativa corresponde a los estados de la megalópolis (Hidalgo, Tlaxcala, Puebla, Morelos, ciudad de México y Estado de México), Jalisco y Guanajuato, (Tabla 1) que albergan al 58.64 % del total de las 17 054 ladrilleras artesanales del país de acuerdo al Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (SEMANART, 2016a).

TABLA 1: Número de ladrilleras artesanales registradas por estado. Fuente: (SEMANART, 2016)

Estado	Ladrilleras registradas	Encuestas esperadas	Encuestas realizadas
Hidalgo	285	28	35
Tlaxcala	29	3	3
Puebla	4,500	440	461
Morelos	24	2	4
Ciudad de México	0	0	0
Estado de México	803	78	89
Jalisco	1994	195	202
Guanajuato	2,366	231	249
Total	**10,001**	977	1043

El análisis cualitativo de la preferencia de ladrillo artesanal en la autoconstrucción se enfocó en las Zonas de Atención Prioritaria (ZAP), a través de un método de reconocimiento visual del uso de ladrillo versus productos de concreto (bloque y tabicón), a partir de 108 imágenes urbanas obtenidas de las ZAP de 72 ciudades de los 32 estados de la República de México. En la tabla 2 se muestra la escala utilizada.

TABLA 2. Escala de valoración de imágenes urbanas. Fuente: (SEMANART, 2016a).

Nivel	%	Descripción
Totalidad	100%	Predomina la construcción de viviendas con ladrillo
Alto	80%	Es mayor el número de viviendas construidas con ladrillo con respecto a las que usaron bloque y tabicón.
Medio	60%	Es ligeramente mayor el número de viviendas construidas con ladrillo con respecto a las que usaron bloque y tabicón.
Bajo	40%	Es menor el número de viviendas construidas con ladrillo con respecto a las que usaron bloque y tabicón.
Muy Bajo	20%	La mayoría de las viviendas es construida con bloque y tabicón.
Nulo	0%	No existen viviendas construidas con ladrillo

Para el año de 2015 el 92% de los productores artesanales de la Megalópolis, Jalisco y Guanajuato se dedican permanentemente y en forma exclusiva a la actividad, aunque durante períodos de dificultades económicas suelen incorporarse a la actividad personas sin experiencia. A partir del análisis realizado, se estima que el 52% de ellos tienen más de 20 años realizando la actividad, el 29% tienen entre 10 y 20 años y sólo el 19% tienen 10 años o menos produciendo ladrillos; lo cual apunta a una baja incorporación de nuevos productores permanentes. Por otra parte, sólo el 8% tienen una actividad complementaria que puede ser la agricultura, la construcción o actividades comerciales. Una fracción mínima de ellos (0.02%) migran estacionalmente.

La actividad artesanal de ladrillo (Luján et al., 2015), se realiza predominantemente como una actividad familiar (un empleado por cada dos familiares ocupados) y ejecutada por los hombres (una mujer por cada 6 o 7 hombres); entre las mujeres que participan, el 85% provienen del propio núcleo familiar. La participación de los familiares directos no es remunerada y en la cultura del productor, ello se considera una obligación. Por número de dependientes económicos, los mayores porcentajes corresponden a los productores que tienen entre 2 y 3 con un valor de 50%, mientras que el porcentaje de los que tienen de 4 a 10 o más supera el 30%, lo cual concuerda con los datos del tamaño del hogar censal reportado para el país en 2010 (INEGI, 2015).

Otra debilidad estructural de la oferta es la informalidad de la producción de ladrillo, la cual provoca deficiencias en la información estadística oficial, dificulta una mejor comprensión del mercado al carecer de registros de las transacciones y les resta competitividad a los productores por su incapacidad para expedir facturas (sólo el 20% de ellos cuentan con Registro Federal de Contribuyentes). La informalidad también afecta la capacidad de los productores artesanales para obtener financiamiento o apoyos con recursos públicos y prácticamente cancela la posibilidad de regularización de la actividad de acuerdo con los reglamentos locales aplicables (el 63% de los productores no cuentan con permiso municipal de uso del suelo) (López et al., 2015).

La producción artesanal de ladrillo en México se realiza con tecnología rudimentaria en comparación con lo que ocurre en otros países latinoamericanos como Brasil y Colombia (López et al., 2015). Los hornos utilizados en México son llamados “tradicionales” y son del tipo fijo (75%) con paredes parciales que delimitan el espacio de acomodo del ladrillo crudo que se cocerá, o de campaña (22%), cuando la torre de ladrillos crudos da forma

al horno y se desbarata cuando se descarga el ladrillo cocido. Otros tipos de hornos (menos del 0.5%) son el MK2 en los estados de San Luis Potosí, Querétaro, Durango, Puebla, Chihuahua y Jalisco y del tipo multicámara horizontal.

1.2. MARCO TEÓRICO-CONCEPTUAL PARA EL ESTUDIO

En este apartado se presenta un enfoque general de la metodología de ACV (Guzmán et al., 2019), y una introducción al software SimaPro©, conceptos de Calentamiento Global, Cambio Climático y Huella de Carbono.

¿Cuál es la diferencia entre el calentamiento global y el cambio climático?

Según Kennedy y Lindsey (2018), el *warming* global se refiere solo a la temperatura de la superficie de la Tierra, mientras que el cambio climático incluye el *warming* y los "efectos secundarios" de este *warming*—como son los glaciares que se derriten, procesos de deforestación de bosques, tormentas de lluvia más severas o las sequías más frecuentes. Dicho de otra manera, el calentamiento global es un síntoma del mayor problema del cambio climático causado por los seres humanos.

Otra distinción entre el calentamiento global lo expone Huber et al. (2012) y el cambio climático de acuerdo a Broecker (1975), es que cuando los científicos o líderes públicos hablan sobre el calentamiento global (Mann et al., 2008), en estos días, casi siempre se refieren al calentamiento causado por los humanos—calentamiento (Weart, 2008). Esto debido al rápido aumento del dióxido de carbono (el cual alcanzo en el año de 2021 el 149 % de los niveles preindustriales, principalmente a causa de las emisiones procedentes de la quema de combustibles fósiles y la producción de cemento.

Las emisiones mundiales han repuntado desde que terminaron los confinamientos de 2020 debidos a la pandemia de COVID-19. Del total de las

emisiones causadas por actividades humanas durante el período 2011-2020, cerca del 48 % se acumularon en la atmósfera, el 26 % en los océanos y el 29 % en la tierra) así como el metano (desde 2007, la concentración media mundial de metano atmosférico ha aumentado a un ritmo acelerado).

Los incrementos anuales de 2020 y 2021 (15 y 18 ppm, respectivamente), son los mayores desde que se iniciaron las observaciones sistemáticas de este gas en 1983) señala la (Organización-Meteorológica-Mundial, 2022), y otros gases de efecto invernadero causado por personas que queman carbón, petróleo y gas.

El cambio climático, por otro lado, puede significar cambios naturales o causados por los humanos, como las edades de hielo (Kennedy y Lindsey, 2018). Además de quemar combustibles fósiles, los humanos pueden causar cambios climáticos al emitir contaminación de aerosol—las diminutas partículas que reflejan la luz solar y enfrían el clima—a la atmósfera, o al transformar el paisaje de la Tierra, por ejemplo, de bosques que almacenen carbono a tierras de cultivo.

El calentamiento global actual se debe principalmente al aumento de los gases que atrapan el calor que los humanos (Melillo et al., 2014), están agregando a la atmósfera al quemar combustibles fósiles. De hecho, en las últimas cinco décadas, los factores naturales (forzamiento solar y volcanes) en realidad habrían llevado a un ligero enfriamiento en la temperatura de la superficie de la Tierra (Alonso et al., 2010).

¿Qué es la huella de carbono y cómo medirla?

Los gases de efecto invernadero son los principales causantes del calentamiento global (National-Geographic, 2022; González et al., 2007), pero para muchas personas esto es algo que atañe a las grandes empresas y que no guarda relación con las acciones cotidianas (Salomón, 2007; Stocker, 2014).

Sin embargo, cada aspecto de la vida en sociedad deja una marca, una huella de carbono, que es fácilmente medible y, en consecuencia, reducible y compensable.

National Geographic (2022), conversó con especialistas y emprendedores regionales que despejaron todas las dudas y compartieron consejos para medir el impacto individual sobre el planeta y qué acciones se pueden implementar en el hogar para impulsar el cambio positivo, incluso negativo (Organización Meteorológica Mundial, 2022), entre los años de 1990 y 2021, el efecto de calentamiento del clima (denominado “forzamiento radiactivo”) provocado por los gases de efecto invernadero de larga duración, aumentó casi un 50 %, incremento al que el dióxido de carbono contribuyó en aproximadamente un 80 %.

Cada gas de efecto invernadero tiene un potencial de calentamiento global (simbolizado por la sigla GWP derivada de Global Warming Potential), y es la capacidad de un gas de contribuir al apantallamiento radiactivo relativo a otro gas de referencia (PICC, 2007).

En la tabla 3 se muestran algunos valores para óxido nitroso (N_2O), que es el tercer gas de efecto invernadero más importante. Sus emisiones atmosféricas provienen de fuentes naturales (en torno al 57 %) y fuentes antropógenas (aproximadamente el 43 %), como el océano, el suelo, la quema de biomasa, el uso de fertilizantes y diversos procesos industriales.

Su incremento entre 2020 y 2021 fue algo mayor que el observado entre 2019 y 2020, y superior a la tasa media de aumento anual del último decenio (Organización Metereológica Mundial, 2022), metano (CH_4), y HFCs (Hydro-Fluoro-Carbon). El GWP de CO_2 es igual a 1.

TABLA 3: Potencial de calentamiento por efecto invernadero para distintos gases y distintas escalas temporales de decaimiento. Los potenciales están en unidades equivalentes a CO_2 (datos de PICC, 2007: pp. 210-214). Fuente: González et al. (2007).

Gases	20 años	100 años	500 años
N_2O	289	298	153
CH_4	72	25	7,6
HFC-23	12000	14800	12200
HFC-32	2330	675	205

¿Qué es la huella de carbono?

"La huella de carbono representa la cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero que se emitieron a la atmósfera por medio de alguna actividad humana, que puede ser un producto o un servicio, o por la acción diaria de un habitante", explicó a National Geographic (2022), mediante video llamada el especialista en mitigación del cambio climático y huella de carbono Sebastián Galbusera, quien imparte clases en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires (UBA), en la Universidad Nacional de Tres de Febrero (Untref) y en la Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales (FLACSO).

Estas actividades humanas pueden ser tanto individuales como colectivas y su impacto se mide en toneladas o kilos de dióxido de carbono que equivalen a Gases de Efecto Invernadero (GEI), según detalla la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).

¿Cómo medir la huella de carbono?

Existen diversas metodologías disponibles en materia de cálculo de huella de carbono. Incluso, hay otro tipo de mediciones (Espíndola et al., 2012), como la huella hídrica (Cardona et al., 2013), que calcula el consumo de agua, o la huella ambiental (Pérez et al., 2022), que evalúa, calculan y pondera los principales impactos ambientales potenciales de un producto (Pupo, 2013), organización o servicio en base al análisis de su ciclo de vida.

En lo que respecta específicamente a la huella de carbono, se calcula en masa de CO_2 equivalente (CO_2e o CO_2eq) y, la referencia es el CO_2, porque resulta el gas más emitido entre los GEI.

Descripción General de la Metodología del ACV

El ACV, tal y como se define en la norma ISO (14 040, 2006): “Es la recopilación y evaluación de las entradas, las salidas y los impactos ambientales potenciales de un sistema de productos a través de su ciclo de vida”.

Las categorías generales de impactos medioambientales que precisan consideración incluyen el uso de los recursos naturales (Guzmán et al., 2022), la salud humana y las consecuencias ecológicas (categorías de daño). Un ACV completo incluye las siguientes fases (Figura 1):

- **Definición del objetivo y el alcance**: La aplicación pretendida, las razones para realizar el estudio y el destinatario previsto.

- **Análisis de Inventario (AICV):** Comprende la obtención de datos y los procedimientos de cálculo para cuantificar las entradas y salidas relevantes de un sistema del producto.

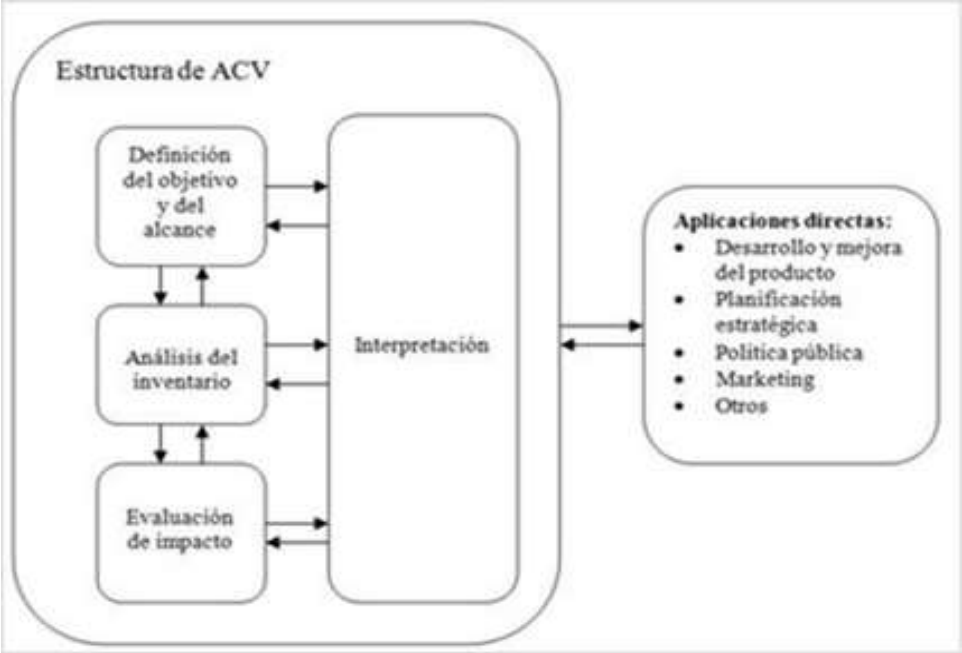


FIGURA 1: Fases de un Análisis de Ciclo de Vida. Fuente: (ISO 14 040, 2006).

- **Evaluación de impacto (EICV):** Se evalúa la importancia de los potenciales impactos ambientales utilizando los resultados del análisis de inventario de ciclo de vida. La estructura de esta fase viene determinada por la normativa de la norma ISO 14 042, distinguiendo entre elementos obligatorios y elementos opcionales. Los elementos considerados obligatorios son: 1. Selección de categorías de impactos, indicadores de categorías y modelos, 2. Asignación de los resultados del AICV, Clasificación y 3. Cálculo de indicadores de categoría, Caracterización. Los elementos opcionales son: 1. Normalización, 2. Agrupación y 3. Ponderación.

- **Interpretación de resultados:** Conclusiones y recomendaciones para la toma de decisiones, de forma consistente con el objetivo y alcance definidos

Descripción general del software SimaPro©

SimaPro© es un programa desarrollado por la empresa holandesa PRéConsultants (1999), que permite realizar ACV, mediante el uso de bases de datos de inventario propias (creadas por el usuario) y bibliográficas (Ecoinvent, BUWAL, IDEMAT, ETH, IVAM). SimaPro© es el software líder para el análisis de ciclo de vida de diferentes productos, que puede ser empleado por la industria, investigadores y estudiantes.

Este software es una herramienta para identificar, analizar y hacer seguimiento a la sostenibilidad de productos y servicios. El programa contiene diferentes métodos para el análisis de ciclo de vida, que sirven para calcular los resultados del análisis o evaluación de impactos. En general la estructura básica de los métodos que se pueden emplear en SimaPro© es la siguiente:

- Caracterización
- Evaluación de daños
- Normalización
- Ponderación
- Adición (puntuación única), (Ramírez et al., 2014).

Principales aplicaciones de SimaPro© relacionadas con el ACV:

1. Valoración de Huella de Carbono
2. Valoración de Huella Hídrica
3. Monitoreo de desempeño ambiental
4. Diseño de productos y Ecodiseño
5. Declaraciones ambientales de productos

6. Presentación de informes ambientales
7. Determinación de indicadores de desempeño clave

Por lo anterior, el SimaPro© es una herramienta profesional para el cálculo de los impactos ambientales, sociales y económicos, asociados a un producto o servicio a lo largo de todo su ciclo de vida, con aplicación al Ecodiseño, al desarrollo y obtención de ecoetiquetas, al cálculo de huellas de carbono o huellas hídricas, entre otros.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

La metodología utilizada en este proyecto es la que engloba cada una de las metodologías descritas en el apartado anterior: ACV y SimaPro©. En primer lugar, se desarrolló dos de las cuatro fases de la metodología de ACV apoyada con el Software SimaPro©, obteniendo la evaluación de daños e impactos ambientales de cada producto mediante gráficos que especifican claramente el daño al medio ambiente. Una vez obtenidos los gráficos, se realizó la interpretación de cada uno de ellos, con respecto al calentamiento global y cambio climático, de donde se desprenden las principales conclusiones de este estudio.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Información básica del inventario de ladrillos

Análisis del inventario

El análisis del inventario se realizó por medio de dos procesos unitarios (materias primas y producción, sin considerar el proceso de horneado-quema del ladrillo), que en la práctica se manejó en “producción de ladrillo” sólo del

ladrillo listón corto, tanto del ladrillo rojo como del ladrillo blanco. Las tablas 4 y 5 fueron proporcionadas por el propietario de la empresa:

TABLA 4: Composición de materiales del ladrillo tradicional rojo. Fuente: Elaboración propia.

	VOL X PZ	DEL TOTAL DEL VOLUMEN POR PZ					
	M3	TIZATE	TEPETATE	TIERRA	RASTROJO	ACERRIN	AGUA
LADRILLO BOVEDA	0.0010575	28%	28%	28%	10%	6%	40%
LADRILLO CATALANA	0.001584	28%	28%	28%	10%	6%	40%
LADRILLO TORITO	0.001989	28%	28%	28%	10%	6%	40%
LADRILLO LISTON CORTO	0.002496	28%	28%	28%	10%	6%	40%
LADRILLO LISTON LARGO	0.0047451	28%	28%	28%	10%	6%	40%
TRANSPORTE: KM RECORRIDOS DESDE EL BANCO DE MATERIAL HASTA LA PLANTA:	KM	8	12	5	6	8	8

TABLA 1: Composición de materiales del ladrillo mejorado blanco. Fuente: Elaboración propia.

	VOL X PZ	DEL TOTAL DEL VOLUMEN POR PZ					
	M3	TIZATE	TEPETATE	TIERRA	RASTROJO	ACERRIN	AGUA
LADRILLO BOVEDA	0.0010575	33%	33%	33%	0%	0%	40%
LADRILLO CATALANA	0.001584	33%	33%	33%	0%	0%	40%
LADRILLO TORITO	0.001989	33%	33%	33%	0%	0%	40%
LADRILLO LISTON CORTO	0.002496	33%	33%	33%	0%	0%	40%
LADRILLO LISTON LARGO	0.0047451	33%	33%	33%	0%	0%	40%
TRANSPORTE: KM RECORRIDOS DESDE EL BANCO DE MATERIAL HASTA LA PLANTA:	KM	8	12	5	0	0	8

3.2. Evaluación de Impactos e Interpretación

A continuación, se presentan los principales gráficos obtenidos de la comparativa de ladrillos y evaluados por el método IMPACT 2002+ (Rafiee et al., 2016). Mencionar que dicha evaluación considera categoría de impactos que son 15 (carcinógenos, no carcinógenos, respirables orgánicos, respirables inorgánicos, calentamiento global, radiación, capa de ozono, ecotoxicidad acuática, ecotoxicidad terrestre, acidificación terrestre, acidificación acuática, eutroficación acuática, energía no renovable, uso de suelo y extracción de minerales); y categoría de daños que son 4 (Salud humana, Ecosistemas, Recursos y Cambio Climático). La escala se da en eco puntos, de donde se determinan los porcentajes de participación.

La figura 2 y la tabla 6 presentan la evaluación por categoría de impactos y la comparativa de ladrillos en puntuación única (micro puntos). Obsérvese que 13 de 15 impactos presentan mejora ambiental en el ladrillo blanco con respecto al ladrillo rojo, obteniendo una mejora ambiental global de 12.56%. Y para profundizar en cada uno de los impactos, se realiza una interpretación con base en su puntuación obtenida, detallando mejoras y riesgos ambientales que permiten una mayor y mejor concientización en procura de minimizarlos al momento de la toma de decisiones.

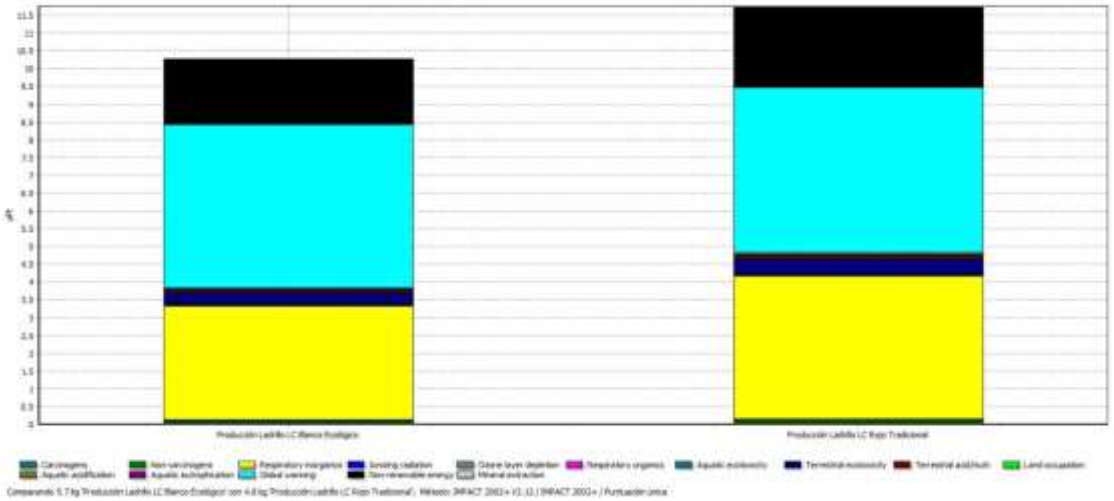


FIGURA 2: Comparativa de Ladrillos por Puntuación Única: Categoría de Impactos. Fuente: Elaboración propia, *Software SimaPro©*

TABLA 6: Comparativa de Ladrillos por Puntuación Única: Categoría de Impactos. Fuente: Elaboración propia.

Categoría de impacto	Unidad	Producción Ladrillo LC Blanco Ecológico	Producción Ladrillo LC Rojo Tradicional	Mejora ambiental %
Carcinogens	µPt	0.01762934	0.02268793	22.30
Non-carcinogens	µPt	0.08094837	0.10459234	22.61
Respiratoryinorganics	µPt	3.21060842	4.02308787	20.20
Ionizingradiation	µPt	0.00579443	0.00748364	22.57
Ozone layerdepletion	µPt	0.00369189	0.00477249	22.64
Respiratoryorganics	µPt	0.01332105	0.01709246	22.06
Aquaticecotoxicity	µPt	0.02015659	0.02605735	22.65
Terrestrialecotoxicity	µPt	0.33519215	0.43318908	22.62
Terrestrialacid/nutri	µPt	0.07802335	0.09739621	19.89
Landoccupation	µPt	0.05627585	0.07275249	22.65
Aquaticacidification	µPt	0	0	0.00
Aquaticeutrophication	µPt	0	0	0.00

Continuación tabla 6…

Global warming	**µPt**	**4.60518201**	**4.64777329**	**0.92**
Non-renewableenergy	µPt	1.85595554	2.30311394	19.42
Mineral extraction	µPt	0.00197708	0.00255544	22.63
Total	µPt	10.2847561	11.7625545	12.56

La figura 3 es complementaria a la tabla 5, y presentan la evaluación por categoría de impactos de la comparativa de ladrillos en el método de evaluación del daño. Obsérvese también que 13 de 15 impactos presentan mejora ambiental en el ladrillo blanco con respecto al ladrillo rojo, obteniendo la mejora ambiental global de 12.56% ya mencionada. Y para profundizar en cada uno de los impactos, se realiza una interpretación con base en su puntuación obtenida y las diferentes unidades de medida, detallando mejoras y riesgos ambientales que permiten una mayor y mejor concientización en procura de minimizarlos al momento de la toma de decisiones.

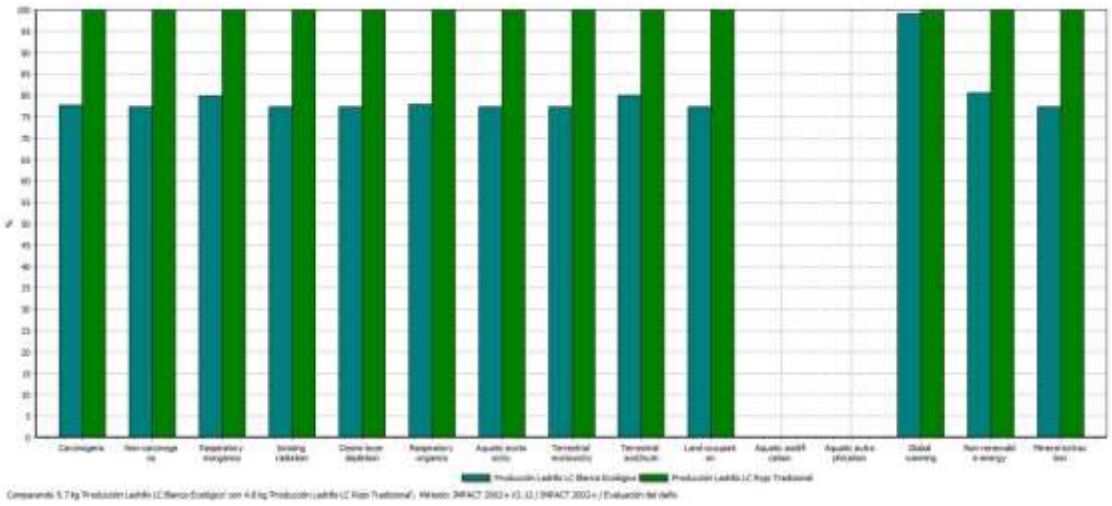


Figura 3. Comparativa de Ladrillos por Evaluación del Daño: Categoría de Impactos. Fuente: *Software SimaPro©*

Análisis por tipo de Impacto

1. Carcinogens (Carcinógenos, µPt)
- Ladrillo LC Blanco Ecológico: 0.0176
- Ladrillo LC Rojo Tradicional: 0.0227
- Mejora Ambiental: 22.30%

Interpretación: Los carcinógenos son sustancias que pueden causar cáncer. El ladrillo ecológico presenta un impacto menor en este aspecto, lo que indica que su producción implica menos riesgos asociados a productos potencialmente cancerígenos. La mejora del 22.30% sugiere que el proceso de producción del ladrillo ecológico es significativamente más seguro en cuanto a la exposición a estos riesgos.

2. Non-carcinogens(No carcinógenos, µPt)
- Ladrillo LC Blanco Ecológico: 0.0809
- Ladrillo LC Rojo Tradicional: 0.1046
- Mejora Ambiental: 22.61%

Interpretación: Esta categoría mide el impacto de sustancias que no son carcinógenas, pero que aún pueden tener efectos negativos para la salud. El ladrillo ecológico también tiene un impacto ambiental más bajo en esta área, reduciendo los efectos de sustancias tóxicas no cancerígenas. Una mejora del 22.61% es bastante significativa.

3. Respiratoryinorganics (Respiratorios inorgánicos, µPt)
- Ladrillo LC Blanco Ecológico: 3.2106
- Ladrillo LC Rojo Tradicional: 4.0231
- Mejora Ambiental: 20.20%

Interpretación: Los respiratorios inorgánicos son contaminantes del aire, como los óxidos de nitrógeno o partículas en suspensión, que pueden afectar la salud respiratoria. El ladrillo ecológico reduce el impacto en un 20.20%, lo que significa que su producción es menos perjudicial para la calidad del aire y la salud humana en este aspecto.

4. Ionizingradiation (Radiación ionizante, µPt)
- Ladrillo LC Blanco Ecológico: 0.0058
- Ladrillo LC Rojo Tradicional: 0.0075
- Mejora Ambiental: 22.57%

Interpretación: Las radiaciones ionizantes, como los rayos gamma o los rayos X, pueden tener efectos perjudiciales para la salud, como cáncer o daño genético. El ladrillo ecológico muestra una mejora del 22.57%, lo que indica que su producción emite menos radiación, reduciendo el impacto en la salud humana y el medio ambiente.

5. Ozone layerdepletion (Depleción de la capa de ozono, µPt)
- Ladrillo LC Blanco Ecológico: 0.0037
- Ladrillo LC Rojo Tradicional: 0.0048
- Mejora Ambiental: 22.64%

Interpretación: La capa de ozono es crucial para proteger a la Tierra de los daños del sol. El impacto en la depleción de la capa de ozono es significativamente menor en el ladrillo ecológico. La mejora del 22.64% refleja el uso de menos productos que agotan el ozono durante la producción del ladrillo ecológico.

6. Respiratoryorganics (Respiratorios orgánicos, µPt)
- Ladrillo LC Blanco Ecológico: 0.0133

- Ladrillo LC Rojo Tradicional: 0.0171
- Mejora Ambiental: 22.06%

Interpretación: Los compuestos orgánicos respiratorios son contaminantes del aire como el formaldehído o el benceno, que pueden tener efectos negativos en la salud. Nuevamente, el ladrillo ecológico muestra una mejora al reducir estos compuestos en su producción.

