

Environmental Sciences & Practices

ENERO - JUNIO, 2024

VOL. 2 NÚM. 1



EQUIPO EDITORIAL / EDITORIAL TEAM / EQUIPA EDITORIAL**Editor Jefe / Editor in chief / Editor Chefe**

Dr. Miguel Ángel López Flores. Instituto Politécnico Nacional, México

Secretaria / General Secretary / Secretário Geral

Beatriz Berrios Aguayo. Universidad de Jaén, España

Cristina Arozola Ruano. Universidad de Jaén, España

Mariana Gómez Vicario. Universidad de Jaén, España

Editores Asociados / Associate Editors / Editores associados

Dr. Roberto Calderon Maya - Universidad Autónoma del Estado de México, México

Dr. Luis Alfonso Sandia Rondón - Centro Interamericano de desarrollo e investigación ambiental y territorial ULA, Venezuela

Dr. Oriol Vilaseca Vidal - Empresa Vilaseca Consultors SL, España

Dr. Pedro Francisco Rodríguez Espinosa - Centro Interdisciplinario de investigaciones y estudios sobre medio ambiente y desarrollo del IPN, México

Patrocinadores:

Funiber - Fundación Universitaria Iberoamericana
Universidad internacional Iberoamericana.

Campeche
(México)

Universidad Europea del Atlántico. Santander
(España)

Universidad Internacional Iberoamericana. Puerto
Rico (EE. UU)

Universidade Internacional do Cuanza. Cuito (Angola)

Colaboran:

Centro de Investigación en Tecnología Industrial de
Cantabria (CITICAN)

Grupo de Investigación IDEO (HUM 660) -
Universidad de Jaén

Centro de Innovación y Transferencia Tecnológica de
Campeche (CITTECAM) – México.

Environmental Sciences and Practices, Año 2, No. 1, Enero-Junio 2024, es una Publicación semestral editada por la Universidad Internacional Iberoamericana A.C., Calle 15 No. 36 entre 10 y 12, Col. Imi II, C.P. 24560, Campeche, Campeche, Tel. (981) 81-102-46, Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2021-061614175700-203, ISSN en trámite, <https://www.mlsjournals.com/Environmental-Science-Practices>, secretaria2@mlsjournals.com, Editor responsable: Dr. Miguel Ángel Lopez Flores. Responsable de la última actualización de este número, Gestora de la Revista, Cristina Arozola Ruano, Calle 15 No. 36 entre 10 y 12, Col. Imi II, C.P. 24560, Campeche, Campeche.

SUMARIO / SUMMARY / RESUMO

- Editorial5
- Desarrollo agrícola sostenible para optimizar la productividad a través del buen manejo del suelo en Benguela-Angola 7
Sustainable agricultural development to optimize productivity through good soil management in Benguela-Angola
Alejandro Cruz Arafet y Roberto Cruz Acosta. Instituto Superior Politécnico Benguela, Angola
- Mendoza desde una perspectiva geológica aplicada al urbanismo del siglo XVI al XVIII23
Mendoza from a geological perspective applied to urban planning from the 16Th to the 18Th century
Natalia Lourdes Mazzeo. Medio ambiente, Argentina
- Estilos de aprendizaje de los estudiantes de ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de Honduras UNAH.....41
Learning styles of engineering students at the National Autonomous University of Honduras UNAH
Marco Antonio Ramos Espinal. Universidad Autónoma de Honduras, Honduras
- La importancia que juega la formación profesional del diseñador industrial para incorporar el ecodiseño dentro de su práctica profesional.....61
The importance played by the professional education of industrial designers when incorporating ecodesign practices within the professional practice of design
Antonio Solórzano Cisneros y Eduardo May Osio. Medio Ambiente, México.
- Simulación de un proceso de obtención de bioetanol a partir de los residuos forestales de los aserraderos de la zona norte de Costa Rica.....77
Simulation of a process to obtain bioethanol from forestry residues from sawmills in the northern part of Costa Rica
Oswaldo Antonio Chavarría Acuña. Medio Ambiente, Costa Rica
- Variables Análisis de la ciudad de Guatemala aplicando el modelo europeo de ciudades inteligentes.....93
Analysis of Guatemala city applying the european smart cities model
María Balsa Núñez y Johan Chris Haeussler Vesco. Universidad Europea del Atlántico, España

Editorial

En la fase de la Pandemia por COVID 19; tuvimos estragos a nivel mundial, que evidentemente afectó nuestros procesos, afortunadamente en el lapso de recuperación también fue oportunidad para fortalecer nuestro ecosistema editorial, con la incorporación de responsables editores asociados de instituciones de representación iberoamericana, todas ellas prestigiadas, como lo son la *Universidad Autónoma del Estado de México*; El *Centro Interamericano de desarrollo e Investigación Ambiental y Territorial de la Universidad de los Andes, en Mérida Venezuela*; ; *Vilaseca Consultores, líderes en servicios ambientales en España y Europa* y el *Centro Interdisciplinario de Investigaciones y Estudios sobre Medio Ambiente y Desarrollo del Instituto Politécnico Nacional en México*; Todos ellos reconocidos en el ámbito Iberoamericano y que hoy marca un parte aguas en el histórico de nuestra Publicación, en este número con seis artículos de importancia en el contexto de los acontecimientos del planeta en materia ambiental, como lo es el tema agrícola, la ocupación del territorio y su planeación ambiental territorial, los nuevos modelos de enseñanza- aprendizaje y las nuevas herramientas tecnológicas en este contexto son los temas hoy; también considerar el aprovechamiento y uso racional, con enfoque de sustentabilidad de los combustibles fósiles y las tendencia con enfoque prospectivo, del modelo de ciudades Europeas en el contexto Latinoamericano, son temas de gran impacto para el uso racional de nuestros recursos y pensar en el diseño de los productos y procesos desde el enfoque sostenible para tener como “condición *sine qua non*; la variable ambiental como prioridad!”

Tenemos en primer término de los artículos publicados hoy, sobre el “*Desarrollo agrícola sostenible para optimizar la productividad a través del buen manejo del suelo en Benguela-Angola*”; La investigación se basa en una revisión exhaustiva de la literatura utilizando el método cualitativo documental, consultando autores nacionales e internacionales, así como planes y programas educativos nacionales. El objetivo principal de esta investigación es evaluar el estado de los suelos en la provincia de Benguela-Angola y proponer estrategias para mejorar la calidad de los suelos cultivables. Esto contribuiría al desarrollo agrícola sostenible y fomentaría prácticas de manejo del suelo respetuosas con el medio ambiente. La región de Benguela-Angola ofrece grandes oportunidades para mejorar la calidad del suelo y lograr una producción sostenible. Los resultados obtenidos resaltan la necesidad urgente de implementar medidas preventivas y correctivas para detener la contaminación del suelo y remediar los suelos ya afectados. Se propone la implementación de prácticas agrícolas sostenibles, como la agricultura orgánica y el uso responsable de productos químicos. Además, se sugiere la adopción de técnicas de conservación del suelo, como la rotación de cultivos, la siembra de coberturas vegetales y la construcción de terrazas. La implementación de las propuestas mencionadas anteriormente, en colaboración con agricultores, industrias, gobiernos locales y comunidades, puede marcar una diferencia significativa. La adopción de prácticas agrícolas sostenibles, la gestión adecuada de residuos, la protección de áreas de vegetación natural y la concienciación comunitaria son elementos clave para lograr una producción sostenible y optimizar la productividad a través del manejo adecuado del suelo en la región de estudio.

En segundo término; “*Mendoza desde una perspectiva geológica aplicada al urbanismo del siglo XVI al XVIII*”; Se elaboró una zonificación histórica de peligrosidad geológica, a través de los datos de ocurrencia documentados en los registros históricos analizados. Se obtuvieron cinco unidades, resultando el área con ocurrencia de procesos potencialmente perjudiciales la que comprende el casco urbano de la Ciudad fundacional de Mendoza. Esta se emplaza en la zona de conos y abanicos aluviales del río Mendoza, es decir que forma parte del ambiente donde se genera la descarga del material sedimentario del piedemonte precordillerano. Por consiguiente, los procesos actuantes fueron: inundaciones, aluviones, salinidad y fallamiento activo a través de la falla Cerro de la Cal, cuya traza atraviesa la ciudad. En suma, enmarcar los procesos ambientales de una ciudad desde la geología urbana es fundamental para establecer las amenazas o peligros y los daños potenciales que afectan o pueden afectar al territorio.

El Tercer artículo dentro de los procesos de enseñanza-aprendizaje es sobre los “*Estilos de aprendizaje de los estudiantes de ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de Honduras UNAH*”; Nos permite visualizar como los estudiantes de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de Honduras UNAH. La determinación de los estilos de aprendizaje de los estudiantes abre una brecha para que se puedan construir las experiencias educativas a través de planes de estudio y actividades curriculares y extracurriculares que benefician el aprendizaje, que se formen mejores ingenieros que coadyuven con la solución de los problemas ingentes que agobian a la población hondureña, en área como la forestal, agronómica, industrial, química, eléctrica, mecánica, sistemas y agroindustrial. Se encontró correlación significativa a un 0.001 entre el estilo activo, reflexivo y pragmático, concluyéndose en valores

relativamente bajos en los niveles asociados a los estilos de aprendizaje, lo cual define grandes posibilidades para el diseño de experiencias de aprendizaje apropiadas en las carreras.

El Cuarto artículo, recalca la *“Importancia que juega la incorporación de los valores sustentables en la práctica profesional de diseño”* considerando el diseño como una de las prácticas profesionales de mayor impacto ambiental debido al peso que juegan las decisiones tomadas al momento de configurar el mundo material, reflejado en el daño generado por los objetos resultantes del proceso de diseño: montañas de productos de uso cotidiano que se fabrican por millones provocando el agotamiento de los recursos planetarios y generando todo tipo de emisiones y residuos tóxicos a lo largo de su ciclo de vida. El análisis se efectúa, tomando como referente la norma ISO 14006, rectora de los conceptos de ecodiseño. La metodología recurrió a una investigación de cabecera detallada sobre el diseño sustentable y sus estrategias, un cuestionario diagnóstico realizado a diseñadores industriales, con al menos dos años de experiencia laboral, que trabajan en pequeñas y medianas empresas y una entrevista a profundidad realizada a un panel de expertos, quienes ayudaron a delimitar la problemática, confirmar los hallazgos obtenidos y desde su experiencia guiar el proceso de incorporación de la sustentabilidad al trabajo profesional de diseño.

El quinto artículo sobre la *“Evaluación técnica de la instalación de una biorrefinería en Costa Rica para la obtención de bioetanol a partir de los residuos forestales de los aserraderos de la zona norte del país”*; El estudio consiste en la evaluación técnica para instalar una biorrefinería en Costa Rica. Se cuantifican los residuos de los aserraderos ubicados en la zona norte del país, 30 kilómetros a la redonda de Boca Arenal, San Carlos, y así realizar un balance de masa a partir de fuentes secundarias y mediante el simulador de procesos químicos DWSIM versión 7.5.5, para producir etanol con el propósito de mezclar con las gasolinas consumidas en Costa Rica. La metodología consiste en un diseño no experimental, transeccional o transversal, y para una población de 24 de aserraderos, se aplicaron 20 entrevistas de donde se obtuvo que anualmente se producen 40,447 toneladas, y bajo la modalidad termoquímica, utilizando como materia prima todos los residuos de los aserraderos de la zona de estudio, se obtienen 16,414.30 kilogramos de etanol por día (20.84 metros cúbicos por día), con una pureza del 99.8 % v/v, logrando de esta manera abastecer mezclar con etanol el 5.16 % de las gasolinas que se consumen en Costa Rica, teniéndose como productos secundarios syngas residual y metanol. Al haber disponibilidad de materia prima y tecnologías para la conversión de biomasa en etanol, técnicamente es factible la instalación de una biorrefinería en Costa Rica, siendo favorable tomar en cuenta otras fuentes lignocelulósicas como fracciones de residuos urbanos, residuos agrícolas y residuos industriales; además de otras regiones geográficas, siendo imprescindible llevar a cabo un estudio de factibilidad financiera para la biorrefinería, para determinar la viabilidad de proyecto.

Para finalizar, el sexto artículo con enfoque prospectivo sobre el *“Análisis de la ciudad de Guatemala aplicando el modelo europeo de ciudades inteligentes”*; Se presenta un análisis de cinco parámetros que conforman a una ciudad inteligente adaptados a la Ciudad de Guatemala. Dichos parámetros fueron extraídos del Modelo Europeo de Ciudades Inteligentes encontrado en el reporte *“Ciudades Inteligentes: Clasificación de las ciudades europeas de gran tamaño”*. Debido a la incertidumbre que rodea al significado global de una ciudad inteligente, los parámetros propuestos para abarcar el tema en absoluto consisten en: Economía, Población, Gobernación, Movilidad y Ambiente. Cada uno de estos será evaluado con tres indicadores seleccionados con base en la disponibilidad de los datos requeridos para el análisis, con los que actualmente se cuentan para la Ciudad de Guatemala. Seguidamente, se fundamenta el estado de cada parámetro con un análisis y desarrollo con base a datos cualitativos y cuantitativos oficiales extraídos de los correspondientes ministerios, entidades públicas e informes de organizaciones sin lucro. Dada por concluida la recopilación de información y determinado el estado final de cada uno de los cinco parámetros en el cuerpo del trabajo, el capítulo de conclusiones sintetiza las brechas y limitaciones para la adaptación del Modelo a esta ciudad en particular. Por último, se incluyen recomendaciones para la difusión del presente estudio y la posible adaptación de éste, para otras ciudades con características similares a las de la Ciudad de Guatemala.

Por último nuestro agradecimiento a nuestro *Comité Científico Internacional*; integrado por la Universidad Internacional Iberoamericana, Puerto Rico; de la Universidad Autónoma de Chapingo, México; a la Fundación CEPA y FLACAM, Argentina; al Centro de Estudios Biológicos, Medio Ambiente y Recursos Naturales A.C, México; a la Universidad Autónoma del Estado de México y a la Academia Paraibana de Ingeniería y la Universidad Federal da Paraíba, ambas estas últimas en Joao Pessoa Brasil.

Dr. Miguel Ángel López Flores
Editor Jefe / Editor in chief / Editor Chefe

Desarrollo agrícola sostenible para optimizar la productividad a través del buen manejo del suelo en Benguela-Angola
Sustainable agricultural development to optimize productivity through good soil management in Benguela-Angola

Alejandro Cruz Arafet

Instituto Superior Politécnico Benguela, Angola

(valeforxaca@gmail.com) (<https://orcid.org/0009-0007-1163-7495>)

Roberto Cruz Acosta

Instituto Superior Politécnico Benguela, Angola

(roberto.acosta@ispbenguela.com) (<http://orcid.org/0000-0002-7282-8857>)

Información del manuscrito:

Recibido/Received: 25/09/23

Revisado/Reviewed: 15/01/24

Aceptado/Accepted: 25/01/24

RESUMEN

Palabras clave:

desarrollo agrícola, sostenibilidad, suelos, producción agrícola.

La investigación se basa en una revisión exhaustiva de la literatura utilizando el método cualitativo documental, consultando autores nacionales e internacionales, así como planes y programas educativos nacionales. El objetivo principal de esta investigación es evaluar el estado de los suelos en la provincia de Benguela-Angola y proponer estrategias para mejorar la calidad de los suelos cultivables. Esto contribuiría al desarrollo agrícola sostenible y fomentaría prácticas de manejo del suelo respetuosas con el medio ambiente. La región de Benguela-Angola ofrece grandes oportunidades para mejorar la calidad del suelo y lograr una producción sostenible. Los resultados obtenidos resaltan la necesidad urgente de implementar medidas preventivas y correctivas para detener la contaminación del suelo y remediar los suelos ya afectados. Se propone la implementación de prácticas agrícolas sostenibles, como la agricultura orgánica y el uso responsable de productos químicos. Además, se sugiere la adopción de técnicas de conservación del suelo, como la rotación de cultivos, la siembra de coberturas vegetales y la construcción de terrazas. La implementación de las propuestas mencionadas anteriormente, en colaboración con agricultores, industrias, gobiernos locales y comunidades, puede marcar una diferencia significativa. La adopción de prácticas agrícolas sostenibles, la gestión adecuada de residuos, la protección de áreas de vegetación natural y la concienciación comunitaria son elementos clave para lograr una producción sostenible y optimizar la productividad a través del manejo adecuado del suelo en la región de estudio.

ABSTRACT

Keywords:

Agricultural development, sustainability, soils, agricultural production.

The research is based on an exhaustive review of the literature using the qualitative documentary method, consulting national and international authors, as well as national educational plans and programs. The main objective of this research is to evaluate the state of the soils in the province of Benguela-Angola and propose strategies to improve the

quality of arable soils. This would contribute to sustainable agricultural development and encourage environmentally friendly soil management practices. The Benguela-Angola region offers great opportunities to improve soil quality and achieve sustainable production. The results obtained highlight the urgent need to implement preventive and corrective measures to stop soil contamination and remediate already affected soils. The implementation of sustainable agricultural practices is proposed, such as organic agriculture and the responsible use of chemicals. In addition, the adoption of soil conservation techniques is suggested, such as crop rotation, planting vegetative covers and building terraces. Implementing the proposals mentioned above, in collaboration with farmers, industries, local governments and communities, can make a significant difference. The adoption of sustainable agricultural practices, proper waste management, protection of natural vegetation areas and community awareness are key elements to achieve sustainable production and optimize productivity through proper soil management in the study region.

Introducción

La agricultura desempeña un papel crucial en la sociedad al proporcionar los alimentos necesarios para satisfacer las necesidades básicas de los seres humanos, convirtiéndose así en el sector económico más importante. En Angola, se están llevando a cabo importantes cambios en los últimos años con el objetivo de reducir la dependencia excesiva de la economía en los recursos minerales y el petróleo, y fomentar el desarrollo de otros sectores, donde la agricultura ejerce un papel decisivo.

Sin embargo, se observa una tendencia en el país hacia una expansión anual casi duplicada del área cultivada, hacia áreas naturales y marginales. Esta expansión se ve motivada principalmente por los bajos rendimientos obtenidos por unidad de superficie. lamentablemente, en la mayoría de los casos, esta expansión conlleva daños ambientales significativos, como la erosión del suelo, la salinidad, la desertificación, la deforestación y la amenaza a la biodiversidad y la escasez de agua.

Es fundamental abordar estos desafíos para garantizar la sostenibilidad de la agricultura en Angola. Se requiere una gestión adecuada de los recursos naturales y una planificación cuidadosa para minimizar los impactos negativos en el medio ambiente. Además, es necesario implementar prácticas agrícolas sostenibles que permitan aumentar los rendimientos por unidad de superficie sin comprometer la salud del suelo y la biodiversidad.

La agricultura en Angola desempeña un papel fundamental en el desarrollo económico del país. Sin embargo, es necesario abordar los desafíos relacionados con la expansión del área cultivada en áreas naturales y marginales, que conllevan daños ambientales significativos. La implementación de prácticas agrícolas sostenibles y la gestión adecuada de los recursos naturales son clave para garantizar la sostenibilidad a largo plazo de la agricultura en Angola.

El suelo, como recurso fundamental para la supervivencia de la humanidad y las demás especies, proporciona el 95% de los alimentos que consumimos. A pesar de su importancia, durante mucho tiempo se ha descuidado su protección medioambiental. No se ha prestado atención suficiente a la amenaza que las actividades humanas representan para el suelo, un recurso natural cada vez más escaso y de valor incalculable debido a su papel central en la interacción entre la geosfera y la biosfera. La degradación del suelo conlleva la pérdida de servicios ecosistémicos, lo cual tiene graves consecuencias.

En este contexto, la protección del suelo ha ido adquiriendo mayor relevancia en Angola, en línea con los esfuerzos de África por lograr un territorio sostenible. El Gobierno angoleño ha asumido un compromiso sólido con la preservación del suelo y está trabajando en la implementación de criterios de sostenibilidad cada vez más avanzados en diversas áreas, como la ordenación del territorio y el urbanismo, la agricultura, la ganadería, la silvicultura, la Gestión de espacios naturales y la recuperación de suelos contaminados.

Para coordinar estas intervenciones, Angola ha desarrollado la Estrategia de Protección del Suelo, establecida mediante el Decreto Presidencial N° 177/20 de 23 de junio. Esta estrategia, aprobada por el Ministerio de Agricultura y Pesca, propone cumplir los objetivos planteados trabajando de manera colaborativa y coordinada con todos los actores involucrados en la protección de este recurso natural. La estrategia aborda las preocupaciones ambientales más urgentes, como el cambio climático y la pérdida de biodiversidad, y las integra con los desafíos tradicionales, como la pérdida de calidad del agua y del aire. El enfoque resultante es una combinación de conceptos integradores que permiten abordar la protección del medio ambiente incorporando aspectos sociales y económicos.

El desafío es rehabilitar los suelos degradados y reducir al mínimo la degradación y ocupación del suelo en términos netos. Suelos saludables son esenciales para lograr la neutralidad climática, una economía circular y limpia, revertir la pérdida de biodiversidad, garantizar alimentos saludables, proteger la salud humana y combatir la desertificación y la

degradación del suelo. Tanto los seres humanos como las demás especies que habitan la Tierra necesitan un contacto directo con el suelo y los ecosistemas terrestres.

Siendo fundamental tomar medidas para proteger y preservar el suelo como un recurso vital. Angola está comprometida en esta tarea y ha establecido una estrategia integral que aborda los desafíos ambientales y promueve la colaboración entre diferentes sectores. Solo a través de la rehabilitación de los suelos degradados y la adopción de prácticas sostenibles podremos garantizar un futuro saludable y sostenible para nuestro planeta.

A pesar del lanzamiento del proyecto RETESA (Rehabilitación de Tierras y Gestión de las Áreas de Pasto en los Sistemas Agrarios de los Pequeños Productores en el suroeste de Angola) por parte de la Agencia de las Naciones Unidas, el cual se reconoce como un punto de partida para el desarrollo de actividades enfocadas en el fomento y la gestión de áreas de pasto, la realidad es que Angola sigue enfrentando una pérdida significativa de suelos debido a la erosión. Según el asesor del Fondo de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación (FAO), se estima que el país pierde alrededor de 20 millones de toneladas de suelos al año, lo cual equivale a una pérdida de capacidad para alimentar a aproximadamente 50.000 personas.

La obtención de tierras destinadas a la producción agrícola a menudo se lleva a cabo mediante el proceso tradicional de roza-tumba-quema de los bosques nativos. Esta práctica, conocida como agricultura de roza-tumba-quema, ha sido empleada durante mucho tiempo y se considera el primer paso en la transición de una sociedad basada en la recolección de alimentos a una sociedad que produce sus propios alimentos (Zhang, Y., Ram, MK, Stefanakos, EK y Goswami, DY (2012)). Aunque aún se practica en varias regiones del mundo, esta técnica tiene impactos negativos significativos en el medio ambiente.

La agricultura de roza-tumba-quema resulta económicamente viable y ofrece ventajas para los agricultores al permitirles preparar terrenos nuevos para la plantación y otras actividades agrícolas. Sin embargo, también conlleva consecuencias graves para el medio ambiente. Disminuye la biodiversidad y aumenta la erosión del suelo, contribuyendo así al problema de la deforestación y al empobrecimiento de los suelos. Con frecuencia, los incendios resultantes de esta práctica se descontrolan y propagan, destruyendo grandes extensiones de bosques.

Las alteraciones de la cobertura natural del suelo debido a las actividades humanas también influyen en el sistema hidrológico. Algunos cambios en el uso del suelo no alteran inmediatamente la respuesta hidrológica, sino que se producen de manera progresiva a lo largo del tiempo (Schulze, 2003 citado por Wartbuton, 2012). La práctica de roza-tumba-quema para obtener tierras agrícolas tiene ventajas económicas y culturales para los agricultores, pero también tiene impactos negativos en el medio ambiente, como la reducción de la biodiversidad y el aumento de la erosión del suelo. Es importante fomentar prácticas agrícolas sostenibles que minimicen estos impactos y promuevan la conservación de los recursos naturales.

La degradación de la cobertura vegetal y la deforestación de plantas leñosas y arbustos son procesos ampliamente vinculados a la desertificación. La desertificación se define como la degradación de la tierra en áreas áridas, semiáridas y secas, que ocurre como resultado de cambios climáticos y/o actividades humanas (UNCCD 1994 citado por Dawelbait y Morari 2012). En estas regiones, los recursos naturales como la tierra, el agua y la vegetación son sumamente frágiles y altamente susceptibles a la degradación (CCD/PNUMA 1995). El crecimiento demográfico y la creciente demanda de alimentos, forraje y energía han generado una serie de problemas interconectados, tanto económicos como sociales y ambientales, relacionados con la degradación del suelo. En esencia, la desertificación es el resultado de la degradación de la tierra.

En la actualidad, uno de los principales desafíos relacionados con una gestión inadecuada de los suelos radica en las malas prácticas de conservación, especialmente en lo que respecta a la preparación del terreno, la fertilización, la rotación y asociación de cultivos, así

como el riego. (Giraldo, S. C. (2016)). Mediante el uso y manejo adecuado de las propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo, junto con la implementación de prácticas de conservación, es posible garantizar su equilibrio y recuperación, incrementando así su fertilidad y evitando problemas de degradación y, por consiguiente, la escasez de alimentos. La degradación del suelo representa en la actualidad una amenaza considerable para el futuro de la humanidad, lo cual resulta en una gran preocupación para la comunidad científica y plantea el triple desafío de intensificar, de manera adecuada la conservación del suelo con el fin de mantener su equilibrio y fertilidad, lo cual contribuye a garantizar la disponibilidad de alimentos y preservar los recursos naturales para las generaciones futuras. Es necesario implementar prácticas sostenibles de manejo del suelo, promoviendo la educación y la concienciación acerca de la importancia de su conservación.

Es fundamental integrar la gestión sostenible de la tierra en todas las iniciativas de desarrollo agrícola, pastoril y silvícola en el suroeste de Angola. Esto implica no solo la rehabilitación de las áreas de pasto a través de la mejora de la gestión de los pastos y manadas, sino también la implementación de estrategias de monitorización del proyecto y difusión de las buenas prácticas. Además, se deben fortalecer las capacidades de las comunidades agrarias para reducir el impacto de los procesos de degradación de la tierra y lograr su rehabilitación.

El objetivo de esta investigación es evaluar el estado de los suelos en la provincia de Benguela-Angola y desarrollar estrategias para mejorar la calidad de los suelos cultivables. Este estudio tiene como finalidad contribuir al desarrollo agrícola sostenible y promover prácticas de manejo del suelo que sean respetuosas con el medio ambiente.

Método

Esta investigación es el fruto de una revisión profunda de la literatura siguiendo el método: Documental cualitativo. Se consultaron varios autores nacionales e internacionales e incluso planes y programas educativos nacionales, se realizó una investigación de carácter exploratoria-descriptiva, con el objetivo principal de esta investigación es evaluar el estado de los suelos en la provincia de Benguela-Angola y proponer estrategias para mejorar la calidad de los suelos cultivables. De esta manera, se busca contribuir al desarrollo agrícola sostenible y promover prácticas de manejo del suelo que sean respetuosas con el medio ambiente.

Características de la provincia de Benguela

Benguela, una ciudad y municipio ubicado en la provincia de Benguela, al oeste de Angola, es reconocida por ser la capital de dicha provincia. El municipio está compuesto únicamente por la comuna sede, la cual se divide en seis zonas. Según las proyecciones de población elaboradas por el Instituto Nacional de Estadística para el año 2018, Benguela cuenta con una población de 623.777 habitantes y una superficie territorial de 2.100 km², convirtiéndose así en el municipio más poblado de la provincia y el décimo más poblado del país. Limita al norte con el municipio de Catumbela, al este con los municipios de Bocoio y Caimbambo, al sur con el municipio de Baía Farta y al oeste con el Océano Atlántico.

Su clima es seco y caluroso en la zona costera, con una temperatura media de 24,2 grados Celsius y 35 grados Celsius máxima. La vegetación se concentra en la parte occidental de la provincia y de vez en cuando esta parte ha disminuido mucho en la zona costera debido a deforestación. Hay aproximadamente 1 millón de hectáreas de tierras potencialmente agrícolas, y puede producir productos variados gracias a la fertilidad del suelo y los recursos hídricos. Los principales productos son plátanos, maíz, patatas (renos y batatas), trigo, coco, frijoles, frutas, cítricos, mangos, caña de azúcar, etc.

La provincia de Benguela posee un alto potencial agrícola y agropecuario, el cual ha sido históricamente comprobado. Esto se debe a una estructura de suelo única y una diversidad

climática favorable, que se combinan con una red hidrográfica de calidad envidiable. Con alrededor de un millón de hectáreas de tierra cultivable, la provincia cuenta con grandes capacidades para el desarrollo de la actividad agrícola en esta zona. Benguela representa una importante región agrícola en Angola, con un gran potencial para el desarrollo de la actividad agrícola y agropecuaria. Es conocida a nivel nacional por la variedad de su producción y por la cría de ganado vacuno donde, ocupa el cuarto lugar. Actualmente cultiva una superficie aproximada de 214.000 hectáreas y los principales productos alcanzan unas 247.000 toneladas.

Además, la temperatura promedio anual en Angola es de alrededor de 20 grados Celsius, con mínimas de 14 grados y máximas de 28 grados. Estas temperaturas moderadas, junto con las 12 a 13 horas de luz diurna, brindan un entorno propicio para el desarrollo de diversos cultivos y la actividad agrícola en general.

Los suelos en Angola se caracterizan por ser predominantemente francos, arcillosos y arenosos. Estos tipos de suelo ofrecen una base adecuada para la agricultura y otros usos. Las precipitaciones anuales promedio en Angola rondan los 1100 mm, aunque existen regiones donde las cifras pueden llegar a los 2500 mm. Estas condiciones pluviométricas favorables contribuyen a la fertilidad del suelo y al crecimiento de los cultivos.

Los suelos predominantes en la localidad de Benguela son principalmente del tipo ferralítico, pero también se encuentran presentes los paraferalíticos y los litosoles. Estos últimos, aunque no sean muy representativos, están asociados a la parte inferior ya la base de las laderas de las montañas (Diniz 1993; citado por Matas et al., 2007). Los suelos paraferalíticos y los litosoles presentan una fertilidad significativamente mayor que los ferralíticos y son utilizados principalmente para cultivos de sequía, como el trigo.

Además, en la región de Benguela también se encuentran suelos aluviales asociados a los valles más extensos. Estos suelos, conocidos como "nakas" y "mbalas" por los agricultores locales, son áreas relativamente fértiles que se aprovechan principalmente durante la época seca mediante el riego regulado del manto freático. En estas áreas se cultivan hortalizas y maíz, aprovechando la existencia de numerosas fuentes de agua en las laderas de las montañas (Ramos Noriega, M. I. (2019)).

Es importante destacar la diversidad de suelos y las características agrícolas de la localidad de Benguela. Los suelos ferralíticos, paraferalíticos y litosoles presentes en la región ofrecen diferentes posibilidades para el desarrollo de prácticas agrícolas sostenibles. Es fundamental implementar estrategias de conservación del suelo y manejo del agua, así como aprovechar la fertilidad de los suelos para asegurar la producción agrícola a largo plazo (Diniz 1993; Matas et al., 2007; Sardinhas 2006).

En resumen, Angola cuenta con suelos francos, arcillosos y arenosos, con precipitaciones anuales promedio de alrededor de 1100 mm, temperaturas anuales promedio de 20 grados Celsius y 12 a 13 horas de luz diurna. Estas condiciones son favorables para la agricultura y la producción de alimentos en el país.

Es fundamental implementar estrategias y políticas que promuevan la rehabilitación de la actividad agrícola en Benguela. Esto implica la remoción y desactivación de minas, así como la implementación de programas de apoyo y capacitación para los agricultores, con el fin de fomentar el uso sostenible de la tierra y maximizar el potencial agrícola de la provincia.

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), Angola se encuentra entre los cinco países con mayor potencial agrícola en el mundo. El país cuenta con una extensión de 58 millones de hectáreas de tierras cultivables, equivalente a un área más grande que Francia. Sin embargo, solo el 10% de estas tierras se encuentra actualmente en explotación, principalmente debido a la falta de sistemas de riego adecuados.

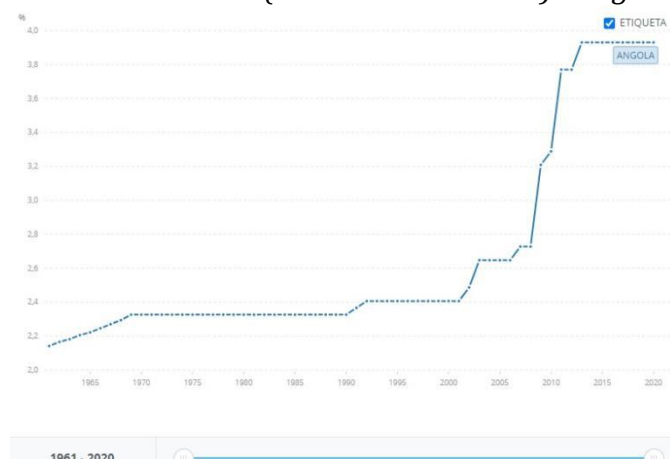
En la provincia de Kwanza del Sur, se encuentra la mayor instalación agrícola del país, ubicada a 1.400 metros sobre el nivel del mar en los altiplanos. Con una extensión de 10.000 hectáreas, actualmente solo un tercio de esta superficie está siendo cultivada. A pesar de esto,

en esta área se producen actualmente 50 especies diferentes, generando un volumen de negocios anual de 5 millones de dólares.

Es importante destacar que, aunque los grandes terratenientes privados representan aproximadamente el 15% de los productores agrícolas en Angola, logran explotar cerca de la mitad de las tierras cultivables del país (Tabla 1). Esto subraya la necesidad de promover la inversión en el sector agrícola y fomentar la participación de los pequeños agricultores para aprovechar plenamente el potencial agrícola de Angola.

Figura 1

Tierras cultivables (% del área de tierra) - Angola



Benguela, la huerta de Angola

La producción agrícola en esta región es diversa y abundante (Tabla 2). Los principales cultivos incluyen sisal, algodón, caña de azúcar, café arábico, aguacate, plátano, papa, camote, sésamo, frijol macundé, girasol, guayaba, papaya, mango, maracuyá, massambala, massango, maíz, plantas aromáticas, hortalizas, ricino, tabaco, eucalipto y pino.

Aproximadamente 1 millón de hectáreas de la superficie total de 39.826,83 km² son adecuadas para la actividad agrícola. En la actualidad, se están implementando programas de rehabilitación para mejorar las infraestructuras de apoyo a la agricultura, ganadería y riego. Se prioriza el cultivo de maíz, frijol, plátano, palma y diversas hortalizas. Se estima que la producción bruta alcanza las 80.000 toneladas.

Además, se busca rehabilitar los sistemas de riego en el interior de la provincia para beneficiar a los campesinos. Se están distribuyendo insumos agrícolas y brindando capacitación con el objetivo de apoyar y fortalecer la producción agrícola en al menos 6 municipios del interior.

Los datos proporcionados por las explotaciones agrícolas de tamaño mediano revelan que en esta región se está apostando por la producción de alimentos a gran escala. A pesar de la crisis, el mercado local está inundado de hortalizas y esto ha estimulado la capacidad emprendedora de los agricultores.

Benguela reúne las condiciones climáticas ideales para ser considerada la mejor zona del país (Tabla 3), e incluso del mundo, para la producción de bananos. Se estima que los grandes productores de la zona lanzan al mercado alrededor de 15.000 toneladas de plátanos al año. Este cultivo ocupa la mayor parte de la superficie agrícola de los valles de Benguela, donde también trabajan otros 200 pequeños y medianos productores, principalmente en los valles del Culango y Canjala.

Figura 2

Perfil de NDVI comparado con LTA (1984-2015) y año anterior

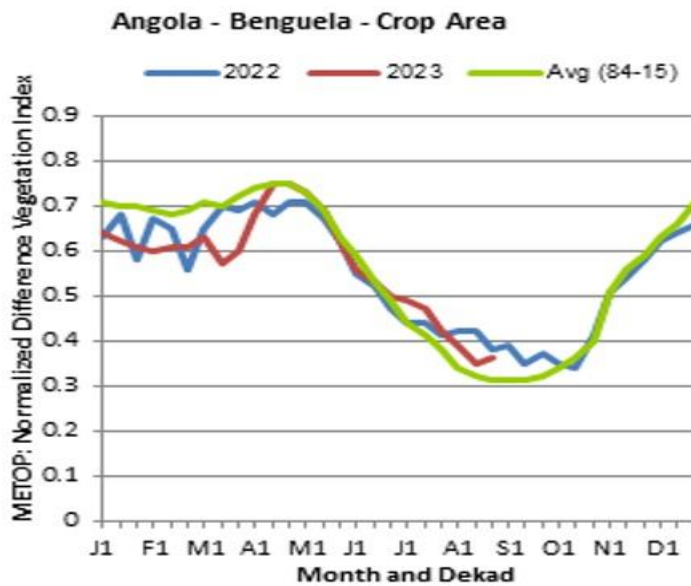
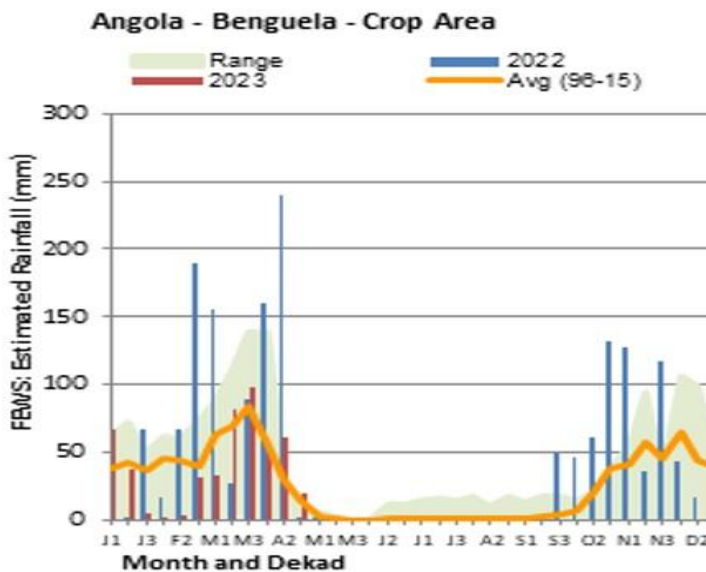


Figura 3

Precipitación estimada comparada con LTA y año anterior



El Perfil NDVI comparado con LTA es una herramienta que compara el promedio móvil de largo plazo (LTA) del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) con el NDVI actual, permitiendo identificar anomalías en la vegetación a lo largo del tiempo.

Sin embargo, las metas para Benguela son aún más ambiciosas. En los próximos tres años, la provincia planea alcanzar una producción de al menos 24.000 toneladas anuales de plátanos. Los expertos aseguran que, llegando a las 50.000 toneladas, se podrían satisfacer las necesidades del país y garantizar un flujo continuo de exportaciones a los mercados más exigentes del mundo.

En el mercado nacional, aproximadamente el 70% del tomate, la cebolla y el plátano que se vende en Luanda provienen de Benguela, mientras que el 20% proviene de Namibe y el 10% de otras áreas cercanas. En el valle del Cavaco, el más productivo de la provincia, es donde se

están realizando las apuestas más ambiciosas y competitivas, y donde asumen cada vez más el liderazgo en la producción de hortalizas.

En la actualidad, los agricultores de esta zona utilizan maquinaria moderna, sembradoras, sistemas de riego automático, buldóceres, niveladoras y otros equipos avanzados. Esto garantiza la continuidad del negocio de la banana incluso cuando se produce el cambio generacional y las tierras pasan a manos de las nuevas generaciones, quienes encuentran incentivos para no abandonar el campo y continuar con el negocio.