7. Aquaticecotoxicity (Ecotoxicidad acuática, µPt)
- Ladrillo LC Blanco Ecológico: 0.0202
- Ladrillo LC Rojo Tradicional: 0.0261
- Mejora Ambiental: 22.65%

Interpretación: La ecotoxicidad acuática mide el impacto de las sustancias que pueden dañar los ecosistemas acuáticos. El ladrillo ecológico es significativamente menos tóxico para el agua, lo que refleja una menor contaminación en cuerpos de agua cercanos a las fábricas o durante el proceso de producción.

8. Terrestrialecotoxicity (Ecotoxicidad terrestre, µPt)
- Ladrillo LC Blanco Ecológico: 0.3352
- Ladrillo LC Rojo Tradicional: 0.4332
- Mejora Ambiental: 22.62%

Interpretación: Aquí se mide el daño a los ecosistemas terrestres (como el suelo y las plantas). El ladrillo ecológico tiene un impacto menor en los ecosistemas terrestres, lo que significa que su producción es menos perjudicial para el entorno natural.

9. Terrestrialacid/nutri (Acidificación y nutrición terrestre, µPt)
- Ladrillo LC Blanco Ecológico: 0.0780

- Ladrillo LC Rojo Tradicional: 0.0974
- Mejora Ambiental: 19.89%

Interpretación: Esta categoría mide los efectos negativos sobre el suelo, como la acidificación (que puede dañar la biodiversidad) y la nutrición (que puede empobrecer el suelo). El ladrillo ecológico presenta una mejora del 19.89%, indicando una menor afectación al suelo durante su producción.

10. Landoccupation(Ocupación del suelo, µPt)
- Ladrillo LC Blanco Ecológico: 0.0563
- Ladrillo LC Rojo Tradicional: 0.0728
- Mejora Ambiental: 22.65%

Interpretación: El impacto en la ocupación del suelo se refiere a cuánta tierra es utilizada y alterada para la producción del producto. El ladrillo ecológico necesita menos terreno para producirse, lo que significa una mejor gestión del uso del suelo.

11. Aquaticacidification (Acidificación acuática) y 12. Aquaticeutrophication (Eutrofización acuática) (µPt)
- Ambos valores son 0 para ambos tipos de ladrillo.

Interpretación: Esto sugiere que ninguno de los dos tipos de ladrillo tiene un impacto en la acidificación o eutrofización de los cuerpos de agua. Esto es positivo, ya que no contribuyen a la contaminación del agua con sustancias ácidas o nutrientes excesivos.

13. Global warming (Calentamiento global, µPt)
- Ladrillo LC Blanco Ecológico: 4.6052
- Ladrillo LC Rojo Tradicional: 4.6477
- Mejora Ambiental: 0.92%

Interpretación: El impacto en el calentamiento global es ligeramente menor para el ladrillo ecológico, pero la diferencia es pequeña (solo un 0.92%). A pesar de esta pequeña mejora, ambos ladrillos tienen un impacto relativamente alto en este aspecto, lo que refleja las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas con su producción.

14. Non-renewableenergy (Energía no renovable, µPt)

- Ladrillo LC Blanco Ecológico: 1.8560
- Ladrillo LC Rojo Tradicional: 2.3031
- Mejora Ambiental: 19.42%

Interpretación: El ladrillo ecológico usa menos energía no renovable en su producción, lo que implica que es más eficiente en términos de consumo de recursos fósiles, como el petróleo o el gas natural.

15. Mineral extraction (Extracción mineral, µPt)

- Ladrillo LC Blanco Ecológico: 0.0020
- Ladrillo LC Rojo Tradicional: 0.0026
- Mejora Ambiental: 22.63%

Interpretación: El ladrillo ecológico tiene un impacto ambiental menor en términos de extracción de minerales. Esto indica que se utilizan menos recursos naturales no renovables en la producción del ladrillo ecológico.

Total (µPt)

- Ladrillo LC Blanco Ecológico: 10.2848
- Ladrillo LC Rojo Tradicional: 11.7626
- Mejora Ambiental: 12.56%

Interpretación: A nivel global, el ladrillo ecológico tiene un menor impacto ambiental, con una mejora del 12.56% en comparación con el ladrillo tradicional.

La figura 4 y la tabla 7 presentan la evaluación por categoría de daños de la comparativa de ladrillos en puntuación única y evaluación del daño respectivamente. Obsérvese que las 4 categorías presentan mejora ambiental en el ladrillo blanco con respecto al ladrillo rojo, obteniendo una mejora ambiental global de 12.56%. Y para profundizar en cada uno de los daños, se realiza una interpretación con base en su puntuación obtenida en sus diferentes unidades de medida, detallando mejoras y riesgos ambientales que permiten una mayor y mejor concientización en procura de minimizarlos al momento de la toma de decisiones.

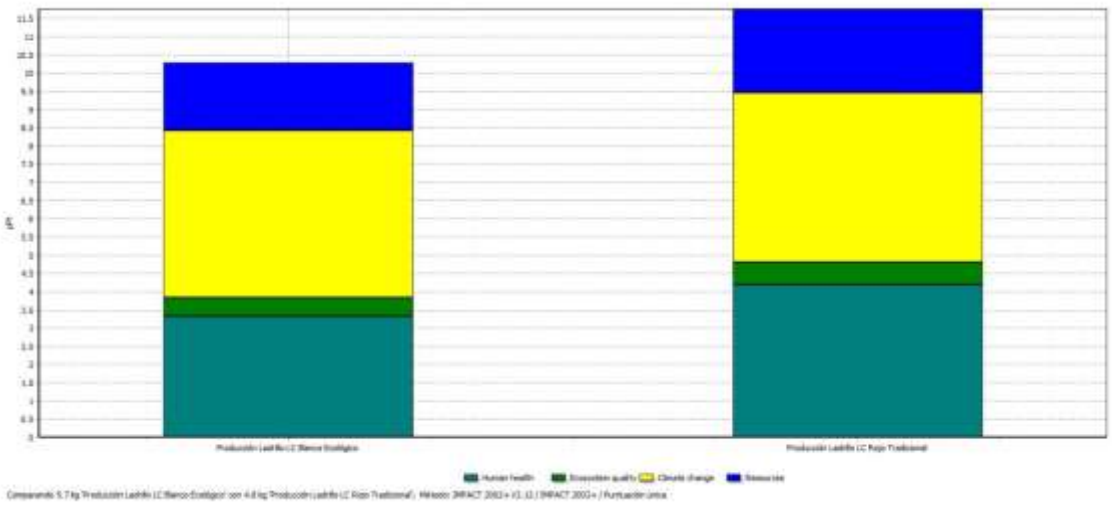


FIGURA 4: Comparativa de Ladrillos por Puntuación Única: Categoría de Impactos.
Fuente: Elaboración propia, *Software SimaPro©*

Tabla 7. Comparativa de Ladrillos por Puntuación Única: Categoría de Impactos Fuente: Elaboración propia.

Daño de categoría	Unidad	Producción Ladrillo LC Blanco Ecológico	Producción Ladrillo LC Rojo Tradicional	Mejora Ambiental %
Human health	DALY	2.3631E-08	2.9643E-08	20.28183
Ecosystemquality	PDF*m2*yr	0.00670751	0.00862185	22.20341
Climatechange	kg CO2 eq	0.04559586	0.04601756	0.91638
Resources	MJ primary	0.28236058	0.35040568	19.41895

Al analizar la tabla 7, que incluye diferentes categorías de impacto ambiental, con unidades específicas de medición para cada tipo de daño, se observa que:

1. Human Health (Salud humana)

- Ladrillo LC Blanco Ecológico: 2.36312E-08 DALY
- Ladrillo LC Rojo Tradicional: 2.96434E-08 DALY
- Mejora Ambiental: 20.28%

Interpretación: La unidad DALY (Disability-Adjusted Life Years) mide la carga de enfermedad que produce un producto. Un valor menor indica un menor impacto en la salud humana. El Ladrillo LC Blanco Ecológico tiene un impacto más bajo en la salud, lo que refleja una menor carga de enfermedad derivada de su producción. La mejora ambiental del 20.28% sugiere que su proceso de fabricación es más saludable, con menos efectos negativos en la salud de las personas.

2. EcosystemQuality (Calidad del ecosistema)

- Ladrillo LC Blanco Ecológico: 0.006707506 PDF*m^2*yr

- Ladrillo LC Rojo Tradicional: 0.008621851 PDF*m²*yr
- Mejora Ambiental: 22.20%

Interpretación: La unidad PDF*m²*yr (Potentially Disappeared Fraction of species per square meter per year) mide la pérdida de biodiversidad debido a la producción del producto. Un valor menor indica menor impacto en los ecosistemas. El Ladrillo LC Blanco Ecológico tiene un impacto ambiental menor, lo que significa que su producción es menos perjudicial para la biodiversidad y los ecosistemas. Con una mejora del 22.20%, el ladrillo ecológico contribuye significativamente menos a la pérdida de especies.

3. Climate Change (Cambio climático)

- Ladrillo LC Blanco Ecológico: 0.0456 kg CO_2 eq
- Ladrillo LC Rojo Tradicional: 0.0460 kg CO_2 eq
- Mejora Ambiental: 0.92%

Interpretación: Esta categoría mide las emisiones de gases de efecto invernadero (CO_2 equivalente). La diferencia en emisiones entre ambos tipos de ladrillos es muy pequeña (0.92% de mejora a favor del ladrillo ecológico). Aunque hay una mejora mínima, ambos tipos de ladrillos siguen contribuyendo al cambio climático de manera similar. Sin embargo, el Ladrillo LC Blanco Ecológico emite ligeramente menos CO_2, lo que es positivo para el medio ambiente.

Se ratifica que el ladrillo ecológico blanco, como el Ladrillo LC Blanco Ecológico, presenta un impacto ambiental significativamente menor que el ladrillo rojo tradicional. Esto se evidencia en los datos proporcionados, según lo obtenido en el sub punto 14. Non-renewableenergy (Energía no renovable, µPt), donde el ladrillo blanco registra un valor de 1.8560, inferior al del ladrillo rojo tradicional con 2.3031. La mejora ambiental asociada al ladrillo blanco es del 19.42%. La reducción en el impacto ambiental se debe principalmente al

menor consumo de energía y recursos naturales durante su fabricación, y a la generación de menores emisiones de CO_2. Factores como el tipo de combustible y el horno utilizado en la producción, que en este caso influyen en las emisiones. Este tipo de ladrillo blanco, también conocido como ecoladrillo, puede fabricarse con materiales reciclados o utilizando procesos de producción más eficientes, lo que reduce su huella ambiental.

Por otra parte, la fabricación de ladrillo rojo tradicional, que se hace a partir de arcilla cocida, requiere un proceso que consume grandes cantidades de energía y genera emisiones de carbono, además de otras contaminantes. De ahí que, al comparar los impactos ambientales de ambos tipos de ladrillo, se observa que el ladrillo blanco ecológico presenta una menor huella de carbono, una menor demanda de recursos y una menor emisión de contaminante

4. Resources (Recursos)

- Ladrillo LC Blanco Ecológico: 0.2824 MJ (megajulios) de energía primaria
- Ladrillo LC Rojo Tradicional: 0.3504 MJ de energía primaria
- Mejora Ambiental: 19.42%

Interpretación: Esta categoría mide el consumo de energía primaria (principalmente no renovable) durante la producción de los ladrillos. Como se expuso en el punto anterior el Ladrillo LC Blanco Ecológico usa menos energía, lo que significa que su proceso de fabricación es más eficiente y depende menos de recursos energéticos no renovables. La mejora del 19.42% es considerable, lo que refleja una mayor eficiencia energética en la producción del ladrillo ecológico.

Discusión por caracterización de Impactos

Con base en la evaluación de impactos y daños ambientales que generan productos y servicios, se obtuvo mediante el *software SimaPro©*(SIMAPRO-Cadis, 2023), que el ladrillo rojo convencional afecta en mayor medida que un ladrillo blanco fabricado con materiales recuperados o que son desechos de otras industrias (Cano et al., 2017). Siendo el calentamiento global (Mann et al., 2008; Uhlig, 2020; Pallmall, 2021), el que supone mayor impacto al medio ambiente y al cambio climático en la categoría de daños (Castaño et al., 2021). Por lo anterior y en procura de lograr una simbiosis industrial es recomendable utilizar materiales y procesos que son desechos de otras empresas y se convierten en materia prima amigable para nuevos procesos de fabricación tal como es el caso del ladrillo blanco.

A lo largo de este análisis, hemos comparado los impactos ambientales de la producción del Ladrillo LC Blanco Ecológico frente al Ladrillo LC Rojo Tradicional en diferentes categorías, utilizando diversas unidades y métricas para evaluar los daños en la salud humana, la calidad de los ecosistemas, el cambio climático y el uso de recursos. A continuación, se discuten los principales hallazgos:

1. **Salud humana:** El Ladrillo LC Blanco Ecológico presenta un impacto significativamente menor en términos de la carga de enfermedad (DALY), con una mejora del 20.28% en comparación con el ladrillo tradicional. Esto sugiere que la producción del ladrillo ecológico es menos perjudicial para la salud humana, posiblemente debido a la utilización de materiales menos tóxicos y procesos de fabricación más limpios.

2. **Calidad de los ecosistemas:** En cuanto a la biodiversidad, la producción del Ladrillo LC Blanco Ecológico tiene un impacto considerablemente menor, con una mejora del 22.20% en comparación con el ladrillo

tradicional. Esto refleja que el ladrillo ecológico genera menos daño a los ecosistemas, lo cual es crucial en un contexto global donde la pérdida de biodiversidad es una preocupación creciente.

3. **Cambio climático:** La diferencia en las emisiones de CO_2 entre los dos tipos de ladrillo es relativamente pequeña (0.92%), lo que indica que, en términos de cambio climático, ambos tipos de ladrillos contribuyen de manera similar al calentamiento global. Sin embargo, el Ladrillo LC Blanco Ecológico emite ligeramente menos CO_2, lo que es un paso positivo, aunque el impacto global sigue siendo modesto.

4. **Uso de recursos:** En términos de eficiencia energética, el Ladrillo LC Blanco Ecológico es más eficiente en el uso de recursos, mostrando una mejora del 19.42% en comparación con el ladrillo tradicional. Esto implica que su proceso de producción es más sostenible desde el punto de vista del consumo de energía primaria, lo que contribuye a una reducción en el uso de recursos no renovables y un menor impacto sobre los ecosistemas.

5. **Carcinógenos y No carcinógenos:** El Ladrillo LC Blanco Ecológico presenta una mejora significativa en la reducción de carcinógenos (22.30%) y sustancias no carcinógenas (22.61%). Esto sugiere que su producción involucra menos sustancias peligrosas para la salud humana, lo que lo hace más seguro tanto para los trabajadores como para los usuarios finales.

6. **Ecotoxicidad acuática y terrestre:** En cuanto a la ecotoxicidad, el ladrillo ecológico presenta una mejora del 22.65% en la ecotoxicidad acuática y del 22.62% en la terrestre. Esto implica que su producción afecta menos a los ecosistemas acuáticos y terrestres, lo cual es crucial dado que la contaminación de estos ecosistemas puede tener efectos a largo plazo sobre la biodiversidad. La ecotoxicidad acuática y terrestre se reduce al utilizar materiales reciclados, como plásticos, que evitan su incineración y la liberación de sustancias tóxicas.

7. **Uso del suelo y recursos naturales:** El impacto en la ocupación del suelo y la extracción mineral también es menor en el ladrillo ecológico (22.65% y 22.63%, respectivamente). Esto indica que el ladrillo ecológico requiere menos tierra y recursos naturales para su producción, lo que puede contribuir a una gestión más eficiente y menos destructiva del entorno natural.

8. **Calentamiento global y energía no renovable:** Aunque la mejora en el calentamiento global es pequeña (0.92%), y ambas opciones presentan un impacto relativamente alto debido a las emisiones inherentes a su producción, el ladrillo ecológico aún muestra una leve ventaja. Además, en términos de energía no renovable, el ladrillo ecológico tiene un impacto un 19.42% menor, lo que refleja una mayor eficiencia energética. Por ello, la visión propositiva y prospectiva es que algunos ladrillos ecológicos, caso del ladrillo blanco, pueden ser diseñados para mejorar la eficiencia energética de las construcciones, reduciendo el consumo de energía.

9. **Otras categorías:** En otras áreas, como la depleción de la capa de ozono, los respiratorios orgánicos y la acidificación terrestre, el Ladrillo LC Blanco Ecológico también presenta mejoras destacables. Esto refleja que, en general, su producción es menos contaminante en diversos aspectos clave.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se cumplió con el objetivo general del presente trabajo, que consistió en la evaluación y comparación de impactos. Se aplicó el Análisis de Ciclo de Vida es la metodología que se utiliza actualmente para evaluar la carga medioambiental de un producto-proceso o actividad en todo su ciclo de vida que pretende evaluar los potenciales impactos ambientales causados durante todas las etapas, desde la extracción de las materias primas hasta su disposición final.

Actualmente existen numerosos softwares que brindan apoyo para realizar este análisis detalladamente, tal es el caso de SimaPro©; que es un software para el análisis de ciclo de vida de diferentes productos, es una herramienta para identificar, analizar y hacer seguimiento a la sostenibilidad de productos y servicios. SimaPro© fue utilizado para comparar la carga medio ambiental de los ladrillos llamados listón corto tanto del rojo como del blanco, donde con base en los resultados:

- El Ladrillo LC Blanco Ecológico tiene un impacto ambiental considerablemente menor en casi todas las categorías. Las mejoras más notables se encuentran en áreas como la reducción de carcinógenos, ecotoxicidad acuática y terrestre, y la ocupación del suelo, lo que lo convierte en una opción más amigable con el medio ambiente que el Ladrillo LC Rojo Tradicional. El Ladrillo LC Blanco Ecológico presenta un impacto ambiental significativamente menor en varias categorías clave:

- **Salud humana**: Reducción del 20.28% en la carga de enfermedad.
- Calidad del ecosistema: Mejora del 22.20%, lo que sugiere un menor daño a la biodiversidad.
- **Cambio climático**: La diferencia es pequeña (0.92%), pero el ladrillo ecológico tiene una leve ventaja en cuanto a menores emisiones de CO_2.
- **Recursos**: El ladrillo ecológico es un 19.42% más eficiente en el uso de energía primaria.

El Ladrillo LC Blanco Ecológico es una opción superior desde el punto de vista ambiental en comparación con el Ladrillo LC Rojo Tradicional. Las mejoras en la mayoría de las categorías de impacto ambiental, como carcinógenos, ecotoxicidad, uso del suelo y recursos naturales, son notables.

A pesar de la pequeña diferencia en términos de calentamiento global, el ladrillo ecológico presenta un impacto global significativamente menor, con una mejora general del 12.56%. Esto hace del Ladrillo LC Blanco Ecológico una opción más sostenible, favoreciendo su adopción en la construcción para reducir el impacto ambiental y promover prácticas más responsables con el entorno natural.

Por consiguiente, considerando que el presente trabajo tiene su contexto de acción enfocado a la huella de carbono y cambio climático, las perspectivas futuras de la construcción mexicana con el empleo del ladrillo rojo tradicional apuntan al Ecodiseño y Ecoeficiencia en procesos industrializados de ladrillos ecológicos, como una alternativa más sostenible para la construcción de mampostería, ya que desde la sostenibilidad, reduce significativamente, entre otros, los impactos ambientales de la producción y uso de ladrillos tradicionales. Los ladrillos ecológicos, al utilizar materiales reciclados y reducir

las emisiones de CO_2, contribuyen a una construcción más sostenible y respetuosa con el medio ambiente.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Amaro, J. L., Y Jiménez, M. A. (2010).Reparto de competencias y responsabilidades cartográficas en España. Cómo se organiza la cartografía oficial en España. Catastro: formación, investigación y empresa: Selección de ponencias del I Congreso Internacional sobre catastro unificado y multipropósito.

14 040, A. U.-E. (2006). Gestión Medioambiental. Análisis de ciclo de vida. Principios y marco de referencia. ISO Madrid, ESpaña.

Alonso, O. S., Benito, G. D., Duarte, C. M., Montes, C. P. y Valladares, R. F. (2010). Cambio Global: Impacto de la actividad humana sobre el sistema Tierra. https://digital.csic.es/bitstream/10261/27310/1/cambioGlobal.pdf

Broecker, W. S. (1975). Cambio climático: ¿Estamos al borde de un calentamiento global pronunciado? Revista Ciencia, 189(4201), 460–463. http://doi.org/10.1126/science.189.4201.460

Cano, J. H. y Posada, D. M. (2017). Innovación a la M: experiencias innovadoras en Medellín. Universidad EAFIT.

Cardona, C. M. y Ochoa, B. C. (2013). La huella hídrica un indicador de impacto en el uso del agua. Tecnogestión: Una mirada al ambiente, 10, (1).

Castaño, J. C., Zona, M. C. y Suárez, F. A. (2021). Sobre el concepto de cambio climático e implicaciones: Construcción desde el aula. Revista Internacional de Pedagogía e Innovación Educativa, 1, (2), 87-102.

Chávez, C. B. (2018). Fuentes emisoras de contaminación atmosférica y su influencia en la calidad del aire de la ciudad de Huánuco 2016. https://repositorio.unheval .edu.pe/handle/ 20.500.13080/4096

Espíndola, C., y Valderrama, J. O. (2012). Huella del carbono. Parte 1: conceptos, métodos de estimación y complejidades metodológicas. Información tecnológica, 23, (1), 163-176.

Fiksel, J. (1997). Ingeniería en Diseño Medioambiental DFE Desarrollo Integral de productos y procesos ecoeficientes. Madrid: Mc Graw Hill.

Fontalvo-Porras, E. D. y Gutiérrez-Robles, E. J. (2014). Diseño de un horno para cocción de ladrillos refractarios en una empresa del sector ladrillero. http://hdl.handle.net/11619/816

González, A. D. y Carlsson, K. A. (2007). Emisiones de gases de efecto invernadero con alto potencial de calentamiento global: el sector agropecuario. Avances en energías renovables y medio ambiente, 11. http://sedici.unlp.edu.ar/ handle/10915/90830

Gutiérrez-Yurrita, P. J. (2009). Perspectiva ecológica para mejorar la aplicación de la ley ambiental de cara al cambio climático global. Revista Aranzadi de Derecho Ambiental, 15, (1): 81-92.

Guzmán, M. L., Villarruel, M. S. y Guzmán, J. O. (2022). Diseño e innovación de productos sustentables. Repositorio de la Red Internacional de Investigadores en Competitividad, 16, (16), 877-898.

Guzmán-Mares, L., Castellanos-Villarruel, M., Chávez-Bautista, S. y Salcedo-Delgadillo, L. (2019). Análisis de Ciclo de Vida de Productos ambientalmente integrados con Ecodiseño, Innovación y la Ecoeficiencia. Los sistemas de calidad en las operaciones fomentando la competitividad de las empresas, 167-170.

Huber, M. y Knutti, R. (2012). Calentamiento antropogénico y natural inferido de cambios en el equilibrio energético de la Tierra. Naturaleza Geociencia, 5, 31-36. doi:10.1038/ngeo1327. http://www.nature.com/ngeo/journal/v5/n1/pdf/ng

INEGI. (2015). Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas. https://www.inegi.org.mx/app/mapa/denue/default.aspx

Kennedy, C., y Lindsey, R. (2018). ¿Cuál es la diferencia entre el calentamiento global y el cambio climático? https://www.climate.gov/news-features/climate-qa/%C2%BFcu%C3%A1l-es-la-diferencia-entre-el-calentamiento-global-y-el-cambio-clim%C3%A1tico#:~:text=El%20calentamiento%20global%20se%20refiere,o%20las%20sequ%C3%ADas%20m%C3%A1s%20frecuentes

López, A. R., Solís, E. A., A., P. E., Rosas, N. C., Trasgallo, Q. M. y Ortíz, M. N. (2015). Informe final: Análisis de Mercado del Sector de la Construcción y proyecto piloto a Nivel Región basado en un portafolio de políticas públicas con el objetivo de reducir los CCVC de Ladrilleras artesanales en México. https://www.ccacoalition.org/sites/default/files/resources/Informe%20final_VF_pub.pdf

Luján, M. y Guzmán, D. (2015). Diseño, Construcción y Evaluación de un Horno (MK3) para la Cocción de Ladrillos Artesanales. Acta Nova, 7(2), 165-193.

Mann, M., Zhang, Z., Hughes, M., Bradley, R., Miller, S. y Rutherford, S. (2008). Reconstrucciones basadas en proxy de las variaciones de la temperatura de la superficie global y hemisférica durante los últimos dos milenios. Recuperado el 21 de 09 de 2023, de Actas de la Academia Nacional de Ciencias, 105(36), 13252-13257. doi: 10.1073/pnas.0805721105.

REVISTA ECODISEÑO & SOSTENIBILIDAD (RES)
DOI: https://doi.org/10.53766/ECOSOS/ - ISSN-1856-9552
Sede Institucional: Laboratorio de Sostenibilidad y Ecodiseño ULA-UPV, Laboratorio Nacional de Productos Forestales.
Galpón Principal. Tercer Piso. Avenida Principal hacia Chorros de Milla. Conjunto Forestal. Mérida 5101, Venezuela.
Teléfonos: +58-4121269540 / +58-4247370411. E-mail: revecodisostenibilidad@gmail.com revecodiseno@ula.ve
WEB: http://erevistas.saber.ula.ve/ecodiseno

Martínez, M. F. y Osnaya, P. (2004). Cambio climático: una visión desde México. México: Instituto Nacional de Ecología.

Melillo, J. M., Terese, R. y Gary, W. Y. (2014). Impactos del cambio climático en los Estados Unidos: la tercera evaluación nacional del clima. Programa de Investigación del Cambio Global de EE. UU. Recuperado el 21 de 09 de 2023, de doi:10.7930/J0Z31WJ2

National-Geographic. (2022). ¿Qué es la huella de carbono y cómo medirla? https://www.nationalgeographicla.com/medio-ambiente/que-es-huella-de-carbono-como-se-mide

Organización Metereológica Mundial. (2022). Se suceden las malas noticias para el planeta: los niveles de gases de efecto invernadero alcanzan nuevos máximos. https://public.wmo.int/es/media/comunicados-de-prensa/se-suceden-las-malas-noticias-para-el-planeta-los-niveles-de-gases-de

Pallmall, A. O. (2021). El cambio climático, una amenaza global. El cambio climático, una amenaza global. Revista Internacional de Pedagogía e Innovación Educativa, Vol. 1, N° 2.

Pérez, G., Islas-Samperio, J. M., Manzini, F., Suárez, R., Barahona-Pérez, L. F. y Aguillón, J. E. (2022). Huella ambiental de la producción de biodiésel utilizando Jatropha curcas mexicana cultivada en suelos marginales. Revista Internacional de Contaminación, 38, 22-33.

Pré-Consultants, B. (1999). User Manual, SimaPro©©. Pré consultants B.V. Amerfoort, Netherlands.

Pupo, R. (2013). Evaluación de los impactos ambientales potenciales durante el ciclo de vida de la maquinaria agrícola. Master'sthesis, Universidad de Holguín, Centro de Estudio de Gestión Empresarial.

Rafiee, S., Khoshnevisan, B., Mohammadi, I., Aghbashlo, M. y Clark, S. (2016). Evaluación de la sostenibilidad de la producción de leche pasteurizada con un enfoque de evaluación del ciclo de vida: un estudio de caso iraní. Ciencia del Medio Ambiente TotaL.

Ramírez, O. A. y Vélez, V. (2014). Análisis de ciclo de vida con el Software SimaPro©©. Obtenido de https://aciclovidaSimaPro©©.wordpress.com/category/SimaPro©©/

Salomón, S. (2007). Cambio climático 2007: la base de la ciencia física. E.U.A: contribución del grupo de trabajo I al cuarto informe de evaluación del IPCC (Vol. 4). Prensa de la Universidad de Cambridge.

SEMANART. (2016a). Ladrilleras Artesanales en México: Análisis de Mercado Sector Construcción. Proyecto Piloto Regional basado en Portafolio Políticas Públicas. https://www.gob.mx/inecc/documentos/2015_cgcv_analisis-de-mercado-del-

sector-de-la-construccion-y-proyecto-piloto-a-nivel-region-basado-en-un-portafolio-de-politicas-publicas-con-el-objetivo-de-reducir-los-ccvc-de-ladrilleras-artesanales-en-mexico?state=p

SEMARNAT. (2016b). Análisis de mercado del sector de la construcción y proyecto piloto a nivel región, basado en un portafolio de políticas públicas, con el objetivo de reducir los contaminantes climáticos de vida corta (CCVC), de ladrilleras artesanales de México. http://www.gob.mx/inecc

SIMAPRO©-Cadis. (2023). Toma decisiones basadas en métrica ambiental. https://www.SimaPro©©.mx/

Stocker, T. (2014). Cambio climático 2013: la base de la ciencia física. Contribución del Grupo de Trabajo I al Quinto informe de evaluación del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático. Prensa de la Universidad de Cambridge.

Uhlig, S. (2020). ¡CO2= calentamiento global= cambio climático!, ¿Y qué pasaría si todo fuera más complejo?: Los continuos cambios climáticos: aspectos geológicos, arqueológicos y astrofísicos. Cuadernos do Laboratorio Xeolóxico de Laxe. Revista de Xeoloxía.

Villota-Carranza, D. (2023). Cálculo de la Huella de Carbono para la fabricación de ladrillos artesanales en la parroquia Sinincay. Cuenca: Tesis doctoral.

Weart, S. (2008). Línea de tiempo (Hitos). En el descubrimiento del calentamiento global. Instituto Americano de Física.

Chen, Liu; Tan, Yiqi; Lv, Gengpei; Cai, Weiguang; Gao, Xiaofeng y Li, Rui. (2024). "Uncovering the coupling effect with energy-related carbon emissions and human development variety in Chinese provinces. Journal of Environmental Sciences (China), 139, 527-542.

Penikas, H. y Vasilyeva, E. (2024). Redefining the degree of industry greenness using input–output tables. International Review of Economics and Finance, 89 (PA), 1073–1090. https://doi.org/10.1016/j.iref.2023.08.008

García-Pérez, D., Xamán, J., Zavala-Guillén, I., Chávez-Chena, Y., Simá, E. y Arce, J. (2023). Evaluación anual de un muro modificado con PCM para reducir el consumo de energía y emisiones de CO_2 en el Sureste de México. Energía y Edificación, 29, 113129.

Mohammadpourkarbasi, H., Riddle, B., Liu, C. y Sharples, S. (2023). Life cycle carbon assessment of decarbonising UK's hard-to-treat homes: A comparative study of conventional retrofit vs EnerPHit, heat pump first vs fabric first and ecological vs petrochemical retrofit approaches. Energy and Buildings, 296, 113353. DOI: 10.1016/j.enbuild.2023.113353.

ECODISEÑO & SOSTENIBILIDAD

RES: ULA-UPV

N°17: 2024

DOI: https://doi.org/10.53766/ECOSOS

NOTA TÉCNICA 001 RES 17: 2024

LOS PRODUCTOS NATURALES, USOS MEDICINALES, COSMÉTICOS Y SU RELACIÓN CON EL ECODISEÑO

Janne Rojas Vera

ECODISEÑO & SOSTENIBILIDAD
RES: ULA-UPV
N°17: 2024

Nota Técnica RES 001

LOS PRODUCTOS NATURALES, USOS MEDICINALES, COSMÉTICOS Y SU RELACIÓN CON EL ECODISEÑO

Natural products, medicinal uses, cosmetics and their relationship with Ecodesign

JANNE ROJAS VERA

Instituto de Investigaciones, Facultad de Farmacia y Bioanálisis, Universidad de Los Andes, Mérida-Venezuela. Correo electrónico: janne.rojas24@gmail.com. https://orcid.org/0000-0001-5161-6778

Recibido: 01/05/2024 **Aceptado:** 12/10/2024

RESUMEN

Los productos naturales son sustancias derivadas de fuentes naturales como plantas, minerales y animales. Tienen una amplia gama de usos medicinales debido a sus propiedades curativas y beneficios para la salud. Muchas culturas han utilizado productos naturales para tratar diversas dolencias y mejorar la salud de forma holística. Pero el uso de los productos naturales se extiende más allá de la nutrición y la medicina, también se usan en la cosmética donde los productos naturales son cada vez más populares debido a su menor impacto ambiental y a menudo se prefieren sobre productos elaborados con sustancias sintéticas ya que pueden beneficiar la piel, el cabello y el cuerpo de manera más natural. Por otro lado, es tendencia actual referirse al Ecodiseño, el cual busca minimizar el uso de recursos naturales no renovables y reducir la generación de residuos, promoviendo así la sostenibilidad y la protección del medio ambiente. La relación entre los productos naturales y el Ecodiseño se basa en la idea de utilizar materias primas sostenibles y procesos de fabricación ecológicos para reducir el impacto ambiental de los productos. Al integrar productos naturales en el diseño de productos, se puede crear un ciclo más armonioso con la naturaleza y promover prácticas más respetuosas con el planeta.

Palabras clave: Producto natural, usos, medicina natural, industria farmacéutica, nutracéuticos, cosmética, Ecodiseño.

SUMMARY

Natural products are substances derived from natural sources such as plants, minerals and animals. They have a wide range of medicinal uses due to their healing properties and health benefits. Many cultures have used natural products to treat diverse ailments and to improve health holistically. But, the use of natural products extends beyond nutrition and medicine, they are all soused in cosmetics where natural products are increasingly popular due to the lower environmental impact and are often preferred over products made with synthetic substances that may benefit the skin, hair and body in a more natural way. On the other hand, it is a current trend to refer to Ecodesign which seeks to minimize the use of non-renewable natural resources and reduce the generation of residues, thus, promoting sustainability and environmental protection. The relationship between natural products and Ecodesign is based on the idea of using sustainable raw materials and ecological manufacturing processes to reduce the environmental impact of products. By integrating natural products into product design, it's possible to create a more harmonious cycle with nature and promote more environmentally planet-friendly practices.

Keywords: Natural product, uses, natural medicine, pharmaceutical industry, nutraceutics, cosmetic, Ecodesign.

1. INTRODUCCIÓN

Desde el comienzo de la evolución, el ser humano ha estado ligado al uso de diversos recursos naturales para su supervivencia. Restos arqueológicos demuestran que el hombre utilizaba las plantas no solo como alimento sino por sus propiedades terapéuticas, relajantes e inclusive alucinógenas (Villegas, 2022).

Existen evidencias que indican que los efectos medicinales de las plantas se descubrieron, en su mayoría en forma casual y pasaron a formar parte de la tradición médica de los pueblos, quienes desarrollaron sistemas curativos donde combinaban elementos empíricos, racionales, religiosos y mágicos. De esta manera los miembros de una comunidad llegaron a conocer qué tipo de plantas eran beneficiosas o perjudiciales, recopilando, además, datos de sus propiedades y la forma de administración, generándose con esto los primeros

antecedentes que se tienen sobre el uso de los productos naturales (Monge, 2003; Evans, 1991; Osorio, 2009).

Sin embargo, el uso de los recursos naturales por parte del hombre se extiende más allá de su supervivencia básica. Resulta interesante observar cómo ha utilizado las bondades que le ofrecen las plantas para usarlas con otros propósitos, entre los que se tienen: la preparación de perfumes, insecticidas, fabricación de telas, bolsos, monederos, lámparas, entre otros (Blanch J., 2024). Por esta razón, se considera que existe una estrecha relación entre los productos naturales y el Ecodiseño, ya que éste se centra en la creación de productos que generen un impacto ambiental mínimo a lo largo de su ciclo de vida, desde la extracción de materias primas hasta su eliminación. En este sentido, los productos naturales son una opción atractiva para el Ecodiseño, ya que provienen de fuentes renovables y biodegradables.

El presente artículo tiene como propósito hacer una breve descripción de los productos naturales, sus usos tanto terapéuticos como cosméticos, así como, explicar los beneficios que se pueden logar a través del Ecodiseño.

2. DESARROLLO DEL TRA BAJO

2.1. Los Productos Naturales

Producto natural, es el nombre como se le conoce a los compuestos químicos elaborados, a través de reacciones enzimáticas, por las plantas, los cuales utiliza para su desarrollo, reproducción y supervivencia. Estos compuestos se clasifican en dos grupos:

> ***Metabolitos primarios****:* el metabolismo primario comprende aquellos procesos químicos, tales como: la fotosíntesis, respiración, transporte de solutos, translocación, síntesis de proteínas, asimilación de nutrientes y diferenciación de tejidos; los cuales intervienen en forma directa en la supervivencia, crecimiento y reproducción de las plantas. Los carbohidratos, lípidos y proteínas, son los metabolitos primarios que

participan en los procesos antes mencionados y debido al rol que cumplen se encuentran en todas las plantas sin excepción (Marcano y Hasegawa, 2002; Dewick, 2002; Xiao-Tian y Wei-Shuo, 2006).

Metabolitos secundarios: son los compuestos químicos biosintetizados por las plantas que cumplen funciones no esenciales para el desarrollo de las mismas. Tienen la particularidad de presentar una distribución restringida en el Reino vegetal, por lo que muchos de ellos son útiles en la Botánica Sistemática. Sin embargo, cumplen funciones de defensa contra predadores y patógenos; sirven como sustancias que actúan atrayendo organismos polinizadores, a través del aroma y el pigmento de las flores, y también como agentes alelopáticos que al ser liberados ejercen efectos sobre otras plantas (Marcano y Hasegawa, 2002; Dewick, 2002; Xiao-Tian y Wei-Shuo, 2006).

Estas sustancias biosintetizadas por las plantas, conocidas como fitoquímicos, han demostrado que pueden combatir diversas enfermedades que aquejan al ser humano, por lo tanto, existe un gran interés por parte de los investigadores enfocado en la búsqueda de sustancias de origen vegetal como posibles fuentes para la generación de nuevos fármacos. Pero no solo la industria farmacéutica y el sector salud se benefician de los productos naturales, las industrias de los cosméticos, alimentaria y de la agricultura también usan sustancias de origen vegetal como aromatizantes, saborizantes, insecticidas, entre otros.

2.2. Usos de los productos naturales desde el punto de vista ecológico

La Farmacia natural y los nutracéuticos

El término nutracéutico procede de la fusión de dos palabras: nutriente y farmacéutico. Fue introducido por primera vez en 1989 por el Dr. Carlos Felice, abogado y especialista en sistemas de salud. Presidente de la Obra Social del Personal de la Actividad del Turf (OSPAT) y Secretario General de la Unión de

Trabajadores del Turf y Afines (UTTA), Argentina. Este doctor definió la nutracéutica como "un alimento o parte de un alimento que proporciona beneficios para la salud, incluyendo la prevención y/o tratamiento de enfermedades".

También puede definirse como "alimento funcional", que se refiere a aquellos alimentos enriquecidos con determinados nutrientes o sustancias beneficiosas para la salud. Muchos de estos contienen sustancias de origen natural, entre los que destacan la glucosamina, la cual ha demostrado, mediante ensayos clínicos, su efectividad para el tratamiento de las dolencias. Igualmente, la S-adenosil metionina utilizada para reducir los síntomas de la depresión y para tratar la osteoartritis.

Otro grupo importante de mencionar son los ácidos grasos esenciales conocidos como omega-3, omega-6 y omega-9. Los del grupo, Omega 3 y 9, pueden ayudar a reducir los niveles de colesterol LDL (proteínas de baja densidad; el nivel alto de éstas conlleva a su acumulación en las arterias, por eso es considerado como "malo") y aumentar los niveles de HDL (proteínas de alta densidad que ayudan a transportar el colesterol de otras partes del organismo hacia el hígado, el cual luego es metabolizado por las enzimas hepáticas y eliminado, por eso se le conoce como "bueno"); mientras que el Omega 6, puede ayudar a mantener la fuerza y tonicidad adecuada de los vasos sanguíneos y regular la presión arterial (Delgado, 2005).

En líneas generales los nutracéuticos que se encuentran disponibles en la farmacia están enfocados a tratar problemas de salud de distinta etiología, tales como: obesidad, enfermedades cardiovasculares, colesterol, osteoporosis, artritis, diabetes, desórdenes del sueño, trastornos en la digestión, antienvejecimiento, entre otros.

Características que debe tener un producto para ser designado como nutracéutico

- Ser un producto de origen natural.
- Estar aislado y purificado por métodos no desnaturalizantes.
- Aportar efectos beneficiosos para la salud, es decir que ayude a prevenir o curar enfermedades.
- Contar con estudios clínicos reproducibles de sus propiedades bioactivas.
- Proporcionar calidad, seguridad y eficacia.

Componentes de los nutracéuticos

Probióticos: se trata de cepas de microorganismos vivos que en dosis adecuadas confieren un beneficio a la salud del consumidor (ej. protegiendo la flora intestinal). Uno de los más comúnmente usados son los del género *Lactobacillus*. Entre los alimentos que contienen probióticos se tienen: yogurt natural, kimchi, kéfir, suero de leche (Figura 1).

Prebióticos: son compuestos no digeribles por el organismo que están presentes en la dieta. Tienen un efecto fisiológico en el intestino y estimulan de manera selectiva, el crecimiento y la actividad de las bacterias beneficiosas presentes en la flora intestinal. Los prebióticos se encuentran en alimentos como granos integrales, bananas, hortalizas de hoja verde, las cebollas, el ajo, la soja, las alcachofas, entre otros (Figura 2).

Beta-glucanos: son fibras de polisacáridos que provienen de las paredes celulares de cereales como la avena, la cebada, entre otros. Este grupo es conocido por su capacidad de reforzar el sistema inmunológico. También ayudan a controlar los niveles de colesterol y de glucosa en sangre después de las comidas (Figura 3).



yogurt natural



Kimchi





Kéfir



Suero de leche

FIGURA 1. Ejemplos de alimentos que contienen probióticos.



FIGURA 2. Ejemplos de alimentos que contienen prebióticos.

DOI: https://doi.org/10.53766/ECOSOS/ - ISSN-1856-9552
Sede Institucional: Laboratorio de Sostenibilidad y Ecodiseño ULA-UPV, Laboratorio Nacional de Productos Forestales.
Galpón Principal. Tercer Piso. Avenida Principal hacia Chorros de Milla. Conjunto Forestal. Mérida 5101, Venezuela.
Teléfonos: +58-4121269540 / +58-4247370411. E-mail: revecodisostenibilidad@gmail.com revecodiseno@ula.ve
WEB: http://erevistas.saber.ula.ve/ecodiseno



Cereales





Avena





Soja

FIGURA 3. Avena, soja y cereales en general contienen β-glucanos.

Antioxidantes: son sustancias de origen vegetal, animal o mineral que pueden prevenir o retrasar los daños en las células. Ejemplos de este tipo de compuestos se tienen: los β-carotenos, la luteína, el licopeno, selenio, vitaminas A, C, E. La ingesta en la dieta diaria de frutos tales como: fresas, moras, cerezas, frambuesas, cambur, manzanas, frutos cítricos, pimientos, así como vegetales entre los que destacan el brócoli y la zanahoria, proporciona una buena fuente de sustancias antioxidantes beneficiosas para la salud (Jiménez, 2013) (Figuras 4 a 6).



Fresas



Cerezas



Moras





Frambuesas

FIGURA 4. Frutos y vegetales que proporcionan sustancias con propiedades antioxidantes.



Manzanas



Frutos cítrico





Pimientos

FIGURA 5. Frutos y vegetales que proporcionan sustancias con propiedades antioxidantes



Brócoli



Zanahorias

FIGURA 6. Frutos y vegetales que proporcionan sustancias con propiedades antioxidantes.

La industria farmacéutica

Los productos naturales son considerados una fuente inagotable de moléculas activas lo que con lleva al descubrimiento de nuevos fármacos con potencial uso en los diversos tratamientos requeridos por el ser humano para el alivio y curación de diversas patologías (Newman y Cragg, 2012).

Si bien es cierto que, una gran cantidad de los fármacos que se expenden en las farmacias están constituidos por moléculas obtenidas por síntesis química, también hay que destacar que muchas de esas moléculas fueron inspiradas en estructuras químicas obtenidas de fuentes naturales. Newman y Cragg (2012),

realizaron una clasificación de los fármacos cuyas estructuras están relacionadas de alguna forma con la de un producto natural, llegando a las siguientes categorías:

Fármacos identificados con la letra N: corresponden a aquellos que se usan tal como han sido aislados de su fuente natural, es decir, implican moléculas asiladas de plantas que no han sido modificadas. Entre los ejemplos más resaltantes se tiene a la vincristina, el cual es un antitumoral obtenido del arbusto *Catharanthusroseus*(L.) G.Don (Apocynaceae) oriundo de Madagascar, usado para el tratamiento de la leucemia aguda (Figura 7).

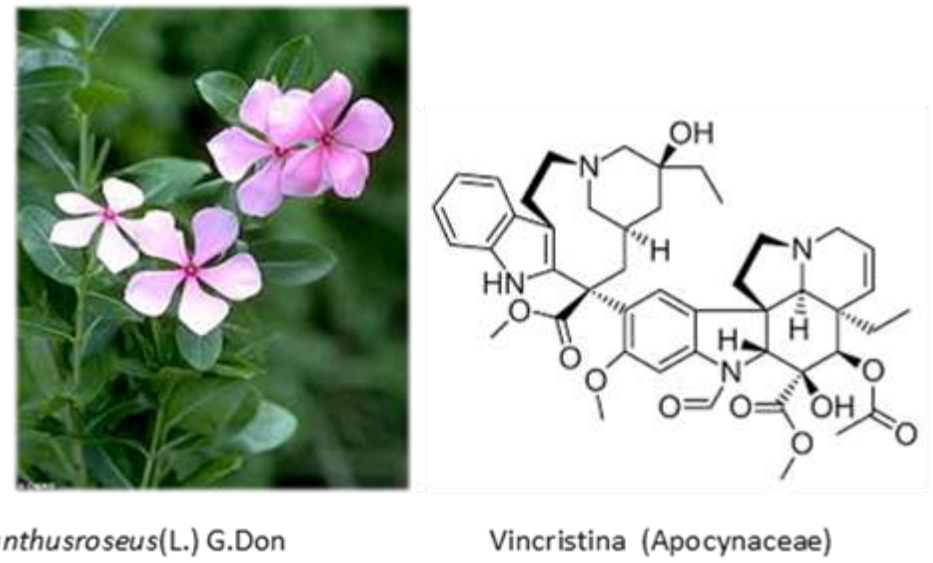


FIGURA 7. Especie *Catharanthusroseus*fuente natural del alcaloide vincristina

De la misma manera, la rapamicina es un producto natural aislado de un microorganismo del suelo de la Isla de Pascua (Chile). Es un potente inmunosupresor y tiene actividad anti proliferativa, lo que le convierte en un agente anticancerígeno usado principalmente para el tratamiento del cáncer de riñón y algunos tipos de cáncer de mama.

Fármacos identificados con la letra ND: son aquellos que se obtienen mediante una modificación directa de la molécula química asilada de un producto natural. Son comúnmente denominados semi sintéticos. Como ejemplo ilustrativo de esta categoría se tiene el antiviral Laninamivir®, introducido en 2010, el cual fue obtenido a partir del ácidoN-acetil-neuramínico, monosacárido que se encuentra en la mayoría de las células de mamíferos. El Laninamivir® es un inhibidor de la neuraminidasa y se usa para el tratamiento y prevención de los virus de la influenza, Influenzavirus A e Influenzavirus B (Figura 8).

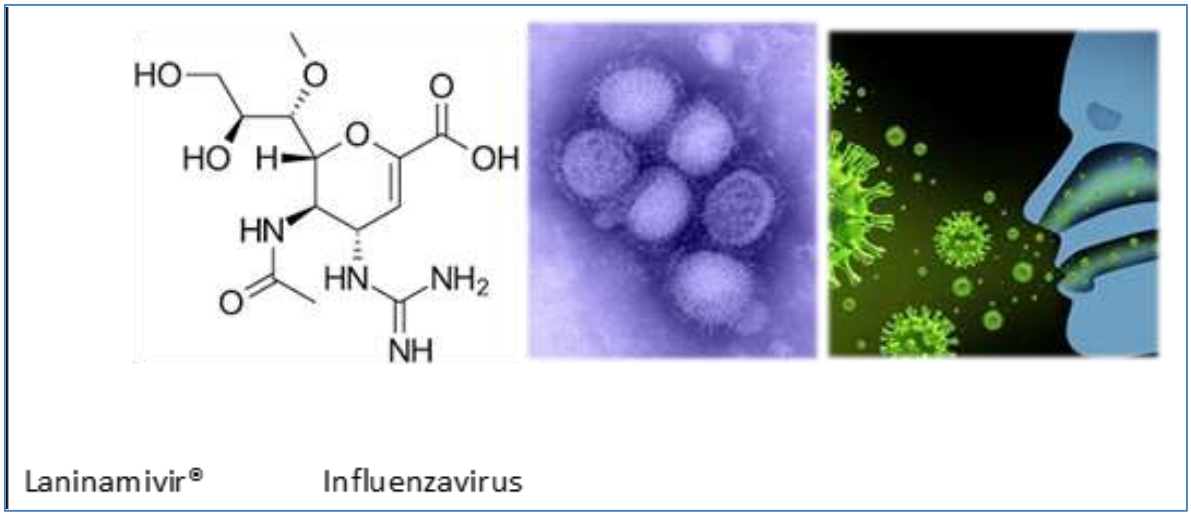


FIGURA 8. Estructura del Laninamivir® usado para el tratamiento y prevención de los virus de la influenza.

• *Fármacos identificados con la letra S*: se corresponden con los fármacos obtenidos por síntesis total, pero el farmacóforo que poseen, presenta similitud casi completa con la estructura obtenida de una fuente natural. Entre los ejemplos que entran en esta categoría se tienen: la pentazocina obtenida tomando como referencia la estructura de la morfina, alcaloide que se obtiene

principalmente de la especie *Papaversomniferum* L. (Papaveraceae). La pentazocina se utiliza como analgésico ya que el riesgo de dependencia es menor que el relacionado con el uso de los fármacos narcóticos, tales como la morfina (Vardanyan y Hruby, 2006) (Figura 9).



Papaversomniferum L. (Papaveraceae)

FIGURA 9. Especie *Papaversomniferum,* fuente de alcaloides de núcleo morfinano, molécula que inspiró la síntesis de la pentazocina.

Otro ejemplo de esta categoría es la procaína diseñada a partir de la cocaína, la cual es un alcaloide aislado de la especie *Erythroxylum coca* Lam (Erythroxylaceae). La procaína es un fármaco que bloquea la conducción nerviosa, previniendo el inicio y la propagación del impulso nervioso. Por esta característica se le confiere la capacidad de actuar como un anestésico local (Figura 10). Fue introducida en 1905, siendo el primer anestésico local sintético comercializado. Se le conoce también con el nombre comercial de Novocaína®.

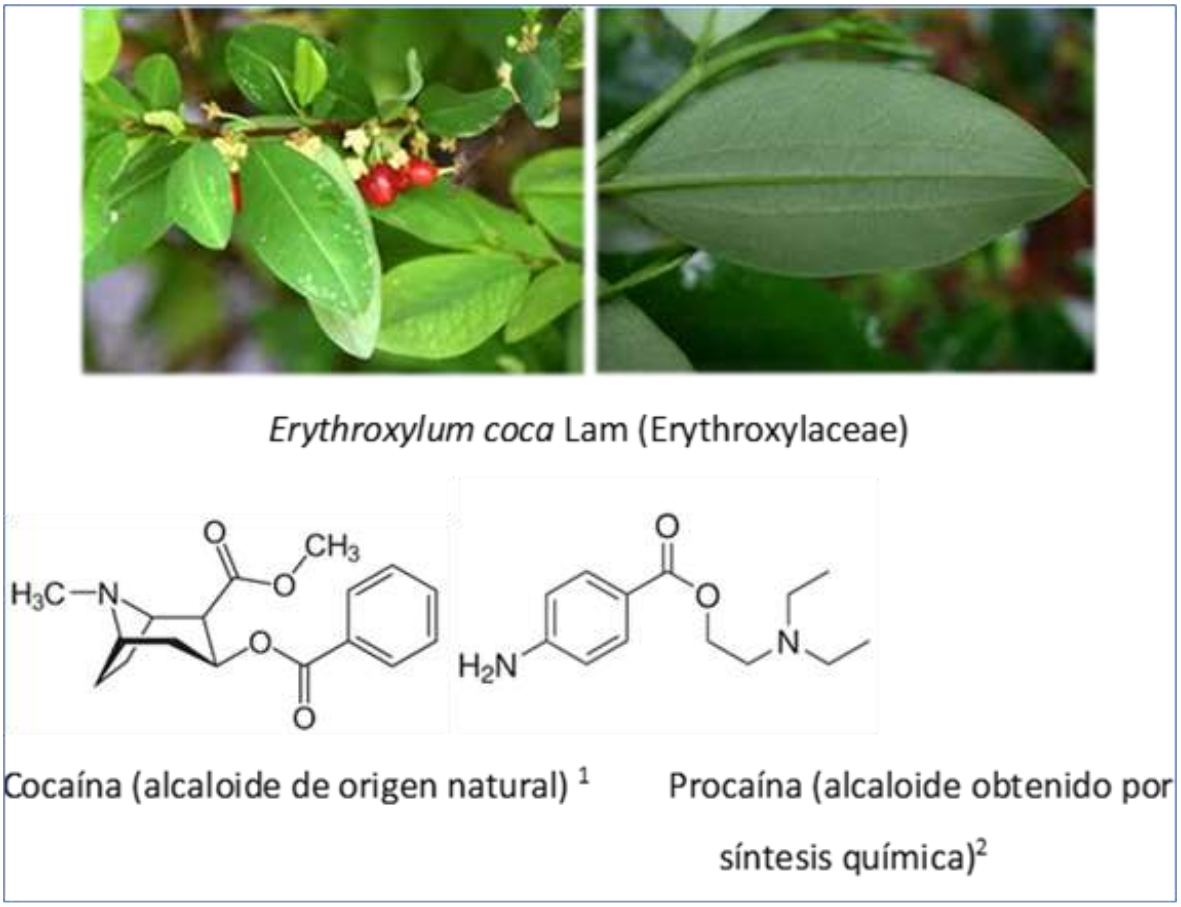
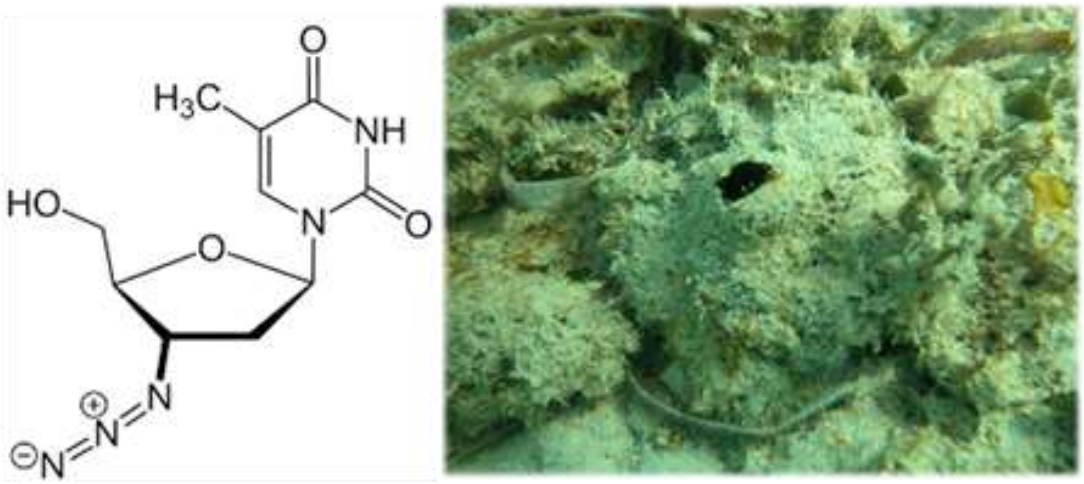


FIGURA 10. Estructuras de la cocaína[1] y procaína[2]. Alcaloides de fuente natural[1] y sintético[2] con propiedades como anestésico local.

El AZT, también conocido como Zidovudina®, es un nucleósido antiviral sintetizado tomando como referencia la estructura química de la spongotimidina y spongouridina, los cuales son productos naturales aislados de la esponja marina *Tectitethyacrypta* (Tethyidae). Esta especie de esponja es ampliamente conocida en el campo de la medicina como una fuente de nucleósidos usados en el tratamiento del VIH, leucemia mieloide aguda, cáncer pancreático, ébola, entre otros (Cerrano et al., 2004; Bergquist, 1978) (Figura 11).



Zidovudina®

Tectitethya crypta (Tethyidae)

FIGURA 11. Estructura de la Zidovudina® obtenida por síntesis a partir de sustancias presentes en la esponja marina *Tectitethyacrypta.*

La industria cosmética

La cosmética natural es aquella que utiliza ingredientes naturales sometidos a procesos sencillos de transformación química, con pocos aditivos, o ninguno, y en ningún caso perjudiciales ni para el medioambiente ni para la salud de las personas. Además, esos ingredientes naturales se deben producir siguiendo los criterios de la agricultura ecológica, es decir, sin fertilizantes ni productos fitosanitarios que no sean de naturaleza orgánica.

Aunque la cosmética ecológica pueda parecer, una tendencia actual, en realidad cuenta con antecedentes muy antiguos. Algunos hallazgos arqueológicos certifican que los primeros egipcios, hace aproximadamente 6 000 años, utilizaban hierbas aromáticas, resinas, bálsamos y polvos para cuidar y embellecer su apariencia física. Pero no solo los habitantes del antiguo

Egipto utilizaban los productos naturales como cosméticos; a nivel mundial, se han usado los aceites vegetales y esenciales, ceras, extractos de plantas, arcillas o sales para aplicarlos en el cabello, rostro, manos y otras partes del cuerpo.

Sin embargo, el uso de los cosméticos de origen natural fue reemplazado casi en su totalidad con la llegada de lo que se conoce como la era de la Síntesis Química. El objetivo principal de la síntesis química, además de producir nuevas sustancias químicas, es el desarrollo de métodos más económicos y eficientes para sintetizar sustancias naturales ya conocidas, ej. el ácido ascórbico.

No obstante, no puede pasarse por alto la toxicidad que estos pueden causar, la cual no solo depende de la dosis a la que se utiliza, ya que se ha demostrado científicamente que sustancias inocuas a pequeñas dosis van acumulándose en el organismo alcanzando concentraciones enormemente perjudiciales. Por otro lado, los efectos de cada sustancia, analizados de forma aislada, pueden diferir de los efectos que presentan dichas sustancias al estar mezcladas (Carey, 2013; Corey, 1995).