Un factor clave en el éxito de la producción agrícola en Benguela es el agua. La rehabilitación de la represa de Dungo, en el municipio de Cubal, por parte del Gobierno Provincial de Benguela, ha sido fundamental para garantizar la disponibilidad de agua para el riego de las extensas áreas agrícolas. Veinte años después, los agricultores de la región han renovado sus esperanzas en el retorno a la producción a gran escala de plátanos, cebollas, tomates y maíz (que ha experimentado una alta demanda recientemente) en las 2.500 hectáreas de tierra cultivada.

Resultados

La producción de cereales en 2022 superó ligeramente la media de los últimos cinco años, especialmente en lo que respecta a los cereales secundarios. La cosecha de cereales principales concluye en julio y, aunque aún no se dispone de datos oficiales, las condiciones climáticas favorables en las principales zonas productoras de cereales, indican un rendimiento superior (Figura 1). Sin embargo, en las provincias del sur, las irregularidades en las precipitaciones y las altas temperaturas han afectado negativamente la producción de cereales.

Figura 4
Calendario de cultivos (*cultivo alimentario principal)



Fuente: Source: FAO/GIEWS.

En el período comercial 2022/23 (abril/marzo), superó el promedio, lo que se debe principalmente a la necesidad de satisfacer alrededor del 40% de las demandas internas de cereales. Las importaciones de trigo y arroz, que representan la mayor proporción de las importaciones de cereales, aumentaron en un 4% y un 17% respectivamente, en comparación con el promedio de los últimos cinco años.

En cuanto a la inflación de alimentos, se observó una desaceleración en 2022, aunque los niveles siguen siendo elevados. La tasa de inflación anual general se estimó en un 21% en julio de 2022, el nivel más bajo desde mediados de 2020. A diferencia de los países vecinos, el país se ha beneficiado de los altos precios del petróleo a nivel mundial, debido a su condición de exportador, lo que ha respaldado una apreciación de la moneda nacional y ha ayudado a frenar la inflación causada por las importaciones. Además, la implementación del Plan Estratégico de Reservas Alimentarias por parte del gobierno ha contribuido a estabilizar el suministro interno de alimentos y contener los aumentos de precios, aliviando así la presión inflacionaria.

La producción de cereales fue superior a la media en 2022, junto con un aumento en las importaciones de cereales para satisfacer la demanda interna. Aunque la tasa de inflación de alimentos se ha desacelerado, sigue siendo elevada, pero se han implementado medidas para contener los aumentos de precios y estabilizar el suministro interno de alimentos.

Angola: Pérdida de suelos y contaminación en la agricultura

En Angola, se ha revelado que el país pierde alrededor de 20 millones de toneladas de suelos al año debido a la erosión, lo que equivale a una pérdida de capacidad para alimentar a 50.000 personas. Esta preocupante situación fue dada a conocer por Paulo Vicente, asesor del Fondo de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación (FAO), durante una conferencia en Namibe.

El perímetro agrícola de Catumbela, ubicado al norte de la ciudad de Benguela, cuenta con 3.317 hectáreas de tierra cultivable. En esta área se cultivan principalmente maíz, hortalizas y plátanos, con un total de 520 hectáreas de maíz, 539 hectáreas de hortalizas y 193 hectáreas de plátano. Sin embargo, el bajo caudal del río Catumbela, debido a la falta de lluvias, ha afectado negativamente los cultivos en la región.

Además, las actividades agrícolas en la región han contribuido a la contaminación del suelo. Se han utilizado sustancias químicas peligrosas, como plaguicidas, contaminantes orgánicos persistentes, plomo y mercurio, lo cual representa un riesgo tanto para la salud ambiental como para la salud humana. Aunque el uso de estos productos químicos está prohibido o controlado en los países desarrollados, su vertido ilegal en África sigue siendo un desafío importante para la gestión de la contaminación ambiental.

El uso de plaguicidas en la agricultura se considera el factor principal que contribuye a la contaminación del suelo. Se han detectado niveles significativos de endosulfán y Dicloro, Difenil, Tricloroetano (DDT) en los suelos de las granjas estatales en Etiopía, y se atribuyen a las prácticas agrícolas históricas en la zona. En Burkina Faso, se han encontrado endosulfán y profenofos en los suelos utilizados para la producción de algodón.

Aunque el DDT está prohibido para fines agrícolas en la región, se han otorgado excepciones para su uso en el control del vector de la Malaria. Sin embargo, en ocasiones, el DDT se desvía de su propósito y se vende en el mercado local para su uso en la agricultura.

El enterramiento de plaguicidas obsoletos en el pasado también ha sido una fuente de contaminación del suelo. Esta práctica puede ser una fuente difusa de contaminación de las aguas subterráneas por infiltración. Según el Banco Mundial, se identificaron alrededor de 50.000 toneladas de plaguicidas obsoletos en África en el año 2018.

La pérdida de suelos y la contaminación en la agricultura representan una grave amenaza para la seguridad alimentaria y el desarrollo sostenible en Angola. Es fundamental implementar prácticas agrícolas sostenibles, promover el uso responsable de productos químicos y fomentar la conservación y restauración de los suelos para proteger los recursos naturales y garantizar el bienestar de las generaciones futuras.

Como posible solución, se debe comenzar a respetar las alianzas y convenios existentes a nivel nacional e internacional:

La Alianza Mundial por el Suelo (AMS) se estableció en 2012 con el objetivo de promover una colaboración más estrecha y eficaz entre las partes interesadas. Su mandato es mejorar la gobernanza de los recursos limitados del suelo en todo el mundo, asegurando la salud y productividad de los suelos para garantizar la seguridad alimentaria y respaldar otros servicios ecosistémicos vitales. La AMS reconoce el derecho soberano de cada estado sobre sus recursos naturales y se esfuerza por lograr una gestión sostenible del suelo.

Las Directrices voluntarias para la gestión sostenible de los suelos (VGSSM) fueron aprobadas por el Consejo de la FAO en 2016 y proporcionan recomendaciones técnicas y políticas para lograr una gestión sostenible del suelo. Estas directrices identifican diez amenazas para el funcionamiento y la salud del suelo, incluida la contaminación del suelo, y proponen una serie de principios para minimizar y controlar estas amenazas.

El Código Internacional de Conducta para la Gestión de Plaguicidas, aprobado por los miembros de la FAO en 2013, establece normas voluntarias de conducta para todas las partes interesadas involucradas en el uso de plaguicidas. El objetivo de este código es garantizar el uso racional de los plaguicidas y servir como base para los países que carecen de legislación o tienen una legislación débil para regular la calidad y adecuación de los productos plaguicidas.

El Plan de Acción Mundial sobre la Resistencia a los Antimicrobianos, avalado por la Asamblea de la OMS en 2022, tiene como objetivo combatir la resistencia a los antimicrobianos, que representa una amenaza para la salud humana y animal y obstaculiza los avances médicos en el tratamiento de enfermedades infecciosas. Este plan establece cinco metas para combatir la resistencia a los antimicrobianos, que incluyen aumentar la conciencia, reducir la incidencia de infecciones y optimizar el uso de medicamentos antimicrobianos.

El Convenio de Bamako sobre la prohibición de la importación de desechos peligrosos a África y la gestión de los desechos dentro del continente fue adoptado en el marco del Convenio de Basilea. Sus objetivos principales incluyen prohibir la importación de desechos potencialmente peligrosos, incluidos los radiactivos, y gestionar adecuadamente los desechos ya presentes en África. Sin embargo, su aceptación y aplicación han sido limitadas, lo que llevó a la Declaración de Libreville sobre Salud y Medio Ambiente en África en 2008, promovida por la OMS. Esta declaración busca establecer un marco legislativo, desarrollar capacidades para abordar los problemas, iniciar y coordinar la investigación aplicada, y garantizar una implementación y seguimiento efectivos a nivel nacional.

Es fundamental mejorar los mecanismos de comunicación sobre las causas, riesgos y acciones preventivas de la contaminación del suelo entre todas las partes interesadas, especialmente el público en general. Las acciones emprendidas por la Alianza Mundial por el Suelo después del Simposio Mundial sobre Contaminación del Suelo y con motivo del Día Mundial del Suelo en 2023 han demostrado un gran interés en este tema.

Siendo conscientes de la importancia de las prácticas profesionales, es fundamental abordar estos desafíos y trabajar juntos para garantizar un manejo sostenible del suelo y proteger nuestros recursos naturales para las generaciones futuras.

Acciones prioritarias para prevenir y detener la contaminación del suelo y para remediar los suelos contaminados pueden incluir:

Implementar medidas de gestión adecuadas en actividades industriales y agrícolas para minimizar la liberación de sustancias contaminantes al suelo. Esto puede incluir el uso de tecnologías más limpias, la aplicación de buenas prácticas agrícolas y la promoción de métodos de producción sostenibles.

Establecer regulaciones y normativas ambientales estrictas para controlar y monitorear la contaminación del suelo. Esto puede incluir la implementación de programas de seguimiento

y evaluación de la calidad del suelo, así como sanciones para aquellos que no cumplan con los estándares establecidos.

Promover la educación y conciencia ambiental para fomentar prácticas responsables de manejo del suelo. Esto puede incluir la capacitación de agricultores, industrias y comunidades locales sobre la importancia de proteger y conservar la calidad del suelo.

Fomentar la investigación y desarrollo de tecnologías y métodos innovadores para la remediación de los suelos contaminados. Esto puede incluir el uso de técnicas de biorremediación, donde organismos vivos se utilizan para degradar contaminantes, o la aplicación de enmiendas y tratamientos específicos para restaurar la calidad del suelo.

Establecer programas de monitoreo a largo plazo para evaluar la efectividad de las acciones de prevención y remediación. Esto permitirá realizar ajustes y mejoras continuas en las estrategias implementadas.

Fomentar la agricultura y la jardinería orgánica: Promover prácticas de cultivo sin el uso de productos químicos tóxicos, como pesticidas y fertilizantes sintéticos, ayuda a prevenir la contaminación del suelo. El uso de técnicas orgánicas, como la rotación de cultivos y el compostaje, mejora la salud del suelo y reduce la dependencia de productos químicos dañinos.

Promover la gestión adecuada de residuos: Implementar programas de reciclaje y compostaje para reducir la cantidad de residuos que terminan en los vertederos. La disposición adecuada de residuos, incluyendo productos químicos y materiales peligrosos, evita que contaminen el suelo y el agua subterránea.

Proteger las áreas de vegetación natural: Conservar y proteger los ecosistemas naturales, como bosques y humedales, ayuda a mantener la calidad del suelo. Estas áreas actúan como filtros naturales, absorbiendo y filtrando contaminantes antes de que lleguen al suelo y al agua.

Fomentar el uso responsable de productos químicos: Promover el uso responsable de productos químicos en actividades industriales y domésticas, evitando su liberación al suelo. Esto implica el uso adecuado y el almacenamiento seguro de productos químicos, así como la adopción de alternativas más seguras y menos tóxicas.

Implementar medidas de control de erosión: La erosión del suelo es una causa importante de contaminación, ya que puede llevar consigo sedimentos y contaminantes hacia cuerpos de agua cercanos. Implementar medidas de control de erosión, como la siembra de coberturas vegetales, la construcción de terrazas y la conservación de suelos, ayuda a prevenir la pérdida de suelo y la contaminación asociada.

Es importante destacar que estas acciones deben ser llevadas a cabo de manera coordinada entre diferentes actores, incluyendo gobiernos, industrias, agricultores, científicos y la sociedad en general, para lograr resultados efectivos en la protección y conservación del suelo. La colaboración y el compromiso de todos son fundamentales para enfrentar los desafíos de la contaminación del suelo y crear un entorno sostenible para las generaciones futuras.

Estrategias para la gestión sostenible del suelo

En el ámbito de la gestión sostenible del suelo, se han identificado una serie de acciones clave para promover la armonización de los procedimientos operativos estándar en los métodos de laboratorio para el análisis de contaminantes del suelo. Esto incluye el desarrollo de niveles umbral normalizados de contaminación del suelo, lo cual permitirá establecer criterios claros para evaluar y controlar la calidad del suelo.

Asimismo, es fundamental fomentar la inclusión de la contaminación del suelo en los datos y la información de los estudios edafológicos convencionales en los sistemas nacionales y mundiales de información sobre el suelo. Esto ayudará a mejorar la comprensión global de los desafíos y las soluciones relacionadas con la contaminación del suelo.

Además, se requiere una mayor inversión en investigación específica sobre contaminantes emergentes, abordando aspectos como su detección, destino en el ambiente, evaluación de riesgos y remediación. Esto permitirá desarrollar estrategias efectivas para hacer frente a los nuevos desafíos en materia de contaminación del suelo.

En cuanto a la vigilancia de la contaminación puntual y difusa del suelo, es necesario establecer y fortalecer los sistemas nacionales, regionales y mundiales de inventario y monitoreo. Esto permitirá obtener datos actualizados y confiables sobre la calidad del suelo y facilitará la toma de decisiones informadas en materia de gestión ambiental.

Paralelamente, es esencial establecer y fortalecer los sistemas nacionales de biovigilancia y vigilancia epidemiológica para identificar, evaluar y controlar los daños y las enfermedades atribuibles a la contaminación del suelo. Estos sistemas serán fundamentales para implementar acciones preventivas y mitigar los impactos negativos en la salud humana y el medio ambiente.

Para fortalecer la cooperación internacional en la gestión sostenible del suelo, se promueve la creación del Sistema Mundial de Información y Vigilancia de la Contaminación del Suelo. Esta iniciativa facilitará el intercambio de buenas prácticas, datos y experiencias entre los países, impulsando acciones conjuntas para abordar los desafíos globales relacionados con la contaminación del suelo.

Implementación efectiva para prevenir y remediar la contaminación del suelo

Es fundamental hacer cumplir los acuerdos internacionales sobre productos químicos, contaminantes orgánicos persistentes, residuos y gestión sostenible del suelo. Esto implica garantizar el cumplimiento de las Directrices Voluntarias para la Gestión Sostenible de los Suelos y los Códigos Internacionales de Conducta para el Uso y Manejo Sostenible de Fertilizantes y Plaguicidas.

Igualmente, se propone establecer un sistema de incentivos y reconocimiento a los esfuerzos para detener la contaminación del suelo. Esto puede incluir el etiquetado ecológico y el cumplimiento de esquemas como las Directrices Voluntarias para la Gestión Sostenible de los Suelos, ofreciendo un etiquetado distintivo a los productos agrícolas que apliquen prácticas sostenibles de manejo del suelo.

Es necesario abogar por un compromiso mundial para prevenir, detener y remediar la contaminación del suelo, en línea con los objetivos de Contaminación Cero/Hacia un Planeta Libre de Contaminación. Se pueden tomar como base los esfuerzos y objetivos regionales, como el Pacto Verde Europeo, para establecer metas claras y acciones concretas en esta materia.

Es importante mejorar los reglamentos nacionales e internacionales sobre emisiones industriales y mineras, promoviendo procesos productivos respetuosos con el medio ambiente. Esto contribuirá a reducir significativamente la contaminación del suelo generada por estas actividades.

La implementación de políticas que promuevan el "derecho a la reparación" y desincentiven la obsolescencia programada de materiales fabricados también es clave para reducir los residuos, incluidos los electrónicos. Asimismo, se debe desincentivar y reducir el uso de artículos de un solo uso, especialmente en envases de materiales y alimentos.

Es necesario aplicar políticas adecuadas de recolección de desechos y gestión verde que promuevan el reciclaje y garanticen el tratamiento adecuado de diferentes tipos de residuos dentro y entre los países. Esto contribuirá a reducir la generación de residuos y minimizar su impacto en el suelo y el medio ambiente en general.

En el ámbito de la gestión sostenible de los suelos agrícolas, se deben implementar políticas que reduzcan la dependencia de los productos agroquímicos y promuevan el control de la calidad del agua de riego y los residuos orgánicos. Esto permitirá minimizar los impactos

negativos de la agricultura en la calidad del suelo y contribuirá a la producción de alimentos más saludables y sostenibles.

Es esencial desarrollar e incluir en los mecanismos nacionales de presentación de informes los objetivos e indicadores de contaminación del suelo relacionados con el logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Esto permitirá evaluar y monitorear de manera efectiva los avances en la gestión sostenible del suelo y garantizar la rendición de cuentas en este ámbito.

Por último, es necesario ampliar las tecnologías sostenibles de gestión y remediación basadas en la naturaleza y ambientalmente racionales, como la biorremediación. Estas tecnologías ofrecen soluciones efectivas y respetuosas con el medio ambiente para abordar la contaminación del suelo y restaurar su calidad de manera sostenible.

En conclusión, la gestión sostenible del suelo requiere de una serie de acciones estratégicas y técnicas, que van desde la armonización de procedimientos operativos hasta la implementación de políticas y acciones concretas. Con la colaboración y el compromiso de todos los sectores involucrados, es posible prevenir y remediar la contaminación del suelo, protegiendo así nuestra salud y el medio ambiente para las generaciones futuras.

Discusión y conclusiones

. El objetivo de la investigación fue evaluar el estado de los suelos en la provincia de Benguela-Angola y desarrollar estrategias para mejorar la calidad de los suelos cultivables, con el fin de lograr una producción sostenible y optimizar la productividad a través del buen manejo del suelo.

Durante la evaluación, se identificaron diversas problemáticas que afectan la calidad de los suelos en Benguela-Angola, como la erosión, la degradación de la materia orgánica, la salinización y la contaminación química. Estos problemas representan un desafío significativo para la seguridad alimentaria y el desarrollo sostenible de la región.

Los resultados obtenidos resaltan la necesidad urgente de implementar medidas preventivas y correctivas para detener la contaminación del suelo y remediar los suelos ya afectados. Para lograr esto, se propone la implementación de prácticas agrícolas sostenibles, como la agricultura orgánica y el uso responsable de productos químicos. También se sugiere la adopción de técnicas de conservación del suelo, como la rotación de cultivos, la siembra de coberturas vegetales y la construcción de terrazas.

Además, es esencial promover la gestión adecuada de residuos y proteger las áreas de vegetación natural, como los bosques y los humedales, que actúan como filtros naturales y contribuyen a mantener la calidad del suelo.

La región de Benguela-Angola tiene grandes posibilidades para mejorar la calidad de los suelos y alcanzar una producción sostenible. La implementación de las propuestas de solución mencionadas anteriormente, junto con la colaboración de los agricultores, las industrias, los gobiernos locales y las comunidades, puede marcar una diferencia significativa.

La educación y la conciencia ambiental también desempeñan un papel fundamental en este proceso. Es importante capacitar a los agricultores y a la comunidad en general sobre las prácticas adecuadas de manejo del suelo y los beneficios de la conservación del suelo para lograr una producción sostenible y optimizar la productividad.

Es necesario tomar medidas urgentes para mejorar la calidad de los suelos en Benguela-Angola. La implementación de prácticas agrícolas sostenibles, el manejo adecuado de residuos, la protección de áreas de vegetación natural y la concienciación de la comunidad son clave para lograr una producción sostenible y optimizar la productividad a través del buen manejo del suelo en la región.

Referencias

- África. Texto con anexos. Suiza, 71p.
[http://www.fecomol.org/pdf/Convencion de las Naciones Unidas de la Lucha Contra la Des.pdf](http://www.fecomol.org/pdf/Convencion_de las Naciones Unidas de la Lucha Contra la Des.pdf)
- CCD/PNUMA. 1995. Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación y la Sequía , en particular en Dawelbait, M. y Morari, F. (2012). Monitoring desertification in a Savannah region in Decreto Presidencial N° 177/20 de 23 de junio.
<https://faolex.fao.org/docs/pdf/ang196090.pdf>
- Diniz, E. S., Amaral, C. H., Sardinha, S. T., Thiele, J., & Meira-Neto, J. A. A. (2021). Phylogenetic signatures in reflected foliar spectra of regenerating plants in Neotropical forest gaps. *Remote Sensing of Environment*, 253, 112172.
<http://148.207.151.236:8080/xmlui/handle/123456789/374>.
- Elsevier. Vol 80, pages 45-55.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0140196311003971> Giraldo, S. C. (2016). La ciencia del suelo, un reto para la Ingeniería Ambiental en Colombia. *Revista Cintex*, 21(2), 9-15.
<https://revistas.pascualbravo.edu.co/index.php/cintex/article/view/14>
- Goswami, K., Choudhury, H.K., Saikia, J. (2012). Factors influencing farmers adoption Instituto Nacional de Estadística (INE) <https://www.ine.gov.ao/of slash and burn agriculture in North East India. Forest Policy and Economics Vol 15, pages 146-151, DOI: 10.1016/j.forpol.2011.11.005>.
- Ramos Noriega, M. I. (2019). Experiencia en integración de la cadena de valor maíz en la región Montaña del Estado de Guerrero.
<http://148.207.151.236:8080/xmlui/handle/123456789/374>
- Salazar, W. L. B., & Montoya, D. H. (2014). Los costos ambientales en la sostenibilidad empresarial. Propuesta para su valoración y revelación contable. *Contaduría Universidad de Antioquia*, (65), 173-195.
<https://revistas.udea.edu.co/index.php/cont/article/view/24400>
- Dawelbait, M., & Morari, F. (2012). Monitoring desertification in a Savannah region in Sudan using Landsat images and spectral mixture analysis. *Journal of Arid Environments*, 80, 45-55. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0140196311003971>
- Zhang, Y., Ram, MK, Stefanakos, EK y Goswami, DY (2012). Síntesis, caracterización y aplicaciones de nanocables de ZnO. *Revista de Nanomateriales* , 2012 , 1-22.
<https://www.hindawi.com/journals/jnm/2012/624520/>

Mendoza desde una perspectiva geológica aplicada al urbanismo del siglo XVI al XVIII
Mendoza from a geological perspective applied to urban planning from the 16Th to the 18Th century

Natalia Lourdes Mazzeo

Medio ambiente, Argentina

(ntlmazzeo@gmail.com) (<https://orcid.org/0009-0000-7236-9171>)

Información del manuscrito:

Recibido/Received: 27/12/23

Revisado/Reviewed: 15/02/24

Aceptado/Accepted: 15/03/24

RESUMEN

Palabras clave:

urbanismo, geología urbana, medio ambiente, historia.

Ha sido de interés identificar los procesos geológicos y medio ambientales del pasado que desencadenaron y acentuaron las transformaciones ecológicas, sociales e históricas del sector urbano de Mendoza entre los siglos XVI y XVIII. En la presente investigación se tomaron como objetos de análisis: los procesos geológicos, la topografía, el manejo hidrogeológico y el uso del suelo. Estas variables fueron medidas a través de indicadores como el uso de recursos naturales, aluviones, inundaciones, eventos sísmicos, formas del relieve y agentes erosivos. Se utilizaron las técnicas del análisis documental y de contenido, además de la técnica de la observación, con el propósito de recabar los recursos necesarios para obtener datos de análisis de cada variable.

Se elaboró una zonificación histórica de peligrosidad geológica, a través de los datos de ocurrencia documentados en los registros históricos analizados. Se obtuvieron cinco unidades, resultando el área con ocurrencia de procesos potencialmente perjudiciales la que comprende el casco urbano de la Ciudad fundacional de Mendoza. Esta se emplaza en la zona de conos y abanicos aluviales del río Mendoza, es decir que forma parte del ambiente donde se genera la descarga del material sedimentario del piedemonte precordillerano. Por consiguiente, los procesos actuantes fueron: inundaciones, aluviones, salinidad y fallamiento activo a través de la falla Cerro de la Cal, cuya traza atraviesa la ciudad. En suma, enmarcar los procesos ambientales de una ciudad desde la geología urbana es fundamental para establecer las amenazas o peligros y los daños potenciales que afectan o pueden afectar al territorio.

ABSTRACT

Keywords:

urban planning, urban geology, environment, history.

This research has been of interest to identify the past geological and environmental processes that triggered and accentuated the ecological, social and historical transformations of the urban sector of Mendoza between the sixteenth and eighteenth centuries. In the present research, the following were taken as objects of analysis: geological processes, topography, hydrogeological management and land use.

These variables were measured through indicators such as the use of natural resources, alluvium, floods, seismic events, landforms and erosive agents. The techniques of documentary and content analysis were used, in addition to the observation technique, in order to gather the necessary resources to obtain data for the analysis of each variable. A historical zoning of geological hazards was elaborated, through the occurrence data documented in the historical records analyzed. Five units were obtained, resulting in the area with potentially damaging processes occurring in the urban area of the foundational city of Mendoza. This is located in the area of cones and alluvial fans of the Mendoza River, i.e. it is part of the environment where the discharge of sedimentary material from the foothills of the foothills is generated. Consequently, the processes involved were: floods, alluvium, salinity and active faulting through the Cerro de la Cal fault, whose trace crosses the city. In short, framing the environmental processes of a city from urban geology is essential to establish the threats or hazards and potential damage that affect or may affect the territory.

Introducción

El desarrollo urbano de Mendoza se llevó a cabo dentro de un crecimiento que supuso la interacción entre la sociedad y el medio natural. La dinámica de este proceso se presenta en tres etapas marcadas por diferentes acontecimientos y eventos en la historia fundacional de la ciudad. En un principio, un periodo prehispánico (anterior al siglo XVI) donde los habitantes pertenecían a culturas locales, con escasa incidencia en la demanda del recurso natural. Luego se instaló el proceso de fundación, manifestando el interés de colonización y exploración del territorio (siglos XVI-XVII) progresando hacia una consolidación de una sociedad de forma efectiva entre los siglos XVII-XVIII, para dar lugar, en el siglo XVIII, al proceso de crecimiento y expansión urbana. La ciudad de Mendoza comenzó a transformarse en un ecosistema urbano dependiente cada vez más de los bienes naturales para su subsistencia. En este sentido, se debe analizar la problemática ambiental como simbiosis de las ciencias sociales y naturales, contextualizando la situación topográfica, geológica, económica, política y antrópica en la historia de una región eje de comunicación entre dos mundos (España y las colonias americanas) y su vínculo estratégico como red de transporte desde sus inicios fundacionales. Es por este motivo que la ciudad de Mendoza sirve como ejemplo para abordar el desarrollo de su ciudad y cómo fue variando según su grado de urbanización en estos tiempos históricos. Esta problemática ha sido estudiada desde una perspectiva de la historia ambiental, arqueológica y social por Chiavazza (2012), Prieto y Chiavazza (2005), Prieto (1989), Prieto et al. (2012), Prieto (1997), Abraham y Prieto (1991), Abraham y Prieto (1981).

Plantear los procesos ambientales históricos de esta ciudad desde una mirada geológica aplicada al urbanismo es la principal motivación de este trabajo. ¿Cómo se vinculan los procesos geológicos y ambientales con las características morfológicas de la ciudad de Mendoza consolidadas entre los siglos XVI y XVIII?

Tendremos en cuenta que todo sistema urbano está rodeado por ecosistemas de diversos tipos (vegetación, suelo, cultivos, campos de pastoreo, cuencas hídricas) que, integrados, configuran el soporte necesario para su subsistencia. En este marco, se pretende analizar el papel cumplido por este asentamiento en la explotación de los recursos y su vínculo directo con los fenómenos naturales asociados a inundaciones, sismos y aluviones. Así, el presente trabajo permitiría mostrar los cambios que la actividad urbana ha desarrollado para adaptarse a las nuevas circunstancias de su ecosistema. Asociado a este enfoque también aportar desde la perspectiva geológico-ambiental los riesgos geológicos a fin de predecir y prevenir fenómenos naturales que perjudiquen a la población o al asentamiento de una población en un determinado sitio geográfico.

Método

El diseño de investigación a seguir es no experimental, utilizando las bases de la investigación tipo proyectiva, cuyo objetivo es describir, analizar y explicar de qué forma se vinculan los procesos geomorfológicos y ambientales con las características morfológicas de la ciudad de Mendoza consolidadas entre los siglos XVI y XVIII.

A través del análisis cualitativo, se pretende abordar y estudiar las variables involucradas en los procesos geomorfológicos y ambientales que sucedieron en el sector urbano de Mendoza tales como la geología, topografía, hidrogeológico y suelo.

Como se puede observar en el cuadro de operacionalización de variables (Tabla 1), se pretende utilizar las técnicas del análisis de contenido, documental y de la observación. Los datos obtenidos a través de estas técnicas serán registrados por medio de los instrumentos de medición.

Como se expone en la Tabla 1, la estrategia de investigación se basa en comprender e interpretar los escenarios naturales que se llevaron a cabo en el proceso de expansión urbana por medio de la reconstrucción del paleoambiente y los recursos naturales desde una perspectiva diacrónica ambiental. Recurriendo a la metodología de la historia ambiental, la cual está encaminada fundamentalmente a obtener datos ecológicos confiables de las fuentes históricas.

Se rastrearán los indicadores naturales como la distribución y cobertura vegetal, especies de la flora y de la fauna local, sequías y precipitaciones extraordinarias, aumento y descenso de caudales de ríos, ciénagas, cauces aluvionales, erosión de suelos, inundaciones, aluviones y análisis sobre eventos sísmicos. Y con respecto a los indicadores antrópicos se indagará en los asentamientos, ocupación y abandono de tierras, uso de recursos naturales, introducción de nuevas especies vegetales y animales, nuevos cultivos, construcción de canales y/o desagües y usos del agua.

Para la descripción de la situación poblacional se tendrán en cuenta los documentos históricos provenientes de las Actas Capitulares del Cabildo de Mendoza, el Archivo General de La Nación y del Archivo General de Indias (Sevilla) España, correspondientes a los siglos XVI, XVII y XVIII.

Un trabajo de base será expresar las categorías asociadas a los procesos (relieve, geomorfología, suelo, vegetación, procesos geológicos, litología y deformaciones cuaternarias) y sus relaciones en el espacio a través de la representación cartográfica. Se confeccionarán mapas teniendo como base los conocimientos actuales de la geomorfología, cobertura vegetal, suelo y deformaciones neotectónica actuantes en el área y se comparará con la documentación histórica, materiales de la información obtenida de los hallazgos arqueológicos y planos característicos del periodo de estudio.

La representación cartográfica del estado actual de los ecosistemas involucrados se realizará a través del análisis de imágenes satelitales, relieves en 3d (DEM) y perfiles longitudinales de los distintos sitios de interés a analizar.

Tabla 1
Cuadro de operacionalización de variables

VARIABLES	INDICADORES	TÉCNICAS	INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN
Procesos Geológicos	Uso de recursos naturales.	Análisis documental	Base de dato y almacenaje en software.
	Aluviones.	Análisis de contenido	Línea de base, gráficos de registros y clasificación de categorías.
	Inundaciones, Eventos sísmicos y deformaciones cuaternarias.	Observación	Cartografía geológica, Software Gis (QGIS)
Topografía	Elevaciones naturales del relieve.	Análisis de contenido	Gráficos de registros y clasificación de categorías
	Superficies ocupadas.	Observaciones	Mapeos temáticos y cartografía geológica. Software Gis (QGIS).
	Forma del relieve. Morfologías del relieve.		
Manejo Hidrogeológico	Construcción de canales y desagües.	Análisis documental	Base de dato y almacenaje en software.
	Ubicación.	Análisis de contenido	Línea de base, gráficos de registros y clasificación de categorías.
	Cercanía de los sectores urbanos. Uso del agua.	Observación	Cartografía geológica, Software Gis (QGIS)
Usos de suelo	Cultivos.	Análisis documental	Base de dato y almacenaje en software.
	Superficies ocupadas.	Análisis de contenido	Línea de base, gráficos de registros y clasificación de categorías.
	Agentes erosivos. Ocupación y abandono de tierras.	Observación	Cartografía geológica, Software Gis (QGIS)

Nota: Adaptado de Mazzeo 2021

Resultados

Se pretende alcanzar una zonificación histórica de peligrosidad geológica, a través de los datos de ocurrencia documentados en los registros históricos analizados para el sector denominado “el casco fundacional de la Ciudad de Mendoza”, ubicado en la actual ciudad de Mendoza, Argentina (Figura 1). La ciudad fundacional se localiza en la zona de la cuarta sección de la capital de esta provincia (Figura 2). Abarcando un área de 25 manzanas en torno a la actual plaza Pedro de Castillo, hacia el oeste del canal Cacique Guaymallén (Chiavazza, 2009). (Figura 3).

La peligrosidad geológica se la puede comprender como la probabilidad de ocurrencia dentro de un periodo determinado y en un área específica, de un fenómeno (proceso geológico) potencialmente perjudicial. Varnes (1984).

Para la zonificación se utilizaron básicamente los siguientes elementos: procesos geológicos, litología, geomorfología, información acerca de recurrencias e intensidad o magnitud de los procesos y característica de los agentes disparadores. (Figura 4). La zonificación es a escala local ya que solo se desea presentar los peligros asociados al sector de estudio.

Para su mayor comprensión se clasificó en las siguientes unidades (González et al., 2002) (Figura 5):

- **Área con ocurrencia de procesos potencialmente perjudiciales.** Esta área comprende el casco urbano de la Ciudad Fundacional de Mendoza (Figura 3). Se encuentra localizada en el sector de conos y abanicos aluviales del río Mendoza (Figura 6 y Figura 7), donde se genera la descarga del material sedimentario del piedemonte Precordillerano. Procesos: inundaciones, aluviones, salinidad y fallamiento activo a través de la falla Cerro de la Cal, cuya traza atraviesa la ciudad.

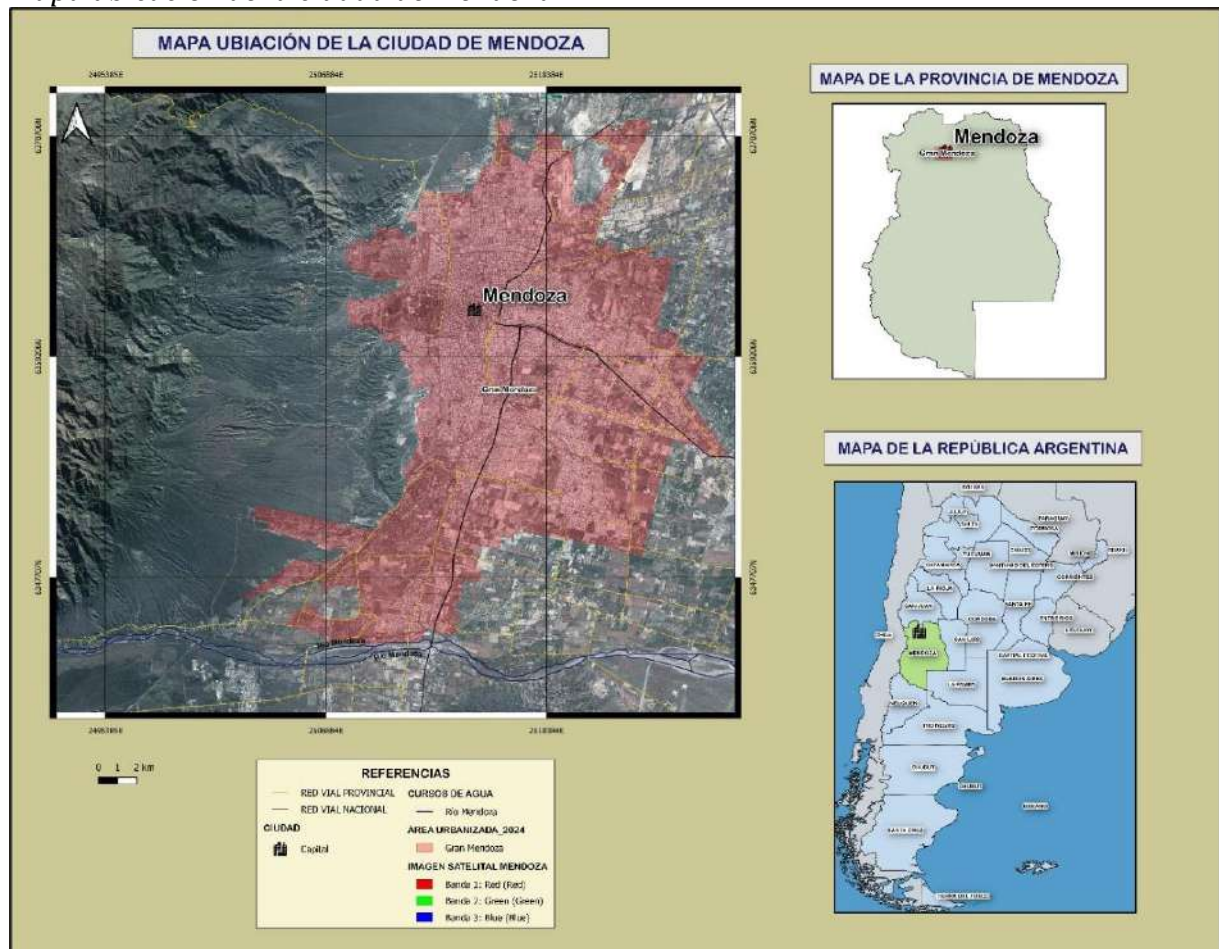
- **Área con ocurrencia de procesos moderadamente perjudiciales.** En ella se ubica el punto arqueológico, sitio Memorial de la Bandera. La zona abarca pequeñas áreas repartidas en el suroeste y noreste cuyos ambientes geológicos son similares al área descrita anteriormente. Procesos: inundaciones, aluviones y salinidad.

- **Área con ocurrencia de procesos moderadamente a levemente perjudiciales.** Se localiza el punto arqueológico Arroyo Tulumaya (PA70). Comprende las bajadas de la Precordillera, sector central del Cono de Maipú, gran parte de las Planicies del Tulumaya y del Rosario (Figura 7). Procesos: erosión (carcavamiento) y sedimentación fluvial, inundación, licuefacción y salinización.

- **Área con ocurrencia de procesos levemente perjudiciales.** Ocupa parte de la planicie de Tulumaya y las lagunas de Huanacache. Los procesos importantes son: erosión (carcavamiento) y sedimentación fluvial, licuefacción y salinización.

- **Área donde no se han detectado procesos perjudiciales.** Coincide con relieves planos o de baja pendiente y altura, en macizos rocosos resistentes. (Figura 10)

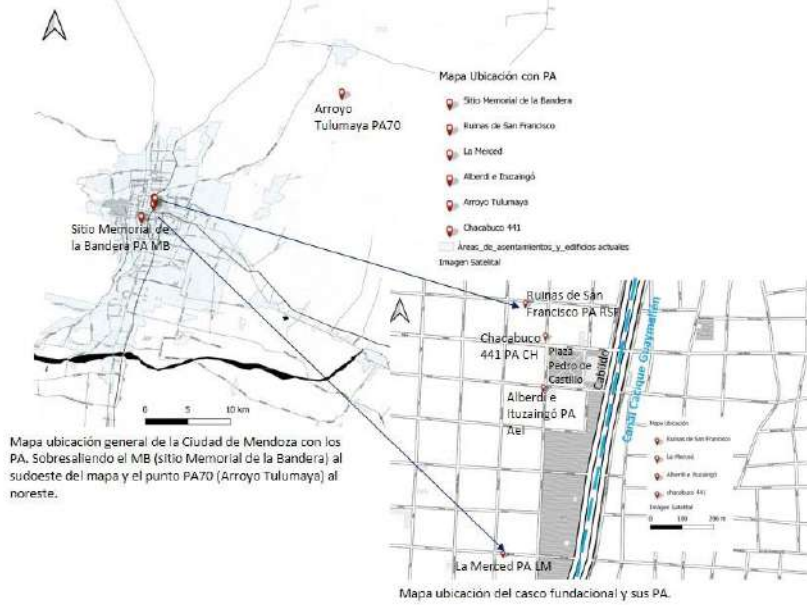
Figura 1.
Mapa ubicación de la ciudad de Mendoza



Nota: Mapa de elaboración propia adaptado de la Infraestructura de Datos Espaciales de la República Argentina (IDERA), Instituto Geográfico Nacional (IGN). Google (<https://www.idera.gob.ar/>).

Figura 2

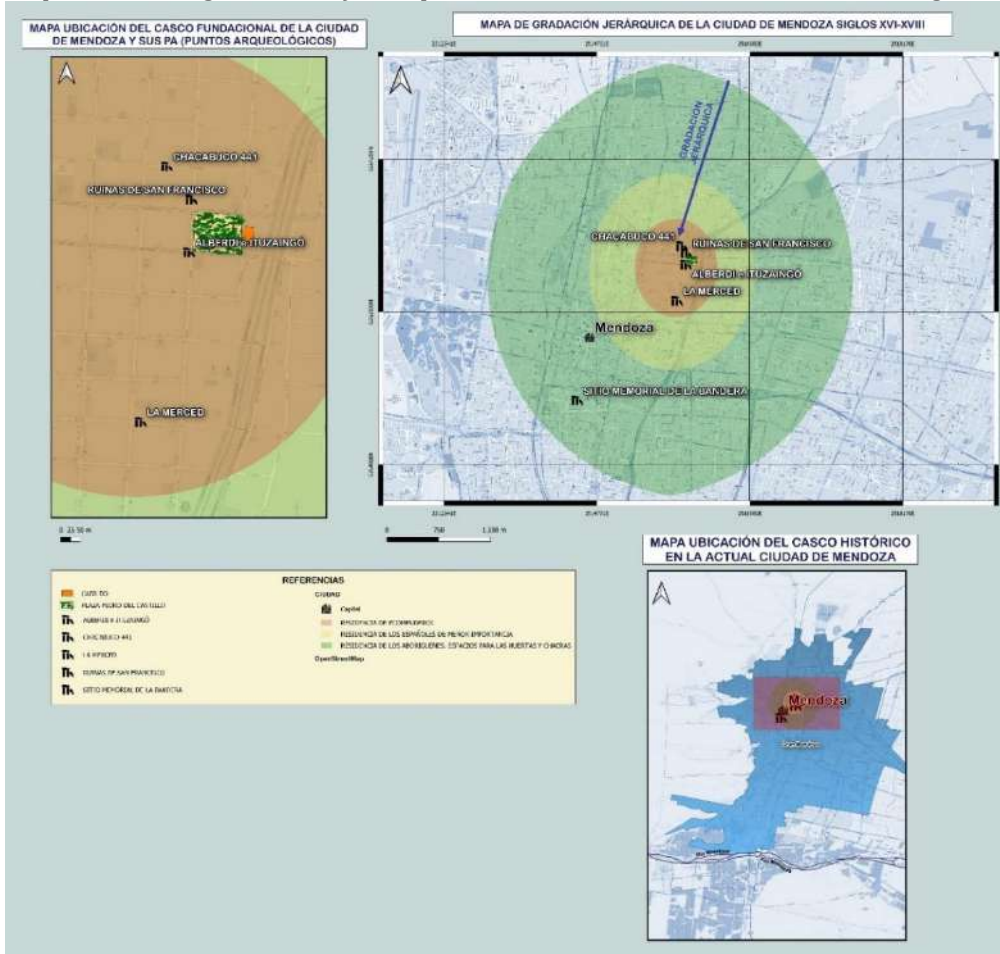
Mapa ubicación con puntos arqueológicos (PA) del casco urbano y su periferia



Nota: Elaboración propia adaptado de Chiavazza (2012).

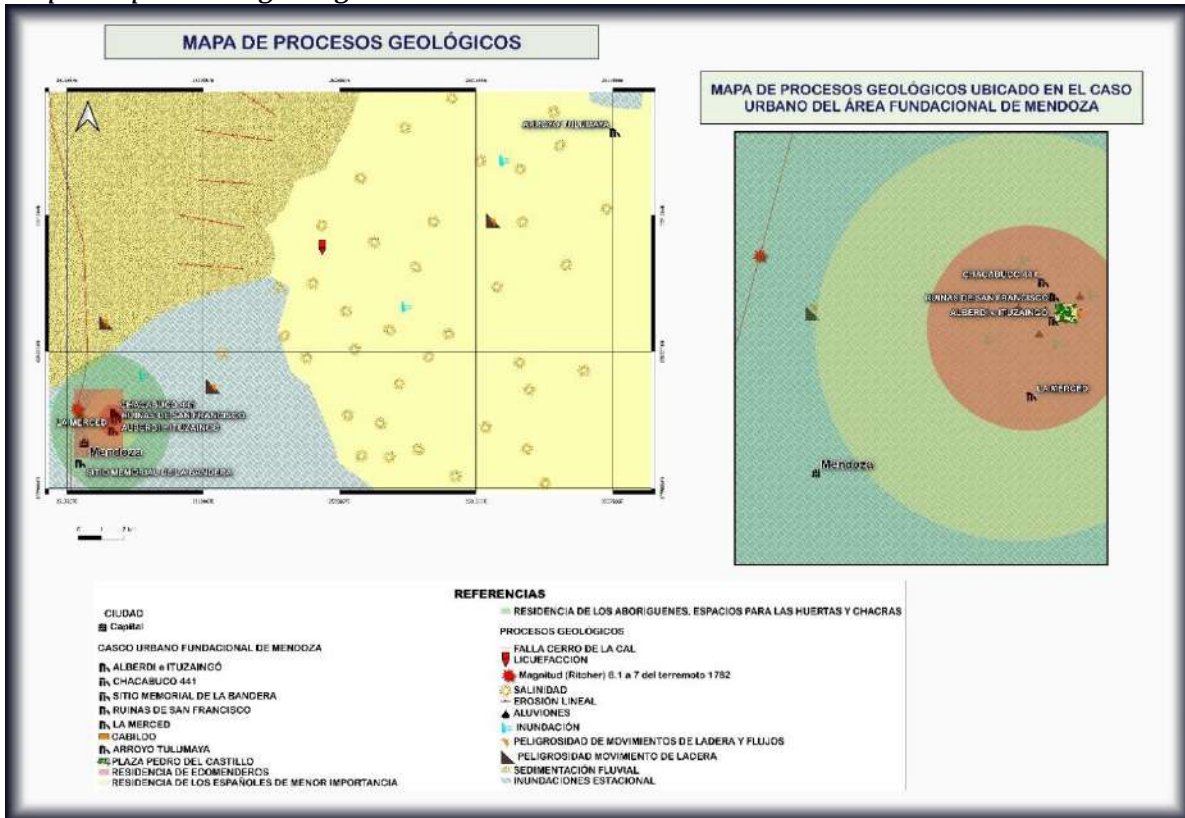
Figura 3

Esquema de la gradación jerárquica de la ciudad de Mendoza en los siglos XVI-XVIII



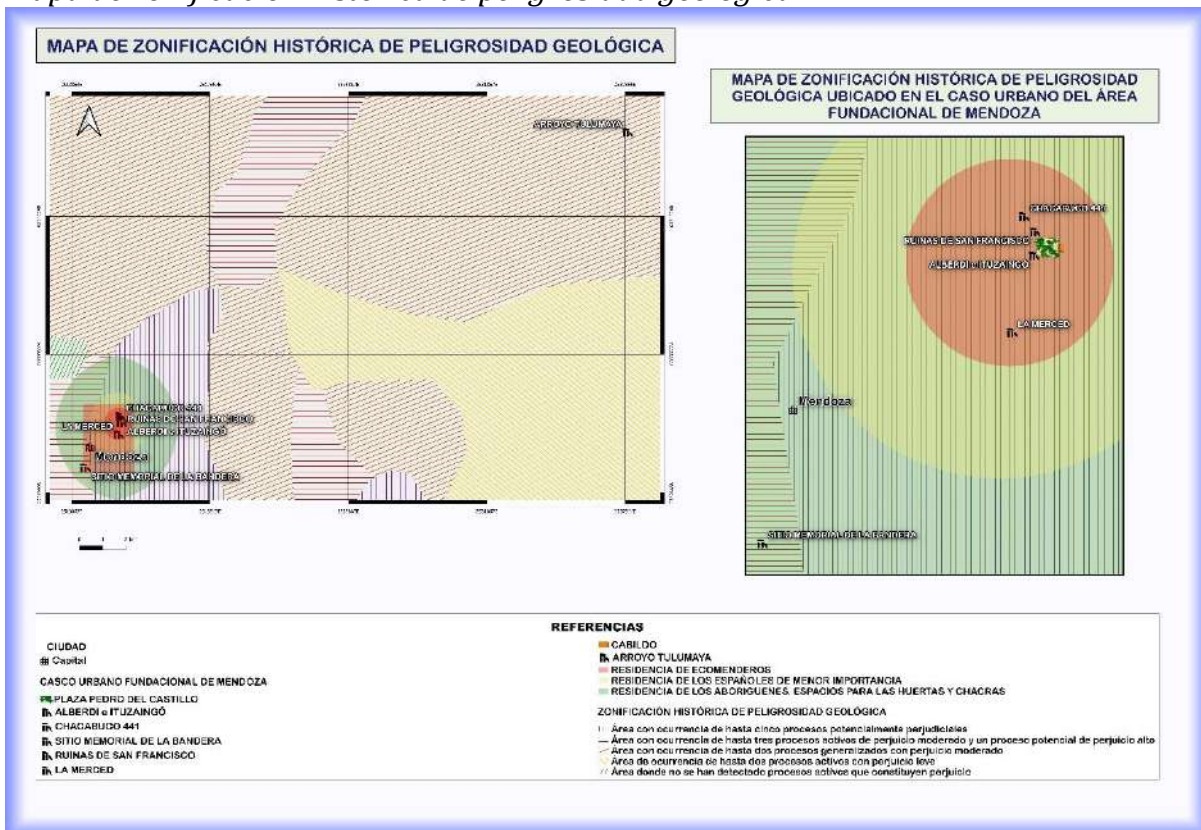
Nota: Mapa de elaboración propia adaptado de la Infraestructura de Datos Espaciales de la República Argentina (IDERA), Instituto Geográfico Nacional (IGN). Google (<https://www.idera.gov.ar/>).

Figura 4
Mapa de procesos geológicos



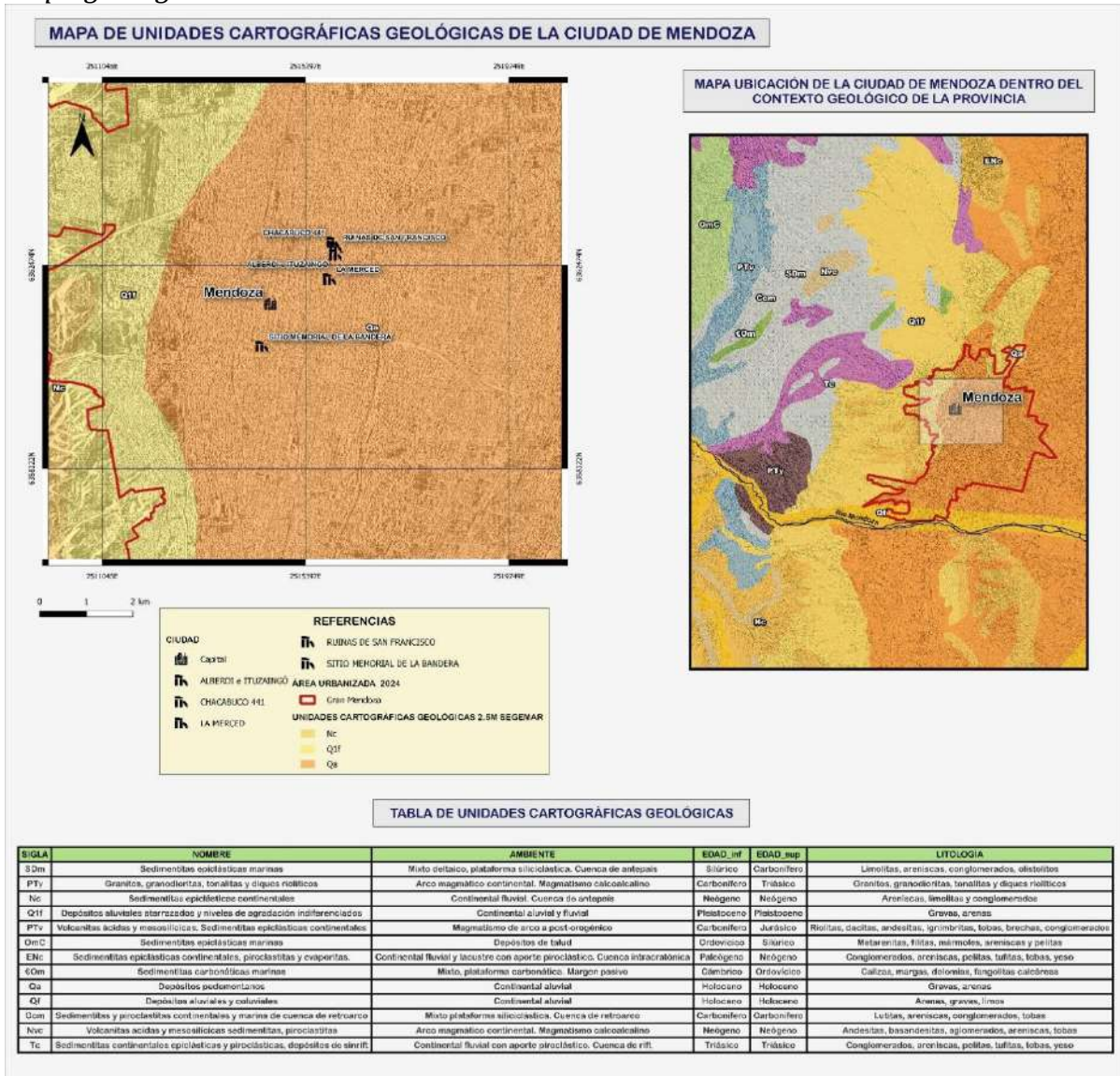
Nota: Elaboración propia adaptado de González et al. (2002).

Figura 5
Mapa de zonificación histórica de peligrosidad geológica



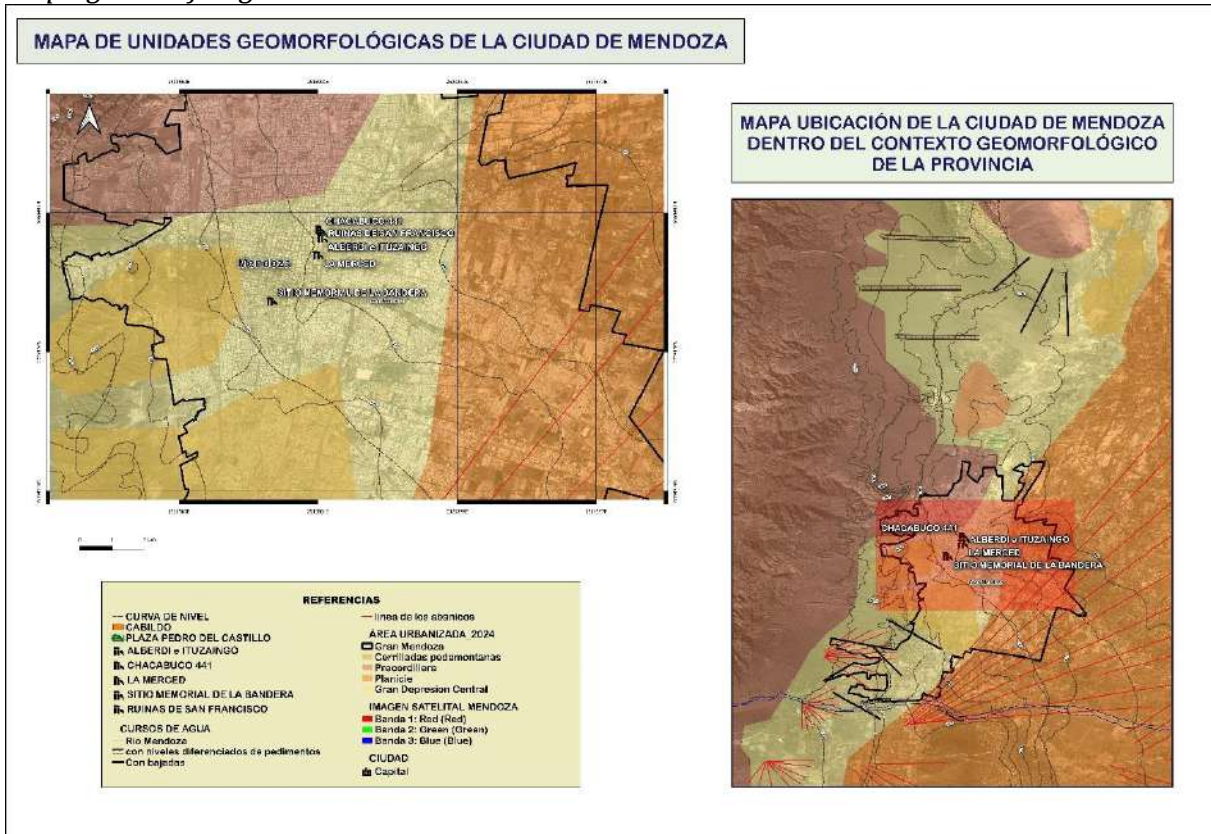
Nota: Elaboración propia adaptado de González et al. (2002)

Figura 6
Mapa geológico



Nota: Mapa de elaboración propia adaptado del Servicio Geológico Minero Argentino (SEGEMAR)Google (<https://www.argentina.gov.ar/economia/segemar>).

Figura 7
Mapa geomorfológico



Nota: Elaboración propia Adaptado de Abraham (1996).

Otro factor que intervino en las condiciones naturales del terreno fueron las fluctuaciones climáticas (periodos de mayor o menor humedad) acompañadas por ascensos y descenso de la temperatura, también estas influyeron en la vida de los habitantes de la nueva ciudad, sobre todo en el aspecto económico (las sequias, la aparición de plagas y pestes). Se deben tener en cuenta también las tendencias positivas o negativas de las precipitaciones que no solo afectaban a la actividad económica, sino que ocasionaron inundaciones y grandes aluviones o torrentes de barros causando graves daños a la población (Figura 8).

Figura 8
Aluviones en Mendoza siglos XVII-XVIII



Nota: Adaptado de Prieto (1989). *Historia de la ocupación del espacio y el uso de los recursos naturales en el piedemonte de Mendoza* (p.152).

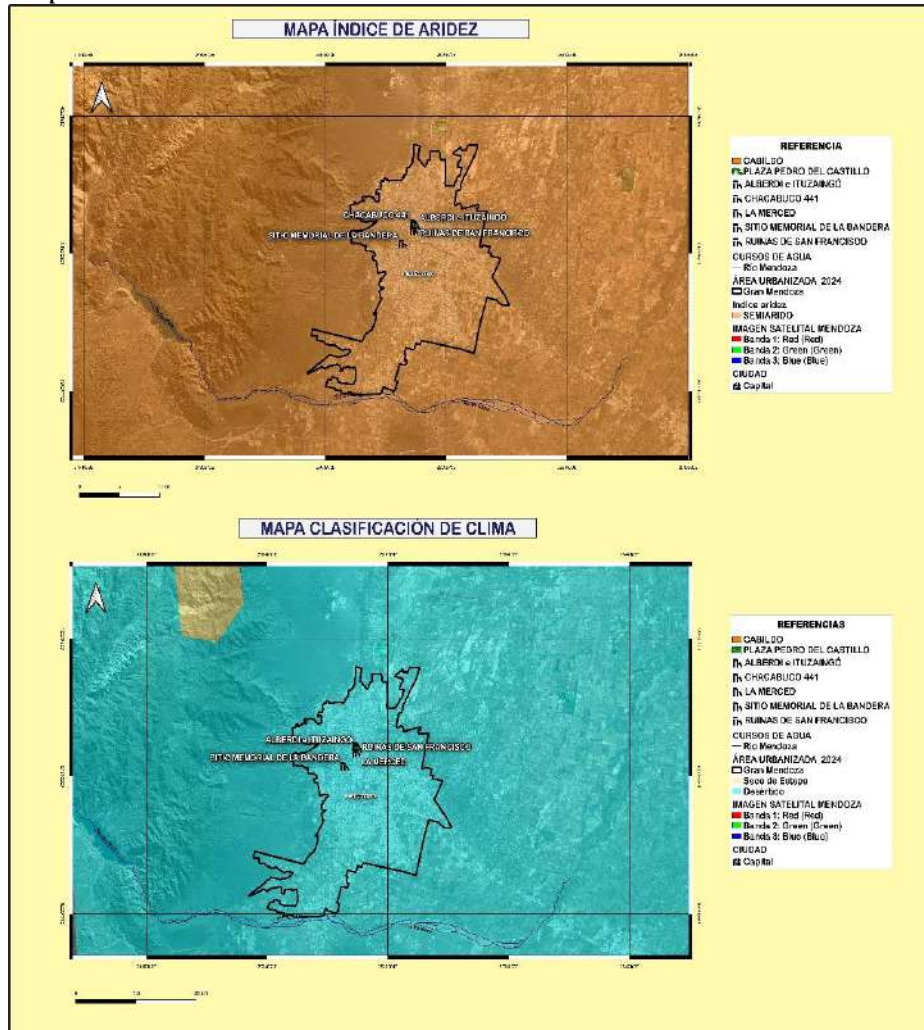
Las inundaciones abarcaron y cubren en la actualidad grandes superficies de la ciudad de Mendoza, tal como se observa en la Figura 4, debido a las grandes llanuras de inundación que presenta el Rio Mendoza ubicadas al sudeste (Figura 7). Los factores, Son principalmente la geomorfología (amplias llanuras de inundación) y la litología (depósitos finos) (Figura 6). Los factores desencadenantes son generalmente las precipitaciones torrenciales estivales, y el deshielo (aumento del caudal de aporte que provoca desbordamientos). Si bien no son excesivas, al concentrarse en un corto periodo de tiempo sus efectos son más importantes. Las lluvias que presentan graves daños históricamente son las mayores a 40mm/h. (Figura 9). Otro factor es el aumento excesivo de las temperaturas que provocan un aumento del caudal considerablemente importante, producto del deshielo, en las cabeceras de las cuencas. Gonzáles et al. (2002).

Se tiene registro que las crecidas e inundaciones comenzaron a perjudicar la ciudad de Mendoza a partir de 1661-70, pero no es hasta 1720-30 (comienzos del siglo XVIII) cuando su cantidad e intensidad comienza a aumentar, temiéndose ya entonces la desaparición de edificios y cultivos situados en la cercanía del cauce del río. (Prieto et al., 2008).

La documentación escrita de esa época también hace mención al padecimiento de las avenidas en el área fundacional como detalla Bárcena et al (1990 p. 22):

Según un acta del cabildo queda reflejado el perjuicio al que se encontraba sometida la ciudad con las lluvias: La casa y cárcel sufrió desde 1609 deterioros por el agua, lo cual muestra, como vimos su ubicación en medio de la línea de evacuación de las aguas hacia el llamado Zanjón o canal zanjón. Las actas capitulares de la época poseen numerosas referencias a estos periódicos derrumbes producidos por las lluvias o inundaciones del zanjón. Esto se agravo durante el inicio del siglo XVIII, cuando el zanjón, profundizado por la derivación de otras aguas a su curso, llegó a poner en peligro no solo al Cabildo sino a la existencia misma de la ciudad.

Figura 9
Mapa de las condiciones climáticas de la Mendoza



Nota: Mapa de elaboración propia adaptado de la Infraestructura de Datos Espaciales de la República Argentina (IDERA), Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Google (<https://www.idera.gob.ar/>).

El área de estudio se caracteriza por registrar actividad sísmica desde finales del siglo XVIII, lo cual no quiere decir que anteriormente no haya sucedido dicha actividad. Esta actividad sísmica afectó principalmente el sector del casco urbano colonial y sus alrededores. Los daños a estructuras (casas) ocasionadas por este fenómeno estuvieron inducidos principalmente por movimientos en superficies del terreno y licuefacción. (Figura 4).

El piedemonte oriental precordillerano coincidente con el desarrollo de una importante sismicidad histórica. Las estructuras cuaternarias están vinculadas a la actividad sísmica del área y son la manifestación superficial de las deformaciones que sufrieron y sufren como consecuencia de un sismo. (Figura 7).

El 22 de mayo de 1782, se produjo en la ciudad de Mendoza el terremoto de Santa Rita. Schávelzon (2007, p. 10-11) describe lo sucedido a través del siguiente relato de un templo religioso:

Los aposentos o viviendas del colegio padecieron mucho daño y señaladamente sus corredores, que quedaron casi del todo arruinados, habiéndose abierto en el medio, hasta caerse la mayor parte de los materiales que los cerraban por la parte inferior de modo que fue preciso derribar lo que aún no había caído.

Tal como se indica en la Figura 7 y Figura 10, se ha diferenciado como geformas más relevantes para desarrollar estos procesos de inundación y aluviones, la depresión central y las planicies. Ambientes geomorfológicos cuyos factores de erosión son la lluvia, que se potencia con la pendiente y la alta delezabilidad de los materiales superficiales. (Figura 11).

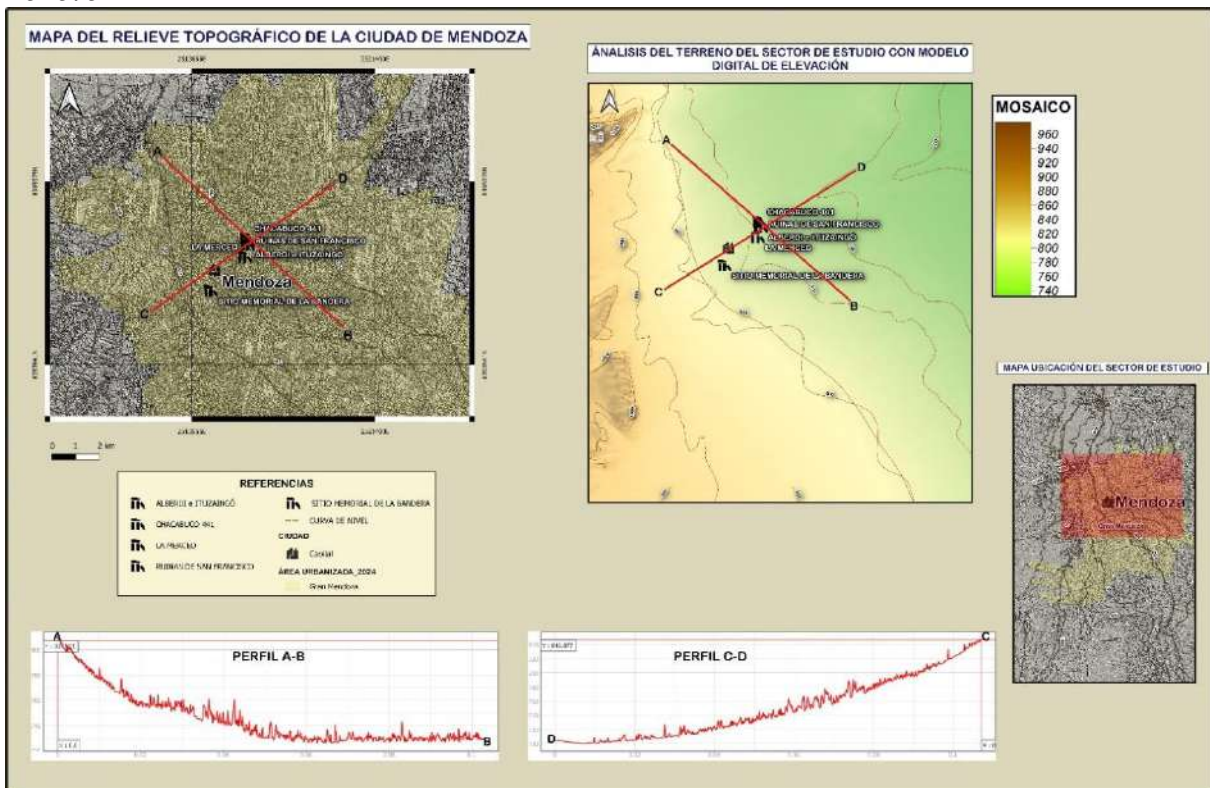
La erosión antrópica fue muy marcada por el avance del sobrepastoreo, asentamientos no adecuados de la población, el uso de carretas y la tala de árboles para uso de combustible y producción industrial que comenzaba a desarrollarse con la actividad vitivinícola. El proceso de desertificación acentuó aún más el accionar de las inundaciones y aluviones que afectaban a la ciudad, debido al marcado empobrecimiento de la cobertura vegetal, acelerando más el escurrimiento de las aguas hacia la zona urbana de la Ciudad.

El proceso de urbanización que afectó a la ciudad de Mendoza desde su fundación en 1561 hasta finales del siglo XVIII se caracteriza fuertemente por su expansión ganadera y agrícola asociada al engorde de ganado en época invernal. Así se pasó de un periodo de adaptabilidad (1561) a un periodo de desestructuración (1561- 1700) para llegar finalmente al de competencia por los recursos naturales (1700- 1830) (Abraham y Prieto, 1981) (Figura 12).

Es evidente, que los resultados del proceso de urbanización generan en el espacio una nueva configuración de fisonomías que se denomina paisajes. Estos espacios (urbe) y áreas contiguas (periferias-rural) se caracterizan por un fuerte dinamismo que imprime rápidos cambios en sus componentes, tanto físicos, biológicos como humanos. Alberto (2009)

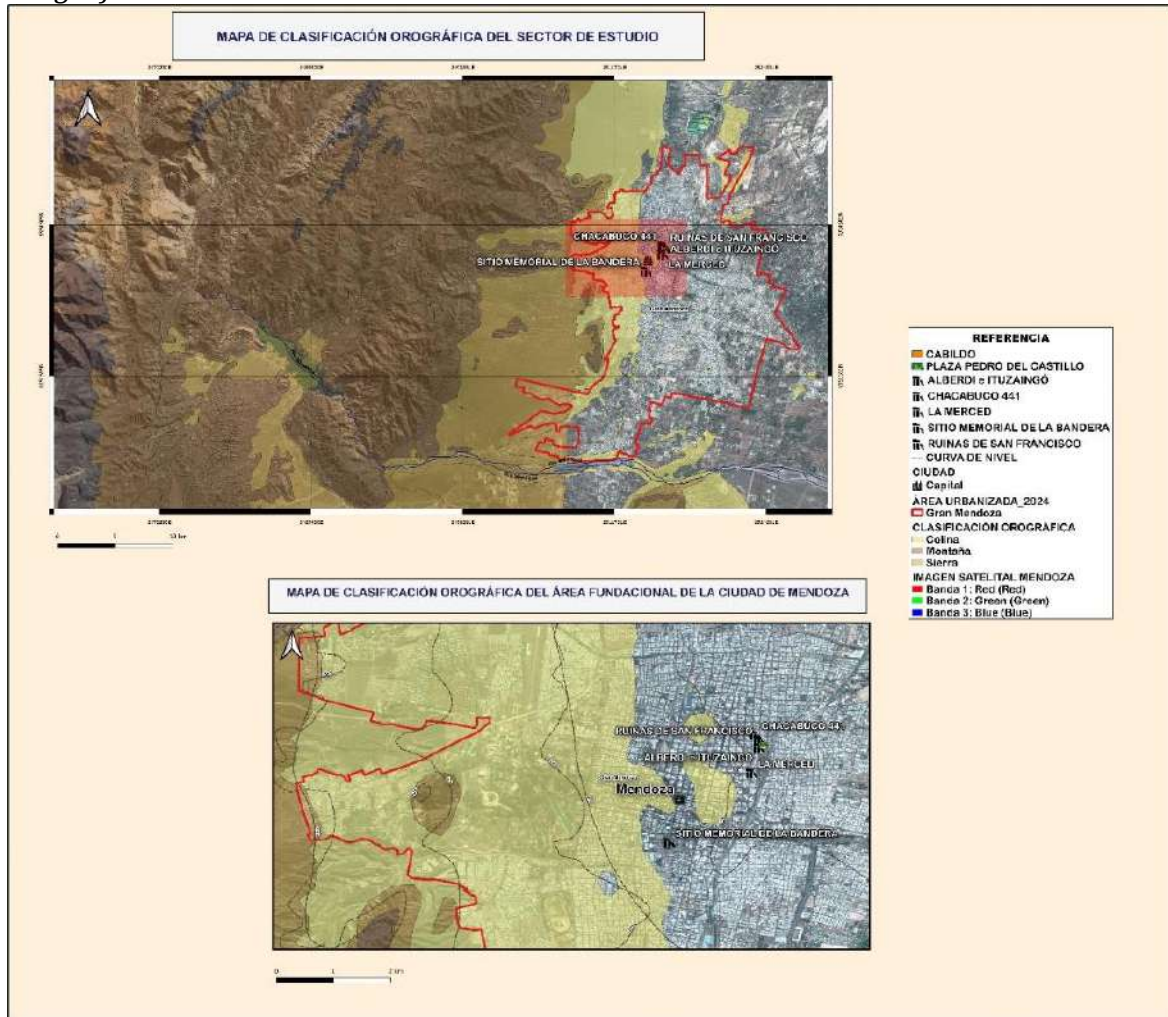
Figura 10

Relieve



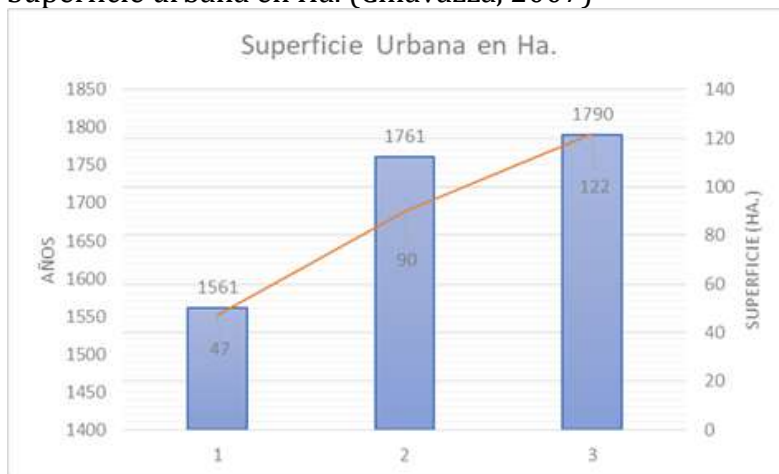
Nota: Mapa de elaboración propia adaptado de la Infraestructura de Datos Espaciales de la República Argentina (IDERA), Instituto Geográfico Nacional (IGN). Google (<https://www.idera.gob.ar/>).

Figura 11
Orografía



Nota: Mapa de elaboración propia adaptado de la Infraestructura de Datos Espaciales de la República Argentina (IDERA), Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Google (<https://www.idera.gov.ar/>).

Figura 12
Superficie urbana en Ha. (Chiavazza, 2007)



Nota: Adaptado de Chiavazza (2007). Bases teóricas para el análisis arqueológico de la espacialidad religiosa y los procesos de transformación cultural en la ciudad de Mendoza durante la colonia (p.241).

Discusión y conclusiones

El objetivo de este estudio fue jerarquizar y ordenar la mayoría de los sucesos ambientales planteados por Chiavazza (2012), Prieto y Chiavazza (2005), Prieto (1989), Prieto et al. (2012), Prieto (1997), Abraham y Prieto (1991), Abraham y Prieto (1981), como procesos geológicos y zonificarlos en un contexto de ambiente geológico (litología, geomorfología, relieve, sismicidad).

A través de estos resultados, se puede sostener que los procesos geológicos y ambientales que afectaron a la ciudad fundacional de Mendoza entre los siglos XVI y XVIII, no son monocausales. Por lo general responden tanto en el presente como en el pasado a múltiples orígenes.

Se destacan dos elementos claves que favorecieron la peligrosidad geológica del sitio de estudio: uno ligado a factores morfoestructurales y tectónicos, donde se destaca la fisonomía natural del relieve de la zona de estudio (baja pendiente, importantes sistemas de fallas activas, buena permeabilidad debido a que está formada en su mayoría por los sedimentos que aportan las grandes inundaciones del Río Mendoza en época estival), y el otro elemento, está relacionado con el clima y sus variaciones climáticas (temperatura y humedad), el cual también participa directamente con los episodios de importantes caudales de los ríos debido a los ciclos de deshielo en las épocas estivales.

Sin embargo, se estima que la causa directa de que estos procesos se califiquen de peligrosos tuvo que ver fundamentalmente con un factor antrópico propio de un establecimiento urbano "la ciudad".

Como consecuencia del: sobrepastoreo, la extracción de leña, la apertura de caminos y la tala indiscriminada de la vegetación arbustiva, se aceleró los procesos de erosión y la capacidad de aquellas de frenar la escorrentía superficial, aumentando así la frecuencia de aluviones. Prieto (1989, p. 151) afirma lo siguiente:

Es notable la ausencia de información sobre aluviones durante la segunda mitad del siglo XVI y a lo largo del XVII donde sólo se produjeron 5 en toda la centuria.

Durante siglo XVIII se han contabilizado 17 grandes crecientes que provocaron numerosos daños (1.7 aluviones por década).

A través de la visión de la geología aplicada se intentó dar una aproximación de los eventos y fenómenos naturales ocurridos en un espacio histórico, que fue crucial para el desarrollo de una sociedad. Esta información permite tener un registro clave de la evolución geológica-ambiental de una ciudad, para predecir futuros fenómenos naturales y anticiparse a ellos o prevenirlos en el caso en que se pueda. Es importante tomar estos registros históricos como llave para comprender y analizar el comportamiento futuro del terreno ante los fenómenos de erosión, remoción en masa, inundación y eventos sísmicos.

Referencias

- Abraham, E.M., Prieto, R., (1981). Enfoque diacrónico de los cambios ecológicos y de las adaptaciones humanas en el Ne árido mendocino. Cuadernos del CEIFAR 8:109-139.
- Abraham, E.M., Prieto, R., (1991). Contributions of historical geography to the study of processes of landscape change. The case of Guanacache, Mendoza, Argentina. N^o

- 11: ps. 309-336. Bamberger Geographische Schriften. Mendoza: Proyecto Lada-Fao.
- Abraham, E.M., (1996). Mapa Geomorfológico de la Provincia de Mendoza en escala 1:500.000. En el Atlas básico de Recursos de la región Andina Argentina. Informe Final.
- Alberto, J., (2009). Geografía y crecimiento urbano. Paisajes y problemas ambientales. Revista digital geográfica, 11 (6), ISSN 1668-5180.
- Bárcena, J.R., Schávelzon, D., (1990). El cabildo de Mendoza, Arqueología e Historia para su recuperación.
- Chiavazza, H. (2012). Procesos sociales y ambientales en el sector urbano de Mendoza entre los siglos XV-XVIII: Arqueología urbana e historia ambiental.
- Ferro, C. (2016). Análisis filológico de las actas del cabildo de Mendoza (siglos XVI y XVII). Universidad Nacional de Cuyo.
- Gascón, M. (2001). La transición de periferia a frontera: Mendoza en el siglo XVII. Andes, núm. 12. Universidad Nacional de Salta, Argentina.
- González, M., González Díaz, E., Sepúlveda, E., Regairaz, C., Costa, C., Cisneros, H., Bea, S., Gardini, C., Pérez, I. y Pérez, M. (2002). Carta de Peligrosidad Geológica 3369 -II, Mendoza, Provincias de Mendoza y San Juan. Boletín N° 324, SEGEMAR, 178 p., Bs. As.
- IDERA. Instituto De Datos Espaciales de la República Argentina.
<https://www.idera.gob.ar/>
- IGN. Instituto Geográfico Nacional.
<https://www.ign.gob.ar>
- Mazzeo, N. L. 2021. Procesos ambientales y geomorfológicos de tiempos históricos en el oasis norte de Mendoza. Trabajo /Proyecto Final Especialización en Gestión de Proyectos de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Europea del Atlántico (España)-FUNIBER. pp: 1-67.
- Mazzeo, N.L. Beca creación (2021), Fondo Nacional de las Artes. Tema: Los núcleos urbanos como agentes transformadores de ambiente: cambios en el contexto de urbanización y del medio ambiente de la Ciudad de San Luis entre los siglos XVII y la actualidad.
- Michieli, C. (2014). Proceso fundacional de las ciudades de Cuyo en el siglo XVI: Mendoza, San Juan de la Frontera y San Luis (Argentina).
- Michelini, J y Davies, C. (2009). Ciudades intermedias y desarrollo territorial: un análisis exploratorio del caso argentino. Grupo de estudio sobre desarrollo urbano. Documento de trabajo GEDEUR nº 5. Madrid.
- Prieto, M. del R. (1989). Historia de la ocupación del espacio y el uso de los recursos naturales en el piedemonte de Mendoza. En Roig et. al. (1989). Detección y control de la desertificación, IADIZA-Conicet, UNEP; Mendoza.
- Prieto, M. del R. (1997). Formación y consolidación de una sociedad en un área marginal del reino de Chile: la provincia de Cuyo en el siglo XVII. En: Anales de Arqueología y Etnología, No. 52-53, p. 17-366. Dirección URL del artículo: <https://bdigital.uncu.edu.ar/14877>.
- Prieto, M. del R. y Chiavazza, H. (2005). Aportes de la Historia ambiental y Arqueológica para el análisis del patrón de asentamiento huarpe en el oasis norte de Mendoza. Anales del Instituto de Arqueología y Etnología 59-60: 163-196. Facultad de Filosofía y Letras, U.N.Cuyo. Mendoza.
- Prieto, M.R., Rojas, F., Castillejo, T., Hernández, F., (2012). Procesos ambientales y construcción del territorio a partir de un estudio de caso: la ciénaga del Bermejo,

- oasis Norte de Mendoza 1810-1930. En: *Revista de Historia Americana y Argentina*, Vol. 47, No. 2, Tercera época, p. 175-207.
- Prieto Olavarría, C. A., Chiavazza, H. D. (2015). *Cambios en contextos de colonización: Opciones económicas y transformaciones tecnológicas en el norte de Mendoza entre los siglos XV y XVII* (Rca. Argentina).
- Schávelzon, d. (2007). *Historia de un Terremoto: Mendoza, 1861*. Centro de Investigaciones Ruinas de San Francisco. Área fundacional de Mendoza. Municipalidad de Mendoza. Dirección URL del artículo: http://www.danielschavelzon.com.ar/?page_id=827&file=Area+Fundacional+de+Mendoza%2F
- Varnes, D.J. (1984). *Landslide Hazard Zonation—A Review of Principles and Practice*. IAEG Commission on Landslides, Paris, 63.