Por esta razón, en los últimos años, el uso de la cosmética natural y ecológica ha experimentado un aumento significativo en popularidad. La creciente conciencia sobre la importancia de cuidar no solo la piel sino también el medioambiente ha impulsado el mercado. Es importante resaltar que, este tipo de cosmética destaca por su enfoque sostenible y su producción responsable. El objetivo principal es minimizar el impacto ambiental desde la obtención de los ingredientes hasta la elección del envase.

Un aspecto importante de señalar es que, las personas suelen acudir a la cosmética natural principalmente por temas de salud. Las alergias son la primera causa que los impulsa a usar productos naturales como ingredientes más afines y más respetuosos con la piel. Desodorantes, protectores solares, lociones corporales, champús, exfoliantes, cremas anti envejecimiento, desmaquillantes, mascarillas, productos para el cuidado de ojos y labios, aceites, tonificantes y limpiadores, todos ellos libres de fragancias sintéticas,

conservantes, parabenos y petroquímicos, son entre los productos de uso cosmético que han ganado popularidad en la cosmética natural (Figura 12).



FIGURA 12. Cosméticos preparados a base de ingredientes naturales.

Uso de los productos naturales en el Ecodiseño

El *Ecodiseño* consiste en incorporar criterios ambientales en la fase de concepción y desarrollo de un bien o servicio, con el objetivo de reducir la huella ecológica en las diferentes fases del ciclo de vida del producto, desde la extracción de las materias primas, el transporte, la fabricación, la distribución y el uso, hasta el fin de su vida útil. Por su parte, la *Economía Circular* es un concepto que se enmarca en los principios del Desarrollo Sostenible, cuyo objetivo es producir bienes y servicios que fomenten el consumo responsable y reduzcan el excesivo uso de materias primas, agua y energía. Se trata de un modelo que considera tanto los aspectos económicos, como los ambientales y sociales, basado en el principio de "cerrar el ciclo de vida" de los recursos, productos, servicios, residuos y materiales. Uno de los factores que está contribuyendo a potenciar este tipo de economía es la fabricación de artículos y productos, incluyendo el empaque de los mismos, con materiales sostenibles y armónicos con el medio ambiente.

En este sentido, los productos naturales pueden ser usados como materia prima con características de material sostenible y renovable. Entre estos se tienen el bambú, el corcho y el algodón orgánico. Además, se ha incluido el uso de los residuos vegetales para la elaboración de materiales que sirven de base para la fabricación de diversos tipos de productos. Entre los que se pueden mencionar:

Telas y tejidos

- Bolsos fabricados con tejidos elaborados con restos de tomates y otros vegetales.
- Fibras de tela elaboradas con el residuo del café. Con estos tejidos se fabrican una variedad de prendas de vestir tales como franelas, pantalones y shorts.
- Alfombras hechas con hojas de palma.
- Prendas de vestir elaboradas con raíces de gramíneas

- Tela ecológica, bolsos y accesorios elaborado scon micelio de hongos (setas).
- Pañuelos impermeables elaborados con semillas y fécula de la papa.
- Fibras de tela hechas de residuos de naranja (Figura13).

Accesorios

- Bolsos, monederos, entre otros, hechos con fibra de plátano.
- Lámparas elaboradas con algas.
- Calzado hecho con residuos de maíz y de plátano.
- Joyas artesanales confeccionadas con cascaras de pistacho, bellotas, hojas, ramas de pino y capullos de gusanos de seda (Figura 14).

Bioplástico y empaques en general

- Bioplástico hecho con algas, con residuos de maíz y residuos de aguacates.
- Envases de detergente fabricados con papel reciclado.
- Empaques elaborados con micelio de hongos, con cáscara de papas, con residuos vegetales.
- Bolsas con biopolímero hecho a base de caña de azúcar y con residuos de algas.
- Botellas hechas con residuos de plantas.
- Envases y bolsas hechos con almidón de yuca (Figura 15).

Artículos varios

- Tazas hechas con restos de calabazas y residuos de café.
- Palets hechos con residuos de coco y con tallos de hortensias.
- Mobiliario campestre elaborado con los residuos del cultivo del arroz.
- Muebles y objetos de madera procedentes de árboles caídos (no talados).
- Cepillos dentales a base de la madera de bambú (Figura 16).





Telas de cáñamo y bambú



Fibra de residuos del café



Prendas de vestir hechas con tela ecológica



Bolsos elaborados con residuos de naranja, limón y tomate

FIGURA 13. Telas, fibras, prendas de vestir y bolsos elaborados con residuos vegetales.

DOI: https://doi.org/10.53766/ECOSOS/ - ISSN-1856-9552
Sede Institucional: Laboratorio de Sostenibilidad y Ecodiseño ULA-UPV, Laboratorio Nacional de Productos Forestales.
Galpón Principal. Tercer Piso. Avenida Principal hacia Chorros de Milla. Conjunto Forestal. Mérida 5101, Venezuela.
Teléfonos: +58-4121269540 / +58-4247370411. E-mail: revecodisostenibilidad@gmail.com revecodiseno@ula.ve
WEB: http://erevistas.saber.ula.ve/ecodiseno

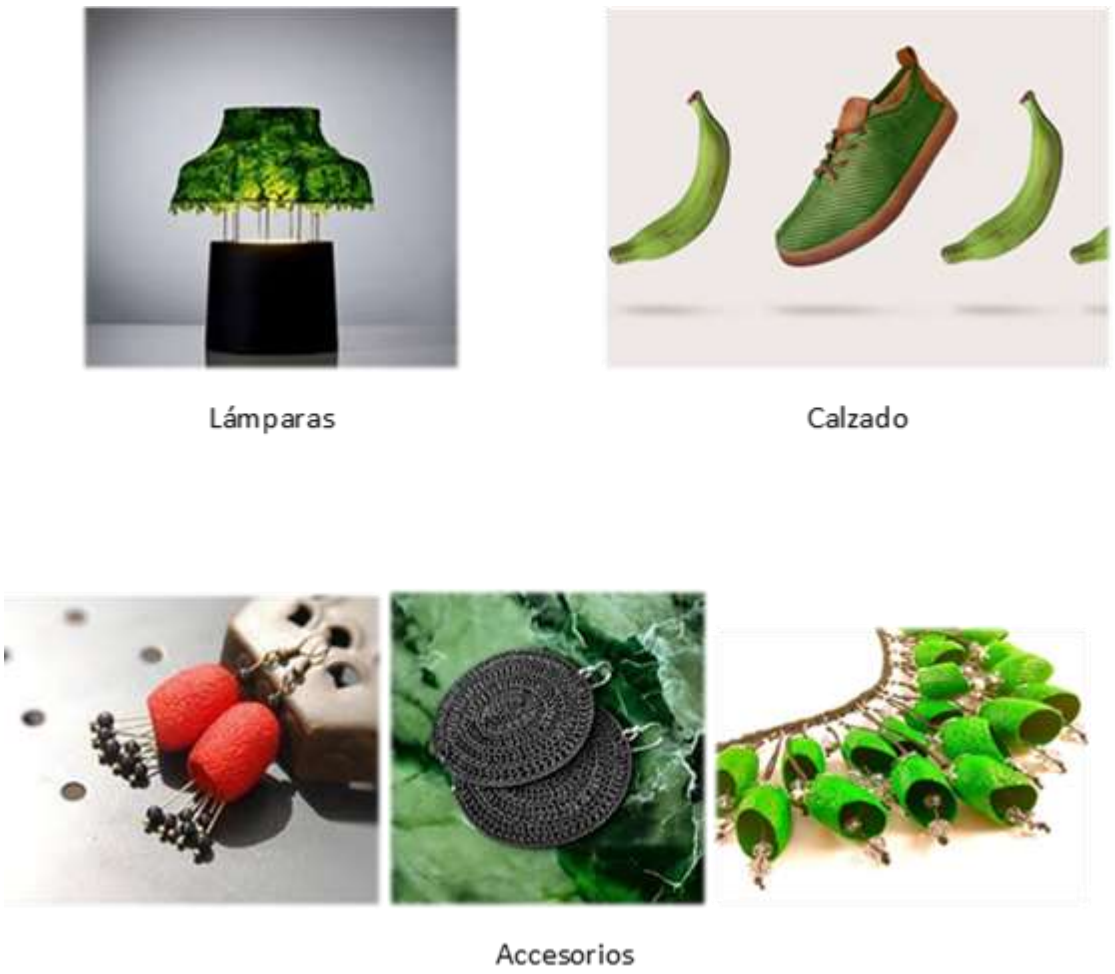


Figura 14. Lámparas, calzado y accesorios confeccionados siguiendo el diseño ecológico.



Empaques de residuos de maíz



Botellas hechas de algas marinas



Empaques elaborados con micelios de hongos



Utensilios a base de residuos de papa



Bolsas con biopolímero hecho a base de caña de azúcar

FIGURA 15. Bioplásticos y empaques elaborados con residuos vegetales.



Tazas hechas con restos de café



Cepillos dentales con madera de bambú



Utensilios en general



Platos elaborados con hojas de plátano



Palets hechos con residuos de coco



Mobiliario diseñado con residuos del cultivo de arróz

FIGURA 16. Diversos artículos confeccionados con residuos vegetales siguiendo las pautas del Ecodiseño.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Durante siglos, *las plantas y otros elementos naturales*, han sido utilizados para la elaboración de medicamentos y tratamientos para una amplia variedad de dolencias y condiciones de salud. De hecho, muchos medicamentos modernos se basan en compuestos obtenidos de especies vegetales, microorganismos y otras fuentes de origen natural. Es por ello que, los productos naturales se consideran una fuente importante de moléculas bioactivas que pueden tener propiedades terapéuticas. En este sentido, muchas empresas farmacéuticas realizan investigaciones para identificar y aislar compuestos naturales que puedan usarse en el desarrollo de nuevos fármacos.

Además, los *productos naturales* también son utilizados en la medicina tradicional y en la práctica de la medicina complementaria y alternativa. Muchas personas recurren a remedios naturales como hierbas, aceites esenciales y suplementos dietéticos para tratar diversos problemas de salud. Es por esta razón que, los productos naturales tienen un papel importante en la industria farmacéutica, ya sea como fuente de inspiración para el desarrollo de nuevos medicamentos o como alternativa para el tratamiento de diversas enfermedades.

Con relación a la *industria cosmética*, los productos naturales también han desempeñado un rol fundamental durante muchos años ya que han sido utilizados para crear una amplia variedad de cosméticos, desde cremas hidratantes hasta maquillaje. La popularidad de los productos naturales en la cosmética se debe a la creciente demanda de consumidores conscientes de la salud y el medio ambiente.

La tendencia hacia lo natural ha llevado a un aumento en la disponibilidad y variedad de productos cosméticos naturales en el mercado. Además, estos productos suelen contener vitaminas, antioxidantes y otros nutrientes que pueden beneficiar la piel y el cabello. Es por esto que, las empresas de cosméticos están recurriendo a ingredientes naturales para formular productos que sean efectivos y respetuosos con el cuerpo y el medio ambiente.

Otro campo que tiene estrecha relación con los productos naturales es la de la creación de los *nutracéuticos*. Los nutracéuticos son productos derivados de alimentos naturales mejorados con propiedades beneficiosas para la salud más allá de su valor nutricional básico. Estos productos pueden contener ingredientes activos como vitaminas, minerales, antioxidantes, extractos de plantas u otras sustancias bioactivas que se utilizan con fines terapéuticos o preventivos.

La investigación en el campo de los nutracéuticos sigue creciendo a medida que se descubren más beneficios de los productos naturales para la salud. Los consumidores también muestran un interés creciente en alternativas naturales para mejorar su bienestar y prevenir enfermedades. Como resultado, la industria de los nutracéuticos ha experimentado un crecimiento significativo en los últimos años, ofreciendo una amplia gama de productos que combinan lo mejor de la naturaleza con la ciencia y la innovación para promover la salud y el bienestar de las personas.

Desde la perspectiva del Desarrollo Sostenible, la utilización de productos naturales en el diseño de diversos utensilios y prendas de vestir ayuda a promover prácticas más respetuosas con el medio ambiente, a fomentar la economía local y a mejorar la calidad de vida de las comunidades. Al incorporar productos naturales en el proceso de diseño y producción, se fomenta la conservación de la biodiversidad y se contribuye al bienestar social, económico y ambiental a largo plazo.

La relación entre los productos naturales, el *Ecodiseño* y el Desarrollo Sostenible son clave para promover un modelo de producción y consumo más sostenible y en armonía con el medio ambiente. Al utilizar materiales naturales, se apoya la conservación de los recursos naturales y se impulsa la transición hacia una Economía Circular y sostenible.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bergquist, P. (1978). Sponges. Universityof California. Press. p. 205.

Blanch, J. (2024) Mundo vegetal y economía circular. https://naturblanch.es/mundo-vegetal-y-economia-circular/

Carey F. y Sundberg, R. (2013). AdvancedOrganicChemistryPart B: Reactions and Synthesis. Springer. USA, 1321 p.

Cerrano C., Pansini M., Valisano L., Calcinai B., Sarà M. y Bavestrello G. (2004). Lagoon sponges from Carrie Bow Cay (Belize): Ecological benefits of selective sediment in corporation. Bolletino dei Musei e deglIstituti Biologicidell'Università di Genova, 68, 239–252.

Corey E. (1995). The Logicof Chemical Synthesis. John Wiley y Sons, Inc, USA. 455 p.

Delgado G. (2005). Los productos naturales orgánicos: su diversidad estructural y origen químico. Ciencia, 6-16.

Dewick, P. (2002). Medicinal Natural Products. John Wiley & Sons, Nottingham, UK.

Evans, W.C. (1991). Farmacognosia. México D.F.: Editorial Interamericana. 13 ed.

Jiménez, C. (2013). El papel de los productos naturales en el mercado farmacéutico actual. An. Quím. 2013, 109(2), 134–141.

Marcano D. y Hasegawa, M. (2002). Fitoquímica Orgánica. Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico de la Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela.

Monge, A. (2003). El descubrimiento de fármacos a partir de plantas medicinales. Revista Ciencia e Investigación, 6, 36-39.

Newman G. y Cragg, J. (2012). Natural products as sources of new drugsoverthe 30 years from 1981 to 2010. Nat. Prod. 75, 311−335.

Osorio, E. (2009). Aspectos básicos de Farmacognosia. Universidad de Antioquia Medellín, Colombia.

Vardanyan, R y Hruby, V. (2006). Synthesis of Essential Drugs. Elsevier Science.

Villegas, C. (2022). Química de productos naturales: historia, aplicaciones y perspectivas. Departamento de Química, División de Ciencias Naturales y Exactas. Universidad de Guanajuato. https://www.ugto.mx/investigacionyposgrado/eugreka/index.php /contribuciones/417-quimica-de-productos-naturales-historia-aplicaciones-y-perspectivas.

Xiao-Tian, L. y Wei-Shuo, F. (2006). Medicinal chemistry of bioactive natural products. John Wiley and sons Inc.; New Jersey, USA.

REVISTA ECODISEÑO & SOSTENIBILIDAD (RES)
DOI: https://doi.org/10.53766/ECOSOS/ - ISSN-1856-9552
Sede Institucional: Laboratorio de Sostenibilidad y Ecodiseño ULA-UPV, Laboratorio Nacional de Productos Forestales.
Galpón Principal. Tercer Piso. Avenida Principal hacia Chorros de Milla. Conjunto Forestal. Mérida 5101, Venezuela.
Teléfonos: +58-4121269540 / +58-4247370411. E-mail: revecodisostenibilidad@gmail.com revecodiseno@ula.ve
WEB: http://erevistas.saber.ula.ve/ecodiseno

ECODISEÑO & SOSTENIBILIDAD

RES: ULA-UPV

N°17: 2024

DOI: https://doi.org/10.53766/ECOSOS

NOTA TÉCNICA 002
RES 17: 2024

INVESTIGACIÓN FORESTAL EN VENEZUELA, UNA REVISIÓN DE HECHOS, INSTITUCIONES Y PROTAGONISTAS RELEVANTES

María Andreína Salas-Bourgoin
Omar Carrero Araque
Elides Sulbarán Zambrano
José R. Guevara González
Leonardo Lugo Salinas

ECODISEÑO & SOSTENIBILIDAD
RES: ULA-UPV
N°17: 2024

Nota Técnica RES 002

INVESTIGACIÓN FORESTAL EN VENEZUELA, UNA REVISIÓN DE HECHOS, INSTITUCIONES Y PROTAGONISTAS RELEVANTES

Forestry research in Venezuela: a review of facts, institutions, and important players

MARÍA ANDREÍNA SALAS-BOURGOIN[1]; OMAR CARRERO ARAQUE[2A]; ELIDES SULBARÁN ZAMBRANO[3]; JOSÉ R. GUEVARA GONZÁLEZ[4] y LEONARDO LUGO SALINAS[2B]

1. Instituto de Geografía y Conservación de los Recursos Naturales Universidad de Los Andes. ORCID 0000-0003-1405-4053 E-mail: bourgoin.tamon@gmail.com

2A; 2B. Instituto de Investigaciones Forestales, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, Universidad de Los Andes. E-mails: canaleteypalanca@gmail.com; leolugosa@gmail.com

3. Instituto Nacional de Parques (INPARQUES). Mérida, Venezuela. E-mail: elidesasz2010@gmail.com

4. Herbario MER, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, Universidad de Los Andes. E-mail: simonveritas@gmail.com

Recibido: 27/07/2024 **Aceptado:** 24/11/2024

RESUMEN

Los primeros estudios sobre los bosques naturales en Venezuela se remontan a finales del siglo XIX y principios del XX, con exploraciones botánicas y estudios sobre la distribución de especies. Sin embargo, es a partir de la década de 1940 que se observa un impulso significativo en la investigación forestal, con la creación de instituciones como la Escuela de Capacitación Forestal y la Escuela de Ingeniería Forestal de la Universidad de Los Andes. Esta institución se ha caracterizado por su enfoque en la investigación básica y aplicada en ecología forestal y manejo silvícola. Sus estaciones experimentales y reservas forestales han sido fundamentales para el desarrollo de estudios a largo plazo y la generación de conocimiento sobre los bosques venezolanos. Otras universidades, como la Universidad Central de Venezuela, se han destacado en áreas como la botánica, la genética forestal y la evaluación de impactos ambientales. La Universidad de los Llanos Occidentales "Ezequiel Zamora", se ha enfocado en la investigación de los bosques tropicales y los sistemas agroforestales; la Universidad Nacional Experimental de Guayana, despunta con la creación

de la carrera de Ingeniería en Industrias Forestales. En términos generales, la investigación forestal en Venezuela se ha caracterizado por su diversidad temática y su enfoque en la resolución de problemas locales. Sin embargo, existe una necesidad de fortalecer la colaboración entre las diferentes instituciones y de integrar los conocimientos generados en políticas públicas para la conservación y el manejo sostenible de los bosques.

Palabras clave: Investigación forestal, cambio climático, Estación Experimental Caparo, Facultad Ciencias Forestales y Ambientales.

SUMMARY

The first research on Venezuela's natural forests began in the late 19th and early 20th centuries, focusing mainly on botanical exploration and species distribution studies. However, it was not until the 1940s that forestry research experienced a significant boom, marked by the creation of institutions such as the School of Forestry Training and the School of Forestry Engineering at the University of Los Andes. The University of Los Andes has been at the forefront of fundamental and applied research in forest ecology and silviculture. Its experimental stations and forest reserves have played a fundamental role in carrying out long-term studies and developing a comprehensive knowledge of Venezuelan forests. Other universities, including the Central University of Venezuela, have made substantial contributions in fields such as botany, forest genetics, and environmental impact assessment. The Universidad de Los Llanos Occidentales “Ezequiel Zamora” has focused on research into tropical forests, while the Universidad Nacional Experimental de Guayana has distinguished itself by offering a Forestry Engineering program. In general terms, forestry research in Venezuela has been characterized by its diversity of topics and its emphasis on addressing local challenges. However, there is a pressing need to improve collaboration between different institutions and to integrate the knowledge generated into public policies aimed at the conservation and sustainable management of forests.

Keywords: Forestry research, climate change, Caparo Experimental Station, Faculty of Forestry and Environmental Sciences.

I. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo versa resumidamente sobre la investigación forestal en Venezuela, a partir de una revisión de hechos, instituciones y protagonistas relevantes. Por ello, la actividad de investigación que se ha desenvuelto en el desempeño del sector forestal, se centra en la formulación y evaluación de

políticas para la administración, manejo, conservación y control del recurso forestal. Se expone la importancia de investigación forestal nacional como crucial para el desarrollo sostenible del país y para abordar los desafíos ambientales, como el cambio climático, garantizando el uso responsable y la protección de los recursos naturales. Además, la investigación ha facilitado el diseño de estrategias para la gestión forestal sostenible y el cumplimiento de compromisos internacionales.

De ahí que, el documente exponga parte de la evolución de las políticas públicas a través de las dependencias oficiales y centros de investigación adscritos a las universidades nacionales específicamente, en investigación forestal, entre otras, referido a la gestión ambiental y, particularmente, las políticas referidas a la protección, manejo y aprovechamiento sustentable del patrimonio forestal.

En términos generales, la investigación forestal en Venezuela se ha caracterizado por su diversidad temática y su enfoque en la resolución de problemas locales. Las principales instituciones que han estado involucradas en la investigación forestal en Venezuela han sido el Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales (MARN, actual MINEC), la Escuela de Capacitación Forestal, la Escuela de Ingeniería Forestal o el Instituto de Investigaciones para el Desarrollo Forestal (INDEFOR) de la Universidad de Los Andes (ULA), la Universidad Central de Venezuela (UCV) o la Universidad Nacional Experimental de Guayana (UNEG); el Instituto Nacional de Parques (INPARQUES); el Instituto Forestal Latinoamericano (IFLA), y varias organizaciones no gubernamentales (ONGs) como Provita y la Fundación Tierra Viva, entre otras.

Ha sido una labor histórica y que exige ser fortalecida y actualizada la investigación forestal nacional ya que existe una necesidad de aumentar colaboración entre las diferentes instituciones y de integrar los conocimientos generados en políticas públicas para la conservación y el manejo sostenible de los bosques de Venezuela.

II. LA INVESTIGACIÓN FORESTAL. CONTEXTO HISTÓRICO

Es a partir del año 1910 en Venezuela que existen normas destinadas al control y administración de los bosques, aunque el primer antecedente en la materia se remonta a los decretos conservacionistas de El Libertador Simón Bolívar, seguidos en el siglo XIX por alguna disposición tendente a la protección de elementos ambientales; pero es necesario reiterar que es a partir de 1910 cuando se presenta de manera consistente una evolución en la aprobación de normas dirigidas a la conservación ambiental en general, y a la del patrimonio forestal de manera específica (Birriola, 2019).

Respecto a los decretos de El Libertador, el primero en 1825 "establecía medidas de protección y aprovechamiento de la riqueza forestal de la nación" y, posteriormente, el emitido en Guayaquil el 31 de julio de 1829 "sobre las reglas que se han de observar para extraer maderas preciosas y de construcción de los bosques…", que amén de mostrar una vez más su claridad y visión política, ya que, "…guiado por su intuición y espíritu de observación, contempló a través de su periplo libertario la situación del ambiente de todos los países por los que luchó…" (Febres Poveda, 1979); además, tomó decisiones que, además de su trascendencia política, demuestran que ya en el siglo XIX existía la preocupación pública por la forma como se explotaban los bosques, dando lugar a decisiones oficiales. Noción que se expresa claramente en las consideraciones 2° y 3° del referido Decreto:

> "**2°.** Que, por todas partes hay un gran exceso en la extracción de maderas, tintes, quinas y demás sustancias, especialmente en los bosques pertenecientes al Estado, causándoles graves perjuicios.
>
> **3°.** Que, para evitarlos, es necesario dictar reglas que protejan eficazmente las propiedades públicas y las privadas, contra cuales quiera violaciones; vistos los informes dirigidos al gobierno sobre la materia…"

Diversas normas han abordado la materia forestal, algunas de manera directa, siendo los bosques el bien jurídico tutelado; otras, como la Ley de Reforma Agraria del año 1960, tienen en la protección y uso sustentable del bosque, uno de sus propósitos fundamentales.

De acuerdo con lo expresado por Isabel de los Ríos (1994), el Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables (MARNR), creado en 1977, había elaborado una serie de principios en los que se fundamentaba la política ambiental general:

- Ambiente y desarrollo deben ser compatibles.
- El uso de los recursos ambientales debe ser racional.
- La conservación, defensa y mejoramiento del ambiente son de utilidad pública.
- La complejidad del ambiente y del desarrollo requiere un tratamiento integral.
- Cada estadio del desarrollo genera sus propios problemas ambientales y requiere soluciones específicas.
- Es permisible o tolerable cierto daño ambiental.
- La calidad del ambiente depende de la participación de toda la población.
- El problema ambiental es mundial.

Estos principios, con muy pocas variantes, se mantienen vigentes, al menos en cuanto a los instrumentos normativos que reflejarían las políticas que, en tiempos sucesivos, han animado la gestión forestal y ambiental.

La investigación especializada en materia forestal ha sido realizada en el país fundamentalmente por cuatro actores: la academia, representada principalmente por las universidades, e institutos, y sus unidades de investigación; los organismos públicos encargados de la gestión forestal; la empresa privada en la rama forestal; y las organizaciones civiles vinculadas con

el manejo forestal, la conservación de los bosques, el desarrollo agropecuario y el ambiental en general.

Desde el punto de vista de la formación profesional, los estudios forestales comienzan a desarrollarse a partir de finales de la década de 1940. Las razones: en 1942, se crea la Escuela de Capacitación Forestal, que inicia sus actividades, en 1946, se forman en sus primeros 2 años brigadieres forestales, posteriormente, peritos forestales quienes, entre otras labores, asumieron la administración y el inventario de los recursos forestales en las regiones adscritas al Ministerio de Agricultura y Cría (MAC) (ULA, 2020).

En el año 1948 se crea la Escuela de Ingeniería Forestal en la Universidad de Los Andes y el otrora Ministerio de Agricultura y Cría (MAC), continúa con los inventarios de bosques, especialmente en el estado Portuguesa, en las selvas de Turén. Posteriormente, se une la creación de las reservar forestales y la graduación, en 1952, de los primeros cinco ingenieros forestales. A partir de allí, se inicia una fructífera trayectoria en esta materia, no en vano en el propio Plan Nacional del Sector Forestal, se afirma: "…Venezuela fue pionera de los estudios forestales universitarios en América Latina…" (Hernández, 2014).

Las materias y áreas de investigación, de mayor interés en sus inicios eran: dinámica ecológica de los bosques tropicales, características y propiedades cualitativas de las distintas especies maderables del país, prácticas de aprovechamiento, movilización eficiente de productos forestales, plagas y enfermedades, y medidas integrales de protección de los recursos forestales (Pericchi, 1983). A estas materias debe agregarse la realización de los inventarios forestales, de particular relevancia.

Es necesario e importante reconocer el valor de los estudios botánicos para la investigación forestal, así como para la agronómica y la biológica en el país; el bosque, los cultivos y los ecosistemas son su campo de trabajo, y este "paisaje vegetal" es el campo de estudio inmediato de la Botánica, la cual, como ciencia

básica de estas áreas del conocimiento, es imprescindible en sus procesos de investigación.

Como antecedente inmediato a la conformación de estos estudios, se debe nombrar a Henri Pittier, fundador moderno de los estudios botánicos, cuyo asiento institucional estaba para el año 1920 en el Herbario Nacional. Fue el creador de la Oficina Técnica Forestal del Ministerio de Agricultura y Cría, que funcionaba en Caracas en la misma sede que el Herbario Nacional. Según Texera (2014, p 54): "Al crearse el MAC esa dependencia pasó a su adscripción con el nombre de Servicio Botánico, luego con el de Departamento de Investigaciones Forestales y, en 1950, el de Instituto Botánico."

Al fallecer Pittier en el año 1950, el personal de dicha institución se separa y los que no quedaron como miembros del Instituto Botánico se repartirían entre las escuelas de Agronomía en Maracay y la de Ingeniería Forestal localizada en la ciudad de Mérida donde, en 1952, León Croizat fundaría el primer herbario de la Universidad de Los Andes. Ya en 1949, a instancias del propio Pittier, se había establecido el Herbario de la Facultad de Agronomía de la UCV en Maracay, fundado por Víctor Manuel Badillo.

Los estudios de silvicultura y ecología en el país, realizados desde ese entonces y a lo largo de más de setenta años de historia forestal, agronómica y biológica, han dependido de información botánica originada en esos centros de investigación y en otros herbarios o jardines botánicos, que se fueron creando en distintas universidades en toda la nación.

III. HISTORIA DE LA ACADEMIA, VINCULADA AL RECURSO FORESTAL, LOS BOSQUES, SU CONSERVACIÓN Y SU INVESTIGACIÓN

El punto de partida es el año 1946 cuando se funda la Escuela de Capacitación Forestal (ESCAFOR) en el estado Miranda, como ente adscrito al MAC. A esta se une, en 1948, la Escuela de Ingeniería Forestal adscrita a la Facultad de Ciencias

Físicas y Matemáticas de la Universidad de Los Andes, la cual pasa luego, en 1952, a constituir la Facultad de Ciencias Forestales (FCF); y a recibir, en 1953 por medio de contrato con el MAC, a la ESCAFOR, hoy Escuela Técnica Superior Forestal (ETSUFOR) (León, 2006).