**Estilos de aprendizaje de los estudiantes de ingeniería de la
Universidad Nacional Autónoma de Honduras UNAH**
Learning styles of engineering students at the National Autonomous University of Honduras
UNAH

Marco Antonio Ramos Espinal

Universidad Autónoma de Honduras, Honduras

(marco.ramos@unah.edu.hn) (<https://orcid.org/0000-0003-1389-4026>)

Información del manuscrito:

Recibido/Received:28/07/23

Revisado/Reviewed: 03/01/24

Aceptado/Accepted:15/01/24

RESUMEN

Palabras clave:

estilo de aprendizaje, activo,
reflexivo, pragmático.

La presente investigación sirve para dilucidar sobre la manera que los estudiantes de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de Honduras UNAH, aprenden. La UNAH es la Universidad mas grande y la que ocupa el primer lugar en Honduras, es una pública y con un mandato constitucional de rectorar la educación superior en el territorio hondureño. La determinación de los estilos de aprendizaje de los estudiantes abre una brecha para que se puedan construir las experiencias educativas a través de planes de estudio y actividades curriculares y extracurriculares que beneficien el aprendizaje, que se formen mejores ingenieros que coadyuven con la solución de los problemas ingentes que agobian a la población hondureña, en área como la forestal, agronómica, industrial, química, eléctrica, mecánica, sistemas y agroindustrial. El diseño utilizado es no experimental y transversal con una muestra aleatoria estratificada con recolección de información a través de Google Forms. El establecimiento del estilo de aprendizaje se realizó usando el cuestionario CHAEA de Honey-Alonzo y se utilizó análisis de varianza en dos factores y múltiple para encontrar las diferencias en los estilos de aprendizaje por carreras, lugar de nacimiento y lugar de residencia, también, se construyeron las ecuaciones discriminantes y se calculó el coeficiente de correlación de Pearson, se encontró correlación significativa a un 0.001 entre el estilo activo, reflexivo y pragmático, concluyéndose en valores relativamente bajos en los niveles asociados a los estilos de aprendizaje, lo cual define grandes posibilidades para el diseño de experiencias de aprendizaje apropiadas en las carreras

ABSTRACT

Keywords:

learning style, active, reflective,
pragmatic.

The present investigation serves to elucidate the way that Engineering students of the National Autonomous University of Honduras UNAH learn. The UNAH is the largest University and the one that occupies the first place in Honduras, it is a public one and with a constitutional mandate to govern higher education in the Honduran territory. Determining the learning styles of students opens a gap so that educational experiences can be built through study plans and curricular

and extracurricular activities that benefit learning, that better engineers are trained to help solve problems huge amounts that overwhelm the Honduran population, in areas such as forestry, agronomy, industrial, chemical, electrical, mechanical, systems and agro-industrial. The design used is non-experimental and cross-sectional with a stratified random sample with data collection through Google Forms. The establishment of the learning style was carried out using the CHAEA questionnaire of Honey-Alonzo and analysis of variance in two factors and multiple was used to find the differences in the learning styles by careers, place of birth and place of residence, also, it was The discriminant equations were built and the Pearson correlation coefficient was calculated, a significant correlation was found at 0.001 between the active, reflective and pragmatic styles, concluding in relatively low values in the levels associated with the learning styles, which defines great possibilities. for the design of appropriate learning experiences in careers.

Introducción

Incluye la presentación del documento y el análisis de la literatura sobre el tema, con especial énfasis en las investigaciones previas que justifican el estudio y que luego se contrastarán en la discusión de los resultados.

Todo el texto va en letra Cambria de 12 puntos, interlineado sencillo y sin espaciado entre párrafos. La Universidad Nacional Autónoma de Honduras UNAH es la Universidad más grande de Honduras con matrícula de más de 80 mil estudiantes (UNAH, 2023b), la mayoría de las carreras que desarrolla son de licenciatura, menor cantidad de posgrados, en 10 facultades, y varios centros regionales. Las carreras de ingeniería se desarrollan en varios centros, principalmente en la Ciudad Universitaria CU, ubicada en Tegucigalpa, Departamento de Francisco Morazán y en el Valle de Sula, Departamento de Cortés, en la ciudad de La Ceiba, Departamento de Atlántida y en la ciudad de Choluteca, en el Departamento del mismo nombre. Se afirma con mucha certeza que un porcentaje considerable de los ingenieros que laboran en el territorio hondureño egresaron de la UNAH, incluso muchos de los que dirigen carreras de ingeniería de las otras universidades privadas o públicas, también fueron egresados de la UNAH o tuvieron alguna relación con ella.

El 19 de septiembre de 1847 se inauguró solemnemente la universidad en ceremonia pública encabezada por el presidente Juan Lindo y el rector José Trinidad Reyes, la UNAH conquistó la autonomía el 15 de octubre de 1957 mediante decreto número 170 y en el mismo se definió la primera ley orgánica de la Universidad. El artículo 160 de la Constitución de la República establece que la UNAH goza de exclusividad de organizar, dirigir y desarrollar la educación superior y profesional del país.

En 1881 se incorporó la facultad de ciencias, la cual debía atender los estudios de ingeniería civil con una duración de cinco años. En 1904 se fundó la facultad de ingeniería con 11 alumnos, y se le denominó escuela de ingeniería topográfica. En 1920 se hizo la primera reforma al plan de estudios de la carrera de ingeniería civil, el año 1959 se inicia con los estudios por semestre y en 1960 se construye el edificio donde actualmente se ubica la Facultad de Ingeniería. En 1967 se generaron nuevas carreras y en el 68 se logra la matrícula y la contratación de profesores a tiempo completo en las carreras técnicas de ingeniería de mecánica química y eléctrica. La UNAH cuenta con un centro de información industrial creado en 1975 y en 1981 se crea la carrera de Ingeniería Industrial, en 2003 se incorporó la carrera de Ingeniería en Sistemas. En 2021 se registró en la secretaría general de la UNAH el plan de estudio de la maestría en Ingeniería Ambiental (UNAH, 2023a)

En el desarrollo de las carreras de ingeniería surge la interrogante de cuál es la forma en que los estudiantes aprenden, y como logran que esos aprendizajes se constituyan una fuente de recuerdos que le ayuden en buena parte del resto de su vida (Ojeda & Herrera, 2013, p. 166). Por supuesto, no hay una única forma e incluso, alguien que en algún momento aprende de una forma quizá más adelante en su propia vida lo haga de otra manera. Pero no sólo influyen las formas en como aprenden, sino también, cómo se enseña (Chowdhury, 2015) El aprendizaje es mejor concebido como un proceso y no en términos de los productos que se pueden obtener de dicha actividad (Kolb, 2014), lo cual representa una idea básica de la teoría de aprendizaje basado en la experiencia, la cual descansa en diferentes puntos de vista epistemológicos y filosóficos de la teoría conductista (Schunk et al., 2012). Tocci (2013) establece que los “rasgos cognitivos, afectivos y fisiológicos” se asocian con los conceptos que los estudiantes definen y por lo tanto el estilo de aprendizaje dominante define la mejor manera para aprender.

Una asignatura que se desarrolla de una forma contraria al estilo de aprendizaje de un estudiante, seguro le causara mayor dificultad estudiarla y aprenderla, y limitaría el alcance del objetivo planteado en el plan de estudios de formar profesionales, especialistas, investigadores, etc., con las características mínimas requeridas, considerando que se considera tanto la

formación presencial como a distancia o en línea, la cual puede tener gran impacto incluso mejorar las habilidades del lenguaje (Kuzmina et al., 2021).

Se considera que el éxito en el aprendizaje no se logra únicamente con profesores altamente capacitados en la materia que sirven, sino que expresen adecuadamente sus competencias sociales y humanas, que planteen bien sus objetivos de enseñanza, que respeten a los estudiantes y los motiven, construyan mecanismos de evaluación adecuados conforme a la manera en que mejor aprendes sus alumnos (Arias Gallegos, 2011).

Tulsi et al., (2016) encontraron que los estudiantes de ingeniería prefieren estilos activos, sensitivos y secuenciales para aprender. Por otro parte, el cuestionario CHAEA, cuestionario Honey, Alonzo de Estilos de aprendizaje, se basó en los aportes de Honey y Mumford, usadas en España por Alonso, Gallego & Honey, estableciendo cuatro Estilos de Aprendizaje: Activo, Reflexivo, Teórico y pragmático (Alonso et al., 1997, p. 110), y el conocimiento de los estilos de aprendizaje se vuelve una herramienta para plantear nuevas y mejores estrategias de enseñanza (Molina-Cabello et al., 2023, p. 1), también, se encuentra evidencia sobre el tratamiento que se hace a los estudiantes en su aprendizaje, lo que podría implicar el refuerzo al uso de estrategias diferenciadas dependiendo del estilo de aprendizaje de cada estudiante (Rofiq & Pratiwi, 2023, p. 1).

Pero no se piensa únicamente en la enseñanza tradicional que se ha usado en países como Honduras, es decir, modelo tradicional en el que el profesor (a) es como la fuente de única de luz en el conocimiento. Además de repetir la enseñanza de temas confinados en libros quizá clásicos y otros no, algunos muy antiguos y otros iguales pero con versiones actualizadas, lo cual por supuesto es fabuloso, pero también se requiere modificaciones incluso de paradigmas tanto en la forma de aprender como de enseñar como se pudo observar en la post pandemia, donde el uso intensivo de internet, dispositivos, etc., requiere de nuevas formas y tanto para enseñar como para aprender.

En el ecosistema de enseñanza, una nueva forma de aprender y enseñar denominada educación 4.0 donde las nuevas necesidades de los estudiantes y profesores (ras) convergen para hacer del proceso más efectivo (Gueye & Exposito, 2023), referencias de instituciones que procuran reforzar conocimientos en el área de las ingenierías y las materias previas de matemáticas, como es el caso del Coimbra Engineering Institute y Su Centro de Soporte de Matemáticas en Ingeniería (CeAMate) de acuerdo a los estilos de aprendizaje (de Almeida et al., 2023).

Diseño de experimentos para el aprendizaje, en la que se permite que el estudiante desarrolle sus asignaturas de formas distintas, con la construcción adecuada de los experimentos y la evaluación pre y posterior, acuerpan la idea de identificar los estilos de aprendizaje para mejorar la educación en las ingenierías (Yesilevskiy et al., 2022). Consecuentemente, conociendo el estilo de aprendizaje, el cual es más o menos estable durante buena parte de la vida, el siguiente paso es la construcción de experiencias acorde a esa realidad, porque el gran objetivo es lograr nuevos recuerdos, es decir nuevo conocimiento, que aplicado al bien, sirve de base para la construcción de una mejor sociedad (Haltas, 2022, p. 1). Las barreras que el profesor(a) tiene, es decir sus bloques mentales, la diversidad de formas de aprender en un sólo recinto o incluso en un espacio virtual, suponen un problema de adaptación o ajuste del profesor (a), cómo armonizar para que la enseñanza sea efectiva para todos (Bhogayata & Jadeja, 2022)

En cuanto a los estilos de aprendizaje, Honey y Mumford, a partir de los planteamientos de Kolb, los definen como activos, reflexivos, teóricos y pragmáticos, con algunos rasgos indicados en la siguiente Tabla 1.

Tabla 1

Rasgos de los estilos de aprendizaje según Honey y Mumford

Características	Rasgos
Activos	Se implican plenamente, mente abierta, no escépticos y animosos con las nuevas tareas.
Reflexivos	Gustan observar desde diferentes perspectivas, reúnen y analizan datos con detenimiento, son detallistas y prudentes, evalúan las alternativas antes de realizar alguna acción y ya conocen bien la situación.
Teóricos	Se identifican con teorías complejas, tienden a la perfección analizando y sintetizando, buscando la racionalidad y objetividad
Pragmáticos	Aplicación práctica de las ideas, buscando lo positivo para poder experimentar, actúan rápido y con seguridad, impacientes en busca de una solución.

Nota. Fuente propia de los autores, adaptado de Alonso et al., (1997)

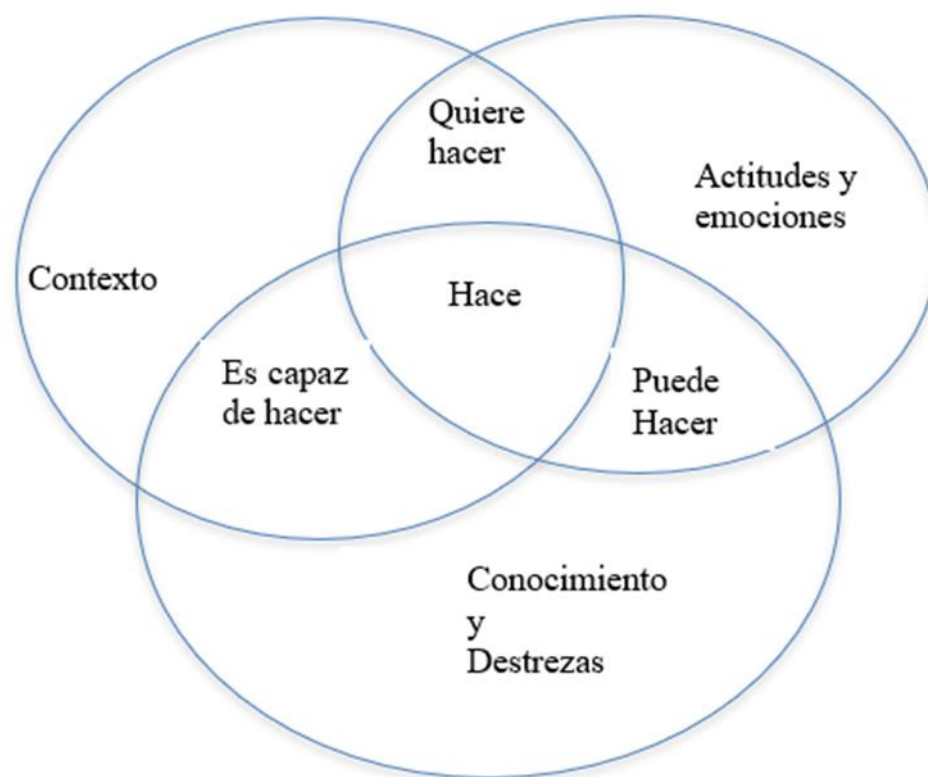
Según Ojeda y Herrera, (2013), “el término estilo se utiliza en psicología en relación a la manera en que cada individuo realiza una actividad” y en el contexto del aprendizaje, estilo se refiere propiamente de la educación, implica la forma de obtener el conocimiento. Según Smith, (1982) cinco elementos que ayudan al aprendizaje, a saber:

1. El aprendizaje es por toda la vida, aprendemos con la familia, en la escuela, con los amigos, siempre, mientras dura la vida hay aprendizaje
2. Se aprende de manera personal
3. Los procesos de aprendizaje se asocian con cambios
4. El desarrollo del ser humano está íntimamente ligado al aprendizaje
5. Aprendizaje y experiencia están unidos

Conforme a los puntos indicados, se puede establecer algunos elementos que intervienen en el aprendizaje, tal como se indica en la Figura 1.

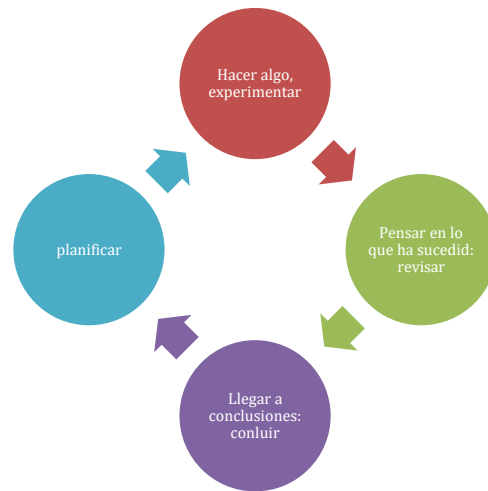
Figura 1

Elementos en una situación de aprendizaje



La figura muestra la implicación del medio, lo aprendido por los jóvenes, la actitud y por su puesto las emociones, con lo que finalmente un estudiante hace, y en caso de los resultados que se obtienen del cuestionario de Honey Alonso. Estos son aproximadamente iguales en cada uno de los estilos, probablemente que los estudiantes puedan aprender en casi cualquier circunstancia(Alonso et al., 1997, p. 179), en las fases que se ilustran en la Figura 2,

Figura 2
Ciclo de aprendizaje



Nota. Diagrama de elementos que intervienen en el aprendizaje, tomado (Alonso et al., 1997, p. 179)

La tarea del profesor(a) no es nada fácil, sin embargo, Martínez, Geijo y otros (2009) citando a Alonso et al., (1997), definen una serie de comportamientos de enseñanza que favorecen cada uno de los estilos de aprendizaje, en la Tabla 2 se resume la información:

Tabla 2
Comportamientos que favorecen los estilos de aprendizaje

Activos	Reflexivo	Teórico	Pragmático
1. Atender las cuestiones espontáneas	1. Desarrollar con los alumnos pocos temas.	1. Las actividades deben estar siempre super estructuradas	1. Aprender técnicas
2. Estar actualizado	2. Abordar cuestiones con los alumnos con detalle y profundidad	2. Todo trabajo, tareas, etc., debe tener propósitos claros	2. Hacer tareas que se relaciones entre si
3. Mostrar interés genuino por los estudiantes	3. Exigir a los estudiantes revisar los ejercicios antes de entregarlos	3. Aplicar presión en el trabajo a los estudiantes	3. Todo debe ser mostrado con ejemplos prácticos
4. Aceptar y comprender lo que siente	4. No prestar atención a lo superficial	4. Dejar que todo en la clase se cuestione	4. Llevar a clase expertos en temas concretos
5. Plantear frecuentemente nuevos contenidos y proyectos	5. No hacerles explicar algo en público sin explicación previa	5. No propiciar actividades cargadas de emociones y sentimientos	5. Disminuir explicaciones por actividades prácticas que potencien el aprendizaje
6. Potenciar y animar actividades novedosas	6. No preguntar en clase si no se anunció previamente	6. Mantener clima ordenado y tranquilo	6. Construir proyectos viables y útiles
7. Exigir a los alumnos búsquedas de múltiples caminos con soluciones factibles	7. Explicar despacio, dejando tiempo para la reflexión	7. Establecer con precisión el marco teórico de las posturas dentro de la clase	7. Si algo funciona bien es porque es útil
8. Variar constantemente actividades	8. Fomentar la recolección de información para analizarla	8. Valorar en público lo que los estudiantes piensan y razona	8. Buscar atajos que conlleven a la solución
9. Los alumnos deben inventar problemas y plantear soluciones	9. Dar márgenes de tiempo amplio en la realización de las pruebas	9. No enfatizar en temas triviales o superficiales	9. Trabajar mucho en los procedimientos más que en las explicaciones teóricas
10. Aportar nuevas ideas inclusive que choquen con preceptos	10. No avanzar en actividades sino se agotó la posibilidad de análisis	10. Consultar sobre criterios y principios	10. Mostrar que lo importante es que las cosas funciones
11. Fomentar el trabajo en equipo	11. Establecer una planificación académica oportuna, al principio de cada periodo.	11. Exigir trabajos explicados con lujo de detalle, informando cada proceder.	11. Crear experiencias de gran aprendizaje
12. Investigar constantemente	12. Cada trabajo que hagan debe ser creado a nivel de borrador para revisar previo a entregarlo	12. Las explicaciones deben ser lógicas y seguir un orden claro	12. Potenciar lo realista y práctico
13. Romper rutinas	13. Explicar bastante y con detalle	13. Evitar problemas abiertos	13. Valorar el resultado por sobre el procedimiento
14. Hacer exposiciones teóricas breves	14. Insistir en escuchar primero para luego formular opinión	14. Insistir a los alumnos a ser lógicos y evitar la expresión de ambigüedades	14. Disminuir el tiempo de la explicación teórica.
15. Usar diferentes métodos de presentar la asignatura	15. Argumentar desde la racionalidad siempre	15. La planificación académica debe estar completamente ligada, definiendo un hilo conductor en todo lo que suceda en la clase.	
16. Trabajar problemas obtenidos del entorno	16. La calidad en la presentación de informes y tareas es inobjetable	16. Potenciar más las relaciones profesionales que las afectivas	
	17. Reflexionar sobre hechos o eventos, no dejar cabos sueltos	17. No permitir que los alumnos hablen espontáneamente	
	18. Nunca improvisar ni obligarlos hacerlo		

Nota. Fuente propia de los autores, adaptado de (Martínez Geijo & others, 2009).

La construcción de experiencias de aprendizaje requiere de mucha habilidad del profesor(a) pero más de la voluntad de llevarlas a cabo, el gran objetivo es aprovechar las

características personales de cada estudiante y en la medida de lo posible crear las condiciones que permitan que cada estudiante del máximo. Países como Honduras, sumido en la pobreza y el atraso requiere de ingenieros que resuelvan problemas y lo hagan al menor costo y que beneficie a las mayorías. Para lograrlo, o al menos acercarse a una solución posible, la UNAH debe sincronizar su parte administrativa con la académica, dando prioridad a la última, ya que es obligación incluso constitucional rectorar la educación superior para contribuir a resolver los ingentes problemas que aquejan a la población.

Todo lo anterior, implica dar la prioridad y flexibilidad de construcción de currículos acordes a la realidad de las necesidades de la ciencia, la sociedad, los sectores productivos y todas la fuerzas que integran la sociedad. No puede ser que una institución con tal obligación no pueda superar los trámites administrativos y no plantear soluciones educacionales, es decir, ofertas oportunas. La construcción de experiencias adecuadas requiere también de vocación del profesor, es pensamiento arcaico y rancio de aplazar por aplazar a los estudiantes, solo porque la única luz del mundo es el profesor, debe salir, desaparecer de las aulas universitarias, la educación integral pero centrada en el estudiante es la base para avanzar y mejorar las condiciones.

Tampoco, los intereses mezquinos de sectores vinculados con la educación deben ceder ante el imperio del conocimiento, no es posible frenar el avance de la Universidad pública por interés y arreglos políticos y privados que lo único que avizoran es el enriquecimiento desmedido, sacrificando la calidad de la educación por acumulación al menor estilo del capitalismo salvaje, dejando al margen a miles de jóvenes y privándolos de poder acceder a la mejor educación posible.

Pareciera que el interés oculto es no dejarlos avanzar, en ese sentido es importante indicar que los profesores de pensamiento rancio, también, deben aprender de nuevo desechar sus conceptos equivocados y ser forjadores de mejores personas, o quitarse porque estorban.

Lo más importante en la UNAH no son sus autoridades, ni sus edificios, ni sus profesores, ni nadie más que los estudiantes. El establecimiento de los estilos de aprendizaje en el marco de la teoría construida por Honey Alonzo, permite una forma adecuada y rápida de formular una investigación con las herramientas actuales de la internet y permite dar luces para mejorar el proceso sobre todo de enseñanza, adaptándose a nuevas realizadas y aprovechando el bono de juventud que tiene los estudiantes, ya que se habla de jóvenes cuyas edades oscilan entre 18 y 25 años en su mayoría, y que exigen que los métodos arbitrarios y quizá ortodoxos de la enseñanza se vayan ajustando aunque sea de apoco, pero que definan una brecha para la construcción de una mejor universidad.

Más allá de una planificación académica, se requieren currículos o planes de estudios que en sus componentes metodológicas hagan énfasis en la manera de enseñar, no únicamente en el contenido y temas a tratar, que por demás son importantes, pero que no se puede pensar que se sirvan de la misma manera siempre y a todos, por lo que exige un arduo trabajo del profesor (a) en planificar cómo lograr el construir nuevos recuerdos y vincularlos con los anteriores y de esa manera lograr nuevos conocimientos, ahí esta lo más difícil, esa es la parte complicada, como diseñar esas actividades que al menos beneficien a la mayoría, ya que no todos aprenden igual, pero que la mayoría se vea beneficiada, o sino como se pretende que la patria tenga hijos mejor preparados si la forma de hacerlo es tan sólo una actividad más, quizá mal servida o construida y que ha obligado a que el estudiante piense que lo únicamente importante es aprobar el curso y obtener un título, esté último pensamiento probablemente sea por responsabilidad del profesor (a), quien transmite únicamente eso, en el peor de los casos, los más lamentables por cierto, quien sirve la asignatura, no tiene la formación adecuada, y evita las preguntas, reacciona con violencia o agrede a los estudiantes queriendo hacerles sentir mal, como si la deficiencia del que enseña deba cargarla. En el caso de los estilos de aprendizaje medidos a través del cuestionario de Honey Alonzo, se sugiere mejorar los estilos cuando el

activo obtiene puntuaciones inferiores a 9, el reflexivo cuando resulta inferior a 14, el teórico inferior a 10 y lo mismo para el pragmático (Alonso et al., 1997, pp. 180–190)

Método

Se plantea el establecimiento del estilo de aprendizaje de los estudiantes de ingeniería matriculados en el primer periodo académico de 2023, en la Universidad Nacional Autónoma de Honduras a través de un diseño no experimental, transversal. Considerando como población objetivo todos los estudiantes matriculados en las diversas carreras de la Facultad de Ingeniería, la cual es desarrollada en varios centros de estudio como se indica en la Tabla 3,

Tabla 3

Estudiantes matriculados en las carreras de la Facultad de Ingeniería

Centro Universitario	Número de estudiantes matriculados
Centro Universitario Regional del Centro CURC	551
Centro Universitario Regional del Litoral Atlántico CURLA	365
Centro Universitario Regional del Litoral Pacífico CURLP	421
Centro Universitario Regional del Nororiental CURNO	181
Tecnológico de Danlí, UNAH-TEC Danlí	193
Centro Universitario Regional del Centro CUROC	352
Ciudad Universitaria CU	4593
Centros de Recursos de Aprendizaje en Educación a Distancia CRAED, en diversas ciudades de Honduras	10
I.T.S.T de Tela	2
UNAH Valle de Sula	2497
UNAH TEC-Aguan	102
UNAH VS-Telecentro Cortés	1
Total	9268

Nota. Adaptado de información suministrada por la Dirección de Ingreso Permanencia y Promoción DIPP de la UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE HONDURAS UNAH, 2023, (UNAH, 2023b)

A partir de la población total se desarrolló muestreo aleatorio estratificado en una etapa enviando a los seleccionados el cuestionario mediante la plataforma de Google Forms, el cual se encuentra alojado en la dirección: <https://forms.gle/vN7vRdCMYFHBSRqp6>, el detalle de la muestra se indica en la Tabla 4:

Tabla 4
Tamaño de la muestra

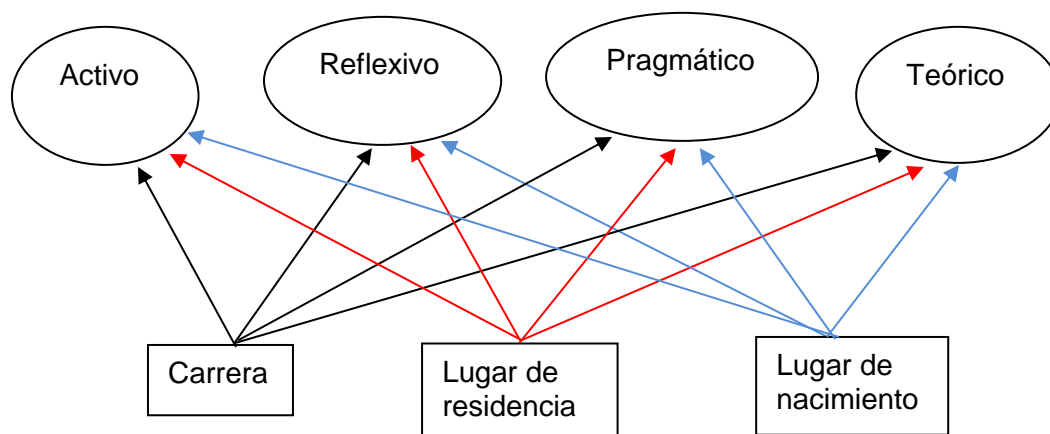
Carrera	Tamaño Muestra	Respuesta obtenida
Ingeniería Agroindustrial	60	15
Ingeniería Agronómica	13	1
Ingeniería Civil	49	32
Ingeniería Eléctrica Industrial	71	64
Ingeniería En Sistemas	100	44
Ingeniería Forestal	3	1
Ingeniería Industrial	41	73
Ingeniería Mecánica Industrial	31	58
Ingeniería Química	25	82
Total General	392	370

Nota. Elaboración propia usando muestreo estratificado (Mendenhall et al., 2006, p. 94)

Tal como se puede observar, no se logró el valor definido en la muestra, pero el análisis se realizó con la información recolectada. El análisis de los datos consistió en el establecimiento del estilo de aprendizaje de los estudiantes mediante el uso del gráfico asociado al cuestionario de Honey Alonzo, luego interesa conocer si existe diferencia entre los valores obtenidos en cada estilo de aprendizaje por los estudiantes de cada carrera, por lo que se realiza un análisis de varianza de dos factores con una muestra por grupo y también, por el lugar de nacimiento a través del Departamento, dicho extremo se verifica también con un análisis de varianza de dos factores y una muestra por grupos. Para verificar la existencia de diferencias en cada uno de los estilos de liderazgo, se realizó un análisis de varianza múltiple, usando como factores la carrera que estudia, el lugar de nacimiento y el lugar de residencia, y las diferencias que se encuentran se verifican con un análisis discriminante según se muestra en la Figura 4,

Figura 4

Análisis de varianza múltiple, determinación de diferencias en estilos de aprendizaje de los estudiantes de Ingeniería de la UNAH



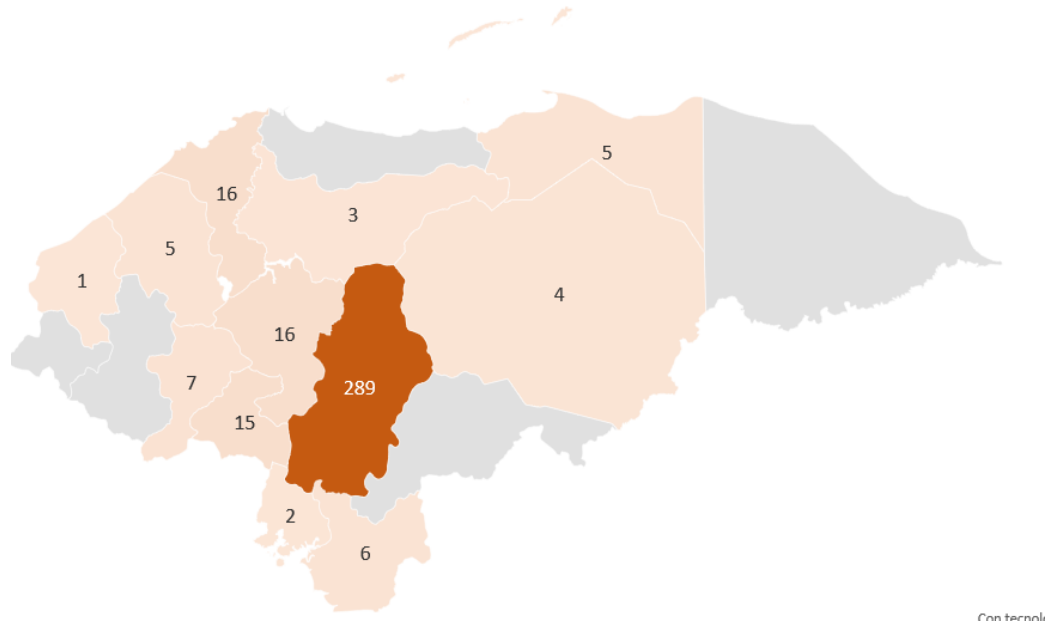
Nota. Esta figura muestra el análisis múltiple sobre el valor de los estilos de aprendizaje.

Con el objeto de determinar la relación que pueda existir entre el índice académico de los estudiantes y su estilo de aprendizaje manifiesto, se plantea el estudio de la relación a través de un modelo de regresión lineal, y calculado el coeficiente de correlación correspondiente. La

participación de los estudiantes incluye diversas regiones del país, la mayor participación se encuentra en el Departamento de Francisco Morazán, donde está ubicada la Ciudad Universitaria (CU), en la Figura 5:

Figura 5

Distribución geográfica en la República de Honduras, de respuestas de los estudiantes de Ingeniería en la UNAH



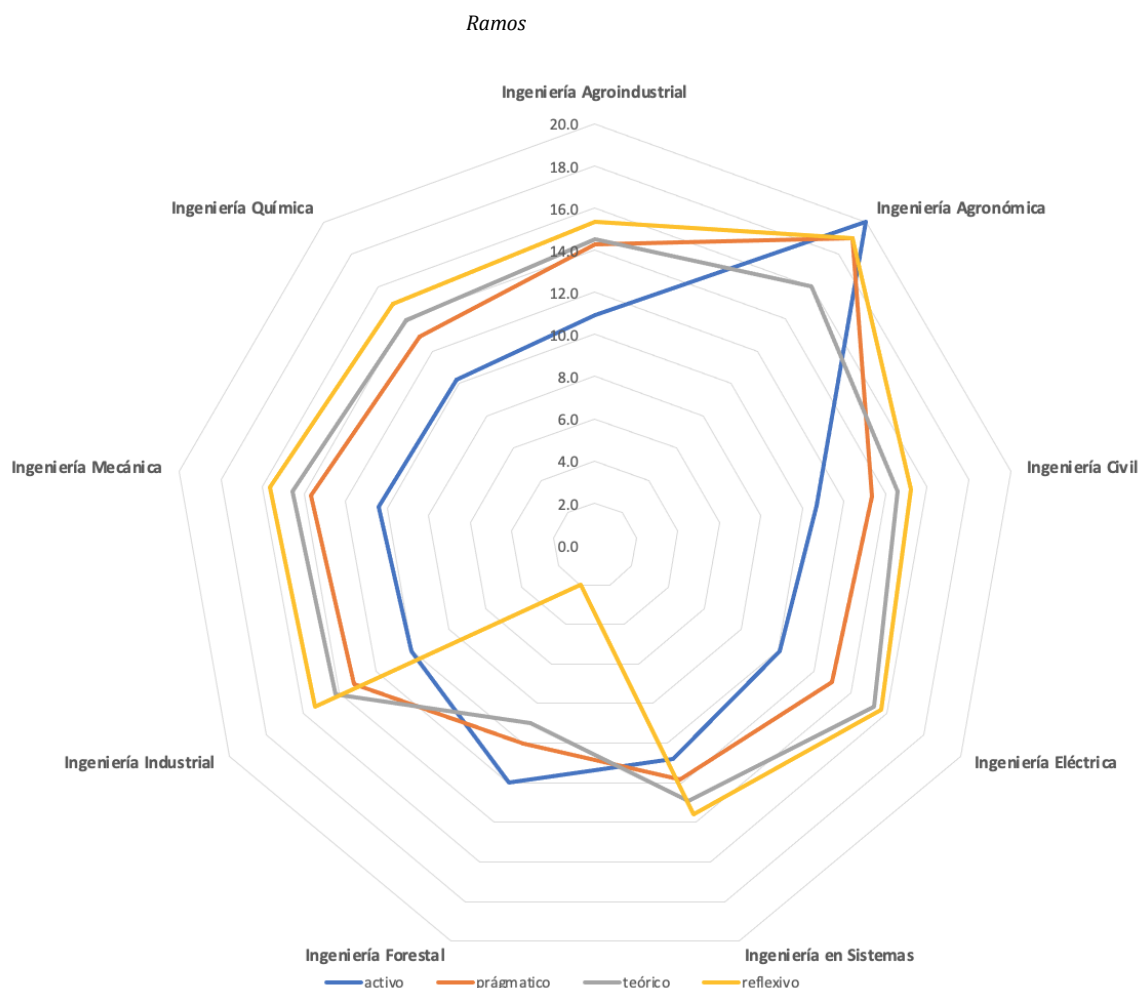
Nota. Esta figura muestra la distribución política y geográfica de la República de Honduras en sus 18 Departamentos, y el número de estudiantes que respondieron al cuestionario. Elaboración propia a partir de los datos recolectados.