En su devenir, la actual Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales (FCFA), se convierte en el marco propicio para la creación de diversas unidades de formación, investigación y extensión, tanto en el ámbito forestal como en el de la conservación y manejo de los recursos naturales: el Instituto de Geografía y Conservación de Recursos Naturales (IGCRN, en 1959); el Laboratorio Nacional de Productos Forestales (LABONAC, en 1960 y actualmente LNPF); el Instituto de Silvicultura en 1962; la Escuela de Geografía en 1963; y el Centro de Estudios Forestales de Postgrado en 1968. También se convierte, en 1956, en sede del Instituto Forestal Latinoamericano de Investigación y Capacitación (IFLAIC).

El Laboratorio Nacional de Productos Forestales (LNPF), se crea con el propósito de ampliar y fortalecer el conocimiento científico y tecnológico en materia de productos del bosque, más enfocado hacia los estudios de la madera. Por medio de estudios de caso, busca colaborar con la generación del conocimiento que demanda la industria forestal venezolana, en materias como: resistencia y secado de la madera, patología de la madera, tableros aglomerados y contrachapados, pulpa y papel, química de la madera y bioenergía, y propiedades físico-mecánicas de la madera (SaberULA, 2022a).

Al hacer un recuento de la investigación forestal venezolana, Pericchi (1983), recuerda del LABONAC, sus estudios sobre las propiedades físicas y mecánicas de diferentes especies maderables del país con fines de clasificación según sus posibles usos industriales: aserrío, contrachapado, aglomerado, cartón piedra, papel y cartón común; según su resistencia física, para la construcción y resistencia natural ante plagas y enfermedades; también sus posibles tratamientos y requisitos de secado, así como sus cualidades para torneado, labrado y tallado.

De esta manera, de acuerdo con el autor, gracias al conocimiento generado por el LNPF, fue posible incorporar a la industria forestal un número considerable de especies maderables de los bosques venezolanos de Guayana y, de los Altos Llanos Occidentales, donde se estudiaron 104 especies.

Por su parte el Instituto de Silvicultura, se funda para impulsar y desarrollar en su seno una vasta investigación en el ámbito de los recursos forestales, a través de seis líneas: 1) ecología tropical; 2) genética y propagación forestal; 3) viveros y plantaciones forestales; 4) planificación y manejo silvicultural; 5) ordenación forestal, y 6) plagas y enfermedades forestales (SaberULA, 2022b). Bajo su administración, se desarrollan labores de investigación, formación y extensión en seis estaciones experimentales:

- Internado Rural "El Libertador" (IREL), (Barrancas, estado Barinas), marco del Programa de Conservación de Germoplasma de saqui-saqui y de ensayos con diferentes especies nativas y exóticas.

- Mucubají-La Corcovada (Mérida), destinada a ensayos de especies forestales;

- Mococón (Mérida), que alberga una plantación con especies del género Pinus, provenientes de centro y norte de América, con el propósito de ensayar planes de manejo.

- Bosque Universitario El Caimital (municipio Obispos, estado Barinas) que alberga 1000 hectáreas de bosques con caoba, cedro, mijao, pardillo negro, palo de agua y saqui- saqui, entre otros; es un bosque relictual que alberga especies forestales y de fauna de la biodiversidad llanera.

- Bosque San Eusebio (Mérida), con ensayos de especies forestales y estudios ecológicos de Selva Nublada.

- Bosque Universitario Emilio Menotti Sposito (Mérida), destinado al saneamiento ambiental, extender el entorno boscoso del futuro campus de la FCF, estudios sobre crecimiento y desarrollo de especies autóctonas, así como de adaptación de especies exóticas y aplicación de técnicas silviculturales.

En la década de 1970, se le dota de dos laboratorios: el de semillas forestales y el de suelos. El primero, destinado al estudio de la manipulación y beneficio, tanto de semillas forestales como de plántulas en etapas iniciales de crecimiento en viveros (SaberULA, 2022c); mientras que el segundo, es orientado al estudio del suelo como soporte de la producción forestal y agroforestal (SaberULA, 2022d).

Al acercarse la fecha de inundación de la tercera etapa de la represa de Guri, desde la Sección de Ecología del Instituto de Silvicultura, se propuso la ejecución de una serie de estudios ecológicos y florísticos dentro del marco del Programa de Investigación en Biomasa Vegetal ULA-EDELCA. Entre 1983-1986 se llevó a cabo un conjunto de investigaciones en ecología vegetal, edafología, botánica y zoología apoyados por la cartografía, “cuyos resultados se reflejaron en mapas e inventarios botánicos y faunísticos, así como en documentos técnicos, informes relacionados con problemas específicos enmarcados en el objetivo principal del Programa: Conocer la cantidad y ubicación de los componentes de la biomasa que quedaría sumergida y su posible efecto sobre la calidad del agua.

En cuanto a resultados florísticos se tiene una colecta de 1 334 muestras que representan 587 especies de 89 familias de Pteridophyta y Spermatophyta. La colección permanece en el Herbario Carlos Liscano MER de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales de la Universidad de Los Andes, con duplicados en VEN, PORT y US (Guevara, 1985).

En 1994, se anexa a la estructura del Instituto de Silvicultura el Grupo de Investigación Genética y Silvicultura (GenSil) con miras a atender los

requerimientos de investigación y extensión en las áreas de producción en plantaciones forestales y manejo silvícola del bosque natural (SaberULA, 2022e); un año después, en 1995, se incorporan: el Grupo de Investigación Biodiversidad y Desarrollo Sustentable (BIODESUS), centrado en la evaluación integral de plantaciones forestales y manejo sustentable de bosques naturales (SaberUla, 2022f); y el Grupo de Investigación Manejo Múltiple de Ecosistemas Forestales (GIMEFOR), destinado a la investigación y extensión en el ámbito de las alternativas para el uso múltiple en ecosistemas forestales (SaberULA, 2022g).

En el año 1997, al término de un proceso de revisión, se modifica su nombre por el de Instituto de Investigaciones para el Desarrollo Forestal (INDEFOR) y se actualizan su filosofía de gestión, estructura organizativa y normativa. En el presente, sus líneas de investigación son: cambio climático (Conservación de la Biodiversidad y Alternativas para el Desarrollo Sustentable), economía ambiental (Sostenibilidad de plantaciones forestales), dinámica del bosque tropical, inventario del recurso vegetación y biometría, impacto ambiental, desarrollo forestal participativo, mejoramiento genético de especies forestales, manejo silvicultural del bosques tropical; establecimiento, manejo y evaluación del rendimiento de plantaciones forestales y planificación del aprovechamiento forestal.

Desde el INDEFOR se formula la propuesta del “Sistema de Estaciones de Investigación y Extensión para la Biodiversidad y el Desarrollo Sustentable”, que, en su vinculación con las comunidades locales, la cual respalda en la universidad el trabajo de investigación y acción para el desarrollo, plataforma social para el servicio comunitario (Rodríguez, 2012).

Es pertinente referir la participación del GIMEFOR en las investigaciones llevadas a cabo por la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales en el estado Amazonas. Este Grupo tuvo a su cargo la ejecución del proyecto “Estrategias Agroforestales para la Conservación de la Biodiversidad y la Recuperación de Áreas Degradadas en el Sector Norte de la Reserva Forestal

Sipapo, Edo. Amazonas", que tuvo como misión el acompañamiento a las comunidades Piaroas en el mejoramiento de sus sistemas de producción, buscando "desarrollar sistemas agroforestales adecuados a las condiciones socio-culturales y ecológicas de las comunidades Piaroas". Este trabajo permitió el análisis de los factores ambientales, fisiografía-suelos-vegetación, cambios en la biomasa de raíces y micorrizas arbusculares en cultivos itinerantes en la Reserva Forestal Sipapo; censo de las comunidades indígenas (análisis social, cultural y económico) y sus medios de producción (diagnostico participativo); relación con el sistema tradicional de agricultura migratoria, principalmente para la etnia Piaroa, permitiendo entender la sensibilidad del sistema, como respuesta a las perturbaciones ocasionadas por el establecimiento de los "Conucos". Este proyecto fue financiado por el CONICIT y la Comunidad Europea, siendo dirigido por el Prof. Ernesto Arends, y en algunas de sus fases contó con especialistas de la Universidad Central de Venezuela.

El Centro de Estudios Forestales de Postgrado de la Facultad, por su parte, inicia en 1968 sus labores a cargo de la Maestría en Manejo de Bosques. Adicionalmente asume, desde 1970, mediante acuerdo preliminar entre la Facultad y el MAC y, luego, mediante comodato, la administración del Área Experimental de la Unidad I de la Reserva Forestal Caparo, a fin de cumplir labores de formación, investigación y extensión. En la actualidad, adicional a la Maestría de Manejo de Bosques, la FCFA, ofrece estudios de maestría en manejo de cuencas, tecnología de productos forestales, ordenación del territorio, gestión ambiental y gestión integral de riesgos socionaturales. asimismo, el doctorado en ciencias forestales y ambientales.

Desde 1958, la FCFA cuenta con un órgano divulgativo propio: la Revista Forestal Venezolana, la cual es arbitrada, de tiraje semestral y, en la actualidad, indizada en: TREE CD; Forest Abst. (Comm. Agric. Burr.); Zoo. Rec. (BIOSISUK); LATINDEX; Periódica (UNAM, México) y REVENCYTRVR004 (SaberUla, 2022h). Divulga investigaciones en español que versan sobre fisiología vegetal, suelos

forestales, mejoramiento forestal, anatomía de la madera, viveros, plantaciones, manejo de cuencas y tecnología de la madera, entre otros.

Esta diversidad de espacios para la formación, la investigación y la extensión ha dado lugar a la producción de conocimientos teóricos y empíricos publicados en trabajos especiales de grado (pregrado), trabajos de grado (maestría), trabajos de ascenso de profesores, estudios técnicos y libros, los cuales reposan en dos bibliotecas: la Biblioteca de Ciencias Forestales y Ambientales "Antonio José Uzcátegui Burguera", y la Biblioteca de Geografía “Luis Fernando Chávez” en las que, además, se resguarda una amplia e invaluable gama de antiguas colecciones de revistas científicas especializadas.

En su repertorio abundan estudios sobre los problemas de deforestación de las reservas forestales venezolanas y los procesos de invasión de las tierras forestales, a los que han sido sometidas históricamente; estudios anatómicos de especies y de suelos en reservas forestales y lotes boscosos del país, especialmente en las reservas Caparo, Ticoporo y, en menor medida, Imataca y Sipapo; propuestas de planes de manejo para unidades específicas de las reservas forestales Caparo y Ticoporo; evaluaciones de plantaciones forestales, agroforestales y protectoras, mediante estudios de caso; evaluaciones de impacto de plantaciones sobre vegetación autóctona, también a través de estudios de caso, y estudios sobre plagas, enfermedades y malezas con evaluación de daños, entre muchos otros.

La Universidad de Los Andes no es la única institución de educación superior del país que forma profesionales o desarrolla investigaciones en áreas vinculadas con la gestión forestal y el manejo de bosques. Con ella han compartido escenarios la Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales “Ezequiel Zamora” (UNELLEZ) y la Universidad Nacional Experimental de Guayana (UNEG).

La UNELLEZ, en la década de 1970, creó los estudios de Ingeniería de Recursos Naturales. Asimismo, instituyó los departamentos de Botánica y Fauna, en cuyo

seno se ha desarrollado, según reporta el Plan Nacional del Sector Forestal, una importante labor de investigación. Ahora, en su oferta académica, incluye estudios de cuarto nivel en Recursos Naturales Renovables, mención Planificación de los Recursos Naturales Renovables; Ingeniería Ambiental, Desarrollo Rural y Educación Ambiental, así como estudios de doctorado en Planificación y Desarrollo Sustentable, Ambiente y Desarrollo, Biodiversidad y Desarrollo Rural y Territorial.

Por su parte, en 1988, la UNEG apertura en su unidad de Upata la carrera de Ingeniería en Productos Forestales, obra del Ing. Forestal Pausolino Martínez Estévez, con el fin de "…contribuir al aprovechamiento racional de los bosques y mejorar la calidad de la Industria Forestal" (UNEG, 2022). En la misma, aparte del grado de ingeniería, se ofrece una salida intermedia de Tecnólogo en Industrias Forestales. Se suma a esta oferta académica, la Licenciatura en Ciencias Ambientales.

En la actualidad, la formación en ambiente y temas relacionados se ha ampliado a otras casas de estudio: Ingeniería del Ambiente y de los Recursos Naturales (Universidad Nororiental Privada "Gran Mariscal de Ayacucho"), Ingeniería Ambiental (Universidad de Falcón), y Maestría en Ingeniería Ambiental (Universidad de Carabobo). No obstante, las mismas no reportan información sobre investigación.

IV. EL MINISTERIO DEL AMBIENTE, OTROS ORGANISMOS PÚBLICOS Y SU INVESTIGACIÓN FORESTAL

Con la creación del Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables, en 1977, desde la palestra del Estado se inicia un proceso sistematizado de investigación en materia ambiental y de los diferentes recursos naturales, dado precisamente que la misma, junto con la planificación, la ejecución y la administración, forma parte de sus funciones básicas.

Lo anterior no indica que, previo a la creación del MARNR, no se llevaran a cabo investigaciones forestales en el país. De hecho, Pericchi (1983), señala que antes del mismo, la investigación forestal estuvo en manos del MAC el cual administraba estaciones de silvicultura en las reservas forestales y una estación de semillas en Maracay, destinada "…al estudio de las características de floración y fructificación de diversas especies de interés, el comportamiento vegetativo de distintas semillas, antes y después de sembradas y los tipos de tratamientos especiales para su germinación".

A través de su Dirección General Sectorial de Información e Investigación, así como de su Dirección General de Planificación y Ordenación del Ambiente, el ministerio inicia un proceso de generación de información físico-territorial y cartográfica sobre los recursos agua, suelo, vegetación y fauna silvestre, y de estudio de las causas y los efectos de la contaminación ambiental en el país (Gondelles, 1983a).

Entre sus primeras labores de investigación destacan: inventario de recursos hidráulicos, levantamiento de suelos agrícolas, clasificación de bosques y manejo de los recursos forestales al sur de Guayana (Sisco, 2003) y, para la década de 1980, contaban entre sus resultados de investigación: 40mapasparaevaluarlacubiertavegetaldelpaísylapotencialidaddelosbosquespr oductores;el Censo Nacional de Industrias Forestales y el inventario forestal del área de inundación de la futura represa hidroeléctrica del río Cataniapo (estado Amazonas). Igualmente se encontraba en ejecución el proyecto de la Estación Experimental de Semillas en los estados Aragua y Carabobo (Pericchi, 1983).

Como resultado de los 40 mapas arriba mencionados, surge el "Mapa de Vegetación Actual de Venezuela" (1982), creado mediante el trabajo conjunto entre las direcciones antes mencionadas. Elaborado a escala 1:250.000, representa las principales formaciones vegetales del territorio nacional con base en: ubicación altitudinal, caducifolia, altura del dosel y densidad de cobertura. A juicio de Carrero Niño, constituye una "…nueva aproximación al

conocimiento cabal de la composición florística y distribución fitogeográfica de las principales masas vegetales existentes en Venezuela…" (Carrero, 1983).

Entre el 2008 y 2010, se actualizó el mapa de cobertura forestal del país. Entre 1979 y 1983 se desarrolla el proyecto más amplio de levantamiento y sistematización de información ambiental del país: "Sistemas Ambientales Venezolanos" (Proyecto VEN/79/001), bajo el financiamiento y la asistencia técnica del Programa de la Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUMA). Sus propósitos fueron:

1. Desarrollo de metodologías para planificación ambiental.
2. Elaboración de las bases técnicas requeridas para la formulación de propuestas de planes, nacional y regionales, de ordenación del territorio y manejo ambiental.
3. Diseño de políticas, directrices e instrumentos de ordenación y manejo ambiental a escala nacional.
4. Creación de un banco de datos ambientales;
5. Formulación de lineamientos para diseñar programas de educación ambiental.
6. Investigación conceptual y metodológica en el área de los sistemas ambientales (Gondelles, 1983b).

Con un total de "…90 tomos y casi una hectárea de mapas", este proyecto aborda la localización, distribución, descripción y análisis de los recursos naturales de Venezuela a escala del país, de las regiones administrativas y de regiones naturales, llegando a incluir temas específicos, entre otros: potencial de aprovechamiento de recursos hidráulicos, de tierras agrícolas y de tierras forestales; población y calidad de vida, áreas bajo régimen de administración ambiental, recursos escénicos y turísticos del país, aprovechamiento actual y futuro del ambiente, problemas ambientales, educación ambiental, política ambiental y propuesta de Ley de Ordenación del Territorio.
Se describe la vegetación actual de Venezuela representándola en un conjunto de mapas a escala de 1:250.000, destacando su cuantificación por cada entidad

federal. Se elaboraron 75 cartas en las que se describe la distribución por tipo de vegetación que servirán de base para otros estudios previstos como el Plan de Ordenamiento Territorial y el Plan de Protección y Desarrollo de las Tierras Forestales.

Sus resultados, además de servir para formular el proyecto de Plan Nacional de Ordenación del Territorio de 1988 y el propio Plan Nacional de Ordenación del Territorio de 1998, han sido referencia obligada hasta el presente, en estudios de corte ambiental.

Requiere mención especial el Sistema de Información Geográfica de Sistemas Ambientales Venezolanos (SIMSAV), dada su importancia para la planificación ambiental nacional del momento, pues fue una absoluta novedad tecnológica para almacenar, verificar, editar, corregir y actualizar información; así como obtener información por región natural; relacionar información espacial; calcular superficies, distancias, perímetros y centroides; generar información georreferenciada en formato de cuadros, gráficos y mapas, y permitir la comunicación con otros sistemas.

Más tarde, en 1985, desde la División de Vegetación dependiente de la Dirección General de Información e Investigación del Ambiente, se editó el Atlas de Vegetación de Venezuela que compendia, en 109 páginas y 45 mapas explicativos, información sobre geología – geomorfología, suelos, clima y vegetación. Así mismo se hace referencia al dinamismo de los ecosistemas forestales naturales y a la productividad forestal y agrícola. Se destaca también el factor humano, su dinamismo y su influencia sobre la vegetación, especialmente sobre bosques y sabanas. En otro aparte se consideran estadísticas sobre incendios y, por último, se desarrolla un capítulo sobre legislación, administración y establecimientos de enseñanza forestal. Se cierra con una lista florística por Zona de Vida y un anexo con las dicotiledóneas leñosas para el país.

En este Atlas se presenta el mapa de las Zonas de Vida elaborado de acuerdo a la metodología y la terminología utilizadas por el Dr. Leslie Holdridge del año 1947 pero considerando la modificación propuesta por el profesor Jean Pierre Veillon (1985) en cuanto a la humedad, dado que este autor consideró que para las condiciones de Venezuela, la delimitación bioclimática de las Zonas de Vida debería hacerse tomando en cuenta la duración del periodo seco antes que el volumen mensual de las precipitaciones. Estos ajustes trajeron como resultado cambios en la cobertura territorial de algunas Zonas de Vida respecto a las propuestas inicialmente por Ewel y Madriz en el año 1968.

El profesor Veillon, eminente científico, había llegado a Venezuela en 1947 contratado para trabajar en el equipo del Dr. Henri Pittier, como jefe de la Oficina Técnica del Ministerio de Agricultura y Cría. En 1951 ingresa al Instituto de Silvicultura de la Facultad de Ciencias Forestales, desde donde desarrolla su prestigiosa, extensa y bien conocida labor en el mundo forestal latinoamericano.

Desde 1956 hasta 1978 estableció 62 parcelas, la mayoría de éstas con superficie de 2 500 m², en 9 zonas de vida presentes en los estados Mérida, Barinas, Portuguesa, Anzoátegui, Delta Amacuro, Bolívar, Falcón, Zulia y Amazonas. Su objetivo apuntaba hacia la idea de medir el crecimiento de la masa forestal y su relación con la topografía, los suelos, el clima y, en menor medida, con la influencia antrópica. Se registraba información de todos los árboles incluyendo palmas con diámetros mayores a 20 cm de DAP que después se bajó a 10 cm, registrándose los nombres vulgares y científicos.

Al día de hoy “las parcelas de Veillón” son reconocidas como unas de las más antiguas del mundo y con mayor tiempo de observación. La información recabada se considera de mucho valor para validar modelos de crecimiento. En aras de continuar impulsando la investigación, el propio ministerio junto con el Servicio Forestal Venezolano (SEFORVEN) divulgan, en 1991, un Plan Nacional de Investigación Forestal. No obstante, en la actualidad, no se dispone de información al respecto.

Antes de finalizar el siglo XX, el ministerio contaba con diversas publicaciones en el ámbito forestal, citadas, entre ellas por FAO (2021): Plantaciones forestales de Venezuela: evaluación y sugerencias para su desarrollo, de Lama (1975); Plantaciones forestales en Venezuela: reseña histórica, de Paredes (1991); Potencialidades y limitaciones de las plantaciones forestales en Venezuela (1991); Áreas potenciales para plantaciones forestales, Corrales (1991); Instructivo práctico para el establecimiento de plantaciones forestales con fines comerciales y de reforestación, Ramírez (1995); Especies recomendables en proyectos de plantaciones forestales, de Armas (1991); Áreas potenciales para plantaciones forestales en el Estado Monagas, Corrales (1992); Evaluación de los sistemas silviculturales aplicados en las unidades de manejo de las reservas forestales y lotes boscosos, Segovia (1990); El subsector forestal en la economía forestal, de Carreño et al., (1988) y Formulación de una estrategia de desarrollo forestal vinculada con los aspectos organizativos del sector forestal, La Cruz (1988), entre otros.

Para el año 2010, a través del proyecto Geo Venezuela 2007 (convenio entre PNUMA- MPPPA-IFLA, 2010), se publica Perspectivas del Medio Ambiente en Venezuela – Geo Venezuela; un documento que reseña la situación ambiental del país para el momento, con miras a orientar el diseño de las políticas de desarrollo nacional y la solución de los principales problemas ambientales.

Si bien su contenido no aborda el sector forestal como parte del contexto económico del país, sí trata lo atinente a los sistemas forestales en tanto que “sistema ecológico implantado”, desde la perspectiva de: bosques naturales, plantaciones forestales, viveros forestales, sistemas agroforestales, industrias agroforestales y productos forestales no maderables (PNUMA-MPPPA-IFLA, 2010). No obstante, al momento de tratar lo relativo a los problemas ambientales, únicamente hace una breve referencia a las deforestaciones y a los incendios forestales, sin correspondencia con el nivel de detalle con el cual se abordan otros como: contaminación de agua, aire y desechos sólidos.

En la actualidad, a través del proyecto “Ordenación Forestal Sustentable y Conservación de Bosques en la Perspectiva Ecosocial” (OFSCBPE), ejecutado conjuntamente por el ministerio de Ecosocialismo y la FAO, con financiamiento del Fondo Mundial para el Medio Ambiente (GEF), se desarrolla en tres componentes a saber: el Sistema Nacional Integrado de Información Forestal (SINIIF) con el fin de ofrecer y administrar datos en tiempo real sobre la situación de los bosques del país; Manejo Forestal Sustentable, orientado a la Formación y Capacitación y la Restauración del Bosque Tropical y Restauración (FAO, 2021). Con la puesta en marcha de este proyecto se han integrado, en torno a la investigación forestal, diferentes instituciones (ULA, UCV, IVIC, UNEFM, IFLA, UNELLEZ, UNEG, MINEC, entre otras). A la par, se han generado diversas publicaciones, en materia de monitoreo participativo del bosque, productos maderables y no maderables, servicios ecosistémicos, cambio climático, restauración forestal, bioenergía, entre otros.

Igualmente, existen otras organizaciones públicas, como el Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC) y las corporaciones de desarrollo regional, que han contribuido con los estudios forestales en el país.

En 1970, el IVIC crea el Centro de Ecología con el fin de desarrollar investigaciones ambientales (básica y aplicada) en los diferentes ecosistemas del país: “…desde la selva Amazónica, pasando por los Llanos y los Andes, hasta la planicie lacustrina del lago de Maracaibo, con el fin de determinar su origen, evolución, condiciones ecológicas actuales y relaciones con el hombre.” (Schubert, 1983). Asimismo, se convierte en sede del Centro Internacional de Ecología Tropical, patrocinado por la UNESCO y el gobierno nacional, que reúne cinco laboratorios, entre los que figura el de Ecofisiología Vegetal cuyas investigaciones abarcan: fijación de dióxido de carbono, nutrición y producción dematerіaorgánicaenplantassuperiores,germinacióndesemillasydepósitos de sílice en hojas, crecimiento y productividad en sabanas naturales y reciclaje de nutrientes en un bosque tropical, dentro del estado Amazonas.

En la actualidad, “El Centro de Ecología desarrolla más de 40 proyectos con un amplio abanico temático que comprende varios niveles de organización, al abarcar desde genes, organismos, especies hasta ecosistemas” (IVIC, 2022a). Las áreas que se vinculan con la materia de interés aquí son: ecofisiología vegetal, ecología de poblaciones, ecología de suelos, productividad y desarrollo vegetal, conservación de la diversidad biológica y modelaje de procesos ecológicos a distintas escalas temporales y espaciales. Adicional a la investigación, desarrolla labores de docencia, adiestramiento y formación de estudiantes universitarios y de postgrado en Ecología Tropical.

En su unidad localizada en el estado Zulia, el IVIC mantiene el Centro de Estudios Botánicos y Agroforestales (CEBA) conformado por tres laboratorios: Protección Vegetal, Ecología Espacial y Manejo de Cuencas (este con sede también en el estado Falcón), y una sala de “Biogeomática” para la capacitación. Cada una de estas unidades desarrolla labores de investigación y docencia en áreas relacionadas con las ciencias botánicas y agroforestales. Entre sus objetivos destacan: “…contribuir junto con otras instituciones regionales al fortalecimiento territorial de la investigación científica y tecnológica del país; realizar investigación y actividades de desarrollo tecnológico e innovación en las áreas prioritarias de las ciencias botánicas y agroforestales; apoyar a la región en la creación de empleos y en la promoción de la formación de recurso humano a todo nivel” (IVIC, 2022b).

Ahora bien, desde la palestra de las corporaciones regionales de desarrollo es preciso referirá la Fundación para el Desarrollo de la Región Centro Occidental (FUDECO) la cual llevó a cabo, en 1964, investigaciones sobre los recursos naturales de la región que incluyen, entre otros estudios: dasonómicos y sobre plantaciones forestales, de vegetación en la cuenca del río Morere y de manejo conservacionista de la cuenca del río Yacambú. A la par, a la Comisión para el Desarrollo del Sur (CODESUR), adscrita al otrora Ministerio de Obras Públicas, que realiza durante la década de 1970 estudios en el área integrada por el antiguo distrito Cedeño del estado Bolívar y el estado Amazona (27% del territorio nacional), confines de su integración a la dinámica económica y social

del país. Ello incluye estudios sobre vegetación y recursos forestales, que permitieron la elaboración de un mapa de unidades con potencialidades de aprovechamiento forestal bajo sistema silvicultural (chicle, balatá, nuez del Brasil, sarrapia, Chiqui-Chique, Caucho y Seje) (Gondelles, 1983c). En 1970, CORPOANDES financia el programa quinquenal de Investigación Forestal con Fines de Manejo en la Unidad Uno de la Reserva Forestal Caparo, adelantado por el Centro de Postgrado de la FCF publicándose, en 1973, los resultados de los primeros 3 años de trabajo.

V. ORGANIZACIONES CIVILES VINCULADAS CON EL RECURSO FORESTAL, LA CONSERVACIÓN DE LOS BOSQUES, EL DESARROLLO AGROPECUARIO Y EL AMBIENTE EN GENERAL

En Venezuela, las organizaciones civiles ambientalistas tienen una larga tradición. Sisco (2003), señala que desde los años 30, hacen vida activa en el país la Sociedad Venezolana de Ciencias Naturales, "…el Centro Excursionista Caracas, la Asociación Scouts de Venezuela y la Colección Ornitológica Phelps…", a las cuales se unieron con el pasar del tiempo "…la Sociedad Conservacionista Audubon…, la Sociedad Conservacionista de Aragua, la Sociedad Conservacionista de Sucre… la Sociedad de Ciencias Naturales La Salle y la Asociación Nacional para la Defensa de la Naturaleza".

Encabezadas por científicos prominentes, estas organizaciones también colaboraronnotablementeenelestudiodelosrecursosnaturalesdelpaísysus problemas ambientales.

La más antigua es la Sociedad Venezolana de Ciencias Naturales fundada como organización civil sin fines de lucro en 1931, "…conlafinalidaddepromoverlosidealesdelnaturalismoydesarrollarinvestigacionescientíficasen este vasto campo" (De Febres, 1983). Cumple cuatro grandes objetivos:

1. Promover las investigaciones en el campo de las ciencias naturales.
2. Coadyuvar en la formación de una conciencia ambientalista y de valoración de los recursos naturales en la sociedad venezolana.
3. Apoyarlasactividadesdepreservacióndelambienteydedefensadelpatrimonio natural y sociocultural de la Nación.
4. Divulgar el conocimiento científico en el área de las ciencias naturales (Sociedad Venezolana de Ciencias Naturales, 2022).

A partir de los esfuerzos de Henry Pittier por concienciar a la sociedad venezolana en temas tan sensibles como la destrucción de la fauna, de los bosques y sus consecuencias, el deterioro de los suelos y la disminución de las aguas, la Sociedad se aboca a luchar en la defensa del patrimonio natural venezolano. De allí que sea considerada "…como un organismo útil de consulta de las entidades públicas y privadas, especialmente en lo que concierne a la conservación de los recursos de la naturaleza y la preservación del medio ambiente" (De Febres, 1983).