Método

En la Figura 6, se muestra el estilo de aprendizaje basado en el cuestionario de Honey Alonzo para cada una de las carreras

Figura 6

Estilos de aprendizaje de los estudiantes de Ingeniería en la UNAH



Nota. Esta figura muestra los estilos de aprendizaje de los estudiantes de la Facultad de Ingeniería de la UNAH, matriculados en el primer periodo de 2023, en las diferentes carreras. Elaboración propia a partir de los datos recolectados

En la Tabla 5 se muestra el resultado del valor promedio de las respuestas de los estudiantes de ingeniería, donde se establece su posición frente a los reactivos del cuestionario, tal como se indica a continuación:

Tabla 5
Valoración del estilo de aprendizaje por carrera

<i>Carrera</i>	<i>Activo</i>	<i>Pragmático</i>	<i>Teórico</i>	<i>Reflexivo</i>
Ingeniería Agroindustrial	10.9	14.3	14.53	15.3
Ingeniería Agronómica	20.0	19.0	16.00	19.0
Ingeniería Civil	10.7	13.3	14.56	15.2
Ingeniería Eléctrica	10.1	13.0	15.30	15.7
Ingeniería en Sistemas	10.8	11.8	12.93	13.6
Ingeniería Forestal	12.0	10.0	9.00	2.0
Ingeniería Industrial	10.0	13.2	14.19	15.3
Ingeniería Mecánica	10.4	13.7	14.57	15.7
Ingeniería Química	10.2	12.9	13.91	14.9

Nota. *Elaboración propia a partir de las respuestas obtenidas*

Al realizar los análisis de varianza de dos factores y una muestra por grupos se generaron los siguientes resultados mostrados en las Tabla 6 Análisis de Varianza de dos

factores de los estilos de liderazgo versus la carrera y la Tabla 7, Análisis de Varianza de los estilos de liderazgo versus el Departamento de Nacimiento,

Resultados

Tabla 6
Análisis de varianza de dos factores del estilo de aprendizaje versus carrera

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados (SC)	Grados de libertad (gl)	Promedio de los cuadrados	F	Pr(>F)
Carreras	216.157765	8	27.0197206	5.22707447	0.000737703**
Estilo	32.0360222	3	10.6786741	2.06583278	0.131428286
Error	124.060466	24	5.16918607		
Total	372.254253	35			

Nota. Elaboración propia a partir de los datos recolectados, ** diferencia significativa al 0.001

Tabla 7
Análisis de varianza de dos factores del estilo de aprendizaje versus Departamento de Nacimiento

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Pr(>F)
Departamento	58.7289931	12	4.894082758	2.279454097	0.028065091
Estilos	275.4598958	3	91.81996528	42.76580646	5.89567E-12
Error	77.29349739	36	2.147041594		
Total	411.4823863	51			

Nota. Elaboración propia a partir de los datos recolectados

Luego de realizar un análisis de varianza múltiple, tomando como variables dependientes los estilos de aprendizaje, y como variables predictoras, la carrera, el lugar de nacimiento y el lugar de residencia, se obtiene el resultado del análisis de varianza lo indicado en la Tabla 8,

Tabla 8
Resultado del análisis de varianza múltiple, estilo de aprendizaje versus carrera, lugar de nacimiento y lugar de residencia

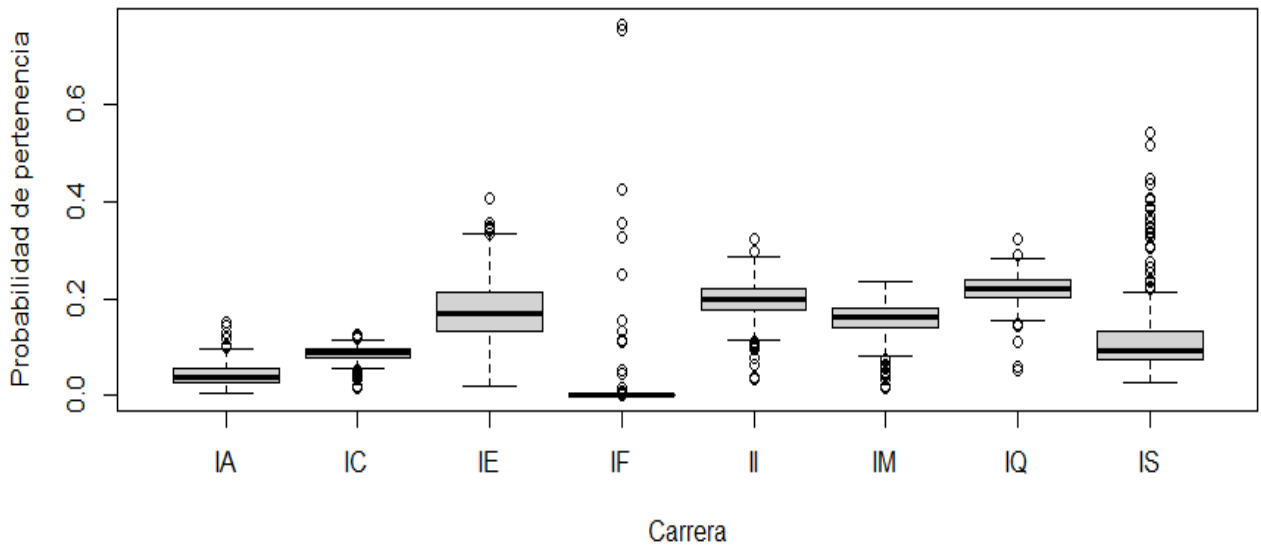
Fuente de varianza	gl	Pillai	Approx F	Num Df	den Df	Pr(>F)
Carrera	8	0.21875	1.8151	32	1004	0.003912**
Lugar de residencia	52	0.68733	1.0015	208	1004	0.484985
Lugar de nacimiento	57	0.76199	1.0363	228	1004	0.357091
Residuales	251					

Nota. Elaboración propia a partir de los datos recolectados, ** diferencia significativa al 0.001

Para estudiar la diferencia significativa en el estilo de aprendizaje debido a la carrera, se realizó un análisis múltiple discriminante, obteniendo los resultados indicados en la Figura 7.

Figura 7

Comportamiento de los estilos de aprendizaje a través de los centroides de las probabilidades pronosticadas de pertenencia versus carreras



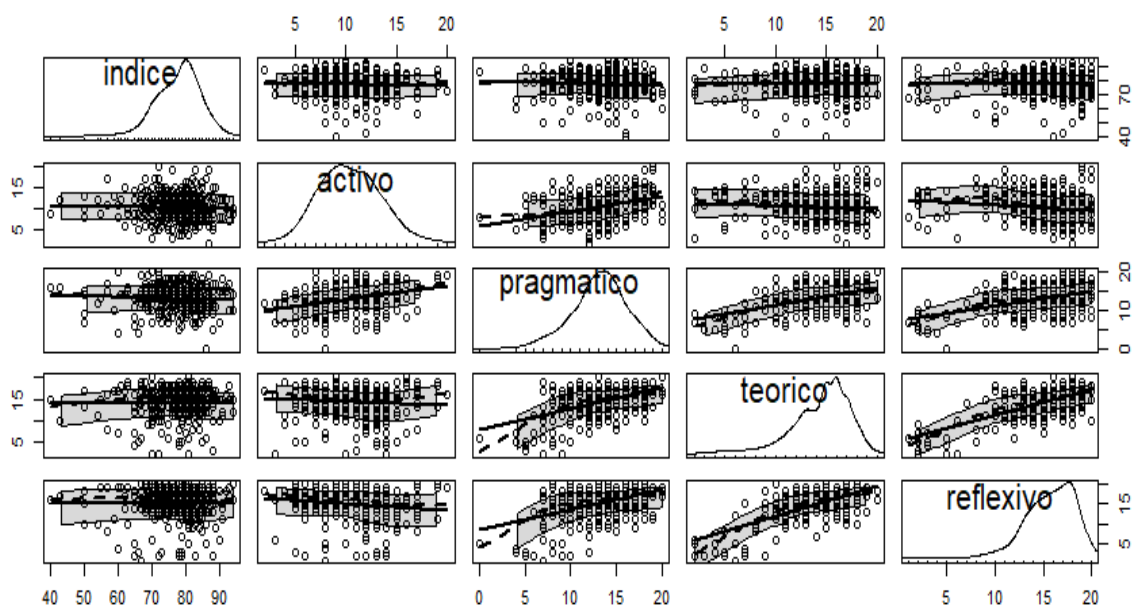
Nota. Esta figura muestra los centroides de las funciones discriminantes.

Para cada carrera, donde IA es Ingeniería Agroindustrial, IC es ingeniería Civil, IE es Ingeniería Eléctrica, IF Ingeniería Forestal, II ingeniería Industrial, IM Ingeniería Mecánica, IQ Ingeniería Química e IS Ingeniería en Sistemas se calculó los centroides para conocer la ubicación del estilo de cada carrera.

En la siguiente Figura 8 se muestra los gráficos de dispersión de la variable índice académico y de los estilos de aprendizaje de los estudiantes.

Figura 8

Comportamiento de los datos estilos de índice y de los estilos de aprendizaje de los estudiantes de Ingeniería de la UNAH



Nota. Esta figura muestra tanto los histogramas como la relación entre cada par de variables, indicando que no es lineal, elaboración propia a partir de los datos recolectados.

Tal como se observa en la figura, el índice muestra relaciones lineales con los cuatro estilos de aprendizaje, con concentraciones de datos que muestran una relación cercana a una lineal, por lo que se vuelve importante el conocimiento de dicho estilo como elemento que permite establecer experiencias curriculares para mejorar el aprendizaje con repercusiones en el desempeño de los futuros ingenieros.

Los coeficientes de correlación calculados se muestran en la Tabla 9:

Tabla 9

Coefficientes de correlación de Pearson entre el índice y los estilos de aprendizaje

Variable	Índice	Activo	Reflexivo	Pragmático	Teórico
Índice	1	-0.04	0.01	-0.06	0.02
Activo	-0.04	1	-0.014	0.35	-0.09
Reflexivo	0.01	-0.14	1	0.43	0.66
Pragmático	-0.06	0.35	0.43	1	0.47
Teórico	0.02	-0.09	0.66	0.47	1

Nota. Elaboración propia a partir de los datos recolectados.

Los valores de p se muestran en la tabla 10.

Tabla 10

Valores de p de los coeficientes de correlación de Pearson entre el índice y los estilos de aprendizaje

Variable	Índice	Activo	Reflexivo	Pragmático	Teórico
Índice		0.4705	0.8395	0.2416	0.7264
Activo	0.4705		0.0060*	0.0000*	0.0929
Reflexivo	0.8319	0.0060		0.0000*	0.0000*
Pragmático	0.2416	0.0000	0.0000		0.0000*
Teórico	0.7264	0.0929	0.0000	0.0000	

Nota. Elaboración propia a partir de los datos recolectados. * valores significativos a 0.001

Discusión y conclusiones

Finalmente, se presentarán en un último apartado las conclusiones del artículo y posteriormente las principales conclusiones. En su caso, se incluirán limitaciones y propuestas de continuidad. A partir de los datos recolectados en el proceso de muestreo, se logró determinar el estilo de aprendizaje para cada una de las carreras de ingeniería que se desarrollan en la UNAH, en el caso de Ingeniería Agroindustrial, los estudiantes tienen características de estilos pragmáticos, teóricos y reflexivos con valores más altos, en el caso del activo su valor resultó menor, de hecho el estilo activo mostró una correlación negativa significativa con el estilo reflexivo y no mostró relación con el estilo teórico, sin embargo, el reflexivo, el pragmático y teórico mostraron relaciones directas significativas, lo que indica potenciar la enseñanza tal como se indica en la tabla 2, comportamientos que favorecen los estilos identificados en los estudiantes. En el caso de la carrera de Ingeniería Agronómica, se obtuvieron puntajes relativamente altos en los cuatro estilos, por lo que el trabajo a realizar para mejorar el aprendizaje bien se puede orientar en las cuatro direcciones, diferenciando y a su vez complicando el trabajo de los profesores(as), por otro lado, Ingeniería Civil, obtiene su valor más bajo en el estilo activo, seguido del pragmático, y valores escasamente superiores en el teórico y reflexivo.

A pesar de lo anterior, los resultados ofrecen grandes oportunidades de mejoras en el proceso de enseñanza, pues en niveles bajos, la implicancia es trabajar en el fortalecimiento de la enseñanza en las cuatro vías marcadas por los estilos identificados,

Situación similar a la de Ingeniería Civil se detectó en el Ingeniería Eléctrica con posibilidades de establecer metodologías de enseñanza y de aprendizaje orientada a los cuatro estilos. Una estrategia que pueden seguir los claustros y las autoridades de los Departamentos Académicos y la Decanatura es hacer énfasis en construir clases que impliquen el desarrollo de actividades que ofrezcan oportunidades a todos los estudiantes de sacar el mejor provecho de las asignaturas que cursan. En el caso de Ingeniería en Sistemas, los valores que presenta son bajos en los cuatro estilos, ofreciendo grandes oportunidades de intervención a través del diseño de experiencias adecuadas. Ingeniería Forestal requiere una estrategia e implementación audaz, para lograr aprendizajes significativos en los estudiantes y para Ingeniería Industrial, Ingeniería Mecánica e Ingeniería Química, los valores obtenidos son muy parecidos, por lo que existe importantes oportunidades de intervención favoreciendo los cuatro estilos de aprendizaje.

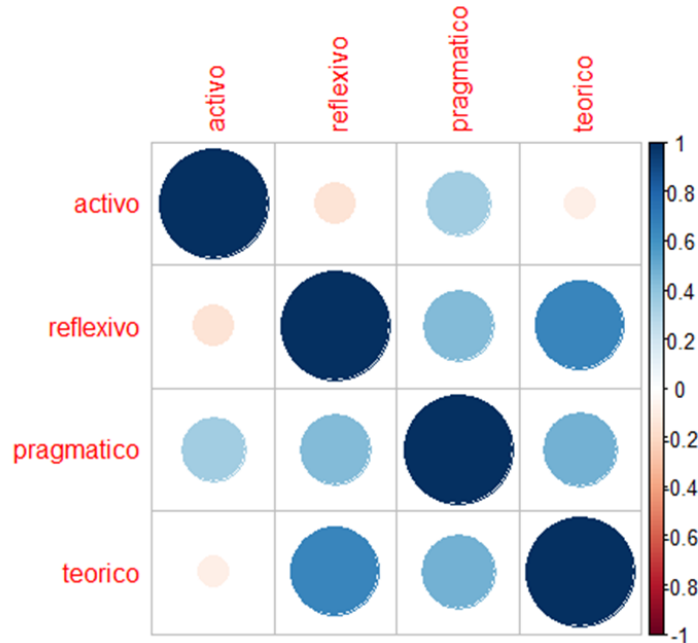
Una inquietud importante que se dilucida con los resultados obtenidos es que, al realizar el análisis de varianza de dos factores con una muestra por grupo, se encuentra únicamente diferencia significativa únicamente en cuanto a las carreras, no así al estilo, es decir, al evaluar estilos por estilo, los estudiantes de ingeniería tienen rasgos parecidos, sin embargo, en cuanto a las carreras si se encuentra diferencias. No sucedió lo mismo para el caso del análisis de varianza de dos factores considerando las carreras y el lugar de nacimiento representado por el Departamento, no se encontró diferencias. Pese a lo anterior, se planteó un análisis de varianza múltiple considerando los estilos definidos y como factores la carrera, el lugar de residencia y el lugar de nacimiento, encontrando únicamente diferencias significativas en las carreras. Tal como se observa en la Figura 7, después de construir las funciones discriminantes, se puede encontrar similitudes en carreras como Ingeniería Agronómica, Ingeniería Forestal e Ingeniería Civil, y otro gran grupo podría ser definido por Ingeniería Eléctrica, Ingeniería Industrial, Ingeniería Mecánica, Ingeniería Mecánica e Ingeniería en Sistemas.

A pesar de que los valores de las correlaciones entre el índice académico reportado por los estudiantes no reflejan relación significativa con los valores de los estilos de aprendizaje, se

observa que los gráficos de frecuencias se acercan a la normalidad, lo que da lugar a realizar inferencias ulteriores paramétricas de las mismas y otras variables, se encontró una relación significativa entre el estilo activo, reflexivo y pragmático, a continuación en le Figura 9 se muestra las correlaciones.

Figura 9

Correlaciones de los valores de los estilos de aprendizaje de los estudiantes de Ingeniería de la UNAH



Nota. Esta figura muestra tanto los coeficientes de correlación de Pearson de los valores de cada estilo de aprendizaje, elaboración propia a partir de los datos recolectados.

Como conclusión se establece que para el estilo activo, se debe reforzar intentar cosas nuevas, competir en equipo, resolver problemas, dramatizar, dirigir debates encontrar problemas, intentar métodos diferentes, para los reflexivos por su parte, diseñar actividades de observación, trabajar sin presiones, investigar exhaustivamente, recolectar información, llegar al fondo de los temas abordados, analizar detalladamente y sintetizar,

También, la exigencia de informes detallados, en el caso de los teóricos, definir esquemas fuertemente estructurados, trabajar metódicamente, cuestionar con escepticismo, poner a prueba métodos y la lógica de la resolución, y para los pragmáticos, experimentar, mostrar atajos y resultados, el sistema debe funcionar porque debe funcionar, ejemplificar abundantemente ya que la formación de ingenieros requiere de mucha actividad práctica que ayude a construcción de experiencias adecuadas. (Alonso et al., 1997, pp. 158–162).

El resultado de esta investigación generó una fotografía en un instante dado, una buena alternativa podría ser el seguimiento a grupos a través de toda su estadía en la carrera, y de esa manera construir datos que reflejen la variación de encontrarse en cuanto a estilos de aprendizaje en los estudiantes de Ingeniería de la UNAH.

Referencias

- Apellido, A. A., Apellido, B. B., y Apellido, C. C. (Fecha). Título del artículo. *Nombre de la revista, volumen*(número), pp-pp. Alonso, C. M., Gallego, D. J., & Honey, P. (1997). *Los estilos de aprendizaje: Procedimientos de diagnóstico y mejora* (Vol. 221). Mensajero Bilbao, España.
- Arias Gallegos, W. L. (2011). Estilos de aprendizaje en estudiantes universitarios y sus particularidades en función de la carrera, el género y el ciclo de estudios. *Revista de Estilos de Aprendizaje*.
- Bhogayata, A., & Jadeja, R. B. (2022). Influence of Learners' Diversity on the Pedagogical Practices in Engineering Education: A Meta-Analysis of Teachers' Reflections. *Journal of Engineering Education Transformations*, 36(Special issue 2), 566–574.
- Chowdhury, R. K. (2015). Learning and teaching style assessment for improving project-based learning of engineering students: A case of united Arab Emirates university. *Australasian Journal of Engineering Education*, 20(1), 81–94.
- de Almeida, M. E. B., Branco, J. R., Margalho, L., Cáceres, M. J., & Queiruga-Dios, A. (2023). An Individual Work Plan to Influence Educational Learning Paths in Engineering Undergraduate Students. *Springer Proceedings in Mathematics and Statistics*, 414, 285–293. www.scopus.com
- Gueye, M. L., & Exposito, E. (2023). *Education 4.0: Proposal of a Model for Autonomous Management of Learning Processes: Vol. 13821 LNCS*. www.scopus.com
- Haltas, I. (2022). Teaching from Multiple Angles: Aligning the Teaching Materials and Activities with Preferred Learning Styles of the Students. *ASEE Annual Conference and Exposition, Conference Proceedings*. www.scopus.com
- Kolb, D. A. (2014). *Experiential learning: Experience as the source of learning and development*. FT press.
- Kuzmina, N. N., Korotkova, E. G., & Kolova, S. M. (2021). Implementing E-Learning in the System of Engineering Students Training. *Proceedings of the 2021 IEEE International Conference "Quality Management, Transport and Information Security, Information Technologies", T and QM and IS 2021*, 818–823. www.scopus.com
- Martínez Geijo, P. & others. (2009). Estilos de enseñanza: Conceptualización e investigación (en función de los estilos de aprendizaje de Alonso, Gallego y Honey). *Revista de Estilos de Aprendizaje*.
- Mendenhall, W., Scheaffer, R. L., & Lyman Ott, R. (2006). *Elementos de muestreo*. Ediciones Paraninfo, SA.
- Molina-Cabello, M. A., Thurnhofer-Hemsi, K., Molina-Cabello, D., & Palomo, E. J. (2023). Are learning styles useful? A new software to analyze correlations with grades and a case study in engineering. *Computer Applications in Engineering Education*, 31(3), 537–551.
- Ojeda, A. F. O., & Herrera, P. J. C. (2013). Estilos de aprendizaje y rendimiento académico en estudiantes de ingeniería en México. *Revista de estilos de aprendizaje*, 6(11).
- Rofiq, Z., & Pratiwi, H. (2023). The influence of collaborative strategies and cognitive styles on the results of learning to read machinery engineering images. *AIP Conference Proceedings*, 2671. www.scopus.com
- Schunk, D., Meece, J., & Pintrich, P. (2012). *Motivation in education: Theory, research, and applications: Pearson Higher Ed*.
- Smith, R. M. (1982). *Learning how to learn: Applied theory for adults*. Open University Press Great Britain.
- Tocci, A. M. (2013). Estilos de aprendizaje de los alumnos de ingeniería según la programación neuro lingüística. *Revista de estilos de aprendizaje*, 6(12).

- Tulsi, P. K., Poonia, M. P., & Anupriya. (2016). Learning styles and achievement of engineering students. *IEEE Global Engineering Education Conference, EDUCON, 10-13-April-2016*, 192–196. www.scopus.com
- UNAH. (2023a). *Facultad de Ingeniería UNAH*.
<https://www.facebook.com/ingenieria.unah.edu.hn/posts/pfbid0241xAjEMvnjRycxg6qEXnFf2WitcteBQwPdDFiESEcMjzR1Eic9WPYdYMKxytV3hYl>
- UNAH. (2023b). *Informe de Matricula en Ingeniería, DIPP*.
- Yesilevskiy, Y., Thomas, A., Oehrlein, J., Wright, M. A., & Tarnow, M. (2022). Introducing Experimental Design to Promote Active Learning. *ASEE Annual Conference and Exposition, Conference Proceedings*. www.scopus.com

La importancia que juega la formación profesional del diseñador industrial para incorporar el ecodiseño dentro de su práctica profesional
The importance played by the professional education of industrial designers when incorporating ecodesign practices within the professional practice of design

Antonio Solórzano Cisneros

Universidad Autónoma de México, México

(antonio.solorzano@doctorado.unini.edu.mx) (<http://orcid.org/0000-0002-8667-6508>)

Eduardo May Osio

Itescam, México

(eduardo.may@unini.edu.mx) (<http://orcid.org/0000-0003-0782-3002>)

Información del manuscrito:

Recibido/Received: 18/03/23

Revisado/Reviewed: 17/01/24

Aceptado/Accepted: 25/01/24

RESUMEN

Palabras clave:

diseño, sustentabilidad, norma ISO 14006.

La actividad de diseño ha sido marcada como una de las prácticas profesionales de mayor impacto ambiental debido al peso que juegan las decisiones tomadas al momento de configurar el mundo material, reflejado en el daño generado por los objetos resultantes del proceso de diseño: montañas de productos de uso cotidiano que se fabrican por millones provocando el agotamiento de los recursos planetarios y generando todo tipo de emisiones y residuos tóxicos a lo largo de su ciclo de vida. Los resultados presentados parten de una investigación de carácter doctoral cuyo objetivo fue localizar y describir aquellos factores externos que reducen la efectividad en las tomas de decisiones a lo largo del proceso de diseño relacionadas con el cuidado medio ambiental; este artículo se centra en el peso que juega la formación profesional. Se hizo el estudio en diseñadores ubicados en Ciudad de México y zona conurbada, tomando como eje transversal la Norma ISO 14006, rectora de los conceptos de ecodiseño, para entender que procesos de diseño son gestionados por la misma. La metodología recurrió a una investigación de cabecera detallada sobre el diseño sustentable y sus estrategias, un cuestionario diagnóstico realizado a diseñadores industriales, con al menos dos años de experiencia laboral que trabajan en pequeñas y medianas empresas y una entrevista a profundidad realizada a un panel de expertos, quienes ayudaron a delimitar la problemática, confirmar los hallazgos obtenidos y desde su experiencia guiar el proceso de incorporación de la sustentabilidad al trabajo profesional de diseño.

ABSTRACT

Keywords:

design, sustainability, ISO 14006 standard.

The design activity has been marked as one of the professional practices with the greatest environmental impact due to strategic decisions made while crafting the material world, thus reflected in the damage that resulting objects coming from the design process generate: mountains of everyday us products that are manufactured by the millions, causing the depletion of planetary resources and generating all kinds of emissions

and toxic waste throughout their life cycle. The results presented here are based on a doctoral investigation whose objective was to locate and describe how external factors reduce the effectiveness of the decisions taken during the design process; the present study centers on the part that professional formation plays. The study was centered on the industrial designer located in Mexico City and the metropolitan area, taking as a reference, the ISO 14006 standard, which governs the eco-design concepts to better understand the design processes it manages. The methodology used a detailed header research on sustainable design and its strategies, a diagnostic questionnaire carried out to industrial designers, with at least two years of experience working in small and medium-sized companies and an in-depth interview carried out within a panel of experts, who helped defining the problem, confirming the findings and, from their experience, guiding the process of incorporating sustainability into the professional designer's work.

Introducción

Todo lo que existe en el mundo moderno es resultado de un acto de diseño (Norman, 1999), la manifestación física de la cultura, donde se refleja la falta de empatía con el mundo natural y en donde cada decisión, inconscientemente irresponsable, que se toma en el proceso de construcción y difusión de productos proviene de dicha actividad y el rol que juega el diseñador lo marca como el principal responsable (Capra, 1992, Papanek, 2005). El diseño es considerado la transformación material del mundo, sugiriendo que es una práctica que consiste en diagnosticar un problema, interpretarlo y analizarlo para desarrollar maneras creativas de superarlo (Boehnert, 2018), implicando por definición que el diseñador ejecuta dichas acciones, y por tanto, responsable de las consecuencias, dando a pie a que se considere que ninguna actividad provoca mayor daño que la manera en la que se diseña y fabrica el mundo material (Papanek, 2005), cuando su labor ética y moral, es la de crear productos responsables que incorporan tecnologías eficientes en su ciclo de vida, evitando la degradación de los sistemas naturales pero que en su lugar muestra solamente una falta de adecuación para interactuar de forma armónica con nuestro entorno natural, la que convierte al diseño en una de las actividades con mayor responsabilidad hacia el ambiente (Capra, 2015).

Enzo Manzini (1992) afirma que es la falta de una ética profesional que se adapte a problemáticas reales y a nuevas sensibilidades, en específico la cuestión ambiental, brindando nuevos horizontes al diseño y la oportunidad para una transformación, partiendo de los valores de una sociedad industrial dentro de un contexto sostenible.

El diseño es una poderosa herramienta que ha permitido la transformación del estado natural de los entornos existentes hacia estados preferidos, aunque a veces híper-artificiales e insostenibles (Buchanan, 2001) que derivan en el agotamiento de recursos, la contaminación y problemas de salud entre otros, poniendo en riesgo la calidad de vida de futuras generaciones. Debido a que el diseño ha caído en una incapacidad de generar valores perdurables, volviéndose obsoleto, peligroso e insostenible (Norman, 1999) ha marcado a la práctica de éste como la principal responsable. Según diversos autores (Papanek, Buchannan, Boehnert, Manzini, Thakara) más del 80% de las decisiones de carácter ambiental se deciden durante la etapa de conceptualización y proyectual del proceso de diseño. Por esta razón, se dice que el problema de sustentabilidad es un problema de diseño (Thackara, 2005) y a pesar de que existen estrategias enfocadas a minimizar el daño producido por las prácticas de diseño (e.g. ecodiseño), resultan ineficientes e insuficientes para lograr alcanzar los objetivos del desarrollo sostenible, asumiendo que el diseño tiene la habilidad para desarrollar productos que consideren los factores ambientales, transformando la práctica profesional del diseño (Ehrenfeld, 2015).

El diseñador cuenta con la capacidad de implementar los cambios necesarios, redirigiendo sus esfuerzos para transformar el sistema que determina que debe diseñarse (Boehnert, 2018), mitigando el daño ambiental derivado de la práctica profesional del diseño. Existen diversos conceptos derivados del llamado ecodiseño, y cuyo objetivo es reducir el impacto en la práctica de diseño; dicho concepto nació dentro de la llamada ecología industrial bajo el tenor de "*hacer más con menos*", perspectiva arraigada bajo lineamientos propuestos por políticas neoliberales, en donde el aspecto importante es el económico y no el ambiental. Esto limita el alcance real que pudieran tener estrategias como la antes mencionada, debido a que su principal alcance subyace en el reciclaje de recursos y la optimización de la materia prima, sin contemplar etapas que producen un gran impacto ambiental, como es la obtención misma del recurso primario, el uso y el descarte final y que en la opinión de diversos autores, son procesos que fallan debido a la carencia de una visión integral que vaya más allá de los límites impuestos al trabajo profesional del diseñador, quien debería ir más allá y convertir su profesión en una actividad innovadora y creativa que parta de sólidas bases científicas que le

permitan resolver las necesidades humanas y a su vez detener la degradación planetaria provocada por objetos y servicios mal diseñados.

La presente investigación surgió de la inquietud de comprender como es que la formación profesional del diseñador afecta en su desempeño al abordar una problemática de carácter ambiental, así como describir cuales son las obligaciones que tiene todo diseñador, sus habilidades, limitantes y competencias, en donde la Norma ISO 14006 jugo un papel importante para mapear los procesos de diseño gestionados por la misma, bajo los principios del llamado ecodiseño. Dicha norma se vuelve un referente importante porque indica exactamente cuales son los procesos de los cuales, el diseñador industrial es responsable, los enlista y sugiere una serie de recomendaciones para reducir el impacto de forma sistemática, mediante la reducción de recursos materiales y energía.

Este tipo de estudios se realizan con el objetivo a futuro de guiar la toma de decisiones críticas tomadas durante el proceso de diseño, respondiendo a la exigencia de una sociedad interesada, tanto en la conservación de la naturaleza, como en la preservación de su estilo de vida, para incorporar, posteriormente, al trabajo de diseño, diferentes alternativas para alcanzar este objetivo, mejorando los procesos, inculcando valores éticos e integrando una visión cultural, convirtiendo este reto, en uno de carácter estratégico que contemple a todos los involucrados (Chávez, 2016). Otro objetivo de la investigación doctoral fue la de reconocer al diseñador y el papel que juega en la transformación y construcción del mundo artificial que nos rodea y el contexto dentro del cual se desarrollan los proyectos de diseño.

El presente artículo presenta parte de los resultados obtenidos de una investigación realizada durante los meses de febrero a mayo del año 2021, misma que giro en torno a la actividad de diseño y su relación con las decisiones de carácter ambiental tomadas durante su labor profesional.

Método

Diseño de la investigación

Como se hizo mención, el presente artículo presenta una pequeña porción de una investigación de carácter doctoral, donde el objetivo principal fue documentar la situación del diseño en Ciudad de México y zona conurbada, entender los factores dentro y fuera de la industria y delimitar el perfil profesional de egreso de las universidades que imparten la carrera de diseño o similares. Para cubrir los objetivos planteados, se recurrió a diversas herramientas, tanto cualitativas como cuantitativas, tomando como punto de partida una investigación mixta, de tipo descriptiva-explicativa, cuyo objetivo fue relacionar las diferentes acciones y toma de decisiones, que llevan a una relación de causa y efecto, entre aquello que realiza el diseñador (factores directos internos) y su efecto a nivel daño ambiental; Por otro lado, se buscó localizar y entender aquellos factores externos indirectos, que afectan la manera en que el diseñador toma sus decisiones, determinando tanto las variables indirectas (capacidad de toma de decisión, requerimientos de fabricación, petición del cliente, etc.), como aquellas variables directas (formación, conocimiento, desarrollo profesional, etc.) y el papel que juegan al determinar el grado de impacto ambiental derivado.

Mediante un cuestionario diagnóstico se parametrizó y cuantificó en lo posible, características de rubros tan amplios y ambiguos, como son el tipo de gestión ambiental en las empresas, la implementación de estrategias de ecodiseño, el desempeño ambiental, la responsabilidad a partir del puesto según el organigrama y los objetivos que persiguen las empresas que contratan diseñadores industriales en Ciudad de México y la zona conurbada, esta información fue nutrida y corroborada mediante un trabajo extenso de consulta a diversas

fuentes de información y una serie de entrevistas a profundidad realizadas a un panel de expertos, para definir indicadores y conceptos cuantificables como parámetros.

Dicho cuestionario fue nutrido gracias a la participación de un panel de expertos, mediante la herramienta de la entrevista a profundidad no estructurada, la cual hizo uso de una técnica de indagación conocida como “laddering”, encaminando al entrevistado hacia la dirección necesaria para profundizar en los temas pertinentes a la confirmación y complementación de la información recabada durante la etapa de investigación bibliográfica, y cuyos resultados fueron la base para la generación del cuestionario diagnóstico. Las tres herramientas de investigación fueron analizadas mediante una triangulación de datos para la interpretación de datos finales y obtención de conclusiones.

Participantes; población, muestra y selección de actores principales

Una investigación mixta, cómo la propuesta en el presente documento, parte con un número pequeño de informantes; en una observación participativa y en la entrevista cualitativa, no se conocen de antemano el número de informantes, sino que se van añadiendo casos conforme se avanza en la investigación.

Se propone un muestreo de variación máxima, focalizada sobre aquellos casos reconocidos cómo usuales dentro del contexto investigado, con la finalidad de describir y entender los temas centrales o características de los actores entrevistados; los informantes que mejor representen la realidad estudiada. Es también un muestreo por conveniencia, no probabilístico, ya que nuestro actor principal debe de cubrir un perfil específico de características, esenciales definidas por la naturaleza del estudio y se adapte perfectamente al modelo propuesto.

El organigrama de las empresas con departamento de diseño fue determinante al momento de seleccionar a la población muestra, los diseñadores industriales, y la descripción de puestos de acuerdo con los departamentos de Recursos Humanos y bajo dichos criterios se hizo la selección de la población objetiva sobre la cual se implementarán el cuestionario.

La población muestra presentada fue seleccionada por su posición dentro del organigrama, así como el poder en la toma de decisiones críticas y la experiencia dentro de la empresa, siendo el actor principal, el diseñador industrial que desarrolla su trabajo profesional dentro del campo de la industria de desarrollo y fabricación de productos en micro, pequeñas y medianas empresas de la Ciudad de México y zona conurbada.

Muestreo primario

Se aplicó dicho cuestionario diagnóstico a 106 diseñadores industriales que laboran en industrias o empresas ubicadas en la Ciudad de México y zona conurbada, mismos que cubrieron con el perfil de selección y que aceptaron participar respondiendo el cuestionario.

Los criterios de selección e inclusión de diseñadores industriales a los cuales se les realizó el cuestionario diagnóstico, brindando la información más relevante, fueron los siguientes:

- Pasantes de la carrera de Diseño Industrial que laboren como becarios: Este perfil se toma en consideración, debido a que es una práctica común en la industria, contratar pasantes que se encuentran cursando los últimos años de su carrera, con la finalidad de desarrollar sus prácticas profesionales u obtener experiencia profesional.
- Recién egresados de la universidad que empiezan su carrera profesional: Los jóvenes egresados tienen más presente los conocimientos adquiridos durante su formación, así que la información brindada por ellos será de vital importancia, sobre todo al momento de entender si existe una relación entre lo aprendido en la carrera y el trabajo profesional.
- Diseñadores Junior: Diseñadores con experiencia laboral menor a 3 años, jóvenes diseñadores que ya tienen la experiencia necesaria para estar desarrollándose de forma eficiente dentro de una empresa, y que ya conoce los procesos dentro de la misma.

- Diseñadores Senior: Diseñadores con experiencia laboral mayor a 3 años, que pueda o no cubrir un puesto de tipo gerencial debido a la experiencia. Este perfil es importante porque ya domina una serie de procesos y herramientas gracias a su experiencia laboral; son capaces de identificar un proceso metodológico inherente en la práctica.

- Diseñadores con un grado adicional (especialidad, maestría, doctorado, etc.). Aquellos que, por lo general, pueden o no cubrir un puesto gerencial con base en su preparación. En caso de que los hubiera, son actores capaces de identificar los procedimientos más avanzados y estrategias que no son tan evidentes para diseñadores sin este grado de estudios.

La segunda parte del experimento consistió en entrevistas a profundidad realizadas a un panel de expertos: fueron entrevistados 15 especialistas. La finalidad de la entrevista fue entender el contexto dentro del cual se desarrolla el trabajo del diseñador industrial en México, los antecedentes históricos que enmarcan la evolución del trabajo profesional, la formación profesional académica, las competencias y el perfil de egreso, la situación actual del diseñador mexicano, la relación entre el diseñador industrial y la sustentabilidad en México y definir el perfil para un nuevo tipo de diseñador integral.

Los criterios de selección de los especialistas fueron:

- Líderes de academia con más de 10 años de experiencia involucrados con la enseñanza de la disciplina, los planes de estudio y la definición de los perfiles de egreso.
- Teóricos de diseño con diversas publicaciones relacionadas con los aspectos fundamentales de la disciplina.
- Líderes de industria, tanto en el área de relación con clientes, gerencia de empresas de diseño y gerentes de producción involucrados con proyectos de diseño y fabricación de productos (muestreo complementario).

Muestreo complementario: Un grupo de actores secundarios, que tienen inferencia directa con el trabajo del diseñador industrial y, por lo tanto con los resultados de los procesos de diseño, fueron identificados durante la realización del cuestionario. Estos perfiles complementaran el perfil de especialistas que complementaron el panel.

La entrevista realizada a estos actores se enfocó directamente a la formación académica del diseñador industrial, los procedimientos de diseño, a la gestión de los equipos de diseño y a la implementación de estrategias de carácter ambiental dentro de las empresas, así como el conocimiento sobre normas y su aplicación práctica dentro de la industria del diseño.

Estos perfiles, a pesar de tener una participación externa, tuvieron un papel crucial definiendo el desarrollo de los proyectos, ocupando puestos ubicados en los extremos superiores de los organigramas, entrevistados con la finalidad de entender el nivel de afectación directa que sus puestos tienen en los procesos de diseño.

El muestreo complementario estuvo formado por: 1) gerentes generales de empresa, 2) gerentes de ventas y su equipo de vendedores, mismos que expresan las necesidades del cliente y que fungen como parte del panel de expertos en la etapa de entrevistas y 3) gerentes de las áreas de diseño y desarrollo de productos.

Instrumentos

El cuestionario y sus resultados: Como fue mencionado, este instrumento, conformado por 35 preguntas de carácter diagnóstico, se aplicó a 106 diseñadores industriales que cubrieron con el perfil ideal establecido y que se aplicó en línea durante los meses de marzo y abril del año 2021, mediante la herramienta de "Google Survey", siendo uno de sus objetivos principales, diagnosticar el grado de conocimiento relacionado con los conceptos de sustentabilidad, cambio climático, el impacto producto de la profesión y las diferentes herramientas metodológicas a su alcance, finalizando con la identificación de aquellas variables que afectan el desempeño ambiental.

Entre los objetivos cubiertos por el cuestionario destacan dos: Identificar los factores, directos e indirectos que afectan dicha toma de decisiones al momento de desarrollar un proyecto; y comprender el papel que juega la formación académica de los diseñadores y su relación con el conocimiento de estrategias, causas y consecuencias.

El cuestionario atiende a criterios de pertinencia e importancia de los diferentes factores relacionados con la implementación de estrategias ambientales, el conocimiento de éstas y la formación de competencias relacionadas con el aspecto sustentable durante la formación profesional de los encuestados.

Análisis y resultados obtenidos

El cuestionario se dividió en tres bloques, definidos como formación profesional, conocimiento sobre la existencia de la Norma ISO 14006 y la implementación de estrategias enfocadas a reducir el impacto ambiental dentro de su lugar de trabajo.

Para fines prácticos, se presentan los resultados más relevantes de la sección relacionada con la formación profesional, preguntas 27 a 31 del cuestionario diagnóstico, cuyo objetivo fue entender si los estudios universitarios juegan un factor importante al momento de tomar decisiones en cuanto a temas relacionados con afectaciones al medio ambiente.

Resultados

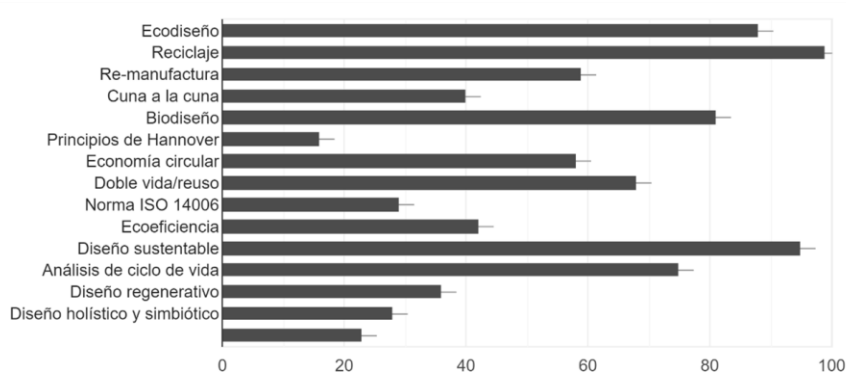
A continuación, se presentan algunos de los datos más representativos obtenidos durante la aplicación del cuestionario a diseñadores y su opinión en torno a los procesos que realizan y su impacto ambiental y la relación que tiene la formación profesional.

El cuestionario se centró en entender, primero, el trabajo profesional y la situación laboral en Ciudad de México y zona conurbada, la segunda parte fue para entender el papel que juegan los estudios académicos y su formación; por último, se preguntó sobre la incorporación de estrategias ambientales en su lugar de trabajo. El enfoque del presente artículo es entender la parte de la formación profesional del diseñador industrial.

En primer lugar, se hicieron preguntas en torno al tipo de estrategias ambientales y el conocimiento de estas. Los diseñadores afirmaron conocer las siguientes herramientas de gestión ambiental: Reciclaje (93.33%); Diseño sustentable (88.57%); Ecodiseño (81.90%); Biodiseño (75.23%); Análisis de ciclo de vida (68.57%); el concepto de doble vida y re-uso (60%). Curiosamente, a pesar de que muchos diseñadores afirman no saber sobre las causas y consecuencias del cambio climático y el papel que juega la industria, la gran mayoría afirmó conocer sobre diversas estrategias preventivas, implicando que durante su formación profesional, se tuvieron que cubrir dichos temas, al menos de forma teórica, pero las diversas materias, tampoco conectaban entre sí, brindando únicamente información, un breviarío cultural sobre cuestiones ambientales, pero sin ningún valor práctico al momento de abordar un proyecto de diseño.

Figura 1

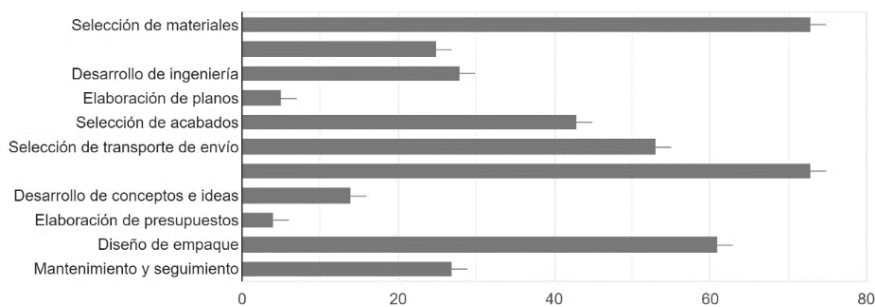
Conocimiento sobre estrategias ambientales



Otra pregunta importante realizada fue la saber si eran capaces de identificar que procesos dentro de la industria generan algún tipo de daño ambiental; los resultados obtenidos, observables en la gráfica 2, fueron los siguientes: en primer lugar los diseñadores identificaron a la selección de materiales como el principal aspecto de daño ambiental (70.47%), en segundo lugar identificaron a la selección de procesos de fabricación (69.52%); el diseño de empaque (59.04%); el transporte el siguiente factor (53%) y, por último, la selección de acabados (40%).

Figura 2

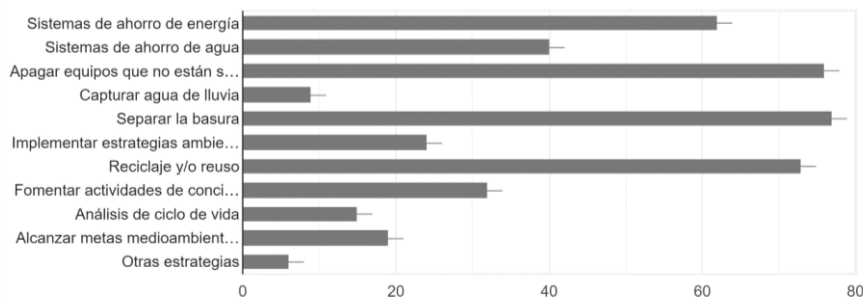
Procesos de diseño que generan el mayor daño ambiental



Para entender la responsabilidad ambiental dentro de las empresas, se preguntó sobre la incorporación de estrategias sustentables dentro del lugar de trabajo, arrojando los siguientes resultados: fueron cuatro las respuestas principales: apagar los equipos en desuso (63.80%); separar la basura (59.04%); estrategias de reciclaje (56.19%) y usar sistemas de ahorro de energía (51.42%). Se puede concluir que la mayoría de las empresas que contratan diseñadores, no implementan estrategias en el trabajo del diseñador, solamente utilizan estrategias tradicionales que buscan reducir el impacto directo de la empresa.

Figura 3

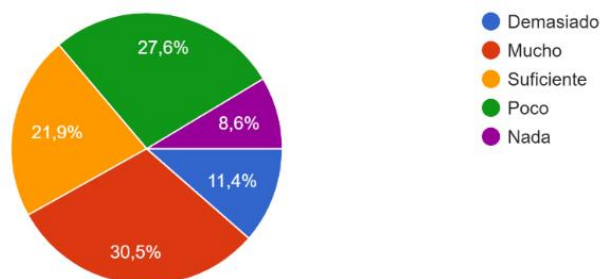
Incorporación de estrategias de carácter ambiental en el lugar de trabajo



Otro bloque de preguntas se centró en comprender si los diseñadores consideran que las decisiones tomadas dentro de su lugar de trabajo se relación con el elemento ambiental, obteniéndose los siguientes resultados: El 30.5% contesto que las decisiones tienen mucha relación con la parte ambiental, el 27.6% afirma que las decisiones de la empresa tienen poca relación, el 21.9% confirma que tienen la relación suficiente con la problemática ambiental, el 11.4% comenta que si tienen demasiado peso dichas decisiones y un 8.6%, que no tienen ninguna relación. Casi una tercera parte de los diseñadores confirma que el proceso de toma de decisiones dentro de la empresa tiene mucho que ver con la cuestión de daño ambiental y muy de cerca, aquellos que consideran que tiene muy poca relación, mostrando que la opinión está dividida en cuanto al papel que juega la toma de decisiones al momento de realizar un proyecto.

Figura 4

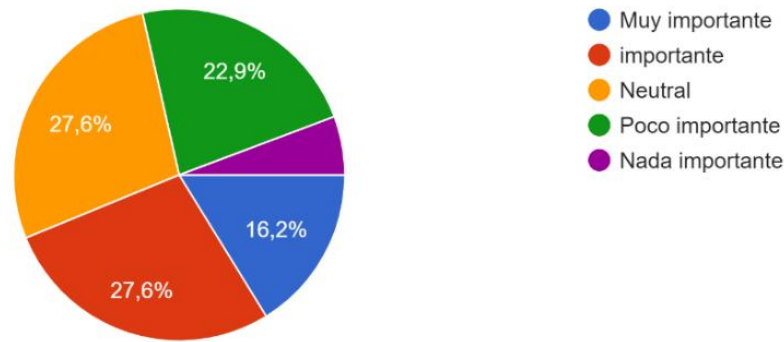
Importancia dada al factor medio ambiental en la toma de decisiones estratégicas



Así como se preguntó sobre el peso que toman los valores ambientales en la toma de decisiones, también se hizo una consulta sobre el grado importancia que se le da a la sustentabilidad dentro de los procesos empresariales: El 27.6% menciona que es importante, otro 27.6% comenta que la empresa es neutral ante dichos factores, el 22.9% dice que es poco importante, el 16.2% menciona que sí es muy importante y el 5.7% afirma que es nada importante. Esta información fue un tema recurrente durante las entrevistas a los expertos, y en efecto, en la Ciudad de México, la mayoría de las empresas que contratan a diseñadores industriales no dan importancia al elemento ambiental si no es solicitado por el cliente. Una de las razones deriva de la competencia que existe entre empresas y por aquellos clientes que solicitan el mejor precio, castigando el elemento ambiental. Los resultados se muestran a continuación en la siguiente gráfica.

Figura 5

Grado de importancia que tienen los valores sustentables en las empresas.



La entrevista a profundidad al panel de expertos, fase descriptiva-evaluativa, complemento el ejercicio y cuyo objetivo fue la de contextualizar la situación del diseñador mexicano dentro de la industria, brindando las pautas bajo las cuales, se estructuró el cuestionario diagnóstico y corroborando los resultados de la etapa de documentación bibliográfica, para así entender las dinámicas que se generan en el entorno laboral y la situación actual del diseño en México y mediante la triangulación de información, entender y describir la relación que existe entre los factores que afectan el desempeño medio ambiental del diseñador, tales como: formación profesional; requerimientos solicitados; las limitaciones, tanto técnicas como tecnológicas; factores indirectos que afectan la toma de decisiones; el desarrollo de los proyectos de diseño y como es que a partir de dicho conocimiento, dar mayor sentido a los resultados derivados de la formación profesional, buscando crear nuevas sinergias que nutran la labor del diseño.

Se realizaron diferentes series de entrevistas; el primer bloque de entrevistados corresponde a aquellos expertos dentro de las áreas teóricas, históricas y académicas; el segundo bloque se realizó a líderes de empresas mexicanas que contratan diseñadores y actores dentro de las mismas que son quienes interpretan los deseos del cliente y transmiten la información y objetivos de los proyectos de diseño. El último bloque de entrevistas se centró en diseñadores que laboran profesionalmente en empresas que implementan estrategias de ecodiseño en sus procesos o que son empresas de consultoría ambiental operadas por diseñadores. Como resultado de esta segunda fase, porción cualitativa del experimento, y cuya finalidad busco cubrir con los siguientes objetivos:

- Contextualizar la situación del diseñador mexicano dentro de las empresas, su relación con los clientes, los proyectos y la manera en que podrían integrarse los requerimientos de carácter sustentable a sus procesos, así como los retos que presenta la industria que contrata a diseñadores industriales, esto con la finalidad de proponer un nuevo perfil profesional que sirva de base a las universidades, para generar un nuevo plan de estudios.

- Delinear el perfil profesional actual del diseñador industrial mexicano, sus procedimientos, herramientas prácticas, competencias y retos, con el objetivo de analizar si la educación cubre verdaderamente el perfil solicitado.

- Entender el papel que juegan los planes de estudio y la incorporación de materias relacionadas con la sustentabilidad dentro de sus proyectos académicos, entendiendo así la dinámica que se genera entre conocimiento teórico y aplicación práctica, ayudando a descubrir áreas de oportunidad para la introducción de dichos temas en los ejercicios profesionalizantes.

- Mediante un análisis histórico, entender cómo es que la disciplina del diseño industrial se introdujo en México, su desarrollo a través del tiempo y cómo fue que se definió el perfil específico de profesional del diseño; el contexto histórico se vuelve valioso para localizar y

focalizar macrotendencias que reflejen este nuevo espíritu de la población más joven que busca ser amigable y responsable con el ambiente.

Debido a las limitaciones derivadas de la pandemia provocada por el COVID-SARS2, se tuvieron que adaptar dichas entrevistas hacia una variación del método DELPHI con una entrevista a profundidad. También, mediante las entrevistas, se buscó contextualizar el entorno dentro del cual labora el diseñador industrial en México y entender el panorama actual en que se encuentra, los antecedentes históricos, variables culturales, sociales y económicas que afectan el trabajo del diseñador, así como delimitar los alcances y limitaciones al incorporar estrategias de prevención de daño medio ambiental.

El panel de expertos fue constituido principalmente por académicos de las principales universidades de diseño en México (UNAM, Universidad Iberoamericana, Instituto Tecnológico de Monterrey, UAM Azcapotzalco y Xochimilco, Universidad La Salle, EDINBA y la Universidad Panamericana), y que en algún momento se encontraron involucrados en la toma de decisiones para crear o actualizar los planes de estudios; otro perfil de los entrevistados fue el de historiadores que han analizado la evolución del diseño en México, destacando personalidades del diseño mexicano como son el Dr. Oscar Salinas, creador de la editorial DESIGNIO, el Dr. Julio Frías, ex coordinador del posgrado de Artes y Ciencias de la UNAM, creador del premio “Diseña México”, La Dra. Sandra Molina del CyAD de la UAM, coordinadora de las publicaciones científicas en dicha universidad, el Maestro Aldo Pérez Jaimes, Coordinador de la carrera de ingeniería en Innovación y Diseño de la Universidad Panamericana y el Maestro Ariel Méndez, de la Universidad Iberoamericana, además de las maestras Ana Charfen y Reneé Harari, especialistas en gestión y prospectiva de diseño.

Cada entrevista a profundidad fue no estructurada, partiendo de algunas preguntas guía, las cuales, fueron desarrollándose dentro del tiempo de las entrevistas para ahondar dentro de la temática, adaptándose según el perfil, la experiencia profesional y la especialidad de cada uno de los expertos.

Reflexiones conceptuales y pragmáticas de la investigación

La investigación arrojó diversos resultados, dependiendo del enfoque considerado, continuación, se presenta la información obtenida que gira en torno al diseñador, su actividad y los valores ambientales dentro de su práctica: en primer lugar, un diseñador eficiente y eficaz, debe poseer un perfil complejo e integral que le permita aprovechar los recursos metodológicos a su alcance, así como diferentes tipos de pensamiento para adaptarse a diversas actividades.

El panel de expertos conformado por líderes de la industria menciona que el actual ambiente empresarial e industrial presenta a los diseñadores un reto mucho mayor: en México, los diseñadores que deciden trabajar dentro de una empresa viven regidos por las necesidades que plantea la industria nacional y dentro de las cuales, los diseñadores que emplean están obligados a responder a las necesidades del sistema económico predominante con muy poco, o ningún poder de decisión, afectando directamente a la toma de decisiones que giren en torno a los valores sustentables, y esto deriva en una falta de control sobre las decisiones que se toman en los proyectos; decisiones como son los presupuestos, la selección de procesos e insumos, limitando la participación de carácter ambiental que podrían aportar, esta es la razón por la cual un diseñador que busque proponer alternativas que puedan generar un cambio positivo, debe ser capaz de leer, interpretar y trasladar diversos factores, principalmente los económicos, los políticos, los ambientales y los culturales, reflejándolos como una ventaja económica para su empresa, y no como un valor agregado o ético y para lograrlo, el diseñador que se plantee incorporar una ética de carácter sustentable desde el interior de la industria debe contar principalmente con jefes y clientes con la apertura suficiente para cambiar el rumbo de los proyectos e incorporar la sustentabilidad.

Existen otros retos que los especialistas entrevistados mencionan, coincidiendo en la existencia de estos dos: entender en donde se encuentra parado el diseñador, desde una

perspectiva local y global, comprendiendo los sistemas globalizados y los diversos fenómenos culturales, y mediante este conocimiento, ofrecer soluciones que aporten una visión global; un segundo reto, es que el diseñador debe dejar atrás la postura individualista que lo caracteriza, integrándose a equipos de trabajo interdisciplinarios, en donde el diseñador y su lenguaje se pueden convertir en punto de convergencia de ideas, en donde se sintetizan las aportaciones de un equipo compuesto de profesionales de diferentes áreas del conocimiento, volviéndose mediadores e integradores, ambos retos resultan evidentes en México, en donde los objetivos sostenibles son elementos que no están bien fundamentados y para los cuales la industria mexicana no se encuentra preparada para alcanzarlos.

En cuanto al factor ambiental, confirma el panel de expertos que, tanto cliente como industria, buscan darle la vuelta al problema mediante el engaño, el caso típico es hacer que algo aparente ser lo que no es con el objetivo de superar un filtro, como lo puede ser un requerimiento ambiental que no es cubierto en su totalidad, pero también que es necesario considerar que un cliente ambientalmente responsable tampoco es una garantía de sustentabilidad, sumado a esto, la proveeduría de material amigable con el ambiente es otro factor de peso en México, ya que existen pocos proveedores de materiales sanos y aquellos que los ofrecen suelen resultar o demasiado costosos o de baja calidad.

Discusión y conclusiones

Si en efecto, estos estudios comprueban un problema dentro de la propia academia, al formar a estos profesionistas debe replantearse, no solo el contenido temático, sino el alcance que dichas materias juegan. Resulta preocupante ver que universidades de prestigio, como lo es la Universidad Iberoamericana, primera universidad en ofrecer la carrera en México desde 1955, desaparece las materias de carácter sustentable de su programa, dando mayor peso a una formación técnica que cubra el perfil profesional solicitado en las empresas; esto es reflejo también, de una problemática mayor, en donde el entorno laboral es el que dicta la formación profesional. En el panel de expertos entrevistados, muchos indican que dichas materias entorpecen la formación profesionalizante, debido a que resulta complejo incorporar dichos elementos en los ejercicios formativos, mientras que otros, se escudan en la necesidad de preparar nuevos profesionistas que enfrentan otro tipo de problemas, que si competen al diseñador industrial.

Y aunque resulta grave que los estudiantes de diseño carezcan del conocimiento mínimo necesario para abordar una problemática compleja, como lo es abordar la sustentabilidad, el gran problema deriva de la propia industria y de los clientes a los cuales ésta sirve; si el diseñador no aborda adecuadamente, es debido a que existen diversos factores, tanto internos como externos, ligados íntimamente con su trabajo profesional y en donde los líderes de empresa y los clientes, no alinean sus propios objetivos, con los objetivos de una agenda sostenible, aquí la clave está en los valores que giran en torno a una ética centrada más en cuestiones económicas que en las ambientales, y por lo tanto, se ven reflejadas en las personas que laboran en la industrial.

Otros factores, por ejemplo, que hacen mención los expertos del panel es la importancia que juega el hecho de que el diseñador deje tras de sí discursos que encuentran su origen en el pensamiento arcaico, simple y lineal del diseño. Aquí la formación profesional debería centrarse en crear un nuevo perfil, uno más competitivo cuya característica principal es la de vivir inmerso en el contexto, y cuya función sea la de ser traductor y configurador de todos los componentes de un sistema complejo, incluido el ambiental, mediante acciones prospectivas y colaborativas, generando los componentes necesarios y una lectura eficiente de uso para dar un verdadero sentido y utilidad a las cosas, reduciendo así, el impacto que pueda derivar por

un uso inadecuado de los productos resultantes del proceso de diseño. Estos diseñadores deben pilotear la integración de sus ideales, volviéndose el estandarte que marca el camino y los tiempos, convirtiéndose en reflejo fiel de la variedad de culturas y pensamientos dentro de la cuales cohabita.

El diseñador debe generar los filtros que le dan la efectividad requerida a la exploración transdisciplinaria y la sistematización compleja, incluyendo a todos los participantes de dicha complejidad, incluyendo al entorno medio ambiental dentro de ésta, transformándose para atender una nueva realidad, la de un mundo que debido a las limitaciones planetarias y a las múltiples crisis existentes, tiende hacia la desmaterialización, enfocando sus esfuerzos hacia el diseño de servicios, de experiencias y la innovación social. Donald Norman (2007) hace hincapié en la necesidad de regresar al diseño no efímero ni caduco, sino hacia un diseño más duradero, un diseño de objetos verdaderamente necesarios y no banales, un diseño social y responsable que atienda problemáticas reales, reinventándose, así como durante la Revolución Industrial, en donde la industria era el eje rector, o se debe abrir camino a un nuevo especialista, cuyo motor debe ser la de buscar una producción industrial responsable, ética y sensible a las necesidades del planeta que habitamos, el nuevo eje rector, es la necesidad derivada de la crisis mundial, la cual obliga a tomar una actitud sostenible, en donde la visión tradicional del diseño, se vuelve obsoleta.

La formación profesional debe generar diseñadores que sean inquietos, disruptivos y capaces de abordar el pensamiento sistémico, buscando siempre proponer un cambio real, y lo logran desprendiéndose de la industria tradicional para volverse empresarios con una mente de conciencia social y ambiental muy desarrollada y que aportan nuevos valores a sus propuestas alineándose con necesidades reales de usuarios, su contexto de vida y la calidad de la vida planetaria, deben de entender la necesidad de reducir la escala de sus proyectos y generar verdadero valor; deben ser también diseñadores integrales que se desenvuelven dentro de los campos administrativos, logísticos, financieros, de comunicación, sustentables y los ciclos de vida, aplicando hábilmente las herramientas del pensamiento de diseño para resolver todo tipo de problemática sin perder su capacidad de expresarse a través de los objetos, ya que si se perfila solamente como solucionador de problemas o se entrega por completo a cuestiones administrativas, deja de ser diseñador.

Sobre todo en México, se requiere de un diseñador que responda necesidades reales derivadas de su propio contexto, buscando el impacto positivo desde su labor, y es aquí en donde la enseñanza efectiva de estrategias útiles y prácticas, puede lograrse; la universidad debe ayudar al estudiante a desarrollar nuevas habilidades, transformando la disciplina del diseño desde la reflexión crítica y prospectiva de ésta.

El diseñador que logre crear proyectos interesantes, pertinentes e innovadores, será caracterizado por volverse copartícipe de la realidad en la que vive, empapándose de las verdaderas necesidades planetarias, por lo que resulta importante que el diseñador se desarrolle dentro del trabajo colectivo y la relación persona a persona, experimentando de primera mano el contexto dentro del cual quiere realizar una aportación, misma que requiere de una visión integral y capacidad de síntesis que se fundamenten en la empatía, implementando buenas prácticas, compartiendo el conocimiento generado en conjunto con otros, sembrando así la semilla de la sostenibilidad verdadera.

Actualmente, el diseñador tradicional es completamente anónimo, este anonimato que le brinda ser empleado de una empresa, lo escuda de tomar decisiones éticas al momento de diseñar, por lo tanto, no muestra ninguna culpabilidad o ganas de cambiar la forma en que hace las cosas, ya sea porque carecer del conocimiento o por alinearse a lo que se le solicita; este diseñador, al subir en la jerarquía a puestos en donde podría generar un cambio, perpetúa el desdén con que se aborda la sustentabilidad, siempre en pro de la ganancia económica.

Pero ¿qué sucede con el otro diseñador, ese que a pesar de vivir en el anonimato quiere tomar decisiones acertadas y que se encuentra comprometido con el planeta? Este diseñador debe superar limitaciones como son el peso que tiene el punto de vista económico, uno que se centra en el ahorro y en el desarrollo ilimitado en donde el objetivo principal de las empresas es la de generar ganancias mediante productos deficientes derivado de una fabricación lo más económica posible, sin importar el destino final de estos diseños o la responsabilidad ética que se debe tener hacia el planeta, factores que golpean directamente a la innovación sustentable que podría aportar el diseñador, uno que no cuenta con las herramientas suficientes para lograr un cambio positivo a nivel ambiental y que tampoco puede aportar un cambio importante desde su puesto dentro de la empresa.

Pero el diseñador debe estar capacitado desde su formación académica para introducir un cambio verdadero, pero sobre todo crear una consciencia ambiental y empatía con el entorno en el que vive, afortunadamente en la actualidad los diseñadores están expuestos a un bombardeo mediático constante global que les permite ver todo lo que sucede en el mundo y la consecuencia de nuestros actos. Son conscientes de los efectos de sus estilos de vida y sus decisiones, y buscan incorporar un cambio positivo a través de su trabajo, tomando las riendas al convertirse en líderes que encaminen a las empresas demostrando que un negocio puede ser rentable, ético, consciente y construir su discurso de forma transversal dentro de las diferentes etapas del desarrollo de los proyectos, y la única manera de lograrlo, es mediante la implementación de valores sustentables en cada una de las etapas de su trabajo y de los ciclos de vida de aquello que diseñan.

El diseñador ideal, que logre incorporar estos valores, partiendo de una visión resiliente, volviéndolo un individuo que tenga la necesidad de garantizar la calidad de vida, conservando su integridad y sus ciclos; un nuevo diseñador, resiliente y simbiótico, que persigue la protección integral de los ecosistemas y su regeneración, la equidad social, la participación comunitaria y la preocupación por generar futuros de bienestar para todos los seres vivos y que además, posea un amplio entendimiento de los límites planetarios y los ciclos adaptativos naturales, así como su aplicación práctica (Sánchez, 2013).

Estos diseñadores, deben ser negociadores de valor, facilitadores de pensamientos, visualizadores de lo intangible, navegadores de la complejidad, mediadores y coordinadores de la exploración; algunas de las herramientas a las que recurren son el pensamiento resiliente, la biofilia, la biomimética y la comprensión profunda de los conceptos de simbiosis, mismos que deben enseñarse dentro de su formación, y no sólo la universitaria, sino desde que ingresan por primera vez a una escuela.

En conclusión, la formación profesional del diseñador debe centrarse en alcanzar la calidad de vida planetaria y asignar la importancia debida a temarios enfocados a la enseñanza de la situación crítica ambiental que vivimos y poderla abordar desde las herramientas propias de la disciplina, redireccionando el diseño hacia una visión integral, resiliente y que logre balancear cuestiones éticas, económicas, tecnológicas y ambientales.

A lo largo del presente proyecto de investigación doctoral se logró evidenciar la problemática que existe en México al momento de implementar estrategias que guíen a las empresas de diseño a cubrir los objetivos del desarrollo sostenible desde la labor del diseñador industrial, siendo una de las principales razones una educación cuyo enfoque se centra, por un lado, en políticas y soluciones propuestas por los países desarrollados, en donde los avances tecnológicos, la cultura y el tamaño de sus economías resultan ventajosos en comparación a países en vías de desarrollo como lo es México, y por otro lado, en la apatía generalizada que existe en la industria y sus clientes, a incorporar alternativas sanas en sus productos.

La Norma ISO 14006 es muy práctica al momento de identificar las áreas de oportunidad y los pasos a seguir bajo las recomendaciones del ecodiseño, pero resulta difícil adaptarla a un entorno mexicano, en donde la industria no se encuentra tan evolucionada como la de los países

del Primer Mundo, que es donde nace esta norma. Se debe aceptar la realidad en que viven las empresas mexicanas, en donde muchas de ellas trabajan con presupuestos reducidos en la carrera por conseguir ser competitivos ofreciendo el precio más barato, a expensas de su propio crecimiento y desarrollo. Esto obliga a las empresas a buscar otra manera de volverse responsables con el planeta y el diseñador industrial, con una formación adecuada, puede ayudar a lograr un cambio eficiente hacia la dirección correcta mediante pequeños pasos correctivos, que parten de la concientización ambiental desde las empresas y sus trabajadores.

Referencias

- Boehnert, J. (2018). *Design, Ecology, Politics: Towards the Ecocene*. Blooms-bury Press.
- Buchanan, R. (2001), Design and the new learning. *Design Issues Vol. 17, No. 4* (autumn), pp. 3-23
- Capra, F. (2006). *La trama de la vida*. Anagrama.
- Chávez, J. et al. (2016). Liderazgo y cambio cultural en la organización para la sustentabilidad. *Telos 18*(1), pp. 138-158.
- Lumsakul, P., Sheldrick, S. y Rahimiford, S. (2018). Sustainable codesigns of products and production systems. *Procedia Manufacturing 21*, pp. 854-861.
- Manzini, E (1992), Prometheus of the Everyday: The ecology of the artificial and the designer's responsibility. *Design Issues 9*(1), pp. 5-12.
- Norman, D. (1999). Affordances, conventions, and design. *Interactions 6*(3), pp. 38-42.
- Norman, D (2007). Three challenges for design. *Interactions 14*(1), pp 46-47
<https://doi.org/10.1145/1189976.1190002>
- Papanek, V. (2005), *Design for the real world: Human Ecology and Social Change*. 2nd revised edition. The Chicago Review Press.
- Sánchez, D. (2013), The wonder of design with-in nature: towards and ecotechnic future. 10th European Academy of Design Conference, Centre for the Study of Natural Design, University of Dundee.
- Thackara, J. (2005). *In the bubble; designing in a complex World*. The MIT Press

Simulación de un proceso de obtención de bioetanol a partir de los residuos forestales de los aserraderos de la zona norte de Costa Rica
Simulation of a process to obtain bioethanol from forestry residues from sawmills in the northern part of Costa Rica

Oswaldo Antonio Chavarría Acuña

Medio Ambiente, Costa Rica

(osvachavarria@gmail.com) (<https://orcid.org/0000-0002-0303-7314>)

Información del manuscrito:

Recibido/Received:21/10/22

Revisado/Reviewed: 21/12/23

Aceptado/Accepted:17/01/24

RESUMEN

Palabras clave:

aserraderos, biorrefinería, biomasa, gasolinás, etanol.

El estudio consiste en la evaluación técnica para instalar una biorrefinería en Costa Rica. Se cuantifican los residuos de los aserraderos ubicados en la zona norte del país, 30 kilómetros a la redonda de Boca Arenal, San Carlos, y así realizar un balance de masa a partir de fuentes secundarias y mediante el simulador de procesos químicos DWSIM versión 7.5.5, para producir etanol con el propósito de mezclar con las gasolinás consumidas en Costa Rica. La metodología consiste en un diseño no experimental, transeccional o transversal, y para una población de 24 de aserraderos, se aplicaron 20 entrevistas de donde se obtuvo que anualmente se producen 40,447 toneladas, y bajo la modalidad termoquímica, utilizando como materia prima todos los residuos de los aserraderos de la zona de estudio, se obtienen 16,414.30 kilogramos de etanol por día (20.84 metros cúbicos por día), con una pureza del 99.8 % v/v, logrando de esta manera abastecer mezclar con etanol el 5.16 % de las gasolinás que se consumen en Costa Rica, teniéndose como productos secundarios syngas residual y metanol. Al haber disponibilidad de materia prima y tecnologías para la conversión de biomasa en etanol, técnicamente es factible la instalación de una biorrefinería en Costa Rica, siendo favorable tomar en cuenta otras fuentes lignocelulósicas como fracciones de residuos urbanos, residuos agrícolas y residuos industriales; además de otras regiones geográficas, siendo imprescindible llevar a cabo un estudio de factibilidad financiera para la biorrefinería, para determinar la viabilidad de proyecto.

ABSTRACT

Keywords:

Sawmills, biorefinery, biomass, gasolines, ethanol.

The focus of this project is the technical evaluation of the installation of a biorefinery in Costa Rica. This includes sawmill residues from the country's north, 30 kilometers around Boca Arenal, San Carlos, and performing a mass balance from secondary sources and the DWSIM 7.5.5 chemical process simulator for ethanol production to blend with Costa Rican gasoline. The methodology makes use of a non-experimental, transactional, or transversal design. Twenty interviews were conducted for a population of 24 sawmills producing 40,447 tons of lumber per year, producing 16,414.30 kilograms of 99.8% v/v purity ethanol daily (20.84

cubic meters per day). As a result, the ethanol produced can supply 5.16% of the gasoline consumed in Costa Rica, as well as syngas residual and methanol as secondary products. The installation of a biorefinery in Costa Rica is technically feasible due to the availability of raw materials and technologies for the conversion of biomass into ethanol, and it is advantageous to consider other lignocellulosic sources such as fractions of urban waste, agricultural waste, and industrial waste, as well as other geographic regions around the country. To determine the viability of the project, a financial feasibility study for the biorefinery installation is required in other stages of project planning.

Introducción

Costa Rica históricamente ha sido un país muy dependiente de combustibles fósiles en el sector del transporte. Desde el punto vista ambiental, los hidrocarburos representan un gran problema, ya que, en la combustión se producen gases como dióxido de carbono, monóxido de carbono, dióxido de azufre y óxidos de nitrógeno (E-education, 2022). Estos gases son causantes del efecto invernadero, provocando el calentamiento global, haciendo que aumente el nivel del mar y el deshielo de los polos (National Geographic, 2022), y también causan la lluvia ácida, acidificando los suelos y cuerpos de agua, alterando las condiciones de los seres vivos (Castro, 2019).

Con el fin de mitigar el impacto por las emisiones de las gasolinas, RECOPE (2020) (Refinadora Costarricense de Petróleo) propuso mezclarlas con bioetanol, teniendo el inconveniente necesitar grandes extensiones de terreno para el cultivo de caña de azúcar, y de ser un biocombustible de primera generación al ser su materia prima una fuente de consumo humano.

Al cambiar la materia prima por biomasa forestal residual, es posible plantear un modelo de aprovechamiento de su lignocelulosa, mediante la instalación de una biorrefinería, la cual se conceptualiza en el marco de la transformación de la biomasa de manera óptima, para producir diversos productos, y a la vez ser autosuficiente y sin ser peligroso para el medio ambiente (Hingsamer y Jungmeier, 2019), por lo que, una biorrefinería se puede definir como, toda planta que contemple los equipos necesarios para llevar a cabo procesos y operaciones unitarias de conversión de biomasa para producir alimentos, químicos, materiales, combustibles, calor y/o electricidad (Ray et al., 2021).

Al utilizar propiamente residuos como materia prima, constituye una biorrefinería de segunda generación, cuyas materias primas provienen de cultivos, pero no alimenticios, siendo la materia prima principalmente residuos agrícolas y forestales, por lo que tiene una gran ventaja sobre los de primera generación, al no competir con el consumo humano Chávez-Sifontes (2019).

La transformación de la biomasa lignocelulósica en etanol, se puede llevar a cabo por conversión bioquímica, en donde se da primeramente la separación de la biomasa en celulosa, hemicelulosa y lignina, y posteriormente, se convierten los azúcares mediante reacciones enzimáticas. Las enzimas, que pueden ser, levaduras, hongos o bacterias, digieren el azúcar para producir además del etanol, dióxido de carbono, hidrógeno y otros productos (Dahiya, 2020).

La otra forma es a través de un proceso termoquímico, se lleva a cabo la reacción controlada de la biomasa en estado sólido, el cual se volatiliza para que, de esta manera, se puedan producir otros materiales ya sean sólidos, líquidos y gaseosos, y se caracteriza por someterse a poco o en ausencia de oxígeno, y regulados mediante la presión y la temperatura (IRENA, 2018).

En comparación a la conversión bioquímica, la conversión termoquímica ofrece mayores ventajas, ya que contempla una amplia variedad de materias primas, incluyendo la madera, además de mayor eficiencia en la conversión y energía, y menores tiempos de reacción (Chandraratne y Daful, 2021).

Estudios han demostrados diferentes resultados de etanol a partir de biomasa. Evaluaciones técnicas, económicas y ambientales para producir bioetanol en un biorefinería a partir de biomasa residual, lograron arrojar resultados entre 0.14 – 0.22 kg de bioetanol / kg de biomasa mediante conversión biológica (Demichelis et al., 2020).

En otra variante, con un pretratamiento del ácido sulfúrico diluido, a partir de 1000 kg del bagazo de la caña de azúcar de obtuvieron 191.96 kg de etanol (Dionísio et al., 2021).

El presente estudio pretende simular el proceso de una biorefinería en Costa Rica para producir bioetanol, de tal manera que, se pueda mezclar con las gasolinas, para reducir el impacto ocasionado por las emisiones atmosféricas.

Chacón (2012), estudió la misma zona del presente proyecto: 30 km a la redonda de Boca Arenal de San Carlos, con el fin de conocer la situación de los residuos de los aserraderos de la región, con respecto a los residuos que se generan, sugiriendo a la vez medidas para mejorar el aprovechamiento de los desechos con fines energéticos, determinando que en la zona de estudio se generan alrededor de 80,000 toneladas por año de residuos.

De tal forma que, al ser la zona norte una región que existe una cantidad significativa de residuos forestales, se justifica la actualización de estudiar la oferta de la biomasa, para así plantear un proceso y un balance de masa mediante fuentes secundarias para producir bioetanol de segunda generación.

Para tener una idea del beneficio de obtener etanol bajo el esquema propuesto, se determinó la capacidad de la planta obtenida, para utilizarse como mezcla en las gasolinas que se consumen en Costa Rica, en sustitución del MTBE, que es el oxigenante que se ha utilizado en los últimos años, para lo cual, fue necesario considerar el consumo de gasolinas, y la cantidad de etanol que técnicamente es posible mezclar con los hidrocarburos.

Para ello se consideró lo determinado por López (2019), quien realizó diversas pruebas en el Centro de Electroquímica y Energía Química (CELEQ) de la Universidad de Costa Rica, y determinó que, utilizando mezclas de 10% de etanol, sin MTBE ni ETBE, las propiedades fisicoquímicas de las gasolinas son adecuadas para su utilización, considerando entre varios aspectos que, no se encontró problemas de separación de fases (etanol – agua) en el rango de temperaturas de estudio (0 °C - 40 °C).

Con relación al consumo, RECOPE, quien es la que actúa a manera de monopolio de comercialización de hidrocarburos en Costa Rica, determinó que en un escenario medio para el 2022, se estimaron 1,414,320 m³ (RECOPE, s.f.) de consumo de gasolinas súper y regular, cifra que se tomó de referencia para determinar la cantidad que se podría mezclar con el etanol del proceso de la simulación.

La investigación es concordante con el Plan Nacional de Descarbonización, establecido por el Gobierno de Costa Rica (2019), que entre varios puntos, promueve mezclar el etanol nacional con las gasolinas; además, de que forma parte de los instrumentos de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OECD, 2020), que recomienda que los países promuevan combustibles más limpios y fuentes de energía renovables, promoviendo a su vez un desarrollo en armonía con el ambiente y una economía circular.

El objetivo consiste en evaluar la viabilidad técnica de la instalación de una biorrefinería en Costa Rica para la producción de etanol a partir de residuos forestales de los aserraderos, situados, 30 km a la redonda de Boca Arenal, San Carlos, Costa Rica, con el fin de mezclarlos con gasolina.

Método

El diseño de investigación fue no experimental, de tipo transeccional o transversal, recopilando información durante el transcurso del año 2022. A la vez fue de tipo descriptivo, y de tipo investigación-acción ya que, se desarrolló con la intención de promover un cambio en la realidad en cuanto al aprovechamiento de los residuos, en beneficio del medio ambiente.

La población fue la cantidad de aserraderos ubicados en un radio de 30 km a la redonda de Boca Arenal de San Carlos, Costa Rica, mostrado en la Figura 1, donde se propuso aplicar un censo, dada la relativa pequeña cantidad de aserraderos existentes en la zona, previendo un faltante de 20 % de la población por rechazo u omisión de los propietarios, siendo la variable

medir, la cantidad de residuos (biomasa) en toneladas proveniente de los aserraderos, en sus diferentes presentaciones físicas: aserrín, burucha, leña y astillas, donde se obtuvo la información por medio de encuestas presenciales o vía telefónica, al personal de los aserraderos de la región norte de Costa Rica.

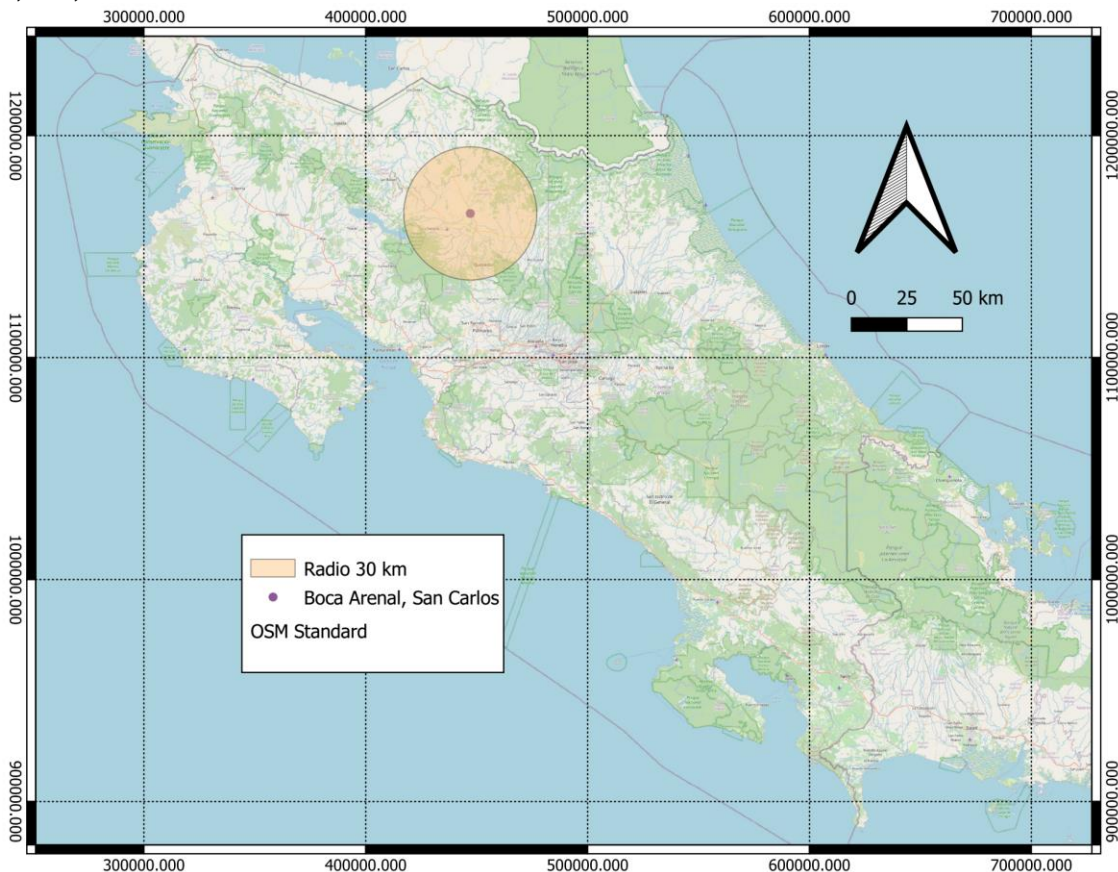
La encuesta aplicada al personal de los aserraderos fue sobre la producción semanal promedio, semanas laborales por año, especies más comunes que se procesan, rendimiento promedio de aserrío, cantidad promedio de desechos, si existe acumulación de desechos. Además, y más específicamente sobre los residuos, se consultó sobre la proporción de desechos entre aserrín, burucha, leña, y "otros", también se preguntó sobre la distribución del uso que se les da a estos: autoconsumo, venta, regalo y acumulación. Finalmente, se consultó sobre si existe algún plan o estrategia para el aprovechamiento de los residuos, a qué tipo de empresa se están suministrando, así como su opinión sobre si se estaba satisfaciendo la demanda.