En materia de investigación, la Sociedad ha patrocinado y publicado directamente estudios en diversas áreas de las ciencias naturales y, desde 1931, cuenta con su propio órgano de divulgación, Boletín, que incluye reportes de investigaciones sobre flora y ecología. Sin embargo, de toda su labor destaca, desde 1959, la Estación Biológica de los Llanos (Calabozo) la cual abarca 250 ha y, hasta principios de los años 80, había sido escenario de aproximadamente 90 estudios vinculados, particularmente, con la productividad de la sabana llanera.

En el área forestal es de recordar las siguientes publicaciones editadas por la Sociedad Venezolana de Ciencias Naturales (2022): *Clave para los árboles de los llanos de Venezuela, basada en características vegetativas*, de Robert F. Smith (1996); *Ecología de la vegetación tropical*, de Volkmar Vareschi (1996); *Conservación de recursos naturales* (1962); *En defensa de los recursos naturales renovables de Venezuela (*1974); y *El hábitat y la huella del hombre*, de Ricardo Gondelles (1978), entre otros.

Otra organización que ha contribuido con la investigación forestal en el país es la Sociedad Venezolana de Ingenieros Forestales, fundada en 1958 como asociación civil sin fines de lucro, bajo el auspicio del Colegio de Ingenieros de Venezuela (CIV). Si bien su misión no es precisamente la investigación científica en el área, funge como asesora "…del Estado en la formulación y evaluación de los planes, programas, proyectos, políticas y estrategias orientados a la conservación, defensa, mejoramiento y restauración de los recursos naturales y del ambiente en general" (Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, 2022). Adicionalmente, ha patrocinado publicaciones como: *Consideraciones sobre costos de los inventarios forestales*, de Janis Petriceks (1964); *Potencial productivo de los bosques tropicales*, de Carlos Guillén (2004), y en 1983, organizó el Seminario de Desarrollo de la Industria Forestal, en el que se discutió la situación imperante en la industria, la demanda de productos forestales en el país y el desarrollo forestal nacional.

Mención especial requiere la Fundación Instituto Forestal Latinoamericano (IFLA) el cual, si bien se crea en 1956 bajo el nombre de Instituto Forestal Latinoamericano de Investigación y Capacitación, en instalaciones de la FCF, no forma parte de su estructura sino que tiene origen mediante convenio entre la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y el gobierno nacional, como un organismo con carácter temporal que, durante el plazo de dos años, contribuiría con el aprovechamiento racional de los recursos forestales por medio de: investigación y capacitación forestal; coordinación de los estudios forestales teóricos y prácticos realizados por los centros regionales de investigación de América Latina, y promoción de la cooperación regional en el ámbito de la investigación y la práctica forestal (Mejías, 2017).

Su labor se extiende en el tiempo y, en el año 1981, se convierte en una fundación civil sin fines de lucro bajo el nombre de Fundación Instituto Latinoamericano de Investigación Forestal (IFLA). Finalmente, en 2006, se convierte en organismo adscrito al Ministerio del Poder Popular para el Ambiente, a cargo de las siguientes funciones:

- Asesorar al Ministerio del Poder Popular para el Ambiente, y a otros organismos nacionales e internacionales, sobre Política Forestal, Manejo Integral de Recursos Naturales, Diversidad Biológica, Servicios Ambientales, Sistemas Agroforestales, Valoración Económica del Ambiente, Productos no Madereros del Bosque, Manejo Integral de Cuencas, Geopolítica del Ambiente, Cambio Climático, Ordenación del Territorio y Energías Alternativas (MPPA, 2014);
- Promover la investigación sobre potencialidades para el desarrollo del sector forestal, en los diversos espacios geográficos del país, y sobre las alternativas o modalidades del manejo del patrimonio forestal nacional.
- Promover la investigación sobre las especies forestales autóctonas y sus valoraciones ecológicas, socioeconómicas y geopolíticas.
- Divulgar información científica y tecnológica en el área del manejo del recurso forestal y del manejo integral de recursos, de manera de fortalecer la orientación de la política general de información adelantada por el gobierno nacional, la cual contempla la necesidad de comunicación informativa y formativa, como elemento básico de sustentación de la política de desarrollo nacional.

Desde 1984 contó con su propio órgano divulgativo: la Revista Forestal Latinoamericana, destinada a publicar artículos, notas y ensayos sobre manejo forestal, ordenación del territorio, manejo de cuencas, ecología, restauración de ecosistema y tecnología de la madera, entre otros.

Hay que destacar el legado que dejaron las empresas “plantadoras”, privadas y públicas, que la misma actividad u objeto de establecer y manejar plantaciones las llevó a realizar importantes investigaciones en la materia como fue el caso de PROFORCA – Maderas del Orinoco, Smurfit-Venezuela, MASISA- Venezuela, DEFORSA entre otras.

VI. LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL CAPARO: CENTRO MEDULAR DE LA INVESTIGACIÓN FORESTAL VENEZOLANA

En la trayectoria de la investigación forestal en Venezuela, es fundamental hacer un enfoque particular en los estudios desarrollados en la Estación Experimental Caparo "Dr. Luis Enrique Rodríguez Poveda" (EEC), en cuyo seno y desde 1970 funciona el "Programa de Investigación Forestal con Fines de Manejo en Caparo" (Carrero, 2021).

En labor conjunta entre el Consejo de Estudios de Postgrado de la FCFA de la ULA, el MAC, CORPOANDES y el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICIT), entre 1970 y 1990, se desarrolló dentro de la Estación "…el Plan de Investigaciones Forestales con fines de manejo más completo realizado en los bosques tropicales de América Latina." (Ministerio de Planificación y Desarrollo, 2003, citado por Carrero, 2011). Desde ese momento ha albergado ensayos de progenie, de regeneración natural dirigida y de plantaciones, así como cultivos de cacao dentro de plantaciones de pardillo (Carrero et al., 2016), y ha sido escenario de innumerables prácticas de pregrado y postgrado. Área de estudios ecológicos y Reserva de Biodiversidad.

Desde 1997, forma parte de la Red Venezolana de Estaciones de Investigación Ecológica a Largo Plazo (EcoRed Venezuela), creada en el país con el apoyo del CONICIT, de la Red de Estaciones de Investigación Ecológica a Largo Plazo de Estados Unidos (US LTER), y otras instituciones científicas del país; y en 2005 el Ministerio del Ambiente aprueba para la Estación, un Plan de Acción con miras a garantizar su permanencia como"…área para la preservación de la Biodiversidad de Los Llanos Occidentales y como centro de Investigación Ecológica, Forestal y Agrícola a largo plazo", con la previsión de extender el comodato con la FCFA por un lapso de 30 a 40 años, a fin de brindar la seguridad jurídica que requiere.

De acuerdo con Carrero (2021), por la Estación Experimental de Caparo (EEC) "…han pasado además de miles de alumnos y profesores de varias

universidades venezolanas, estudiantes e investigadores de 28 países de América, Europa y África. Instituciones como las Universidades de Harvard, Yale y Cleveland (Estados Unidos); Wageningen (Holanda); Instituto de Silvicultura de Göttingen (Alemania); Centro Técnico Forestal Tropical de Francia (actual CIRAD-FỌRET) y el Zoológico Metropolitano de Cleveland, han reforzado científicamente a la EEC y le han servido como caja de resonancia".

Pero no ha sido solamente ámbito para estudios forestales, sino también de capacitación e investigación agropecuaria. En el año 1976, fue escenario del curso de Tipificación de la Vegetación impartido a los técnicos del Instituto Agrario Nacional y, en 1978, se inician en sus espacios y a cargo del Instituto de Investigaciones Agro-Pecuarias (IIAP) de la ULA, labores de investigación en materia ganadera (Carrero et al, 2016).

Todo lo anterior se ha traducido en, aproximadamente, "…335 publicaciones relacionadas con las ciencias forestales, agronómicas, biológicas, farmacéuticas y sociales." (Carrero, 2021), cuyos resultados han sido implementados por "… manejadores de bosque en países del trópico americano y por organismos como el Pacto Andino o la Organización Internacional de las Maderas Tropicales (OIMT)" (Carrero, 2016). De hecho, este autor destaca como exitosos y de gran proyección el método para la selección de sitios Eco-pedológicos; el método para la tipificación de la vegetación con fines de manejo y de ordenamiento local; los métodos de plantación, conocidos como "Método Caparo", y los ensayos de especies, metodología de ensayo asumida formalmente por la Comunidad Andina de Naciones.

Durante el último decenio, en la EEC ha estado activo el proyecto Mono Araña (*Ateles hybridus*), dedicado a la investigación sobre esta especie y su protección, en razón de su condición de cuasi endémica.

VII. PERSPECTIVAS FUTURAS

La investigación forestal en Venezuela enfrenta nuevos desafíos y oportunidades en el siglo XXI. La creciente conciencia sobre la importancia de la conservación de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos brinda un marco propicio para el desarrollo de investigaciones innovadoras. Algunas áreas de investigación prioritarias incluyen:

- *Restauración de ecosistemas degradados*: Desarrollo de técnicas y tecnologías para restaurar los bosques degradados y recuperar la biodiversidad.
- *Adaptación de los bosques al cambio climático*: Evaluación de la vulnerabilidad de los bosques al cambio climático y desarrollo de estrategias para su adaptación.
- *Manejo sostenible de los bosques*: Promoción de prácticas de manejo forestal que combinan la conservación de la biodiversidad con el aprovechamiento sostenible de los recursos forestales.
- *Fortalecimiento de la gobernanza forestal*: Implementación de mecanismos de participación ciudadana y de gobernanza multinivel para garantizar la sostenibilidad de los bosques.

Es decir que la investigación forestal en Venezuela ha recorrido un largo camino desde sus inicios. A pesar de los desafíos, el país cuenta con una sólida base de conocimiento y un potencial significativo para seguir contribuyendo al avance de la ciencia forestal a nivel global.

VIII. PROSPECTIVA

Como se observó en el análisis anterior, existe un abanico de instituciones e investigaciones en materia forestal, que han generado un conocimiento técnico y científico extraordinario, bajo un enfoque de una investigación clásica para abordar el manejo forestal en Venezuela; sin embargo, actualmente, la dinámica de los procesos sociales, económicos y políticos del país requiere de

nuevas metodologías que respondan a procesos de investigación aplicada sobre la base de las necesidades actuales y potenciales de la propia actividad forestal, orientadas a garantizar el uso múltiple y sustentable, con una visión ecosistémica del recurso forestal, y que se acoplen con las nuevas orientaciones derivadas de la lucha contra el Cambio Climático y el Calentamiento Global, bajo la noción de las Soluciones Basadas en la Naturaleza (SBN).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Birriola, L. (2019). Decreto de Chuquisaca cumple 195 años. INPARQUES. http://www.inparques.gob.ve/cms/main/verCalendarioV/675

Carrero, O. (1983). Mapa de Vegetación Actual de Venezuela. En GONDELLES, Ricardo (Comp.), La defensa del hábitat. El libro venezolano del ambiente. Un compendio ilustrado. (pp, 301-302). Ediciones de la Presidencia de la República. Caracas, Venezuela.

Carrero, O. (2011). Prólogo. Bosques de Venezuela un Homenaje a Jean Pierre Veillon. Biollania, Edición Especial Nº 10.

Carrero, O. (2021). Minuta de medio siglo. Memorias en conmemoración de 51er aniversario del "Programa de Investigación Forestal con fines de Manejo en Caparo". Mérida, Venezuela.

Carrero, O., Vincent, L. y Bustamante, C. (2016). Memorias de la Estación Experimental Caparo. Estado Barinas VI (1961-1992). Mérida, Venezuela.

De Febres, Z. (1983). La Sociedad Venezolana de Ciencias Naturales (SVCN). En Gondelles, Ricardo (Comp.), La defensa del hábitat. El libro venezolano del ambiente. Un compendio ilustrado. Tomo II. (pp, 409-411) Ediciones de la Presidencia de la República. Caracas, Venezuela. 493 pp.

FAO. (2021). Ordenación Forestal Sustentable y Conservación de Bosques en la Perspectiva Ecosocial. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura Boletín Informativo, N° 1. Caracas: Ministerio del Poder Popular para el Ecosocialismo. https://openknowledge.fao.org/items/84ecd334-9019-4118-a24c-1280967354df.

Febres P., C. (1979). Presentación a Decretos conservacionistas del Libertador. República de Venezuela. Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables, Caracas. p. 5.

Gondelles, R. (1983a). La defensa del hábitat. El libro venezolano del ambiente, Un compendio ilustrado. Tomo II. Ediciones de la Presidencia de la República. Caracas, Venezuela. 493 pp.

Gondelles, R. (1983b). Alcances del proyecto "Sistemas Ambientales Venezolanos" (VEN/79/001). En Gondelles, Ricardo (Comp.), La defensa del hábitat. El libro venezolano del ambiente. Un compendio ilustrado. Tomo II. (pp 458-460) Ediciones de la Presidencia de la República. Caracas, Venezuela.493 pp.

Gondelles, R. (1983c). Estudios realizados por organismos regionales de planificación. En GONDELLES, Ricardo (Comp.), La defensa del hábitat. El libro venezolano del ambiente. Un compendio ilustrado, Tomo II. (pp 285-287). Ediciones de la Presidencia de la República. Caracas, Venezuela. 493 pp.

Guevara G, José R. (1994). Inventario florístico del área de inundación de la tercera etapa de la Presa "Raúl Leoni" Guri Edo. Bolívar. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Los Andes.

Hernández, L. (2014). Forestal. Venezuela. https://es.slideshare.net/slideshow/forestal-venezuela/35366097

IVIC. (2022a). Centro de Ecología. Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas. https://www.ivic.gob.ve/investigacion-3/centros-31/ecologia-316.

IVIC. (2022b). Centro de Estudios Botánicos y Agroforestales. https://www.ivic.gob.ve/investigacion-3/centros-31/estudios-botanicos-y-agroforestales-ceba-zulia.

León, J. (2006). Legislación venezolana vigente en materia forestal. Comentarios. Colección Textos Universitarios. Publicaciones del Vicerrectorado Académico, Universidad de Los Andes.http://www.serbi.ula.ve/serbiula/librose/pva/Libros%20de%20PVA%20para%20libro%20digital/legislacionforestal.pdf

Mapa de la Vegetación Actual de Venezuela. (1982). Proyecto VEN/001. Sistemas Ambientales Venezolanos. Caracas, Venezuela.

Pericchi, S. (1983). Bosques y Productos Forestales. En Gondelles, Ricardo (Comp.), La defensa del hábitat. El libro venezolano del ambiente. Un compendio ilustrado, Tomo II. (pp 298-300) Ediciones de la Presidencia de la República. Caracas, Venezuela. 493 pp.

PNUMA, MPPPA, IFLA. (2010). Geo Venezuela. Perspectivas del Medio Ambiente en Venezuela. PNUMA-MPPPA-IFLA. Caracas, Venezuela. 226 p. https://es.slideshare.net/slideshow/geo-venezuela/27623795#247

Ríos, Isabel de los. (1994). Breve reseña de la legislación ambiental venezolana. Caracas: Ediciones de la Asamblea Nacional. 370 p.

Rodríguez P, L. (2012). Discurso conmemorativo a los 50 años de la creación del "Instituto de Silvicultura" hoy INDEFOR, "Instituto de Investigaciones para el Desarrollo Forestal" de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela.

REVISTA ECODISEÑO & SOSTENIBILIDAD (RES)
DOI: https://doi.org/10.53766/ECOSOS/ - ISSN-1856-9552
Sede Institucional: Laboratorio de Sostenibilidad y Ecodiseño ULA-UPV, Laboratorio Nacional de Productos Forestales.
Galpón Principal. Tercer Piso. Avenida Principal hacia Chorros de Milla. Conjunto Forestal. Mérida 5101, Venezuela.
Teléfonos: +58-4121269540 / +58-4247370411. E-mail: revecodisostenibilidad@gmail.com revecodiseno@ula.ve
WEB: http://erevistas.saber.ula.ve/ecodiseno

SaberULA. (2022a). Laboratorio Nacional de Productos Forestales. http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:t3ZI1dyZOb4J:www.saber.ula.ve/handle/123456789/1278+&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=ve&client=firefox-b-d

SaberULA. (2022b). Reseña Histórica. INDEFOR. http://www.ula.ve/ciencias-forestales-ambientales/indefor/historia/

SaberULA. (2022d). Laboratorio de Suelos. http://www.ula.ve/ciencias-forestales-ambientales/indefor/laboratorio-de-suelos/

SaberULA. (2022e). GenSil. INDEFOR. http://www.ula.ve/ciencias-forestales-ambientales/indefor/gensil/

SaberULA. (2022h). Revista Forestal Venezolana. http://www.saber.ula.ve/revistaforestal/

SaberULA. (2022c). Laboratorio de Semillas Forestales. http://www.ula.ve/ciencias-forestales-ambientales/indefor/laboratorio-de-semillas/

SaberUla. (2022f). BIODESUS. INDEFOR. http://www.ula.ve/ciencias-forestales-ambientales/indefor/biodesus/

SaberULA. (2022g). GIMEFOR. INDEFOR. http://www.ula.ve/ciencias-forestales-ambientales/indefor/gimefor/

SHUBERT, C. (1983). El Centro de Ecología del Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas. En GONDELLES, Ricardo (Comp.), La defensa del hábitat. El libro venezolano del ambiente. Un compendio ilustrado. Tomo II. (pp 275-277). Ediciones de la Presidencia de la República. Caracas, Venezuela.

SISCO, C. (2003). El lado verde de CAP: nacimiento de la política ambiental en Venezuela. Politeia, 31, 165-181.

Sociedad Venezolana de Ciencias Naturales [SVCN]. (2022). https://www.facebook.com/SOCIEDAD-VENEZOLANA-DE-CIENCIAS-NATURALES-224194727653425/about/?ref=page_internal

Texera, Y. (2014). Especialistas del Exterior en el Ministerio de Agricultura y Cría de Venezuela. 1936-1958. Caracas, Venezuela.

ULA. (2020). Reseña Histórica. Escuela de Ingeniería Forestal. http://www.ula.ve/ciencias-forestales-ambientales/ingenieriaforestal/escuela/resena-historica/#:~:text=La%20Escuela%20de%20Ingenier%C3%ADa%20Forestal,a%20cinco%20(5)%20a%C3%B1os.

UNEG. (2022).Ingeniería en Industrias Forestales. https://uneg.ddns.net/pregrado/carrera/forestal

Veillon, J.P. (1985). El crecimiento de algunos bosques naturales de Venezuela en relación con los parámetros del medio ambiente. Revista Forestal Venezolana, 29.

ECODISEÑO & SOSTENIBILIDAD

RES: ULA-UPV

N°17: 2024

DOI: https://doi.org/10.53766/ECOSOS

NOTA TÉCNICA 003
RES 17: 2024

EXPERIENCIA TÉCNICA EN "EL PARAÍSO DEL BAMBÚ Y LA GUADUA", EMPRESA BAMBÚ TURISMO VERDE ESMERALDA SAS. MONTENEGRO, QUINDÍO, COLOMBIA

Amarilis Burgos Franco

ECODISEÑO & SOSTENIBILIDAD
RES: ULA-UPV
N°17: 2024

Nota Técnica RES 003

EXPERIENCIA TÉCNICA EN "EL PARAÍSO DEL BAMBÚ Y LA GUADUA", EMPRESA BAMBÚ TURISMO VERDE ESMERALDA SAS. MONTENEGRO, QUINDÍO, COLOMBIA

Technical experience in "The Paradise of Bamboo and Guadua", the company Bambú Turismo Verde Esmeralda SAS. Montenegro, Quindío, Colombia

AMARILIS BURGOS FRANCO

Ingeniero Forestal. Magister en Tecnología de Productos Forestales. Profesora de la Escuela Técnica Superior Forestal, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela. ORCID 0009-0002-2131-9400. E-mail: amarilis.guadua@gmail.com

Recibido: 17/04/2024 **Aceptado:** 21/10/2024

Resumen

Esta experiencia técnica se realizó en la empresa *Bambú Turismo Verde Esmeralda SAS* ubicada en Colombia, departamento del Quindío, municipio Montenegro, vereda La Esmeralda, *Finca El Bambusal*, que cuenta con una vasta experiencia en cultivo y aprovechamiento de bambúes nativos y exóticos. El bambú es una de las materias primas de origen vegetal más útiles y versátil que existen en el mundo. En Asía y en muchos otros países, juegan un papel muy importante en la vida y en la economía de las poblaciones rurales, ya que tiene infinidad de usos por lo que es llamada la planta de los mil usos. Sus aplicaciones pueden ser desde alimento humano, como comestible, hasta su uso en la construcción de casas, edificios o puentes. La empresa *Bambú Turismo Verde Esmeralda* tiene un emprendimiento agroturístico educativo alrededor del bambú denominado "**El Paraíso del Bambú y la Guadua**". Los turistas que lo visitan son guiados a través de 15 estaciones, donde se les enseña sobre los procesos sociales, beneficios eco-sistémicos de guadua/bambú. La empresa tiene un vivero para la producción de plantas de diferentes especies de bambúes. Acá se capacita a pasantes sobre los diversos métodos de reproducción y propagación, cuidados y requerimientos de cada especie. También la empresa produce brotes de bambúes, y se pueden consumir frescos, cocidos, en dulces, encurtidos, entre otros. Entre los diversos procesos de aprovechamiento del bambú se observó cosecha y postcosecha, producción de esterillas, elaboración de tableros con latas de bambú, preservado y secado del bambú**.**

Palabras clave: Bambusoideae, agroturismo educativo, brotes, reproducción, propagación.

Summary

This technical experience was carried out at the company *Bambú Turismo Verde Esmeralda SAS* located in Colombia, department of Quindío, municipality of Montenegro, village of "La Esmeralda, Finca El Bambusal", which has vast experience in the cultivation and use of native and exotic bamboos. Bamboo is one of the most useful and versatile raw materials of plant origin that exist in the world. In Asia and in many other countries, it plays a very important role in the life and economy of rural populations, since it has countless uses, which is why it is called the plant of a thousand uses. Its applications can range from human food, as an edible, to its use in the construction of houses, buildings or bridges. The company *Bambú Turismo Verde Esmeralda* has an educational agritourist enterprise around bamboo called "**The Paradise of Bamboo and Guadua**". Tourists who visit are guided through 15 stations, where they are taught about the social processes and eco-systemic benefits of guadua/bamboo. The company has a nursery for the production of plants of different species of bamboo. Here, interns are trained on the various methods of reproduction and propagation, care and requirements of each species. The company also produces bamboo shoots, which can be consumed fresh, cooked, in sweets, pickled, among others. Among the various processes of bamboo use, we observed harvesting and post-harvest, production of mats, making boards with bamboo cans, preserving and drying Bamboo.

Keywords: Bambusoideae, educational agrotourism, sprouts, reproduction, propagation.

1. INTRODUCCIÓN

La empresa *Bambú Turismo Verde Esmeralda SAS* está ubicada en región centro occidental de Colombia, específicamente en el departamento del Quindío, municipio Montenegro, corregimiento Pueblo Tapao, vereda La Esmeralda, *Finca El* Bambusal; cuenta con una vasta experiencia en cultivo y aprovechamiento de bambúes nativos y exóticos. Esa experiencia de más de 20 años garantizó cumplir con los objetivos planteados en este trabajo de investigación durante seis meses en esta empresa:

- Adiestramiento en propagación, cultivo y aprovechamiento industrial del bambú.
- Enriquecer el proceso de investigación formativa a través de la teoría con la práctica.
- Intervenir en procesos sociales, productivos o aportando conocimientos adquiridos durante mi formación académica.

Por su parte los bambúes leñosos son gramíneas gigantes que tienen una amplia distribución en el mundo; poseen características morfológicas, anatómicas y genéticas muy particulares, que los diferencian del resto de gramíneas (Judziewicz et al.,1999).

El tamaño y las propiedades físico-mecánicas hacen del bambú un material muy versátil, siendo posible usarlo desde artículos artesanales, textiles, pulpa para papel, hasta productos industriales y para la construcción, entre otros.

Los bambúes leñosos abundan en América, y existen aproximadamente 550 especies en 46 géneros, que se distribuyen desde el sur de los Estados Unidos hasta el sur de Chile e Islas del Caribe y desde el nivel del mar hasta los 4 100 metros de altitud (Clark et al., 2020).

La empresa *Bambú Turismo Verde Esmeralda SAS* tiene un emprendimiento denominado "El Paraíso del Bambú y la Guadua", en el cual se ha realizado el presente trabajo de investigación. Este emprendimiento es un agroturismo alrededor del bambú y la guadua; es una experiencia agroecológica en el corazón del eje cafetero que se abrió al público el 21 de mayo de 2014, aunque la colección de bambúes se inició en el año 1988.

2. DESARROLLO Y RESULTADOS DEL TRABAJO

2.1 Estaciones Educativas en *El Paraíso del Bambú y la Guadua*

Los turistas que visitan El Paraíso del Bambú y la Guadua son guiados a través de 15 estaciones, en cada una se les explica y capacita sobre las bondades del bambú, características, usos, entre otros (Figuras 1 y 2). Dichas estaciones han sido diseñadas por la Ing. Agrónoma Ximena Londoño, propietaria de este destino agroturístico educativo; el mensaje y lo que se explica en cada una de ellas se expone a continuación:

Estación 1: Caseta Simón Vélez

Se explica cómo nace la idea de abrir al público esta iniciativa privada a partir del diseño y construcción de la caseta por el arquitecto Simón Vélez; los diversos elementos naturales de esta eco-construcción o bioconstrucción a partir de guadua, madera de *Cedrela odorata*, macana, raíces de soporte del rizoma de guadua como manigueta, paneles de esterillas y rejas de hierro fundido de más de 120 años de antigüedad. Un buen diseño, la buena calidad de mano de obra y el buen mantenimiento de la edificación, conllevan a construcciones bonitas y durables en el tiempo. La guadua se puede utilizar como elemento estructural en las construcciones por la calidad de su madera y por sus propiedades físico-mecánicas. El concepto con los bambúes de poder "Cultivar su propia casa", es expresado en el libro de Simón Vélez "Grow your own house" (2013), en el que dice que los bambúes crecen tan rápido que se pueden sembrar, y en 10 a 12 años o quizás más, dependiendo del sitio, se puede tener culmos de buen diámetro y con edad de 5 años, ideales para cosechar y construir su propia casa, hacer muebles, decoraciones, artesanías, entre otros.

Estación 2: El Bambusetum o Colección de Bambúes

En esta estación se explica: qué es un bambú, gramínea gigante, que en vez de tener tallos herbáceos como los pastos tiene culmos leñosos; los bambúes pertenecen a la familia Poaceae, la misma de la caña de azúcar, del arroz, del trigo, del maíz. Forman la subfamilia Bambusoideae; bambú es una palabra de origen malayo que abarca todas las especies del mundo, mientras que guadua es un grupo de bambúes netamente americanos, que se distribuyen desde México hasta Uruguay (Judziewicz et al., 1999).

Los bambúes no son árboles, son pastos gigantes, son un recurso agro-forestal (Zhaohua y Wei, 2021). La empresa tiene la mayor colección de bambúes en Colombia, contando con 80 especies, tanto de bambúes nativos como exóticos. Aquí solamente pueden tener aquellos que crecen en la zona tropical y por debajo de los 2 000 m s.n.m., ya que la finca está ubicada en el cinturón tropical, a 1 250 m s.n.m.

Los bambúes son plantas con una amplia distribución geográfica, desde el nivel del mar hasta los 4 100 m s.n.m., latitudinalmente van desde los 47 grados de latitud sur hasta los 51 grados de latitud norte; prefieren ecosistemas húmedos y no crecen en desierto como si lo hacen los cactus (Judziewicz et al., 1999).

Los bambúes presentan muchas variaciones en color, tamaño del culmo, longitud de los entrenudos, tamaño de las hojas, entre otros. Se muestran al visitante algunas diferencias. Sumado a ello, los bambúes se caracterizan por su sostenibilidad, ya que se autorreproducen y porque son las plantas lignificadas que crecen a mayor velocidad en el planeta tierra (Zhaohua y Wei, 2021).

Por su parte, Ximena Londoño es especialista en taxonomía de los bambúes del Neotrópico, la ciencia que estudia, describe e identifica las plantas. *Otatea colombiana,* es un ejemplo de su trabajo de investigación, la que encontró en el Norte de Santander y era un género que se reportaba por primera vez para Colombia y para Suramérica. Después de 21 años de recolectada floreció en la colección y se pudo saber que era una especie nueva para Colombia (Ruiz-Sánchez y Londoño, 2017). Colombia tiene aproximadamente 115 especies de Bambusoideae y es el segundo país más diverso de América (Londoño, 2011).

Dentro de la subfamilia Bambusoideae se definen 3 grupos evolutivos: bambúes herbáceos que son de porte pequeño y culmos herbáceos y forman la tribu Olyreae; bambúes leñosos septentrionales o de países de estaciones que conforman la tribu Arundinarieae, con los rizomas **leptomorfos** en donde los entrenudos son más largos que anchos; y bambúes leñosos tropicales o de países tropicales tanto de Asia, África y América que conforman la tribu Bambuseae con rizomas **paquimorfos**, en donde los entrenudos son más anchos que largos (Judziewicz et al.,1999; Clark et al., 2015).