Para conocer la población de aserraderos, se realizaron consultas a las Municipalidades y al Ministerio de Salud de la región, y se georreferenciaron mediante el programa QGIS versión 3.24.1, para determinar cuáles se encontraban dentro del área de estudio que se muestra en la Figura 1, cuya área corresponde a un círculo 30 km de radio, centrado en Boca Arenal, San Carlos.

A partir la oferta de residuos actual de la zona, se utilizó el modelo termodinámico estequiométrico establecido por Basu (2010) para el cálculo de la composición del syngas luego de la gasificación de la biomasa, y posteriormente, mediante el programa de DWSIM versión 7.5.5 y fuentes secundarias se determinaron los procesos y operaciones unitarias para calcular la capacidad de etanol a producir.

Figura 1

Sector norte de Costa Rica donde se delimita la investigación mediante el círculo sombreado, y centrado en Boca Arenal de San Carlos, coordenadas CRTM05 447,131.622 longitud - 1,164,932.971 latitud



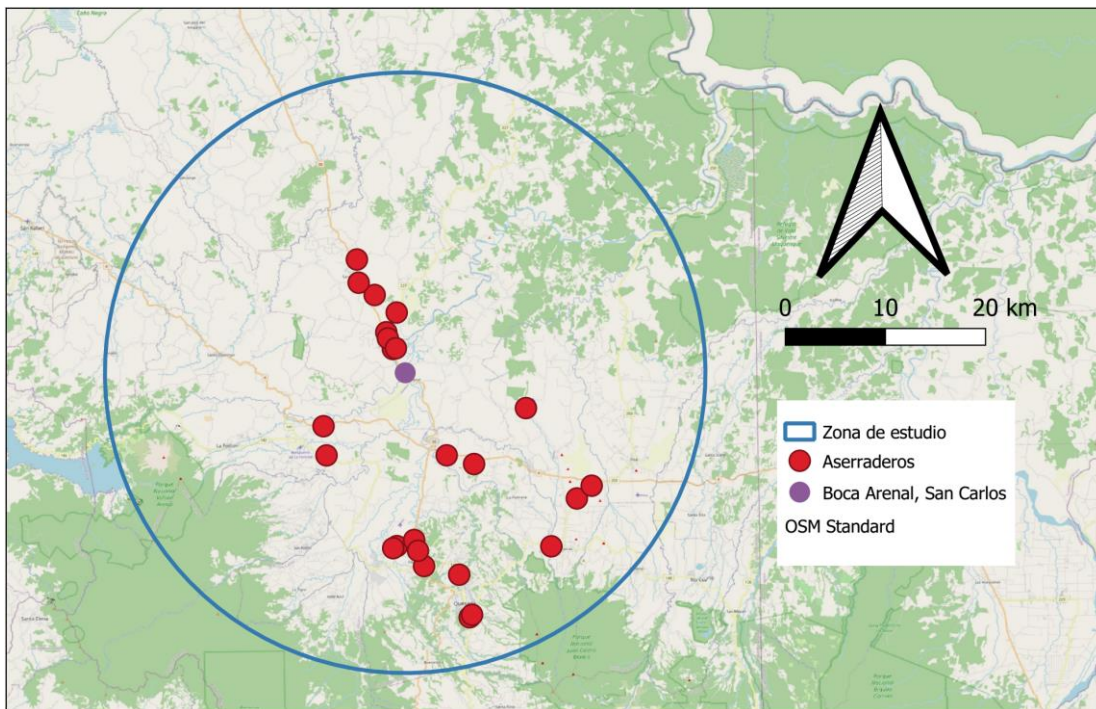
Resultados

Se ubicaron un total de 24 aserraderos, cuya ubicación se visualiza en la Figura 2 y las coordenadas se muestran en la Tabla 1, en donde el 100 % se ubicaron en el cantón de San Carlos. Se obtuvo información de 20 de estos, obteniendo que se procesan 35,338,632 PMT (pulgadas madereras ticas) anuales, donde 1 m³ equivale a 362 PMT en madera en rollo, y también, 1 m³ es lo mismo que 462 PMT en madera aserrada (Barrantes y Ugalde, 2018).

El rendimiento promedio de aserrío fue de un 55 %, siendo el *Vochysia guatemalensis*, *Cordia alliodora* y *Vochysia ferruginea* las especies más comunes que se comercializan, y laborando prácticamente durante todo el año. El detalle sobre el tipo de residuos, así como su disposición, se muestran en la Tabla 2, del cual se muestran proporciones similares entre los residuos, con excepción de la burucha, y siendo la leña la que predomina; y en cuanto a la disposición de los residuos, se tiene que, la gran mayoría (94 %) se vendía, mientras que el 3 % se utilizaba para autoconsumo, 2 % se acumulaba en los establecimientos, y apenas 1% se regalaba.

Figura 2

Ubicación de los aserraderos entrevistados, en coordenadas CRTM05



En cuanto al plan o estrategia para el aprovechamiento de los residuos dentro de los aserraderos, estaba ligado al autoconsumo de estos (para el secado de la madera, por ejemplo), siendo un 35% los que respondieron que sí tienen un plan, mientras que, el 65% indicó negativamente.

La mayoría de los establecimientos tiene como cliente a la empresa Ticofrut para la venta de leña, mientras el aserrín se vendía comúnmente a fincas que tenían actividades como lecherías y polleras. Otras empresas mencionadas que compraban residuos en diferentes presentaciones eran Cemex, Del Oro, Agrep Forestal y Agrofertilizantes Nerking.

Finalmente, se consultó a los entrevistados, sobre si a su criterio personal, los residuos están satisfaciendo la demanda de los clientes que compran sus residuos. La mayoría, el 80% contestaron que sí, el 10 % indicó que no, mientras que, el restante 10 % señaló que no sabía.

Tabla 1
Ubicación de los aserraderos en coordenadas CRTM05

Nombre del establecimiento	Longitud	Latitud
Aserradero Laraco	453852.966	1155698.201
Aserradero San Gerardo	446388.007	1170961.132
Aserradero Flor y Fauna	459132.155	1161193.906
Aserradero Atenas	445317.583	1169012.186
Aserradero Arcoiris	452176.858	1144670.679
Maderas de Sucre	453150.124	1140399.309
Aserradero Arjima	445995.262	1147634.517
Aserradero Aguas Zarcas	461427.997	1147345.077
Aserradero Muelle	451136.463	1156615.271
Aserradero Las Nieves	444217.158	1172753.887
Aserradero Bolaños	445943.236	1167326.261
Aserradero La Loma	453391.416	1140648.280
Aldequezul	447737.452	1148215.423
Aserradero Santa Rosa	442642.379	1174006.644
Aserradero Buenos Aires	445462.252	1168404.192
Tarimas Acuña y Ávila	445629.505	1147433.677
Maderas Cultivadas	442505.156	1176332.426
Tarimas del Norte	448680.262	1145593.404
Holystone Group	439129.584	1156815.792
Aserradero El Milagro	464061.439	1152082.678
HC Maderas	465565.487	1153326.342
Maderas y Molduras San Jorge	438879.674	1159737.696
Norte Madera	446240.771	1167397.932
Maderas y Molduras Acual	448102.884	1147133.559

Tabla 2
Desglose de residuos que se producen según su clasificación y disposición

Tipo de residuos	Toneladas anuales
Aserrín	13,095
Burucha	2,587
Leña	13,271
Astillas	11,494
Uso - disposición	
Autoconsumo	1,183
Venta	38,066
Regalo	270
Acumulación	928
Total	40,447

Balance de masa

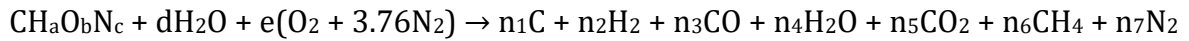
Para elaborar el balance de masa, se consideró la totalidad de los residuos sumados: 40,447.09 ton/año, así como los valores de humedad: 32.0 %, 50.0 % y 32.5 %, para el aserrín, leña y burucha respectivamente, según lo obtenido por Chacón (2012), citado por Chacón, Coto y Flores (2018); mientras que el 49.0 % de las astillas, se obtuvo a través de los servicios del Centro de Investigaciones Agronómicas de la Universidad de Costa Rica, trabajando con una humedad promedio de 42.8 %.

Se asumió el análisis elemental de 50.295 % C, 6.085 % H, 42.498 % O, 0.136% N, 0.018 S y 0.969 % ceniza, cuyos valores son promediados a partir de varias especies por Gaur y Reed (1998), citado por BEF (2022); y se supuso que la planta operaría 350 días por año, considerando algunos cierres por mantenimiento y días feriados.

En la Figura 4 se muestra el diagrama de flujo del proceso completo, con valores del balance de masa.

Figura 4

Diagrama de flujo de proceso de producción de etanol anhidro



Asumiendo 1500 K de temperatura y 1229.45 kg/hora de agente gasificante vapor-aire 50:50, en el reactor R-100, se obtuvieron 9,141.46 kg de syn gas/hora, con los valores n_i que mostrados en la Tabla 3. La fórmula molecular de la biomasa resultó: $\text{CH}_{1.441512}\text{O}_{0.634299}\text{N}_{0.002319}$.

Tabla 3

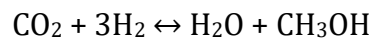
Valores n_i del syngas mediante el modelo estequiométrico de Basu (2010)

Variable	Valor n_i
n1: C	0.00000
n2: H ₂	0.83000
n3: CO	0.83000
n4: H ₂ O	0.10400
n5: CO ₂	0.17000
n6: CH ₄	0.00000
n7: N ₂	1.60400

Posteriormente, mediante el separador flash S-101, se separa el agua de los gases ligeros. Uno de los inconvenientes de estos gases, es la gran proporción de CO con relación al resto de los gases, razón por la cual, se optó por colocar un separador S-102 que funcione con un sistema adsorción de carbón activado y CuCl, preparado con CuCl₂, considerando que Gao et al. (2018) lograron recuperar hasta el 92.9% de CO de syngas, obteniendo una pureza cercana al 100% de CO luego de la desorción del gas separado.

Por ello, en el presente proceso se propuso un sistema separador S-101, como el mencionado, que opere de forma ideal, suponiendo que se recupera el 90 % del CO que trae el syngas que sale del reactor R-100, de tal forma que, el CO separado, pueda ser utilizado posteriormente, logrando así de esta configurar los reactores R-101 y R-102 con relaciones de CO/CO₂ cercanas a 0.3 para ambos, utilizando el modelo cinético de Van den Busshe y Froment (1996).

Mediante dicho modelo, pero adaptado a unidades de presión en Pa, y velocidad de reacción en $\text{kmol}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$, a 50 bares y 180 °C, se obtuvo una corriente de 35,607.20 kg/día, con una pureza del 69.2 % m/m de metanol, y una purga que constituye un residual de 131,124.00 kg/día, permitiendo la transformación del syngas en metanol mediante la hidrogenación del dióxido de carbono, donde también interviene la inversa de la reacción de intercambio gas-agua (RWGS) (Lücking, 2017):

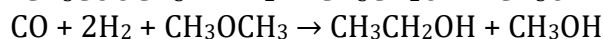
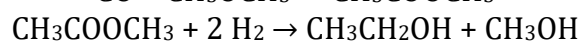
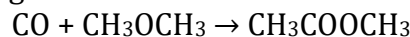


Luego, continúa la formación de dimetil éter, la cual se puede obtener mediante catálisis ácida (Brunetti et al., 2020) a partir del metanol:



La cinética se plantea según el modelo de la ecuación de Arrhenius con los coeficientes $A_i=200034.17$ y $B_i=80840$ (Singh, s.f.). Operando a 50 bar y 365.65 °C, permite una conversión de casi el 100 % del metanol, y llevándose a cabo en el reactor R-103

Posteriormente, el dimetil éter, en conjunto con el monóxido de carbono y el hidrógeno obtenidos del syngas, en el reactor R-104 se obtuvo el etanol y metanol como productos principales (Li et al., 2010) de la siguiente manera:



Se obtuvo una selectividad de 46.16 % para el metanol, 42.08 % para el etanol, mientras que el restante corresponde a una mezcla de dióxido de carbono, acetato de metilo y acetato de etilo.

Finalmente, se purificó el etanol mediante tres columnas de destilación, operando las dos primeras a 1 atm (C-100 y C-101), y la tercera (C-1-2) a 10 bares para romper la mezcla azeotrópica, obteniendo de esta manera el etanol anhidro, con una pureza del 99.8 % v/v, a un flujo de 16,414.30 kg/día (20.84 m³/día).

Cantidad de mezcla en las gasolinas en relación con el etanol producido

Al comparar el escenario medio para el 2022, de 1,414,320 m³ determinados por RECOPE (s.f.) de consumo de gasolinas súper y regular, con la planta propuesta cuya capacidad es de 20.84 m³/día (7,294.0 m³/año, operando 350 días anuales), quiere decir que, se abastecería el 5.16 % de las gasolinas con el etanol producido en la planta durante el año 2022.

Discusión y conclusiones

El desarrollo de la conversión de la biomasa en etanol en el presente estudio fue por termoquímica, dadas las ventajas que ofrece, ya que contempla una amplia variedad de materias primas, incluyendo la madera, además de mayor eficiencia en la conversión y energía, y menores tiempos de reacción (Chandraratne y Daful, 2021), misma modalidad que utilizan empresas como Enerkem, la cual ha incursionado sustancialmente en la elaboración de productos y combustibles a partir de residuos (Elías, s.f.).

Existen varios aspectos a considerar al momento de utilizar la biomasa en una planta de transformación. Uno de ellos es el contenido de humedad, ya que, durante la gasificación, son principalmente el carbono, hidrógeno y oxígeno, y en menor proporción el nitrógeno y el azufre, que reaccionan con el agente gasificante para producir el syngas, que es el inicio del proceso para llegar al etanol.

En el presente proyecto se determinó que, de las 40,447 ton, una proporción considerable: 42.8 % corresponde a humedad, mientras que el restante es propiamente la biomasa que entra en la planta para su conversión.

Bajo el esquema propuesto, se produjeron 3.32 kg de syngas / kg de biomasa; pero si se utilizan 22 kg/h biomasa enriquecida con hidrocarburos, se pueden generar 41.76 kg/h, es decir, 1.9 kg de syngas / kg biomasa, empleando un modelo de gasificación no estequiométrico entre 900 °C – 1000 °C, y aire como agente gasificante. (Caballero et al., 2019).

Rodríguez et al. (2010) obtuvieron 583 kg/h de syngas a partir de 833 kg/hora de biomasa (0.7 kg de syngas / kg de biomasa), basados en una aproximación de equilibrio químico, similar al desarrollado en el presente proyecto, donde algunas de las suposiciones que se utilizaron en común son: las reacciones están en equilibrio termodinámico, se lleva a cabo a presión atmosférica, el nitrógeno es inerte, así como la ceniza, por lo que no se involucra en las reacciones químicas, y los gases que se producen son solo CO₂, CO, H₂, CH₄, N₂ y H₂O, y que además, el agente gasificante es una combinación de vapor y aire. Dos diferencias de dicha investigación con el presente proyecto, fue que Rodríguez et al. (2010) utilizaron 850 °C, y lodos industriales como fuente biomásica.

Por lo anterior, se tiene que, la cantidad de syngas a obtener difiere según el sistema y las condiciones empleadas. Aun así, y para efectos de diseño de un gasificador, es conveniente considerar algunos aspectos preliminares. Por ejemplo, si se emplea un gasificador de corriente descendiente, se facilita un flujo continuo de syngas, y permite procesar biomasa con altos contenidos de humedad, además de ser de diseño simple y bajo costo (Caballero et al., 2019).

Otro aspecto a tomar en cuenta, es la forma física de la materia prima que se introduce al reactor, ya que si bien es cierto, el aserrín, la leña, la burucha y los chips, son todos madera, pero en presentaciones físicas distintas, debiéndose prever que, el reactor tenga la versatilidad de procesar todas formas de biomasa, o bien, instalar un mecanismo ya sea interno o externo, que permita uniformar la materia prima, pudiendo inclusive adaptarse para el secado de la

misma, cuando sea necesario, facilitando de esta manera el manejo del rango de las condiciones de operación del reactor.

Las cantidades de vapor y aire empleadas se seleccionaron para conseguir una máxima conversión de biomasa, de tal forma que no hubiera carbono sin convertir en los productos ($n_1=0$), y por otra parte, la ventaja de utilizar una alta temperatura: 1500 K, permitió que la cantidad de metano sea insignificante en la composición de syngas, pudiéndose para efectos prácticos, omitir el CH_4 en la siguiente etapa del proceso.

A pesar de que el modelo empleado no cuantifica partículas sólidas que puedan derivarse en el gasificador R-100, en el diagrama de flujo se optó por colocar el ciclón S-100 posterior al reactor, para que luego, por medio del separador S-101, se separen los gases no condensables (CO , CO_2 , N_2 , H_2) de los condensables, de los cuales constituye principalmente vapor, pudiendo contener pequeñas trazas como metanol, ácido acético, acetona y alquitranes (Chandraratne y Daful, 2021), logrando de esta manera un acondicionamiento del syngas para la siguiente fase.

La etapa siguiente, consiste en convertir el syngas en metanol, en la cual, una de las formas de obtenerse, es mediante la hidrogenación del dióxido de carbono, ambos gases contenidos en el syngas, para lo cual, se utilizó el modelo de Van den Busshe y Froment (1996), cuyos resultados son comparables con procesos industriales (Luyben, 2010, Chen et al., 2011, citados por Lüking, 2017), y además, se utilizaron las mismas características de catalizador $\text{Cu/ZnO/Al}_2\text{O}_3$ empleados por Van-Dal y Bouallou (2013), que son, densidad: $1,775 \text{ kg}_{\text{cat}}/\text{m}^3$, diámetro de partícula: 5.5 mm y porosidad: 0.4.

Van-Dal y Bouallou (2013) simularon una planta para absorber el CO_2 , en el cual, lo transformaban en metanol, logrando una conversión del 33 % de CO_2 , basado en el modelo cinético de Van den Busshe y Froment (1996) mencionado líneas arriba, utilizando el simulador Aspen Plus. De forma similar, Nwani (s.f.), utilizando las mismas expresiones cinéticas, pero con el simulador DWSIM, logró también una conversión de 33 % de CO_2 .

El proceso que se observa en la Figura 4, trabaja con un sistema de dos reactores: R-101 y R-102 con doble reciclo, para transformar el syngas en metanol, en el cual, considerando la cantidad de CO_2 entrante y saliente de dicho sistema, se obtuvo una conversión del 82%, lo cual representa un valor considerablemente mayor a las simulaciones descritas en el párrafo anterior.

La corriente del diagrama de flujo denominada "syngas", puede perfectamente aprovecharse en diversas formas, por ejemplo, para generación de energía, producción de gas natural sintético, biocombustibles y ceras mediante procesos Fischer-Tropsch (Genia Bioenergy, 2022), o inclusive adaptar un reactor adicional para aumentar la producción de metanol, para que de esta manera sea un sistema de tres en lugar de dos reactores.

Posteriormente, en el reactor R-103, se lleva a cabo la transformación de metanol en dimetil éter, que a la presión de salida de la sección de producción de metanol (50 bar) y la misma temperatura de operación de $365.65 \text{ }^\circ\text{C}$ empleada por Singh (s.f.), se obtuvieron excelentes valores de conversión de casi el 100 %.

Para la conversión de DME en el reactor R-104, es recomendable utilizar las condiciones de operación estudiadas por Li et al. (2010), para la obtención de etanol: 493 K, 1.5 MPa, y una razón de alimentación $1/47.4/1.6/50$ – DME/CO/Ar/ H_2 , para favorecer la conversión hacia el etanol, que en el presente proceso dio una selectividad de 46.16% y 42.08 % para el metanol y etanol respectivamente, valores que son muy cercanos al 46.30 % y 42.2 % reportados por Li et al. (2010).

Cabe resaltar que, el CO separado del sistema S-102, se utilizó como reactivo para el reactor R-104, pero fue insuficiente para cumplir con la relación $1/47.4$ – DME/CO que se indica en el párrafo anterior, razón por la cual fue necesario implementar una corriente adicional de CO para alimentar el reactor señalado.

De forma similar con la corriente de CO implementada para alimentar el reactor R-104, fue necesario proponer corrientes adicionales de H₂ y Ar, de los cuales el CO y el H₂ constituyen reactivos en exceso y el Ar un inerte, y que se separan en el separador S-105, con la posibilidad de recircularlos para alimentar el reactor R-104, o bien, instalar un sistema adicional para producir metanol adicional a partir del CO y el H₂ sobrantes.

La fase final, consiste en la purificación del etanol, el cual está mezclado con metanol, agua, acetato de metilo y acetato de etilo. Para ello, se emplearon tres columnas de destilación. La primera columna C-100, separa principalmente el metanol con una pureza del 96 %, y el resto son pequeñas cantidades de acetato de metilo y acetato de etilo, que se produjeron como subproductos en el reactor R-104. Esta corriente, designada con el numeral 11 de la Figura 4, resulta de gran importancia, ya que surgen posibilidades para su utilización. Una de ellas es reciclarla al reactor R-103 para producir más DME, y por ende más etanol.

Otra forma de aprovechamiento es purificando el metanol para comercializarlo, de tal forma que funcione como materia prima para otros materiales y productos, los cuales incluyen: adhesivos, pinturas, pantallas LCD, manufactura automotriz, sellantes, lubricantes, plásticos, etil-propileno, polipropileno, tableros de fibra de media densidad, plywood, además del área de combustibles – biocombustibles: biodiesel, MTBE, DME (Methanol Institute, 2022).

Los fondos de la columna C-100 constituyen la alimentación de la columna C-101, donde se purifica parcialmente el etanol. En ambas columnas C-100 y C-101 se configuraron con el modelo termodinámico NRTL y operan a 1 atm. La última columna de destilación C-102, constituye el último paso para la obtención del etanol purificado, la cual, a diferencia de las dos anteriores, se utilizó la termodinámica de la Ley de Raoult, y 10 atm de presión para superar la limitante de mezcla azeotrópica que forman el etanol y el agua, de forma similar como lo utilizó Kishnani (s.f.) para purificar el etanol mediante una columna de alta presión en el cual obtuvo etanol a 99.8 % v/v.

Utilización del etanol como oxigenante

En el proceso de la Figura 4, se obtuvo etanol también al 99.8 % v/v, el cual entra en la categoría de etanol carburante anhidro según la norma INTE E5:2017 (INTE, 2017), que establece que debe tener una pureza mínima del 99.0 % de etanol, para que de esta forma, pueda utilizarse como oxigenante en las gasolinas para motores de combustión interna, pudiendo en este caso, con la capacidad de la biorrefinería y la disponibilidad de la materia prima, abastecer el 5.16 % de las gasolinas en Costa Rica proyectadas por RECOPE (s.f.), para mezclar con etanol.

A modo de comparación, en la ciudad de Cataluña, cuando contaba con una población de 7,000,000 de habitantes, tomando en cuenta además de los residuos forestales, fracciones de residuos sólidos urbanos, residuos agrícolas y residuos industriales, se alcanzaban 53,000 toneladas diarias de residuos (secos), con lo cual se podrían producir 23,000,000 litros de etanol/día, lo cual equivalía al 66 % de la demanda por 34,500,000 litros/día, con una flotilla vehicular de 5,500,000 unidades (Elías, s.f.).

Con las cifras anteriores, quiere decir que, se pueden producir 0.43 litros de etanol / kg de residuo seco, lo cual muestra cierta similitud con la biorrefinería propuesta, ya que produce 0.31 litros de etanol / kg de residuo seco. Ambos casos se asemejan en que se trata de la producción de biocombustibles de segunda generación, pero difieren en que la biorrefinería planteada contempló solo residuos forestales, mientras que, en el caso de Cataluña, se consideraban residuos forestales, urbanos, agrícolas e industriales.

En el mercado costarricense, se había planteado un proyecto para que, la Refinadora Costarricense de Petróleo (RECOPE), vendiera las gasolinas ECO95 y ECO91, las cuales consistían en mezclar gasolinas con etanol entre 5 % y 10% v/v (RECOPE, 2020), y así tener una alternativa diferente a las que se comercializan con MTBE.

Para desarrollar este proyecto, la forma más viable era sembrando 14,800 hectáreas de caña de azúcar y exclusivas para producir etanol, más todo el etanol que se producía a partir de la melaza como subproducto de la industria azucarera (RECOPE, 2020), para cubrir la demanda hasta el 2039.

El proyecto no fue exitoso, y en la actualidad se continúa vendiendo gasolinas con MTBE, y difiere en gran parte al proyecto propuesto, ya que la idea planteada por RECOPE trataba de un biocombustible de primera generación.

Conclusiones

Anualmente, en la zona norte de Costa Rica, 30 km a la redonda de Boca Arenal de San Carlos, se obtuvieron 40,447 toneladas de residuos de madera.

A partir de los residuos forestales de la zona de estudio, mediante la simulación realizada en DWSIM, y bajo la modalidad termoquímica, se obtuvieron 16,414.30 kilogramos de etanol por día (20.84 metros cúbicos por día), con una pureza del 99.8 % v/v

El diagrama de flujo de proceso elaborado está sujeto a cambios para su optimización. Por ejemplo, el agua, siendo un subproducto de la biorrefinería, puede aprovecharse para recuperar la energía e integrarlo a la misma planta, o incluso, se podría aprovecharla para producir hidrógeno verde.

Para la biorrefinería propuesta y tomando como ejemplo el consumo para el año 2022 y para todo el territorio costarricense, se podrían abastecer el 5.16 % de las gasolinas con el etanol.

La disponibilidad de la materia prima constituye una limitante para el éxito de un proyecto de este tipo, dado que no hay seguridad de poder abarcar el mercado de los residuos, que constituyen la materia prima para la planta, habiendo competidores o inclusive pudiendo surgir durante la vida útil del proyecto.

Ante tal situación, surge la idea y oportunidad de estudiar no solo otras áreas geográficas para cuantificar los desechos forestales, sino también, considerar otros residuos lignocelulósicos de tipo urbano, agrícola e industrial como materia prima, y así aumentar la capacidad de la biorrefinería. Por ejemplo, en la misma región norte de Costa Rica, existen muchas hectáreas destinadas al cultivo de piña, cuyos desechos constituyen un ejemplo de materia prima.

Tomando en cuenta que hay disponibilidad de materia prima, y existe tecnología para transformar la biomasa en etanol, se concluye que técnicamente sí es viable la operación de una biorrefinería en Costa Rica, aspecto que es concordante con el Plan Nacional de Descarbonización y los instrumentos de la OECD.

Se debe llevar a cabo un estudio de factibilidad financiera, para lo cual, tiene que considerarse, entre varios aspectos, que el costo de producir etanol sea inferior a comprarlo, para que el proyecto sea viable.

Referencias

- Barrantes, A. y Ugalde, S. (2018). *Precios de la madera en Costa Rica para el primer semestre del 2018 y tendencias de las principales especies comercializadas*. Oficina Nacional Forestal, Costa Rica.
- Basu, P. (2010). *Biomass Gasification and Pyrolysis*. Practical Design and Theory. Elsevier.
- BEF (2022). *Proximate and ultimate analysis*. Biomass Energy Foundation
<http://drtlud.com/BEF/proximat.htm>.
- Brunetti, A., Migliori, M., Cozza, D., Catizzone, E., Giordano, G. y Barbieri, G. (2020). Methanol Conversion to Dimethyl Ether in Catalytic Zeolite Membrane Reactors. *ACS Sustainable Chem. Eng.* 2020, 8, 10471-10479. <https://dx.doi.org/10.1021/acssuschemeng.0c02557>

- Caballero, A., Rojas, M., Villalobos, M., Davis, A., Roldán, C., Moya, R. y Puente, A. (2019). Simulación de gasificación de biomasa enriquecida con hidrocarburos. *Tecnología en Marcha*, 32 (4), 60-68.
- Castro, M. (2019). *Lluvia ácida: cómo se forma, composición, reacciones y efectos*. Lifeder. <https://www.lifeder.com/causas-lluvia-acida/>.
- Chacón, L. (2012). *Diagnóstico de las existencias de los residuos forestales en la región Huetar Norte de Costa Rica*. Ministerio de Ambiente y Energía, Fondo Nacional de Financiamiento Forestal, Costa Rica.
- Chacón, L., Coto, O. y Flores, O. (2018). *Actualización de la encuesta de biomasa como insumo para su incorporación en la matriz energética de Costa Rica*. Energía, Medio Ambiente y Desarrollo, preparado para la Secretaría de Planificación del Sub-Sector Energía (SEPSE) Costa Rica.
- Chandraratne, M. y Daful, A. (2021). Recent Perspectives in Pyrolysis Research. En M. Bartoli y Giorcelli, M. (Eds.), *IntechOpen*. <https://doi.org/10.5772/intechopen.95170>.
- Chávez-Sifontes, M. (2019). La biomasa: fuente alternativa de combustibles y compuestos químicos. *Anales de Química - RSEQ*, 115 (5), 399-407.
- Dahiya, A. (2020). *Bioenergy. Biomass to Biofuels and Waste to Energy*. Segunda Edición. Elsevier.
- Demichelis, F., Laghezza, M., Chiappero, M. y Fiore, S. (2020). Technical, economic and environmental assessment of bioethanol biorefinery from waste biomass. *Journal of Cleaner Production*, 277 (20). <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124111>.
- Dionísio, S., Santoro, D., Bonan, C., Soares, L., Biazi, L., Rabelo, S. y Lenczak, J. (2021). Second-generation ethanol process for integral use of hemicellulosic hydrolysates from diluted sulfuric acid pretreatment of sugarcane bagasse. *Fuel*, 304 (15). <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2021.121290>.
- E-education (2022). *Products of Combustion*. <https://www.e-education.psu.edu/egee102/node/1951>.
- Elías, X. (s.f.). *Residuos sólidos urbanos* [videoclase]. Programa de Máster en Ingeniería Ambiental. Universidad Europea del Atlántico. España.
- Gao, F., Wang, S., Wang, W., Duan, J., Dong, J., y Chen, G. (2018). Adsorption separation of CO from syngas with CuCl@AC adsorbent by a VPSA process. *RSC Adv.*, 2018, 8, 39362-39370. DOI: 10.1039/c8ra08578a
- Genia Bioenergy (2022). *Syngas: el gas de síntesis o sintegás*. <https://geniabioenergy.com/ques-el-syngas/>
- Gobierno de Costa Rica (2019). *Plan Nacional de Descarbonización, 2018 – 2050*.
- Hingsamer, M. y Jungmeier, G. Biorefineries. (2019). In C. Lago, N. Caldés y Y. Lechón (Eds.), *The Role of Bioenergy in the Bioeconomy* (pp. 179-222). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813056-8.00005-4>.
- INTE (2017). Norma INTE E5:2017. Combustibles - Etanol carburante anhidro (especificaciones). *Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica*.
- IRENA (2018). Solid biomass supply for heat and power: Technology brief, *International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi*.
- Kishnani, D. (s.f.). *Pressure swing distillation column for separation of Ethanol-water mixture*. [Simulación de una columna de destilación para la separación de etanol agua en DWSIM versión 7.5.5]. University of Petroleum and Energy Studies. India.
- Li, X., San, X., Zhang, Y., Ichii, T., Meng, M., Tan, Y. y Tsubaki, N. (2010). Direct Synthesis of Ethanol from Dimethyl Ether and Syngas over Combined H-Mordenite and Cu/ZnO Catalysts. *ChemSus* 2010, 3, 1192-1199. DOI: 10.1002/cssc.201000109
- López, I. (2019). *Análisis de las propiedades fisicoquímicas y a tolerancia al agua, de mezclas con etanol de las gasolinas utilizadas en Costa Rica*. [Tesis para obtener el grado de

- Licenciatura en Ingeniería Química, Universidad de Costa Rica].
<http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/handle/123456789/16079>
- Lüking, L. (2017). *Methanol Production from Syngas. Process modelling and design utilising biomass gasification and integrating hydrogen supply*. [Tesis para obtener el grado de Máster en Tecnología en Energía Sostenible, Universidad Tecnológica de Delft]
- Methanol Institute (2022). *Essential Methanol*. <https://www.methanol.org/wp-content/uploads/2020/04/Essential-Methanol-Methanol-Institute-Infographic.pdf>
- National Geographic (2022). *El aumento del nivel del mar*.
<https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/el-aumento-del-nivel-del-mar>.
- Nwani, A. (s.f.). *Optimization of the Methanol Synthesis by CO₂ Hydrogenation*. [Simulación para la producción de metanol a partir de syngas en DWSIM versión 7.5.5]. University of Laos. Nigeria.
- OECD (2020). *Examen del proceso de adhesión de Costa Rica a la OCDE en las áreas de medio ambiente y residuos*. Informe resumido. Dirección de Medio Ambiente. Comité de Política Ambiental.
- Ray, L., Pattnaik, R., Singh, P., Mishra, S., y Adhya, T. (2021). Environmental impact assessment of wastewater based biorefinery for the recovery of energy and valuable bio-based chemicals in a circular bioeconomy. In T. Bhaskar, S. Varjani, A. Pandey y E. Rene. (Eds.), *Waste Biorefinery, Elsevier*, (pp. 67-101). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821879-2.00003-X>.
- RECOPE (s.f.). *Estimaciones de demanda de gasolinas*. Departamento Investigación. Refinadora Costarricense de Petróleo.
- RECOPE (2020). *Estudio de factibilidad del proyecto de mezcla de gasolina con etanol a nivel nacional*. Dirección de Planificación, Refinadora Costarricense de Petróleo.
- Rodríguez, D., Zaleta, A., Olivares, A., y Torres, F. (2010). *Análisis y Diseño de un Sistema de Gasificación de Biomasa*. Memorias del XVI Congreso Internacional Anual de la SOMIM. México.
- Singh, C. (s.f.). *Production of Dimethyl Ether* [Simulación para la producción de dimetil éter DWSIM versión 7.5.5], Rajasthan Technical University, Kota.
- Van-Dal, E. y Bouallou, C. (2013). Design and simulation of a methanol production plant from CO₂ hydrogenation. *Journal of Cleaner Production*, 57, 2013, 38-45.
- Vanden Bussche, K.M. y Froment, G.F. (1996). A Steady-State Kinetic Model for Methanol Synthesis and the Water Gas Shift Reaction on a Commercial Cu / ZnO / Al₂O₃ Catalyst, *Journal of Catalysis* 161, 1-10.

Análisis de la ciudad de Guatemala aplicando el modelo europeo de ciudades inteligentes

Analysis of Guatemala city applying the european smart cities model

María Balsa Núñez

Psicóloga, España

(maria.balsa.n@gmail.com) (<https://orcid.org/0000-0001-7844-9148>)

Johan Chris Haeussler Vesco

Universidad Europea del Atlántico, España

(johan.haeussler@alumnos.uneatlantico.es) (<https://orcid.org/0000-0002-6017-4972>)

Información del manuscrito:

Recibido/Received: 31/08/22

Revisado/Reviewed: 07/09/22

Aceptado/Accepted: 27 /09/22

RESUMEN

Palabras clave:

ciudad de Guatemala, parámetros de una ciudad inteligente, adaptación al modelo de desempeño, desarrollo urbano.

Este trabajo presenta un análisis de cinco parámetros que conforman a una ciudad inteligente adaptados a la Ciudad de Guatemala. Dichos parámetros fueron extraídos del Modelo Europeo de Ciudades Inteligentes encontrado en el reporte "Ciudades Inteligentes: Clasificación de las ciudades europeas de gran tamaño". Debido a la incertidumbre que rodea al significado global de una ciudad inteligente, los parámetros propuestos para abarcar el tema en absoluto consisten en: Economía, Población, Gobernación, Movilidad y Ambiente. Cada uno de estos será evaluado con tres indicadores seleccionados con base en la disponibilidad de los datos requeridos para el análisis, con los que actualmente se cuentan para la Ciudad de Guatemala. Seguidamente, se fundamenta el estado de cada parámetro con un análisis y desarrollo con base a datos cualitativos y cuantitativos oficiales extraídos de los correspondientes ministerios, entidades públicas e informes de organizaciones sin lucro. Dada por concluida la recopilación de información y determinado el estado final de cada uno de los cinco parámetros en el cuerpo del trabajo, el capítulo de conclusiones sintetiza las brechas y limitaciones para la adaptación del Modelo a esta ciudad en particular. Por último, se incluyen recomendaciones para la difusión del presente estudio y la posible adaptación de éste para otras ciudades con características similares a las de la Ciudad de Guatemala.

ABSTRACT

Keywords:

Guatemala city, parameters of a smart city, adaptation to the performance model, urban development.

This paper presents an analysis of five parameters that make up a smart city adapted to Guatemala City. These parameters were extracted from the European Model of Smart Cities found in the report "Smart Cities: Classification of large European cities". Due to the uncertainty surrounding the global meaning of a smart city, the parameters proposed to encompass the topic at all consist of: Economy, Population, Governance, Mobility and Environment. Each of these will be evaluated with three selected indicators based on the availability of the data required for the analysis, which are currently available for Guatemala

City. Next, the state of each parameter is based on an analysis and development based on official qualitative and quantitative data extracted from the corresponding ministries, public entities and reports from non-profit organizations. Given that the collection of information has concluded and the final status of each of the five parameters in the body of work has been determined, the conclusions chapter summarizes the gaps and limitations for adapting the Model to this particular city. Finally, recommendations are included for the dissemination of this study and its possible adaptation for other cities with characteristics similar to those of Guatemala City.

Introducción

Las ciudades, hablando en términos generales tienen un papel vital en los ámbitos sociales y económicos mundialmente, como también un gran impacto en el medio ambiente (Mori & Christodoulou, 2012). Por lo tanto, el manejo adecuado y controlado de todos los elementos que las conforman tiene un rol importante su desarrollo. Mundialmente, las ciudades han empezado a buscar soluciones que permitan enlaces de transporte, usos variados de tierras y servicios urbanos de alta calidad con efectos a largo plazo positivos en la economía (Albino et. al., 2015).

Según datos identificados por las Naciones Unidas, para el año 2050 contaremos con aproximadamente 9,7 miles de millones de habitantes mundialmente. De ellos, más del 50% vive en ciudades (ONU, 2011-2019) lo que significa que los gobiernos de las mismas se enfrentan continuamente a un extenso rango de desafíos: tienen la necesidad de producir riqueza e innovación, pero también salud y sostenibilidad (Meijer & Bolívar, 2016). La segregación socio-espacial de la población y el crecimiento voluminoso desordenado ha producido varias presiones en la calidad de vida y el medio ambiente de todos los ciudadanos (Morataya, 2011). Debido a la intemperancia causada por antiguos gobiernos, en la actualidad el problema sigue persistiendo y aumentado por lo que dichos sucesos complican la implementación de nuevas metodologías en forma de mejora en todas las áreas de desarrollo.

A principios del 2013, existían aproximadamente 143 proyectos de ciudades inteligentes en marcha o completados. Entre estas iniciativas, Norte América tenía 35 proyectos, Europa, 47; Asia 50; Sudamérica 10; y el Medio Oriente y África 10 (Lee et al., 2014). Basado en que el análisis de este artículo se enfoca en adaptar un proyecto de este tipo a la Ciudad de Guatemala, que se encuentra en vías de desarrollo; cabe mencionar que 20 del total de estos proyectos conducidos en el 2013 se situaban en países que también al día de hoy lo son. Pese a ello, no es posible hacer uso de la información existente de dichos proyectos o su metodología a seguir, dado a que fueron planeadas desde un principio alrededor del concepto de desarrollo sostenible. Al contrario, la Ciudad de Guatemala no fue diseñada de ninguna manera con fines tecnológicos sostenibles.