Dentro de los bambúes tropicales están los **paleotropicales** con cuellos de rizoma corto que conforman rodales densos impenetrables como los que se ven en la colección (*Bambusa chunguii, Dendrocalamus asper, Gigantochloa atter, Gigantochloa atroviolaceae*, entre otros); y los **neotropicales** como la guadua, con cuello de rizoma alongado que permite entrar al cultivo y caminar por él.

Otras especies de la colección son *Dendrocalamus brandisii,* bambú de la India, que sirve como alimento, ya que sus brotes se comen, sobre todo en los países asiáticos; *Bambusa chunguii,* bambú del sur de China, el cual sirve para la industria del papel, para tejidos, además de ser muy ornamental; *Gigantochloa atroviolacea,* bambú de Indonesia, que tiene la característica de nacer de color verde, pero tornarse oscuro, casi negro, por eso se le dice bambú negro. Su color no cambia con la edad y se usa en muebles, artesanía y decoraciones.

En la colección existe una gran cantidad de especies del género *Guadua,* el cual se caracteriza visualmente por tener ramas con espinas, bandas blancas en la región del nudo y hoja caulinar triangular. Algunas de ellas son *Guadua uncinata*, especie descrita para Colombia por Londoño y Clark (2002), la cual crece en Putumayo y Caquetá, en ecosistemas pantanosos. Es trepadora y por eso tiene las espinas curvas como las uñas de los gatos. Esta especie presenta tipo de floración esporádica, y se observó en floración durante 10 años (1987 – 1997) (Londoño y Clark, 2002). La *Guadua angustifolia var*. San Calixto, es de Norte de Santander, presenta culmos grueso y torcidos; la *Guadua incana* Londoño es una especie endémica de Colombia y se caracteriza por tener los culmos jóvenes cubiertos por pelos de color blancuzco. Su nombre se debe a que la superficie abaxial caulinar es evidentemente blancuzca cuando joven (Londoño y Zurita, 2008).

Los bambúes presentan tres tipos de floración: gregaria, esporádica y continua (Judziewicz et al., 1999). **Floración gregaria** se caracteriza porque todos los individuos de una especie florecen y mueren según su ciclo biológico, el cual puede fluctuar entre 5 y 120 años. Se pudo observar floración gregaria en tres especies de la colección de Bambusoideae en la "Finca El Bambusal": *Bambusa longispiculata, Bambusa polymorpha* y *Chusquea liebmanii*. **Floración esporádica,** se caracteriza porque algunos individuos de una misma especie pueden florecer y nunca se mueren. Este tipo de floración es muy importante para procesos agroindustriales y la presenta la *Guadua angustifolia*. **Floración continua,** se caracteriza por que la especie puede florecer los 365 días del año y nunca morir. Este tipo de floración lo presenta *Guadua superba*.

En el año 2013 la Ing. Londoño decide ampliar la colección de bambúes que inició en 1988, para lo cual tumba un lote de café y otro de flores tropicales y follaje para establecer diversas especies de guaduas y bambúes.

Estación 3: Centro de Visitantes

En la *Finca El Bambusal* se encuentra una casa construida en bahareque hace unos 110 años, la cual se destinó como el centro de visitantes de *El Paraíso del Bambú y la Guadua*. El sistema de bahareque utiliza la guadua como elemento estructural, y está revestido por esterilla y empañetado con boñiga, tierra amarilla y paja.

El Hostal El Taxón, se construyó en diciembre de 2016 y se hizo aprovechando una infraestructura que había para guardar compost, bambúes y herramientas. Tiene capacidad para 15 personas, está ligado a los programas de capacitación que se dictan los fines de semana y se alquila a través de la plataforma Airbnb.

Se reconoce que al bambú se le conoce como la planta de los 1 000 usos, y en la casa de visitantes existe un mueble con puertas de vidrio, en donde el visitante puede visualizar diversos usos del bambú como son: cerveza, gaseosa, jugos, carbón, medicinas, textiles, pisos, aglomerados, laminados, crema de dientes, jabón, papel, pulpa para papel, papel higiénico, muebles, artesanía, palillos para comer, peinetas, abanicos, porta vasos, carteras, vajillas, instrumentos musicales, entre otros.

En la casa de visitantes también está ubicado el auditorio, el cual se utiliza para dictar la parte teórica de las capacitaciones; este auditorio es el resultado de la adecuación del cuartel de los trabajadores de la finca El Bambusal y tiene capacidad para 30 a 40 personas. El cielorraso de la casa de visitantes está cubierto con paneles de esterilla de guadua, fabricados por Marcelo Villegas, en la fábrica *Ecotableros de Colombia S.A*, en Chinchiná, Caldas.

Estación 4: El túnel del amor y la naturaleza.

Se construyó a raíz de la visita que hizo la Ing. Londoño a Japón en el año 2008, en donde conoció el sendero de Arachiyama ubicado en Kyoto, Japón, lugar que

visitan los jóvenes japoneses para jurar promesas de amor. La intención era unir la casa de visitantes con el pantano y proporcionar un corredor sombreado y estético (Londoño, comunicación personal).

En el año 2009, la Ing. Londoño trae de Tailandia ocho semillas sexuales de *Thrysostachys siamensis,* las cuales logra reproducir con éxito. Estas primeras ocho plántulas de este bambú tailandés se siembran en el año 2010, y en un periodo de 10 años se logra construir un sendero agradable por donde circular. *T. siamensis* que es un bambú que expide un olor característico, el cual exhala a partir de moléculas volátiles. No es un olor tangible como el de la mayoría de las flores y hojas, es un fenómeno fisiológico.

Estación 5: Las escaleras de Sophy

En el año 2001, Sophy Pava, la madre de la Ing. Londoño, le da a cada hijo 16,8 ha de herencia en tierra. A la Ing. Londoño le entrega un área en pantanos de aproximadamente tres cuadras. Ella se propone producir agua transformando estos pantanos y usando los bambúes como elementos bio-remediadores. En un proceso de 16 años logra producir 3,7 litros de agua por segundo a través de la quebrada Ticor. El pantano durante estos años se transforma, de ser un pastizal, en un lugar hermoso, lleno de bambúes y de agua. En honor a su madre, la Ing. Londoño les coloca a las escaleras el nombre de “Escaleras de Sophy”.

Estación 6: El nacimiento o quebrada Ticor

En este sitio se ofrece al visitante un encuentro único con la naturaleza a través de la recuperación de un humedal utilizando bambú como elemento restaurador. Se le explica al visitante la historia del humedal, el deseo de recuperar este espacio baldío, la metodología empleada para su recuperación, en donde se hizo una zanja central y se fueron orientando los nacimientos de agua o afloramiento hacia ese eje central.

El visitante podrá ver como después de 21 años de manejo, hay un pequeño riachuelo, que lleva el nombre de “Quebrada Ticor” en honor a Héctor Londoño

Convers, el padre de la Ing. Londoño. El manejo integrado de este sitio y sus alrededores permite "sembrar agua" y llegar a producir en 21 años 5 litros de agua/s.

En este lugar se les explica a los visitantes la importancia del agua, la relación de los bambúes con este vital líquido, se les indica el nombre científico, el origen y el uso del bambú allí sembrado, *G. atroviolacea*; y de manera vivencial, el visitante puede ver cómo nace una quebrada, como sus aguas contribuyen a enriquecer el sistema hídrico del país, y visualizar como este pequeño riachuelo, que nace en la *Finca El Bambusal* desembocar en el mar Caribe. Se les enfatiza la importancia de que si actuamos localmente influimos regional, nacional y globalmente.

Estación 7: El Corazón del pantano

En este espacio se le muestra al visitante la ecología de un humedal, se le explica el tipo de vegetación y fauna que crece asociada a un pantano, se les indica los pasos que se deben seguir para la creación de un espejo de agua, los inconvenientes presentados con vecinos ambientalmente inconscientes, la manera de solucionar el conflicto con el vecino a partir de plantar *Guadua uncinata*. Esta especie se caracteriza porque se adapta a condiciones de humedad excesiva. Aquí se enfatiza en que el pantano juega un papel como santuario de flora y fauna, en donde se preservan especies de la cuenca del río La Vieja en peligro de extinción. Alguna de la vegetación y fauna asociada al pantano son bore, banano silvestre, tortuga *Chelydra acutirostris*, garzas, cangrejos, guatines, entre otros. Este pantano ha servido como santuario de flora y fauna y para conservar especies en vía de extinción como *Sanchenzia sp*. (Londoño, comunicación personal).

Estación 8: Nuestra amiga la guadua

Acá se les explica quién es *Guadua angustifolia* Kunth: características morfológicas y bondades estructurales tales como tipo de rizoma, tamaño del culmo, hojas caulinares, espinas, entre otras. Los diferentes estados de desarrollo de la especie y la vegetación asociada a los guaduales; se señala el segundo corredor de

conectividad el cual está a cargo de *Guadua angustifolia var. bicolor.* Se les indica a los visitantes cómo controlar el avance de los guaduales estableciendo plantas de Dracaenas para demarcar la frontera entre el guadual y el cultivo agrícola (Londoño, 2016).

Estación 9: El segundo pantano o el tercer corredor de vida

Se inició la recuperación de este corredor de conectividad en el año 2004, gracias a la aprobación por parte de la propietaria del predio vecino para realizar el trabajo de conectividad. Con su autorización se realizaron las siguientes labores: **a)** Canalizar las aguas de la quebrada Tres Palitos que consistía en un cause sin orden; **b)** Cortar el pasto India que cubría este terreno; **c)** Iniciar un proceso de drenaje al terreno ubicado a la orilla de la quebrada para poder sembrar las plántulas de guadua y bambú. Una vez se logra secar el suelo se traza y se siembran los chusquines de guadua. Para la siembra se utiliza una distancia de 3 metros del borde de la quebrada Tres palitos y 5 metros entre plántulas; se planifica el sendero y se plantan bambúes exóticos procedentes de la colección en otra fila paralela a la de la guadua, pero a una distancia mayor a 10 metros de la orilla de la quebrada.

Después de seis años se logra la conectividad entre los dos guaduales nativos, uno ubicado en la *Finca El Bambusal* y el otro ubicado en la *Finca El Jardín de Amparo Molina de Escobar*. Con esta conectividad se protege la fauna nativa rica en guatines, armadillos, perros de monte, osos perezosos, yaguarundíes, aves, y también se protege la flora nativa (Londoño, 2016). Al final del pantano dos, se puede evidenciar el antes y el después, y se realiza con los visitantes un análisis comparativo entre los beneficios ambientales, económicos, sociales y culturales logrados durante este proceso de conexión y transformación de los pantanos.

Estación 10: el barrigómetro

En el año 2015 invitan a la Ing. Londoño al X Congreso Mundial del Bambú, en Corea del Sur como conferencista. Es allí donde conoce una estructura igual a *barrigómetro* y se inspira en ella para desarrollar una versión en *El Paraíso del*

Bambú y la Guadua. La idea con este barrigómetro es que los visitantes calibren el diámetro de sus barrigas, y haya un momento lúdico y divertido durante el proceso de capacitación (Londoño, comunicación personal).

Estación 11: El Túnel del Coclí

En el año 2014, cuando se abrió al público por primera vez *El Paraíso del Bambú y la Guadua*, el recorrido no era concebido como un circuito. Escuchando las opiniones de los primeros visitantes se plantea la construcción del circuito y se diseña y construye el Túnel del Coclí. Este es un sendero que conecta el segundo pantano con el primero, pero pasando por la parte alta del terreno en donde se encuentra la raíz del cedro (*Cedrela odorata*). Este semi-túnel tiene aproximadamente 1 000 metros de longitud y el visitante va protegido del sol, bajo la sombra del bambú. Las especies aquí sembradas son de porte mediano y el objetivo es ofrecérselas a los visitantes que quieran establecer cercas vivas en sus predios.

Estación 12: El Mirador del Cedro

Esta estación se construyó a finales de 2017 y comienzos de 2018. Consiste en una estructura hecha en guadua y esterilla que protege la raíz del cedro que murió a causa de la descarga eléctrica de un rayo en el año 2003. El árbol se aserró en piezas grandes en el año 2004, se le estimó una edad de 180 años, y produjo 12 000 pulgadas de madera (Londoño, comunicación personal).

Esta base del cedro, además de ser una obra de arte, es un fósil viviente. Este árbol simboliza la riqueza forestal que se tenía en estos territorios antes de que llegaran los colonizadores, y el efecto de la deforestación realizada por parte de generaciones pasadas y presentes. El mensaje, según Londoño, es que tenemos que sembrar árboles para salvar el planeta, así nunca los vayamos a ver de este tamaño.

Estación 13: Venta de artesanía y productos orgánicos

En la *Casa de Visitantes* se exhiben artesanías hechas en guadua y otros bambúes por artesanos de la región. Se ofrecen productos orgánicos producidos en la *Finca El Bambusal* como café orgánico "Verde Esmeralda", brotes y dulces de bambú marca "Bambulitos", entre otros. Estos productos se les ofrecen y muestran a los visitantes durante el refrigerio.

Estación 14: Vivero especializado en bambúes

La Finca El Bambusal tiene el vivero "El Bambusal" especializado en la producción de plántulas de bambúes nativos y exóticos. Aquí se utilizan diversos tipos de propagación de bambú, se experimentan diversos sustratos y se reproducen *Guadua angustifolia* y otras especies de la colección. Según Londoño, el objetivo es brindarle al visitante la oportunidad de comprar chusquines de guadua y plántulas de otros bambúes, promoviendo de esta manera la conservación de cuencas hídricas y de la biodiversidad en los territorios que ocupan las personas que visitan *El Paraíso del Bambú y la Guadua*.

En el vivero existen diversas especies y tamaños de plantas para la venta. La Ing. Londoño asesora a los visitantes que quieren comprar plántulas según las condiciones climáticas del lugar donde van a plantar y el uso que le van a dar a lo plantado.

Estación 15: Bambuterapia

Esta es la última estación en *El Paraíso del Bambú y la Guadua*. Consiste en entrar en una etapa de relajación en medio de dos especies de bambúes que simbolizan el Yin y el Yan. (*Schyzostachyum brachycladum*, color amarillo y *Gingantochloa atroviolacea*, color negro).

Las personas se acuestan en esteras elaboradas en bambú y se les permite realizar yoga, meditación, dormir o simplemente cerrar los ojos durante unos 15 minutos. Este espacio es también para realizar la retroalimentación cuando se tienen grupos de universidades, colegios o grupos grandes.





FIGURA 1. Imágenes de las 15 estaciones educativas ubicadas en *El Paraíso del Bambú y la Guadua*, propiedad de la Dra. Ing. Ximena Londoño.



FIGURA 2. Imágenes de las 15 estaciones educativas ubicadas en *El Paraíso del Bambú y la Guadua.* Se aprecia a la autora del presente trabajo pasando a través del barrigometro y por el corredor.

2.2 Propagación de los bambúes en vivero

La empresa cuenta con un vivero constituido de tres módulos cubiertos con polisombra negra; dos de los módulos tienen camas levantadas para colocar chusquines en bolsas o plantas procedentes de semillas que caen al suelo, germinan, se extraen y se llevan a bolsa. El otro módulo se utiliza, actualmente,

para reproducción por segmentos de tallos con rizomas y algunos chusquines nuevos procedentes del deshije de otros chusquines.

Cada módulo con polisombra del vivero es de 6 m de ancho por 16 m de largo y 3 m de alto, aproximadamente y está dividido a lo largo en cinco franjas, tres con tierra para colocar las camas de estructuras metálicas que soportan las bolsas con las plantas o chusquines y dos franjas con cemento, una a cada lado de la franja central para que se movilicen los viverístas.

2.2.1 Los métodos de reproducción y propagación empleados en la empresa son:

Reproducción sexual. Es aquel que se logra por la germinación de la semilla. En la empresa, el "Túnel del Amor y la Naturaleza" se inicia con 8 semillas de *Thyrsostachys siamensis*, que le regalaron en un Congreso Mundial del Bambú en Tailandia a la Ing. Londoño. Luego las plantas fueron multiplicadas y reproducidas por segmentos de rizoma y tallo para crear el túnel que existe actualmente.

Otro bambú que se ha producido por semilla es *Bambusa longispiculata.* Esta especie presenta cada 50 años floración gregaria, es decir, que después de florecer se muere toda la macolla. Este fenómeno sucede, al mismo tiempo, en todas las plantas de *B. longispiculata* que haya en el mundo. En la empresa esta especie se ha reproducido llevando a bolsas las semillas que caen al piso y germinan.

Es importante señalar que las plantas producidas por semilla tienen un crecimiento un poco más lento.

Propagación asexual. Es el proceso mediante el cual se utilizan partes vegetativas de la planta para originar y desarrollar nuevas plantas. Los métodos más usados son la siembra de rizomas, secciones de tallo con rizomas, segmentos de culmos y el método del chusquín.

El método más utilizado en la empresa es el del chusquín. Las plántulas se propagan según los pedidos, y siempre hay disponibilidad en el vivero para

poderle vender a los turistas que visitan *El Paraíso del Bambú y la Guadua*, previo asesoramiento realizado por la Ing. Londoño.

La producción por chusquines se hace generalmente para *Guadua angustifolia*. Este bambú, nativo de América, presenta floración esporádica, es decir, que solo algunos individuos del guadual florecen en periodos irregulares que generalmente coinciden con las épocas de sequía. Las semillas de guadua tienen un periodo de viabilidad o capacidad de germinación muy corto pero alto porcentaje de germinación (Londoño y Peterson, 1992).

Los chusquines son manejados en el vivero, en bolsas de 20 x 20 cm, sobre las camas de propagación, en condiciones controladas para obtener máxima reproducción. En las figuras 2 y 3 se muestran imágenes correspondientes a las diferentes etapas del trabajo propagación de bambú en el vivero El Bambusal.

El sustrato se prepara con aproximadamente 60% de ripio de guadua o cascarilla de arroz, según la disponibilidad, y 40% de tierra negra. El ripio de guadua se trae de una fábrica de tableros de pisos, ubicada en Alcalá, Valle del Cauca.

El método de propagación utilizado es el que se establece en la NTC 5405 “Propagación vegetativa de *Guadua angustifolia* Kunth” (ICONTEC, 2019).

Se recomienda al momento de deshijar los chusquines tener un balde con agua, para evitar la deshidratación de las mismos. Se puede utilizar un enraizador, como por ejemplo Raizan, en dosis 50 g/10 litros. Del balde se van sacando los chusquines, los cuales se deshijan, se les podan raíces, si es necesario, y se van sembrando en bolsas, previamente preparadas con sustrato. Se llena media bolsa, se introduce el nuevo chusquín, y se termina de llenar completamente la bolsa. Se riegan y se llevan a la cama o sitio donde van a permanecer durante unos 3 meses. Después de este periodo se pueden volver a deshijar o se llevan a sembrar al campo.

Estos chusquines, una vez sembrados en bolsas plásticas, son regados periódicamente, para evitar la deshidratación y permitir que las raicillas entren en

contacto con el sustrato, y se deben deshierbar periódicamente para que no haya competencia con plantas indeseables. Estos nuevos chusquines se pueden fertilizar con fertilizantes de origen químico como el triple 15 o fertilizantes de origen orgánico como el biocompost (Figura 3).



FIGURA 3. Secuencia inicial del proceso de propagación de bambú en el vivero El Bambusal. Se aprecia en la figura a la autora al momento de colocar los chusquines en una de las bolsas plásticas.

Entre las especies de bambúes propagadas por chusquines en el vivero están: *Guadua aculeata*, *Bambusa longispiculata, Guadua amplexifolia, Gigantochloa atter, Schizostachyum brachycladum, Chusquea liebmannii*, Bambusa polymorpha y clones superiores de *Guadua angustifolia* Kunth (Londoño, Muñoz y Rugeles, 2011) (Figura 4).

Otro método de propagación utilizado en el vivero es el de segmento de culmo con rizoma basal. En bolsas grandes se están propagando por este método *Bambusa lako* y *Bambusa oldhamii.* Las plantas producidas por este método tienen la ventaja de que crecen y se desarrollan más rápido.



FIGURA 4. Proceso de propagación de diferentes especies de bambú en el vivero El Bambusal.

Cultivo de brotes de bambú

El bambú es una de las materias primas de origen vegetal más útiles y versátil que existen en el mundo. En Asía y en muchos otros países, juegan un papel muy importante en la vida y en la economía de las poblaciones rurales, ya que tienen infinidad de usos por lo que es llamada la planta de los mil usos (Zhaohua y Wei, 2021). Sus aplicaciones pueden ser desde alimento humano, como comestible, hasta su uso en la construcción de casas, edificios o puentes.

Los brotes de bambú son comestibles, los cuales no solo son deliciosos, sino que son ricos en componentes nutritivos y se pueden consumir frescos, cocidos, en dulces, encurtidos, entre otros (Zhaohua y Wei, 2021). En *El Paraíso del Bambú y la Guadua* se estableció el primer cultivo de bambú para fines de alimento humano en Colombia. Según la Ing. Londoño, en el año 2012 trajo las primeras plantas de bambú de República Dominicana y se fueron reproduciendo hasta tener suficiente material para establecer un cultivo.

De este material hay 27 plantas madres distribuidas en cinco filas (Cuadro 1). Luego en el año 2018 plantó el lote Nº 1 con una sola especie; en el año 2019 plantó el lote N.º 2 con cinco especies para evaluar su comportamiento. En mayo de 2022 consiguió el primer crédito agrario otorgado en Colombia para sembrar una hectárea de brotes de bambú como alimento (lote Nº 3). Este crédito fue otorgado por el Banco Agrario de Colombia para pagarlo en 5 años con una línea de crédito denominada línea LEC Mujer Rural, con intereses a 1% mensual.

CUADRO 1. Número de plantas por filas y por lotes. Fuente: Elaboración propia.

	FILAS																		
LOTES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	**Nº de plantas**
Madres	1	4	8	7	7														27

1	6 6 6 6 6 6 6 6 6 2 2 3	61
2	5 5 8 8 8 8 8 9 9 9 10 10 10 10	118
3	8 7 7 8 7 7 6 5 6 6 10 8 8 8 8 5 8 7	129
	Total de plantas en los cuatro lotes	**335**

Entre las especies de bambúes cultivadas, en *El Paraíso del Bambú y la Guadua*, para la producción de brotes comestibles están *Dendrocalamus latiflorus* Munro, *Dendrocalamus asper*, *Bambusa oldhamii* Munro, *Bambusa beecheyana* Munro y Bambusa taiwanensis. Estas especies fueron regaladas por amigos o traídas de los viajes realizados por el mundo por la Ing. Londoño. También se aprovecha *Dendrocalamus maximilium*, que está en la colección y fue traído del Jardín Botánico de Mérida, Venezuela.

La cosecha de brotes para alimento es más o menos cada 15 días siempre que haya producción. A finales del año 2022 y principios del 2023 hubo escasa producción, y según la Ing. Londoño esto pudo ser debido a las intensas lluvias que han azotado la región desde hace 2,5 años, o a que son especies de países de estaciones y conserven su genética de los tiempos de invernar.

En marzo de 2023 empezó de nuevo la producción de brotes, después de haber sido fertilizados los lotes 1 y 2 con *Actí plant*, fertilizante de uso agrícola orgánico mineral. Se aplicó a la copa del bambú a una dosis de 0,5 cm^3/L, con una fumigadora de espalda de cañón. Sin embargo, el lote de plantas madres, que no se fertilizó, solo se desmalezó y cortaron las ramas inferiores, presentó una gran producción de brotes.

En la figura 5, se muestra un grupo de imágenes correspondientes al proceso de cosecha de los brotes de bambú para consumo humano, el cual se realiza en los siguientes pasos:

- Extracción del brote. Esto se hace con la herramienta que se muestra en la figura.
- Los brotes se van colocando en una carretilla o carreta de tracción manual para llevarlos hasta el sitio de procesamiento.
- Se registra el número de brotes extraídos en cada lote.
- Cada brote se lava con agua y un cepillo para quitar tierra y otras impurezas.
- Después de estar limpios, se le quitan las hojas caulinares que lo envuelven y las partes duras del rizoma, con herramientas cortantes como machetes y cuchillos.
- Los brotes pelados se mantienen en agua para que no se oxiden y se mantengan blancos.
- Luego son cortados, con un cuchillo, en pedazos pequeños. Acá se descartan las partes duras y fibrosas que hayan quedado cuando se limpiaron.
- Estos trozos son colocados en un recipiente con agua y se tapan para evitar que le caigan mosquitos o cualquier otra basura.
- Después, estos trozos son colocados en una olla, se le agrega agua hasta cubrirlos y se ponen a hervir. La cocción es de 7 minutos contados a partir de que empieza a hervir el agua con los trozos de los brotes.
- Al terminar la cocción, la olla se lleva a un envase con agua a temperatura ambiente hasta que se enfríen el agua y los brotes.
- Luego los brotes se colocan en bolsitas especiales para el proceso. Se colocan 250 g de trocitos de bambú escurridos y 250 g de agua mineral. Estas bolsitas son selladas herméticamente con una máquina selladora eléctrica.
- Se registra la producción y se colocan las bolsitas en la nevera, para mantenerlas frías, hasta que son despachadas para la venta.
- Se le coloca a cada bolsita dos estiques, uno frontal y otro dorsal, con la información nutricional del bambú, número de lote y fecha de producción.

Según la Ing. Londoño, el estudio de factibilidad realizado durante seis meses por el Laboratorio de Tecnología de Alimentos de Pereira RISARALDA, los brotes pueden durar almacenados en nevera durante seis meses sin perder sus propiedades organolépticas. Estos brotes se venden con nombre de marca

Bambulitos en restaurantes, para prepararlos como platos asiáticos, también se venden a los turistas que visitan *El Paraíso del Bambú y la Guadua* y a los amigos. Se preparan en encurtidos, en salmuera y en dulce, que se les da como refrigerio a los visitantes. Para consumo interno se preparan para desayunar con huevo y con cerdo para un rico almuerzo, entre otras preparaciones, combinando los brotes de bambú con los ingredientes y guisos de la región.



FIGURA 5. Imágenes del proceso de cultivo de brotes de bambú.

Entre los cuidados que se le hacen a la plantación para producir brotes de bambú están podas de raleo y de conformación, plateo cada vez que es necesario, aporcado con tierra a la macolla y fertilización. El área de las calles de la plantación se desmaleza con guaraña, cada vez que es necesario.

En conclusión, la producción de brotes de bambú es un emprendimiento que aún está en estudio en *El Paraíso del Bambú y la Guadua*, pero con un futuro muy promisorio.

2.3 Proceso de obtención de esterillas para el cerramiento de la bodega

La esterilla o caña picada es un elemento plano trapezoidal que se da como resultado de: **a)** Realizar incisiones longitudinalmente no continuas en los nudos e irregulares al culmo; **b)** De abrirlo en forma plana (NTC, 5727).

La esterilla tiene gran variedad de aplicaciones en la construcción. Es usada como molde para obras de concreto (casetones), cielos rasos, paredes, entre otros. La elaboración de esterilla se realiza con guaduas hechas y frescas, utilizando hacha, hachuela, machete o palín. Requiere trabajo manual y experiencia.

Para la elaboración de la esterilla se recomienda seguir los siguientes pasos:

1. *Picar desde un extremo*: se hacen incisiones profundas en los nudos, con una hachuela manual, dejando separaciones aproximadas entre 1 y 1,5 cm entre cada incisión, y empezando en un extremo del culmo o caña en dirección hacia la mitad.
2. *Picar desde otro extremo*: se repite el trabajo desde el otro extremo del culmo en todos los nudos del segmento del culmo y en todo el perímetro.
3. *Abrir desde un extremo*: con la ayuda de un palín se corta longitudinalmente el culmo rollizo, lo que provoca la rotura de los tabiques interiores y la apertura del culmo rollizo, transformándolo en una figura plana llamada esterilla.
4. *Abrir el culmo*: con las manos se abre completamente la caña, o con los pies, apoyándose sobre sus bordes y caminando sobre ellos.

5. *Ripiar*: se remueven los restos de los diafragmas sobresalientes y los tejidos blandos de la superficie interna del culmo. Esta limpieza se hace con palín, preferiblemente. La superficie interna del culmo debería quedar lo más homogénea posible.

Después de la elaboración de las esterillas, éstas se preservan ya que van a ser usadas en el cerramiento de una bodega de la empresa construida en guadua en septiembre de 2022. El proceso de elaboración de esterillas y su preservado se expone en la figura 6.

Los pasos para la preservación de las esterillas, después de haber secado un poco son:

1. *Limpieza*: las esterillas se deben lavar con agua para eliminar líquenes y tierra.
2. *Preparación de la solución preservante*: se preparó la solución con ácido bórico (Manubor) y bórax (Bórax decahidratado) a 4 % de concentración y relación 1:1.
3. *Proceso de preservación de las esterillas*: las esterillas se introducen en el tanque de preservación de 6,20 m de largo, 79 cm de ancho y 1 m de alto, se les agrega la solución preservante, se les coloca peso para que no floten y permanezcan en el tanque durante cinco días. Esta operación de preservación se hizo en lotes de 10 esterillas, aproximadamente, para economizar solución preservante. Además, en los dos metros del tanque que no había esterilla se colocaron recipientes para desplazar la solución preservante. Cuando fue necesario se preparó más solución y se añadió al tanque para que siempre estuviesen cubiertas las esterillas. En total se preservaron 49 esterillas de 4,10 m. aproximadamente.
4. *Secado de las esterillas*: pasados los cinco días de estar las esterillas en el tanque, se sacan, se ponen inclinadas sobre el tanque para que escurran, y luego se colocan bajo techo y próximas al tanque por seguridad. Después se llevan a la bodega (espacio de almacenamiento para la empresa) donde se almacenan colocando una esterilla sobre la otra, con separadores entre cada

hilera de esterillas para permitir el secado. Allí van a permanecer hasta que se utilicen en el cerramiento de las paredes de la bodega (Figura 5).



FIGURA 6. Secuencia de imágenes del proceso de elaboración de esterillas y su correspondiente preservado. Se puede apreciar a la autora, magister en tecnología de los productos forestales por la Universidad de Los Andes, experta en secado y preservación de la madera y del bambú, entre otros, participando en el proceso de preservación de las esterillas llamadas "Lata".

2.4 Proceso de elaboración de tableros con latas de bambú

Para conocer el proceso de elaboración de tableros se visitó la empresa *Del Bambú S.A.S.* ubicada en Alcalá, Valle del Cauca, Colombia. Esta empresa ofrece tableros crudos o pulidos, de espesores desde 10 mm (monocapa) hasta 45 mm (tricapa), en formato estándar de 130 x 265 cm. (Tabla 2). Estos tableros se

utilizan para fabricar puertas para acceso principal o de paso interior, mesones y puertas para cocinas y están acabados con lacas tipo poliuretano de alta resistencia a la humedad, a rayones y radiación UV. En la figura 6, se exponen imágenes del proceso de tableros con latas de bambú.

Según la NTC 5727, "Lata" es una sección longitudinal del perímetro de una pieza del culmo de guadua en su corte original que conserva internamente los nudos y externamente la corteza. Mientras que "tablilla" es la sección longitudinal del perímetro de una pieza del culmo de guadua, plana y con las dimensiones de sus caras ajustadas a un patrón definido.

Se recomienda que la obtención de latas y tablillas se realice con guadua que tenga máximo 5 días de cortada. Esto evita la presencia de hongos y bacterias. También que los segmentos de culmo sean rectos, simétricos en los entrenudos y espesor de pared mínimo de 1,5 cm (Figura 7).

El proceso de elaboración de estos tableros es:

1. La empresa recibe los culmos o cañas cortadas a determinada longitud.
2. Agrupa los culmos de bambú por clases diamétricas.
3. Hace el lateado de manera semiindustrial con un aro chino conectado a un motor. Hay varios aros chinos según el diámetro del culmo.
4. Las latas son pasadas por una cepilladora que quita los residuos de los diafragmas de los nudos, realizando el corte desde la base hacia el ápice. También hace el descortezado.
5. Las latas son preservadas en una autoclave a temperatura y presión alta durante un tiempo determinado para modificar su composición química y aumentar la durabilidad ante organismos xilófagos.
6. Las latas son secadas en un horno continuo. Se colocan en unos carros y entran al secador por la puerta del área húmeda, van avanzando hacia el área seca hasta que han alcanzado el contenido de humedad entre 8% y 12 % de acuerdo al requerimiento del adhesivo a utilizar.

7. Las latas son dimensionadas y se transforman en tablillas. Para esta actividad se usa un cepillo de cuatro caras. Las tablillas deben ser planas y rectangulares. La longitud, el ancho y el espesor de la tablilla dependen del uso final. Aunque el espesor depende más del espesor del culmo.
8. Las tablillas son encoladas en una máquina encoladora con cola a base de resina urea formaldehído, la cual sirve para elaborar tableros para uso en interiores.
9. El tablero se arma con las tablillas encoladas. Las latillas se colocan según la estructura del tablero (Tabla 2).
10. El tablero se prensa. El prensado se hace en una prensa, de múltiples platos, a presión y temperatura hasta que fragüe la resina.
11. Los tableros se enfrían a temperatura ambiente.
12. Los tableros se dimensionan con una máquina escuadradora para darles el largo y ancho especificado.
13. Los tableros se lijan para unificar el espesor y dar mejor acabado.

TABLA 2. Formato de los tableros elaborados en la empresa del Bambú.

DEL BAMBÚ — MADERA DE GUADUA —
www.delbambu.com
Alcalá (Valle Del Cauca) - Colombia
comercial@delbambu.com

REFERENCIA DE LOS TABLEROS	ANCHO (cm)	LARGO (cm)	ESPESOR (mm)	NUMERO DE CAPAS	ESTRUCTURA DEL TABLERO	PESO APROX. TABLERO (Kg)	ORIENTACION DE CAPAS	CARAS VISTAS
TSG-CH-1-10H	130.0	265.0	10.0	Monocapa	H	25	Chapado	1
TSG-CH-1-20V	130.0	265.0	20.0	Monocapa	V	51	Chapado	2
TSG-CH-2-20H	130.0	265.0	20.0	Bicapa	H/H	51	Chapado	2
TSG-CC-3-20H	130.0	265.0	20.0	Tricapa	H/H/H	51	Contrachapado	2
TSG-CC-3-30H	130.0	265.0	30.0	Tricapa	H/H/H	77	Contrachapado	2
TSG-CH-3-40H	130.0	265.0	40.0	Tricapa	H/V/H	103	Chapado	2
TSG-CC-3-40H	130.0	265.0	40.0	Tricapa	H/V/H	103	Contrachapado	2
TSG-CC-2-40V	130.0	265.0	40.0	Bicapa	V/V	103	Contrachapado	2
TSG-CH-3-45H	130.0	265.0	45.0	Tricapa	H/V/H	116	Chapado	2
TSG-CC-3-45H	130.0	265.0	45.0	Tricapa	H/V/H	116	Contrachapado	2
TABLERO ESPECIAL	PRODUCIMOS MEDIDAS MAXIMAS DE 130cm X 268cm Y ESPESOR MAXIMO 120mm							



DOI: https://doi.org/10.53766/ECOSOS/ - ISSN-1856-9552
Sede Institucional: Laboratorio de Sostenibilidad y Ecodiseño ULA-UPV, Laboratorio Nacional de Productos Forestales.
Galpón Principal. Tercer Piso. Avenida Principal hacia Chorros de Milla. Conjunto Forestal. Mérida 5101, Venezuela.
Teléfonos: +58-4121269540 / +58-4247370411. E-mail: revecodisostenibilidad@gmail.com revecodiseno@ula.ve
WEB: http://erevistas.saber.ula.ve/ecodiseno

FIGURA 7. Imágenes del proceso de elaboración de tableros con latas de bambú. Fotografias: Elaboración propia.

2.5 Taller de construcción con bambú y tierra - técnica DOMOCAÑA

Durante esta experiencia técnica se participó en el Taller de Construcción con Bambú y Tierra – Técnica DOMOCAÑA dictado por la arquitecta Lucía Garzón y organizado por la Ingeniera Ximena Londoño (Figura 8). Este taller tenía como objetivo aprender y vivenciar una de las técnicas mixtas, a través de la construcción de un DOMOCAÑA como envoltura para una cobertura.



FIGURA 8. Afiche de invitación al taller.

Los objetivos cumplidos en este Taller fueron:

- Conocer la técnica mixta aplicada en cubierta, construida con guadua rolliza, tiras o “latas” de guadua y revestida con tierra y fibra; reconocer el material desde el desarrollo tecnológico, racionalizando el proceso de construcción de una obra y así divulgar innovaciones constructivas sostenibles, inspiradas en saberes ancestrales evolucionados.

- Enseñar y aprender la técnica de cubiertas de DOMOCAÑA, para conocer las cualidades y dificultades de este sistema constructivo, el tiempo y rapidez del montaje, los costos de la mano de obra y de los materiales y en este

"saber y hacer" identificar sus ventajas sociales, ambientales y económicas (Figuras 9 y 10).

Durante el taller se utilizó un marco de madera, sobre el cual se colocaron las latas de guadua en forma de malla, se amarraron, se le colocó una malla de pollito y se revistió con una mezcla de tierra, ripio de bambú, arena y agua. Luego se le colocó una capa impermeable con cemento, agua y una cal especial para construcción.

Paralelamente al taller, se realizó un tejido con tiras de algunos bambúes como *Bambusa chunggi, Schizostachyum brachycladum, Gigantochloa atroviolacea, Dendrocalamus asper, Bambusa vulgaris* y *Guadua werberbaueri*. Las especies mejores para tejido fueron *B. chunggi* y *Sch. brachycladum* por sus largos entrenudos y paredes delgadas del culmo o cañas; las menos recomendadas para este oficio fueron *D. asper* y *G. atroviolacea* por tener paredes de culmo demasiado gruesas.



FIGURA 9. Registro de las diferentes actividades realizadas en Taller de Construcción con Bambú y Tierra - Técnica DOMOCAÑA.



FIGURA 10. Registro de las diferentes actividades realizadas en Taller de Construcción con Bambú y Tierra - Técnica DOMOCAÑA. Se denota la resistencia de las tiras de los culmos o cañas, que al ser entretejidas por la unión de elementos galvanizados y alcanzar su forma curva, aumenta su resistencia a las fuerzas de compresión tal como se muestra la suspensión de la autora sobre la el domo.

Cabe destacar que, durante el Taller se realizaron actividades con personas procedentes de Brasil, Colombia, Costa Rica y Chile. Que se transformó en una experiencia enriquecedora y maravillosa; en la figura 8 se muestran las imágenes que evidencian los resultados de dicha actividad.

2.6 Taller de preservación y secado de guadua/bambú

El objetivo de este taller fue capacitar a los asistentes en la metodología de la preservación y el secado de culmos de bambú/guadua para lograr una materia prima durable y resistente al ataque de insectos xilófagos y otros (Figura 11).



Durante el Taller se trataron los siguientes temas:

- Por qué preservar el bambú
- Estructura anatómica del bambú
- Métodos de preservación del bambú
- Preservantes químicos y su preparación
- Cómo evaluar los tratamientos para lograr una preservación efectiva
- Por qué secar el bambú, contenido de humedad, métodos de secado y defectos del secado.
- A este taller asistieron participantes de Colombia, provenientes de los departamentos del Valle del Cauca, Cundinamarca, Casanare y Quindío.

Los participantes a este taller pudieron desarrollar conocimientos respecto a los siguientes puntos: **a)** Adquirieron los conocimientos para decidir según el uso final del bambú, qué método y qué preservante emplear; **b)** Conocieron los estados de madurez de un culmo de guadua/bambú para su mejor selección y aprovechamiento sostenible; **c)** Conocieron la estructura anatómica del culmo guadua/bambú para visualizar su importancia en los procesos de preservación y secado; **d)** Conocieron diferentes procesos de preservación y secado para la guadua/bambú; **e)** Aprendieron a preparar las soluciones preservantes y realizar los métodos para verificar la penetración de boro. En las figuras 12 y 13 se exponen las principales imágenes del Taller de preservación y secado de guadua/bambú.



FIGURA 12. Actividades realizadas en el Taller de preservación y secado de guadua/bambú, donde la participación de la autora jugo rol protagónico en la docencia del mismo.

DOI: https://doi.org/10.53766/ECOSOS/ - ISSN-1856-9552
Sede Institucional: Laboratorio de Sostenibilidad y Ecodiseño ULA-UPV, Laboratorio Nacional de Productos Forestales.
Galpón Principal. Tercer Piso. Avenida Principal hacia Chorros de Milla. Conjunto Forestal. Mérida 5101, Venezuela.
Teléfonos: +58-4121269540 / +58-4247370411. E-mail: revecodisostenibilidad@gmail.com revecodiseno@ula.ve
WEB: http://erevistas.saber.ula.ve/ecodiseno

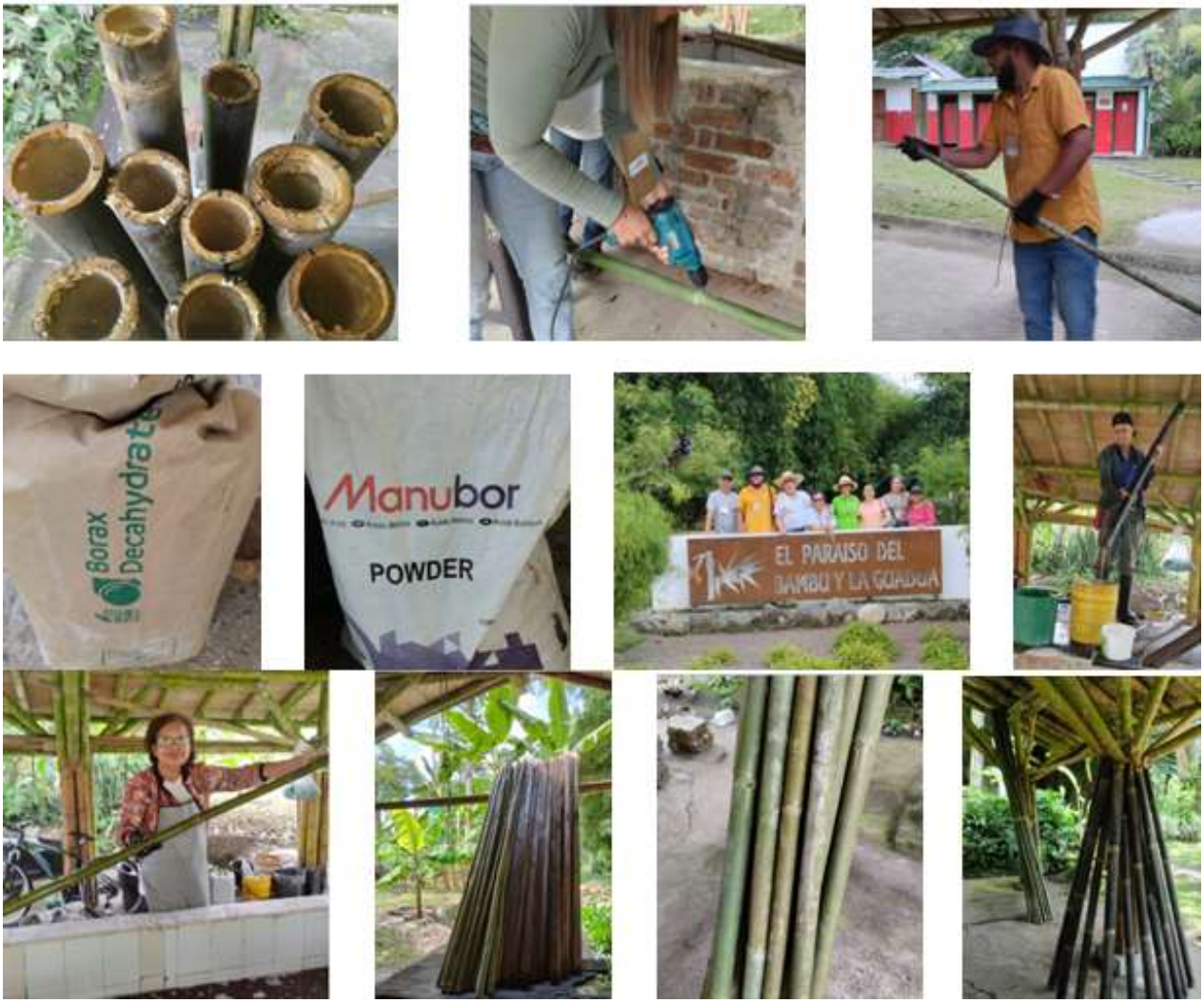


FIGURA 13. Materiales y actividades realizadas en el Taller de preservación y secado de guadua/bambú.

2.7 Cosecha y postcosecha de culmos de *Guadua angustifolia* Kunth

En *El Paraíso del Bambú y la Guadua,* se realiza en varias ocasiones cosecha y postcosecha de culmos de *G. angustifolia* Kunth, tal como se muestra en las figuras 14 y 15 las diferentes labores de cosecha y postcosecha.

Según la Norma Técnica Colombiana NTC 5300 se definen los siguientes conceptos:

Cosecha. Es el proceso de aprovechamiento y mantenimiento del rodal, que se debe adelantar hasta la obtención de los culmos con características específicas para el propósito y uso que se requieran.

Postcosecha. Es la etapa posterior a la cosecha, que involucra procesos de acondicionamiento y adecuación de los culmos, previos a su utilización como materia prima.

Renuevo. Es el nuevo individuo que emerge del suelo, producto de la propagación vegetativa y cubierto siempre de hojas caulinares.

Hojas caulinares. Son hojas modificadas de forma triangular y pubescente por el lado abaxial (envés) constituida por vaina, lígula y lámina, que protege el culmo en los 6 primeros meses de desarrollo.

Culmo. Es el eje aéreo segmentado por nudos y entrenudos.

Para la cosecha y postcosecha de los culmos de *Guadua angustifolia* se debe tener en cuenta el estado de maduración del culmo y cumplir con los trámites exigidos por la autoridad ambiental competente. A continuación, se describen las actividades de cosecha, teniendo en cuenta las definiciones en la norma NTC 5300, sobre cosecha y postcosecha de los culmos de guadua.

2.7.1 Cosecha

Entre las labores de esta actividad están (Figuras 14 y 15):

Desganche. Esta labor debe realizarse al inicio de cualquier aprovechamiento con el fin de facilitar la circulación dentro del guadual. Consiste en eliminar las ramas o riendas del tercio inferior sin causar daños al culmo.

Socola. Esta labor se realiza después del desganche y de acuerdo a la necesidad de circulación para el aprovechamiento del culmo. Consiste en la eliminación de vegetación herbácea, bejucos, lianas, enredaderas y otros brinzales. En rodales naturales se deben proteger los árboles y arbustos maderables asociados al guadual.

Selección y marcación. Proceso en el cual se seleccionan y marcan los culmos maduros o "hechos" con elementos que permitan su visualización y ubicación dentro del rodal. En la selección de los culmos se deben cumplir los siguientes requisitos:

Estado de madurez: Se deben seleccionar culmos maduros, a partir de 5 años de edad. Una forma visual tradicional de reconocer la madurez del culmo es por su color verde blanquecino, con presencia abundante de manchas de líquenes y musgo en los entrenudos y sobre los nudos, sin que haya pubescencia sobre el culmo, ni presencia de hojas caulinares en la base.

Estado fitosanitario: Los culmos seleccionados deben estar sanos, no presentar daños causados por hongos y/o insectos, tales como perforaciones y otros.

Estado físico: Los culmos seleccionados no deben presentar defectos como rajaduras, perforaciones y otros daños físico-mecánicos.

Corte. Se debe realizar a ras por encima del primer o segundo nudo (evitando acumulación de agua) hecho por un operador capacitado y usando una herramienta adecuada.

Se tuvo la oportunidad de visitar un aprovechamiento de guadua en la finca Terranova, vereda la Esmeralda, municipio Montenegro, y entrevistar al señor

Jhon Nelson Cardona, quien ejerce el oficio de “guaduero” y ver las diversas piezas que se extraen de un guadual.

Una vez el culmo se selecciona y se corta, este se despieza en las siguientes piezas que son definidas en la NTC 5727 y GTC 270 así:

> ***Cepa:*** primer segmento basal del culmo con longitudes que fluctúan entre 2,5 y 3 m y con los mayores diámetros y espesor de pared de todo el culmo (NTC 5727. Excepcionalmente sacan cepas de 4 metros de largo. Esta pieza se utiliza para cercas.
>
> **E*sterilla:*** sección de guadua abierta obtenida a través de cortes longitudinales en cada uno de los nudos y se mantiene externamente su corteza (GTC 270).

Según el guaduero Carmona, la esterilla que más se vende es la de 4 m de largo, se saca de los culmos que no son tan rectos, que no están completamente maduros o que no dan la longitud para basa. La esterilla se usa para techos, cerramientos, entre otros.

> ***Basa:*** segundo segmento del culmo, a continuación de la cepa, con longitud entre 4 m y 8 m (NTC 5727). Este segmento tiene un diámetro apical mayor o igual a 8 cm, conicidad normal y longitud del primer entrenudo mayor o igual a 26 cm (GTC 270).

Según Cardona, es el producto más cotizado y exigente del culmo. Se comercializa generalmente de 6 m. de longitud, culmo recto y maduro, diámetros más o menos uniforme en ambos extremos, en ambas puntas hay un nudo para evitar aplastamiento. Se usa como viga y columna en la construcción de casas y también se conoce popularmente como “viga”.

> **V*arillón:*** segmento terminal del culmo, localizado a continuación de la sobre basa con longitudes hasta de 4. Se utiliza tradicionalmente como soporte de cubiertas y en actividades agropecuarias (NTC 5727).

En el aprovechamiento de guadua visitado en la finca Terranova, no estaban cortando varillón. Sin embargo, dice el Sr. Cardona que se pueden sacar varillones de 5 a 5,5 m de longitud, los cuales deben ser rectos y se usa como puntal en cultivos agrícolas, ramadas, techos, para fabricar escaleras, entre otros. La razón para que no saquen varillón, es que los que compran exigen que sean rectos y esa característica es difícil para este tipo de pieza.

2.7.2 Post cosecha

La postcosecha es la etapa posterior a la cosecha, que involucra procesos de acondicionamiento y adecuación de los culmos, previo a su utilización como materia prima (NTC 5300). Según esta norma se describen las siguientes actividades (Figura 16):

> ***Manipulación del culmo.*** Desde el momento del corte se deben manejar los culmos de tal forma que se evite el deterioro del material causados por golpes o maltratos.
>
> ***Curado, preservado y secado***. El curado es el tratamiento natural que busca conservar las características y propiedades de la guadua, evitando su deterioro prematuro; el preservado es la acción o efecto de proteger y el secado es la acción o efecto de extraer la humedad (NTC 5301). Estos conceptos se trataron con más profundidad en el Taller de preservación y secado realizado los días 6 y 7 de mayo.

Durante la visita a *El Paraíso del Bambú y la Guadua* se evidenció que estos procesos no se le hacen a todos los culmos que se cosechan en la zona cafetera. En los depósitos de comercialización se ofrecen varas sin preservar y también preservadas.

> ***Clasificación.*** Se clasifican las piezas de acuerdo al uso con base a su diámetro, longitud y espesor de pared, para facilitar su comercialización, transporte y almacenamiento (NTC 5300).

Transporte de piezas. Durante el transporte se debe: a) evitar cualquier tipo de impacto sobre el material; b) Evitar arrumes o tendidos superiores a 2,40 m para prevenir aplastamientos; c) Si se realizan tendidos horizontales, alternar los culmos de manera basal y apical (NTC 5300).

Almacenamiento. Según la NTC 5300, se deben mantener los culmos o secciones del mismo, alejados de la humedad del suelo, en sitios aireados y protegidos de la radiación solar. Se utilizan dos tipos de almacenamiento:

- *Almacenamiento horizontal*: a) Los arrumes o tendidos deben tener una altura máxima de 1,70 m.; b) Se deben mantener los tendidos de los arrumes separados por medio de elementos transversales y uniformes.
- *Almacenamiento vertical*: se deben mantener los culmos recostados e intercalados a lado y lado sobre un caballete. La altura del caballete debe ser al menos 2/3 de la longitud de los culmos. Los extremos inferiores de los culmos se deben aislar del suelo para evitar la humedad ascendente. Se recomienda que los culmos ubicados en los extremos y centro del caballete se amarren a éste para evitar el deslizamiento de los culmos.



FIGURA 14. Algunas imágenes del proceso de cosecha.



FIGURA 15. Algunas imágenes del proceso de cosecha.



FIGURA 16. Imágenes de las principales labores de postcosecha.

2.8. Otras Actividades

Durante la experiencia técnica en la empresa *El Paraíso del Bambú y la Guadua*, se tuvo la oportunidad de participar en las siguientes actividades:

1. Socialización Iniciativa Clúster de la Guadua Quindío. El día 24 de abril se participó en el proceso de socialización de la iniciativa clúster de la guadua del departamento del Quindío en el Centro de Convenciones de la ciudad de Armenia. Se denomina clúster "a la concentración geográfica de empresas interconectadas y entidades relacionadas que colaboran para mejorar la competitividad y la innovación en un sector específico"

2. Taller de Guadua para la Red Comunitaria de Bosques Urbanos de Cali: el día 25 de abril se tuvo la oportunidad de viajar a la ciudad de Cali para participar de la capacitación que dictaba la Ing. Ximena Londoño en el auditorio de la Corporación Autónoma del Valle del Cauca. A este taller asistieron aproximadamente 200 personas y fue teórico-práctico.

3. "Curso virtual de cálculo de biomasa y carbono en plantaciones y bosques de bambú", realizado en línea del 16 de febrero al 31 de marzo de 2023 por un total de 40 horas en el marco del proyecto Bambuzonía, financiado por el Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola (FIDA) y organizado por la Organización Internacional del Bambú y el Ratán (INBAR).

3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los objetivos planteados en esta experiencia técnica fueron cumplidos al haberse realizado el proceso de aprender sobre los diferentes métodos de propagación de los bambúes y en especial de Guadua angustifolia, el cultivo y aprovechamiento industrial para diferentes usos finales, entre otros.

A través del recorrido por las estaciones educativas en *El Paraíso del Bambú y la Guadua* se instruyó a los visitantes sobre los procesos sociales, los beneficios eco-sistémicos de guadua/bambú.

Los talleres dictados en *El Paraíso del Bambú y la Guadua*, y la asistencia a eventos, sobre diversos temas relacionados con el bambú y el intercambio con profesionales estudiosos contribuyen con los procesos de investigación y formación a través de la implementación de la teoría con la práctica.

Estas experiencias técnicas en otros países son recomendables, ya que con el intercambio de conocimiento se logra enriquecer la formación del docente.

4. AGRADECIMIENTOS

A la Ilustre Universidad de Los Andes y a la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales por el apoyo institucional para realizar esta experiencia técnica.

A la Dra. Ingeniero Ximena Londoño, dueña de la empresa *Bambú Turismo Verde Esmeralda SAS*., por facilitar los recursos financieros, humanos, científicos, técnicos y locativos para desarrollar esta experiencia técnica y lograr los objetivos planteados. Así como su apoyo al conceder la oportunidad de asistir y participar en los diferentes talleres que se dictaron, en *El Paraíso del Bambú y la Guadua*, y por poder participar en las reuniones de la Sociedad Colombiana del Bambú y la Guadua, de la cual la autora es miembro.

Al personal de la empresa, entre ellos, la Sra. Carmen Benavides, Sr. Julio Gómez, Sr. Iván Muñoz y la Sra. Flor Contreras, todos dispuestos a dar lo mejor de sí por el buen funcionamiento de la empresa.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Clark L.G., Londoño, X. and Ruiz-Sanchez, E. (2015). Bamboo taxonomy and habitat. In: Liese W, Köhl M, eds. Bamboo: The plant and its uses, Vol. 10. Springer International Publishing, Switzerland, pp. 1-30. DOI: http://dx.doi.org/10.1007/978- 3-319-14133-6_1 .

Clark, L.G., Londoño X., Tyrrell C.D. and Judziewicz E. J. (2020). Convergence strikes again: A new Andean genus of Neotropical woody bamboo (Poaceae: Bambusoideae: Bambuseae) and a new species. Botanical Journal of the Linnean Society, (192), 21-33.

GTC 270. Guía de criterios de selección para la comercialización de Guadua angustifolia Kunth. Compendio Guadua. Bogotá D.C.: Contacto Gráfico SAS.

ICONTEC. (2019). Compendio de Guadua. ICONTEC, Bogotá, DC.

Judziewicz E.J, Clark L.G., Londoño X. and Stern, M.J. (1999). American bamboos. Washington: Smithsonian Institution Press. Washington & London. 392 pp. ISBN: 1-56098-569-0.

Londoño, X. (2011). El Bambú en Colombia. Biotecnología Vegetal, 11 (3), 143- 154.

Londoño, X. (2016). Núcleo Forestal de Guadua La Esmeralda – NFGLE. Editorial Sociedad Colombiana del Bambú, Armenia. 50 pp.

Londoño, X. and Clark, L.G. (2002). Three new taxa of Guadua (Poaceae: Bambusoideae) from South America. Novon, 12, 64-76. DOI: https://www.jstor.org/stable/3393241.

Londoño, X. and Zurita, E. (2008). Two New Species of Guadua (Bambusoideae: Guaduinae) from Colombia and Bolivia. Journal of the Botanical Research Institute of Texas 2, 25-34. DOI: https://www.jstor.org/stable/41971599.

Londoño, X. y Peterson, P. (1992). Guadua chacoensis (Poaceae: Bambusoideae), its taxonomic identity, morphology and relationships. Novon, 2, 41-47.

Londoño, X., Muñoz J.E. and Rugeles, P.A. (2011). Selección de materiales superiores de Guadua Angustifolia Kunth en el Eje Cafetero de Colombia. Editorial FERIVA S.A., Cali, 24 pp.

NTC 5300. (2019). Cosecha y postcosecha del culmo de Guadua angustifolia Kunth. Compendio Guadua. Contacto Gráfico SAS. Bogotá DC.

NTC 5405. (2019). Propagación vegetativa de Guadua angustifolia Kunth. Compendio Guadua. Contacto Gráfico SAS. Bogotá DC.

NTC 5727. (2019). Terminología aplicada a la Guadua, sus procesos y sus productos. Compendio Guadua. Contacto Gráfico SAS. Bogotá DC.

Ruiz-Sánchez, E. and Londoño, X. (2017). Otatea colombiana (Poaceae: Bambusoideae: Bambuseae: Guaduinae), a new species endemic to Colombia. Systematic Botany 42: 817-822. DOI: https://doi.org/10.1600/036364417X696492.

Vélez, S. (2013). Grow your own house. Editorial Vitra Design Museum GmbH. 262 pp.

Zhaohua, Zh. and Wei, J. (2021). Desarrollo sostenible del bambú. Editorial Sociedad Colombiana del Bambú, Armenia, Quindío, Colombia, 332 pp.