Ciudades Inteligentes

De la constante necesidad de crear soluciones ante la variedad de problemas existentes surge el término “ciudad inteligente”. No hay una sola plantilla para enmarcar o definirla, ni tampoco una “talla única” que se acople a todos los temas que esta puede llegar a abarcar (O’Grady and O’Hare, 2012). A pesar de ello existen dos perspectivas para definir dicho término. Primero, aquellos como Glaeser & Berry (2006) que exponen como las ciudades inteligentes se categorizan por cantidades e inteligencia literal, como el porcentaje de población que tiene una carrera de bachiller, universitaria, doctorado o los que saben de 2 a más idiomas. Por el otro lado, como segunda perspectiva, Whashburn & Sindhu (2010) se enfocan más en la resolución de problemas por medio de adaptar nuevas metodologías. Este tipo de autores, nos demuestran como una ciudad inteligente se debería orientar a disminuir los desafíos que pueden llegar a incluir escases de recursos como energía, salud, vivienda, infraestructura deteriorada o inadecuada (como agua potable, energía renovable, carreteras, centros educativos y transporte), inestabilidad de precios, cambio climático y más que nada la demanda de mejores oportunidades económicas y beneficios sociales.

En términos de literatura académica, el significado de “inteligente” cubre un rango de características tecnológicas, como auto-configuración, auto-protección y auto-optimización. Luego, en literatura industrial con tendencia en negocios e instrumentos industriales, “inteligente” se refiere a la actuación astuta de productos y servicios, inteligencia artificial y máquinas independientes (Nam & Pardo, 2011).

De esta manera, podemos proceder a definir una ciudad inteligente como aquella que enfoca o dedica sus recursos hacia la constante implementación (por medio de estudios de investigación y desarrollo) de mejoras en todas las áreas que tienen un impacto en el desarrollo económico y social de la ciudad. Esto, con el fin único de ofrecer una mejora en la calidad de vida a sus habitantes que se evidencia por medio de un incremento favorable en la economía, educación, acceso a servicios, movilidad como logística e infraestructura, eficiencia y sostenibilidad en el ambiente y más importante, seguridad y alta calidad de vida.

Figura 1

Indicadores de una ciudad inteligente



Parámetros

El primer parámetro de “Economía” es usado para describir a una ciudad con industria “inteligente”. Esto implica especialmente a industrias en las áreas de tecnologías de la información y comunicación (TICs) como también la aplicación del mismo en el proceso de producción. Es por ello que el primer parámetro a estudiar se conforma del gasto público en investigación y desarrollo como también en la educación.

El segundo parámetro de “Población”. En él se investiga el nivel educativo del porcentaje total de ciudadanos, sus competencias y oportunidades de crecimiento. El fundamento de una ciudad inteligente está conformado por los individuos que la habitan, poniendo en una posición alta sus capacidades de entendimiento porque son ellos los responsables bajo mando de sus superiores de ingeniar e implementar las mejoras.

Seguidamente, el tercer parámetro de “Gobernación” se refiere a la relación entre los representantes gubernamentales y la población. Una buena gobernación como aspecto fundamental de la administración inteligente se refiere también al uso de nuevos métodos de comunicación para sus ciudadanos. Asimismo, las ciudades inteligentes se usan para discutir el uso de tecnología moderna en la vida urbana cotidiana (Giffinger, et al., 2007).

En el penúltimo parámetro de “Movilidad” nos enfocamos en tecnologías de transporte moderno. Se ve entonces el surgimiento de nuevos sistemas de transporte “inteligentes” de manera que mejoren el tráfico urbano y la movilidad de la población. Para saber dirigir el estudio de “Movilidad” es necesario analizar la estructura actual para así, de existir fallos en la misma, saber cómo la implementación de estas nuevas tecnologías puede solventarlos.

El último parámetro es “Ambiente”. En él se pretenden analizar las condiciones naturales, la contaminación, la gestión de recursos y también los esfuerzos hacia la protección del medio ambiente (Giffinger, et al., 2007).

Ciudad de Guatemala

Procediendo al día de hoy la Ciudad de Guatemala se extiende en 228 km², lo que la convierte en la más grande de América Central. De acuerdo al Instituto Nacional de Estadística y al Organismo Judicial de Guatemala, en el último censo realizado este año la población aproximada tiene un total de 995.393 habitantes. Este dato la caracteriza por ser el hogar del 20% de la población del país, como también de las principales sedes políticas, económicas, sociales y de la mayoría de actividades económicas (Morataya, 2011). Sin embargo, es importante considerar el área metropolitana que se extiende fuera de la ciudad; ya que alcanza un estimado de 3,5 millones de habitantes (INE, 2018). Los mismos tienen impacto en todas las actividades del área de este estudio debido a que circulan, consumen y forman parte de los movimientos que se realizan a diario.

Método

Siguiendo la clasificación propuesta por Hernández et al. (2014) el presente trabajo tiene un enfoque mixto descriptivo y emplea el análisis de contenido. La inclusión de datos cuantitativos complementa el análisis de contenido, otorgando una idea de la magnitud de impacto que tienen en los cinco parámetros. Estos datos son tomados de diversos estudios con la misma finalidad, aunque centrados en ciudades con antecedentes y necesidades variadas.

Se desarrolla un análisis de cinco de los parámetros propuestos por el Modelo Europeo de Ciudades Inteligentes a la Ciudad de Guatemala. Dentro de cada uno, se incluyen tres indicadores seleccionados por el motivo de que cuentan con la mayor información disponible como también su facilidad de adaptación a una ciudad de este tipo. Por último, es necesario hacer mención que el siguiente análisis desarrolla cinco de los seis parámetros, excluyendo el último de "Vida". Esto se debe a que dicho parámetro es mencionado continuamente en el desarrollo de todos los anteriores, haciendo que un apartado dedicado solamente a este pueda considerarse como no necesario.

Resultados

Economía

Presentado como el primer indicador el gasto público en I+D y educación se caracterizan por ser el factor de "espíritu innovador" de una ciudad inteligente según el Dr. Giffinger (2007). En la Ciudad de Guatemala, este indicador es controlado por dos entidades públicas distintas: el Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología y el Ministerio de Educación.

Iniciando con I+D, en la Ciudad de Guatemala toda actividad relacionada con investigación científica y tecnológica son coordinadas por la Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología (SENACYT) y dirigidas por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONCYT) (SENACYT, 2018).

Los fondos y el presupuesto son repartidos por necesidad o por elaboración de actividades, haciendo que los datos numéricos varíen año tras año. Sin más que, con el objetivo de dar una perspectiva general de los recursos con lo que cuentan dichas entidades, se presenta la Tabla 1.

Tabla 1

Cifras relevantes del presupuesto de I+D de Guatemala

Presupuesto	Cantidad (€)
Presupuesto total para I+D del país	3.368.790

Presupuesto total ejecutado	2.986.752
Presupuesto aproximado a la Ciudad de Guatemala	153.127
Porcentaje	%
Porcentaje total ejecutado	88,66
Porcentaje total del PIB	0,0048

Nota: Fuente: SENACYT, 2018

Seguidamente, para el tema de educación cabe resaltar que es un instrumento indispensable para el desarrollo humano, ya que permite adquirir nuevos conocimientos, capacidades y competencias que permiten a la población optar a un mayor número de oportunidades. Es por ello que se denomina como un factor clave hacia la implementación de una ciudad inteligente. Las cifras relativas al presupuesto de Educación se pueden observar en la Tabla 2.

Tabla 2

Cifras relevantes del presupuesto de Educación de la Ciudad de Guatemala

Estudiantes	Cifras
Población total en edad escolar (4 a 21 años)	264.725
Total de estudiantes retirados	19.897 (7,5%)
Presupuestos	Cifras
Presupuesto total de educación aproximado	€89.008.486
PIB total dedicado a educación	0,13%
Monto anual aproximado a cada estudiante	€336,2

Nota: Fuente: Elaboración propia basada en MFP,2019 y MINEDUC, 20019

En cuanto al estado del empleo destacar que para principios del año 2010, generaban aproximadamente el 53% de los empleos nacionales, el 79% de la industria, el 61% de la rama de servicios ofrecidos y por último el 86% de los empleos en comercio (Morataya, 2011). En la Tabla 3 se presentan los datos recopilados:

Tabla 3

Cifras relevantes de la población activa y desempleo de la ciudad de Guatemala

Población	Cifras
Población de 15 años en adelante	706.702 (71%)
Población económicamente activa	437.313 (44%)
Población laborando fuera de la ciudad	6.036 (1,38%)
Tasa de desempleo	Cifras (%)
Tasa de desempleo en la ciudad para el 2010	69.678 (7%)
Tasa de desempleo en la ciudad para el 2015	28.867(2,9%)

Nota: Elaboración propia a partir de INE, 2018; América Economía, 2016; MGI, 2016 y Morataya, 2011.

Tras haber analizado los indicadores económicos se puede hacer una exposición del estado general del parámetro de Economía.

En cuanto al indicador dedicado a I+D es evidente que la insuficiencia de fondos dedicados a estas áreas trae una variedad de problemas en cadena impidiendo así la meta principal de desarrollo humano. Basado en los datos presentados en el indicador, según los fondos dedicados a educación; cada estudiante de la Ciudad de Guatemala tiene asignado un aproximado de 34 € mensuales por los diez meses de curso. Claramente es una cifra que no se reparte equitativamente, siendo la mayoría dedicada a la educación oficial o municipal. Lo mencionado argumenta entonces que la calidad educativa que se les ofrece no es suficiente o

efectiva, empezando desde preprimaria y primaria hasta básicos y diversificado (INE, 2018). Creando una mentalidad en la que la educación no es vista como algo necesario.

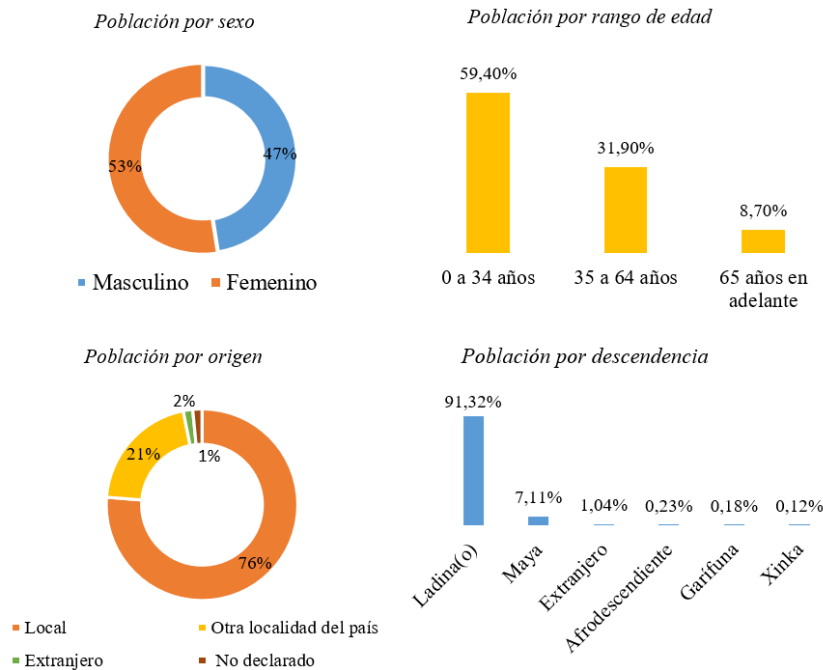
Por último, respecto a los indicadores de PIB por habitante y tasa de desempleo; no cabe duda que sus cifras son resultantes en una gran parte del primer indicador. Guatemala como país presenta uno de los niveles más bajos de inversión en el mundo. La tasa total de inversión se sitúa en alrededor del 14 por ciento del PIB, estando esto muy por debajo del promedio de 21 por ciento para América Latina. La inversión limitada que se dedica al sector de economía tiene un efecto en cadena hacia el crecimiento positivo de los indicadores analizados. De esta forma, se puede decir que no se promueven métodos de mejora continua dedicados a la vida de la población; únicamente los suficientes para mantenerla estable.

Población

La Ciudad de Guatemala, al haberse desplazado en cuatro distintas ocasiones y también ser la capital del país; acoge una gran diversidad de población. Esta puede ser proveniente de distintas localidades del país o del extranjero y puede ser manifestado como diversidad cultural, étnica y lingüística. Por ello, se presentan los siguientes datos extraídos del Censo para argumentarla:

Figura 2

Datos demográficos de la población de Guatemala



Nota: Fuente: INE, 2018

Iniciando, los siguientes indicadores de población tienen relación directa con el concepto de desarrollo humano. Éste describe los logros de una ciudad en relación a diferentes dimensiones, siendo una de ellas el acceso al conocimiento y un nivel de vida decente. Sin más que agregar, los datos aproximados más relevantes del siguiente indicador se presentan a continuación en la Tabla 4:

Tabla 4

Cifras relevantes a población con estudios superiores de la Ciudad de Guatemala

Población	Cifra
Población mayor de 25 años	530.132 (53,26%)

Población total con educación avanzada	36.049 (3,62%)
Titulados	Cifra
Titulados de grado mayores de 25 años	34.459 (6,5%)
Titulados de maestría mayores de 25 años	1.590 (0,3%)

Nota: Fuente: Lemarchand, 2017; MINEDUC, 2018

Para el siguiente indicador, se tomaron en cuenta distintas habilidades digitales dentro de un alto porcentaje de la población. Estas no solo incluyen a los individuos económicamente activos con conocimientos avanzados de codificación básica o de programas informáticos tipo Microsoft Office. El motivo principal por el que se hace la inclusión de todos los actores se debe al impacto que estos tienen o tendrán en todas las áreas de la ciudad. Los siguientes datos incluyen a individuos de 7 años en adelante como también a ejecutivos y trabajadores de distintas empresas de la Ciudad de Guatemala.

Tabla 5

Cifras relevantes a los conocimientos digitales de la población en la Ciudad de Guatemala

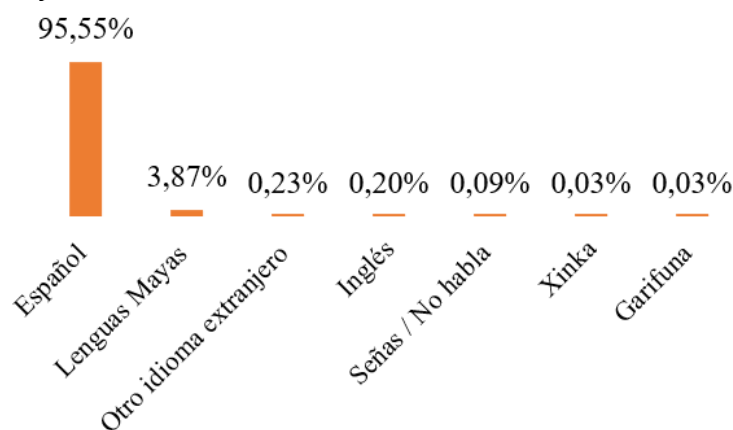
Población	Cifra
Población de 7 años en adelante	823.541 (82,73%)
Población que utiliza móvil	686.460 (83,35%)
Población que utiliza ordenador	437.433 (53,11%)
Población que utiliza Internet	512.366 (62,21%)
Población que utiliza los 3	413.195 (50,17%)
Población que utiliza móvil y ordenador	418.986 (50,87%)
Población que utiliza móvil e internet	498.236 (60,49%)
Población que utiliza ordenador e internet	427.192 (51,87%)

Nota: Fuente: MINEDUC, 2018

Finalmente, en este último indicador de población; se desarrolla el nivel de conocimiento de lenguas extranjeras en la población de la Ciudad de Guatemala. En ámbito general, el conocimiento de idiomas por maternidad o aprendizaje dentro de la ciudad se dividen de la siguiente manera:

Figura 3

Porcentaje de lenguas por idioma materno



Nota: Fuente: INE, 2018

Tabla 6

Conocimiento de lenguas extranjeras como segundo idioma por población a nivel país y su aproximación a la ciudad

Idioma	País	Ciudad
--------	------	--------

Inglés (52,8%)	8.236.800	525.568
Otro idioma extranjero (3,2%)	499.200	31.853
Nivel de competencia en inglés	52,50% (moderada)	53.51% (moderada)

Nota: Fuente: INE, 2014; EF, 2019

En los datos presentados se puede determinar entonces que, de la población total evaluada de la Ciudad de Guatemala, únicamente el 0,43% tienen como lengua materna el inglés u otro idioma extranjero. Por el otro lado, a pesar que la intención principal de este indicador se centre únicamente en lenguas extranjeras; es de suma importancia hacer mención a la variedad de comunidades originarias del país con dialectos únicos que lo convierten en multilingüe.

Tras finalizar el desarrollo de los indicadores principales de población, se puede inferir tanto la razón de su estado como las variables que lo afectan. Primeramente, respecto al porcentaje de población con educación avanzada, no cabe duda que el número de graduandos ha tenido un incremento con el paso los años. Sin embargo, su mejora va directamente conectada con la inversión pública en educación lo que limita significativamente su desarrollo. El alcance de la educación avanzada en la Ciudad de Guatemala permanece limitado debido a la escasez de regulaciones e inversión en el ámbito estudiantil, de docencia y oferta académica.

Continuando, el estado respecto a los indicadores de conocimientos digitales y lenguas extranjeras es semejante. Las habilidades no se encuentran desarrolladas completamente. Respecto a los conocimientos digitales, no cabe duda que un alto porcentaje de la población tiene los conocimientos necesarios para el uso promedio de los dispositivos. En cuanto al último indicador, se puede decir que el conocimiento de lenguas extranjeras no es diverso en un alto porcentaje. De cualquier manera, las cifras de los tres indicadores presentan un claro potencial en el capital social y humano; que actualmente a nivel país tiene un valor del 52,2 de 100 (Schwab, 2019). Por esta razón, se puede inferir que, al ser correctamente orientado, puede tener un alto impacto en el desarrollo de la población y los distintos parámetros asociados.

Gobierno

En este tercer parámetro se hace un enfoque al tipo de relación que existe entre los actores de las principales entidades gubernamentales y la población. Esta relación incluye toda institución de educación avanzada y centros de investigación como también a cada uno de los individuos de la población que actúan activamente en el desarrollo de la ciudad. Esencialmente, para la obtención de resultados efectivos; se tienen que identificar campos de acción en función de sus puntos fuertes y débiles como también asesorar que enfoque de gobernación es más eficaz para lograr la cooperación de todos los actores (Lombardi, et al., 2012).

Los tres indicadores elegidos a desarrollar tienen como punto principal expresar el potencial que existe de participación en toma de decisiones, la disponibilidad de servicios públicos y sociales y la transparencia gubernamental en todo ámbito.

Por medio de la Tabla 7, se puede señalar que el único centro público es la Universidad de San Carlos y por lo tanto esto evidencia que aproximadamente el 68% de todos los estudios superiores y centros de educación avanzada están a cargo del sector privado (Lemarchand, 2017). Por el otro lado, en base a índices más subjetivos; en la Tabla 8 se presentan resultados generales obtenidos en base a la oferta de estos estudios académicos.

Tabla 7

Universidades y centros de investigación en la Ciudad de Guatemala por tipo y oferta académica en el año 2011

Univerisidad	Facultades	Grados	Maestrías	Doctorados	Centros de Inv.
--------------	------------	--------	-----------	------------	-----------------

Universidad de San Carlos	10	109	113	8	33
Universidad del Occidente	4	14	-	-	-
Universidad del Istmo	6	15	6	-	1
Universidad del Valle	4	29	9	-	11
Universidad Francisco Marroquín	5	19	12	1	5
Universidad Galileo	9	49	44	-	6
Universidad InterNaciones	3	9	1	-	-
Universidad Mariano Gálvez	12	34	51	12	3
Universidad Mesoamericana	2	9	3	3	1
Universidad Panamericana	7	12	14	-	-
Universidad Rafael Landívar	9	110	34	-	11
Universidad Rural	7	9	7	1	-
Universidad San Pablo	7	5	7	-	-
Total	85	423	301	25	71

Nota: Fuente: CONADUR/SEGEPLAN, 2014; Rosado, 2011

Tabla 8

Índices de calidad en base a la oferta de estudios académicos y centros de investigación

Índice	Calificación (1-7)
Calidad de instituciones de investigación	3,5
Colaboración Universidad-industria en I+D	3,5
Disponibilidad de científicos e ingenieros	4

Nota: Fuente: Schwab, 2016.

En cuanto al segundo indicador, un gobierno electrónico en línea se refiere a las tecnologías de Internet que actúan como plataforma para el intercambio de información, prestación de servicios y la realización de transacciones con ciudadanos, empresas y otras ramas de gobierno.

En términos más específicos, el plan de acción nacional más reciente incluye 5 ejes con distintos compromisos para llegar a la meta. Estos se dividen en los siguientes:

- Acceso a la información pública y archivos institucionales.
- Innovación tecnológica (Creación de portal de datos abiertos, de mesa técnica para tratar temas de innovación tecnológica, de servicios públicos en línea, de servicios municipales y de solicitudes de información pública).
- Participación Ciudadana (Creación de programas y mecanismo de opinión, colaboración y participación).
- Rendición de Cuentas (Transparentar acciones en gestión integral para reducción de riesgo a desastres).
- Transparencia Fiscal (Creación de un proceso presupuestario abierto y participativo en finanzas públicas, administración tributaria, salud pública y asistencia social y educación).

Para proceder al análisis de los mismos, fue necesario ingresar a la plataforma oficial de la Municipalidad de la Ciudad de Guatemala. En ella, se encuentran tres pestañas que contienen enlaces externos según el tema a tratar. Como se puede notar en la figura 4, se logró acceder a

la información requerida de los 5 ejes sin problema alguno. Sin embargo, según los informes existentes de los tres planes de acción realizados al día de hoy; el monitoreo y revisión mensual de los mismos no fue efectuado correctamente. Esto se evidencia en que la calificación de puntualidad y nivel de cumplimiento de cada compromiso solo existe para los dos primeros planes; con un 14% para el primero y 63% respectivamente. En cuanto al tercer plan, siendo este el más reciente de los años 2016-2018; no existe información acerca del seguimiento que se ha llevado a cabo. Por el otro lado, tampoco hay un plan de acción formulado para los años 2019-2021.

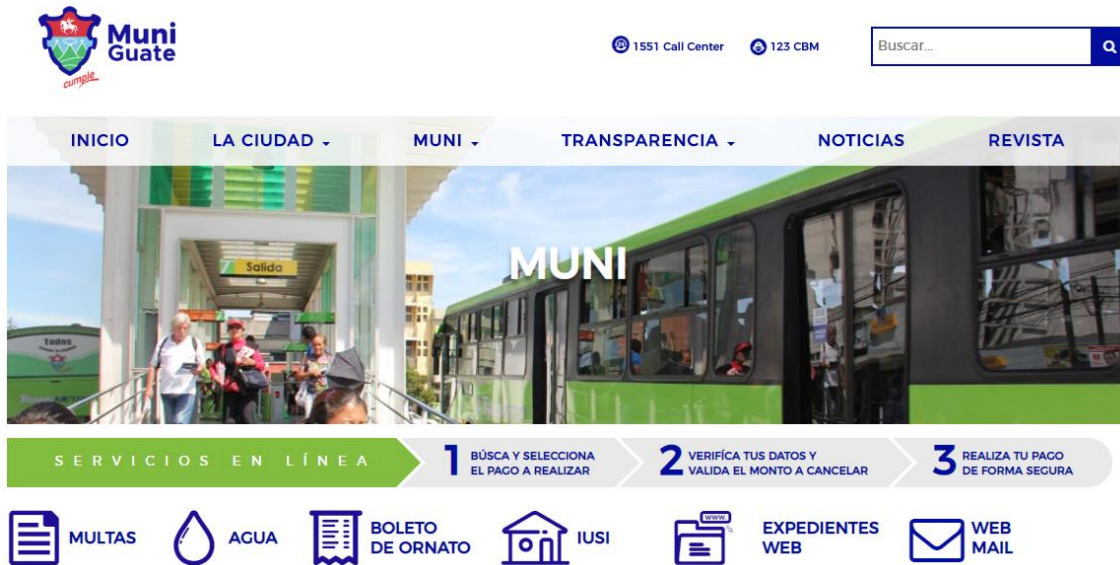


Figura 4.

Plataforma en línea de la Municipalidad de Guatemala.



Para el último parámetro de población se desarrolla la cantidad de hogares dentro de la Ciudad de Guatemala que tienen acceso a internet en casa. Para presentar los datos con mayor detalle, se incluye también la tipología de cada hogar.

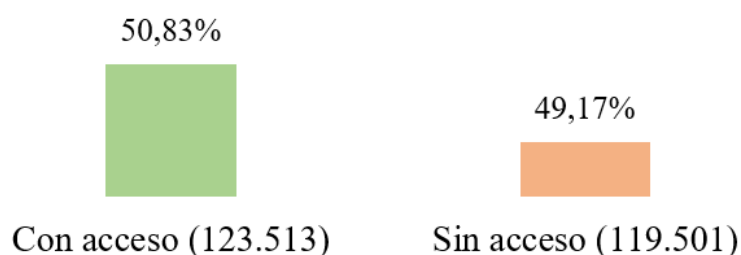
Tabla 9
Hogares por tipología en la Ciudad de Guatemala

Tipología	Cifra
Unipersonal	23.894 (9,8%)
Nuclear	137.478 (56,6%)
Extensa	68.536 (28,2%)
Compuesta	10.525 (4,3%)
Co-residentes	2.581 (1,1%)
Total	243.014 (100%)

Nota: Fuente: INE, 2018.

Figura 5

Porcentaje de hogares por acceso a internet en casa



Nota: Fuente: INE, 2018

Tras obtener los datos exactos respecto a los tres indicadores principales de gobernación, la tarea de determinar su estado general se agiliza. Procediendo con el caso de las universidades y centros de investigación en la ciudad; se puede notar como 12 de 13 instituciones son privadas. El hecho de que lo sean significa limitaciones para un gran porcentaje de ciudadanos debido a la incapacidad de poder cubrir los costos de asistencia. Adicionalmente, la ausencia de programas post-grado como master y doctorado le impone a la ciudad otra barrera importante al desarrollo, directamente relacionada a la preparación de la docencia para transmitir conocimiento.

Seguidamente, para el segundo indicador de gobierno electrónico en línea; debe señalarse lo completa que se encuentra la plataforma oficial de la Ciudad de Guatemala en base a los 5 ejes de la Alianza para el Gobierno Abierto. Por ello, es evidente que las normas y estándares de gobernación existentes apoyan y guían a la población de la ciudad hacia una alta calidad de vida (Lombardi, et al., 2012). Sin embargo, cabe mencionar que hay un incumplimiento en la actualización de datos que estaba propuesta para cada dos años. Lamentablemente, esto afecta a la precisión y transparencia de información como la calificación en puntualidad de los compromisos. Por último, respecto al indicador de hogares con acceso a internet en casa, se puede notar que hay una cobertura de tan solo el 50,83% de la población en la ciudad. Esto indica que la conectividad entre todos los actores y el aprovechamiento de las plataformas públicas es limitada.

Movilidad

Como penúltimo parámetro de análisis se introduce el tema de movilidad. El primer indicador es la “accesibilidad local e internacional”. Esto significa la cobertura de los mismos que hay dentro de la ciudad, la satisfacción de los habitantes por dicho acceso y su calidad.

Primeramente, respecto a accesibilidad local se incluyen los tres medios públicos existentes: Tradicional, Transurbano y Transmetro. La Tabla 10 muestra el uso de los distintos medios de transporte de la ciudad.

Tabla 10

Hogares en la Ciudad de Guatemala por medio de transporte

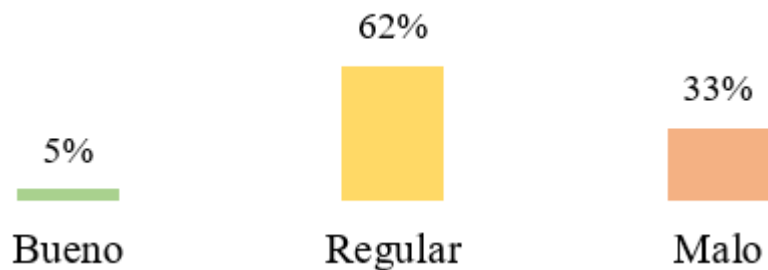
Medio de transporte	Número de hogares
Automóvil	115.763 (47,64%)
Motocicleta	52.588 (21,64%)
Transporte público o a pie	74.663 (30,72%)
Total	243.014 (100%)

Nota: Fuente: INE, 2018

Cabe mencionar que, debido al porcentaje de cobertura, fiabilidad de uso y seguridad que tienen un alto porcentaje de hogares optan por otros medios de transporte como motocicleta o automóvil. En relación con esto las figuras 6 y 7 ilustra la calidad percibida por los usuarios del transporte público de la ciudad.

Figura 6

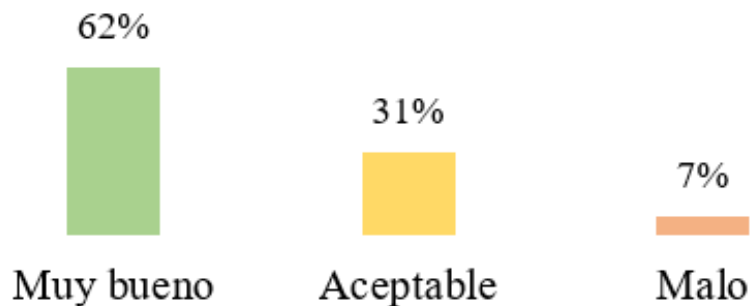
Calidad del Servicio de transportes tradicional



Nota: Fuente: Morán et al., 2001

Figura 7

Calidad de servicio de transporte Transmetro



Nota: Fuente: Lossau, 2012

Teniendo en mente los principales métodos de movilidad pública, se evalúa entonces la sostenibilidad y seguridad que ofrecen dichos sistemas en la actualidad y su consiguiente efecto en la Ciudad de Guatemala.

En el momento que los automóviles, motocicletas o autobuses de Estados Unidos dejan de aprobar las pruebas de emisiones; son subastados y comprados por negociantes de países Centroamericanos como Guatemala y Honduras. Por ello, debido a la falta de aplicación de leyes, en la Ciudad de Guatemala siguen en funcionamiento. En la Tabla 11 se pueden observar los datos de contaminación de la ciudad.

Tabla 11

Comparación del nivel estándar de contaminación tipo de materia particulada (MP2, %) de la OMS y nivel actual de la Ciudad de Guatemala.

Nota: Fuente: USCG & Ecoquimsa, 2017

Nivel medio anual recomendado	Nivel medio anual real
10 miligramos por m ³	65 miligramos por m ³

Se puede indicar entonces que la media anual más alta superó en 5,5 veces las recomendaciones propuestas. Estos datos la convierten en la sexta ciudad más contaminada de América, con aproximadamente un 70% del total proviniendo de las emisiones de estos vehículos. (Pskowski, 2019).

Para terminar, la accesibilidad internacional dentro de la Ciudad de Guatemala se conforma de dos medios de movilidad distintos; El aeropuerto internacional La Aurora y las empresas privadas de buses de larga distancia. El aeropuerto constituye el principal puerto de embarque y desembarque aéreo del país. Para el año 2019, se reportó un movimiento de entrada y salida de 2.983.042 pasajeros entre 18 aerolíneas; situándolo entre los cuatro aeropuertos más traficados de Centro América (DGAC, 2019).

En lo respectivo a iniciativas hacia una infraestructura TIC avanzada destacan el aerómetro y el metroriel. El denominado Aerómetro, es un proyecto de transporte público tipo teleférico planteado para conectar la ciudad vecina llamada Mixco a la Ciudad de Guatemala de forma 100% eléctrica. El mismo, está diseñado para conectar los sistemas existentes de Transmetro y bicicletas para movilizar a los ciudadanos de manera más fluida. Por otra parte, el Metroriel se introduce como un tipo de tren ligero también 100% eléctrico.

Dando por finalizando el desarrollo de movilidad en la Ciudad de Guatemala, se puede deducir que su estado actual no es adecuado para sus habitantes y se encuentra lejos de ser el más óptimo. A pesar de la efectividad parcial que logran algunos sistemas existentes, esta no es suficiente en temas de cobertura, seguridad y sostenibilidad para cubrir la demanda requerida. La continua expansión de la ciudad obliga el aumento de métodos de accesibilidad a sus habitantes. Por ello, la ampliación de un sistema a de movilidad efectivo es necesario para alcanzar un ordenamiento urbano (Morán et al., 2001).

Ambiente

Este parámetro abarca brevemente las condiciones naturales, la contaminación, el aprovechamiento de recursos y la protección de los mismos (Giffinger, et al., 2007).

Guatemala como país, es particularmente vulnerable a los efectos de cambio climático y esto crea la necesidad de llevar a cabo el cumplimiento de toda responsabilidad en relación con el medio ambiente. Por ello, y para responder ante la urgencia de acción necesaria, Guatemala acepta las decisiones tomadas en la Conferencia de las Partes de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC) presentando su Contribución Prevista y Determinada a Nivel Nacional (INDC).

En lo relativo a la reducción de emisiones de CO₂ se abarcan las siguientes prioridades (CONADUR/SEGEPLAN, 2014):

- Conservación y uso sostenible de bosques y biodiversidad.
- Gestión sostenible de recursos hídricos para alcanzar objetivos sociales, económicos y ambientales.
- Tecnificación agrícola y agricultura familiar para la seguridad alimentaria.

Guatemala no es un país con emisiones relevantes de este tipo. Por lo tanto, a pesar de estar unido a los esfuerzos de las Naciones Unidas y aplicar varias normativas, se encuentra excluido de los compromisos de reducción de estos gases por el Protocolo de Kioto (Kosch, 2013).

Entrando en el tema de uso de recursos naturales, Debido a la posición geográfica y a la topografía del país, el potencial del sector eléctrico se favorece respecto la diversificación de la matriz eléctrica. Actualmente, esta incluye producciones de energía hídrica, geotérmica, solar, eólica, biomasa y más (Lemarchand, 2017). En términos más específicos respecto a potencial y origen, la tabla 12 muestra la generación de energía.

Tabla 12

Distintos componentes de generación de energía para el año 2015.

Tipo	GWh	Porcentaje respecto a total anual
Hidroeléctrica	3.851,8	37,4%
Geotérmica	251,5	2,4%
Eólica	107,3	1,0%
Cogeneración	2.685,1	26,1%
Solar	149,3	1,4%
Biomasa	1,1	0,01%
Biogás	4,0	0,04%
Térmica	3.251,8	31,6%
Total	10.301,9	100%

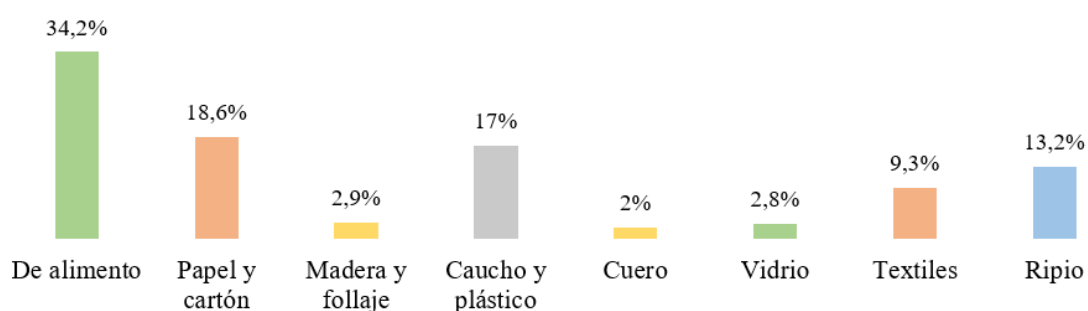
Nota: Fuente: Lemarchand, 2017

Ahora bien, respecto al uso eficiente de agua, Guatemala cuenta con 3 vertientes hidrográficas: del Golfo de México, del Atlántico y del Pacífico, 38 cuencas y 194 cuerpos de agua. A pesar de ello, es uno de los países con menor oferta hídrica por persona en Centroamérica.

Como último indicador se estudia el control de residuos, esto se hace desde un enfoque a la proporción y manejo de los residuos sólidos reciclables y no reciclables de cualquier proveniencia. Primeramente, respecto a residuos producidos en los hogares de la Ciudad de Guatemala.

Figura 8

Composición de los residuos sólidos de los hogares



Nota: Fuente: INE, 2015

Al ser recolectados el 93,5% de los residuos domiciliarios, ya sea por el servicio privado o municipal; son llevados a uno de los 17 vertederos a cielo abierto que existen alrededor de la ciudad. De la totalidad de ellos, ninguno cuenta con estudio de impacto ambiental del MARN.

Dado por finalizado el parámetro de ambiente y con los datos esenciales presentados en cada uno de ellos; el estado general del mismo queda bastante claro. Siendo el MARN la entidad responsable de toda temática respecto a ambiente y recursos naturales tanto en la Ciudad de Guatemala como el país entero; es adecuado indicar que el mal control y el impacto social,

económico, ambiental y sanitario recae en ellos. Sin embargo, los mismos son financiados por el gobierno, lo que significa que sus acciones están directamente vinculadas al presupuesto que se les asigne.

Respecto al primer indicador; no cabe duda que existe una variedad de regulaciones vigentes que abarcan un alto porcentaje de los problemas a los que se enfrenta la ciudad hoy en día. Sin embargo, estas no son ejercidas ni monitoreadas adecuadamente. La falta de coordinación entre entidades, asignación completa de recursos y cumplimiento de reglas ya estipuladas, son algunos de los factores que más afectan para alcanzar las metas propuestas en contra de las emisiones de CO₂.

Seguidamente, el segundo indicador respecto a uso eficiente de agua y luz se ve favorecido por la posición geográfica donde se encuentra Guatemala. La extensa variedad de recursos naturales disponibles alrededor del país y la alta cobertura de ellos dentro de la ciudad hacen que el tema de escasez no sea mencionado con frecuencia. Sin embargo, la mejor cualidad puede también llegar a ser la menos favorable si no es correctamente controlada.

Por último, con la información presentada respecto al indicador de control de residuos, se evidencia claramente la casi inexistente infraestructura de sus servicios de recolección como también en gran parte de los vertederos de la ciudad, convirtiendo a estos únicamente en lugares de deposición final, en los cuales no existe el manejo o logística adecuada de los residuos que llegan diariamente.

Discusión y conclusiones

Con los estados de cada parámetro en mente, se analizan tanto los resultados obtenidos como las brechas y limitaciones del estudio.

La insuficiencia de fondos dedicados al desarrollo de cada parámetro, la administración y manejo incorrecto efectuado por los actores responsables en sus áreas, como también la escasa interconexión entre los mismos; evita que la transmisión de información clave entre sí sea realizada. Por consecuencia, la capacidad de utilizar dicha información para crear patrones de comportamiento y establecer acciones de mejora hacia una ciudad inteligente se convierten en imposibles de llevar a cabo de manera fluida.

A pesar de la disponibilidad extensa de leyes, regulaciones y artículos para fomentar el funcionamiento de los parámetros y calidad de vida de los ciudadanos, como también evitar riesgos; estas se ven afectadas por la falta de ejercer u obligar el respeto y autoridad de las mismas causando que los problemas presentados continúen ocurriendo y aumentando en fatalidad.

La variedad de problemas de mayor severidad en todo el país a los que el Gobierno de Guatemala tiene que dirigir su atención, como también el hecho que la Ciudad de Guatemala se encuentre en el mejor estado en comparación con las demás ciudades dentro de su territorio, limitan el alcance de una iniciativa de ciudad inteligente. Por lo mismo, el trabajo de implementación recae en organizaciones no gubernamentales, que, a pesar de lograr poner dichas iniciativas en marcha, tienen limitado alcance por la falta de apoyo de las entidades principales.

Como último punto, es de vital importancia hacer mención que la falta de datos actualizados o inexistencia de información precisa sobre los parámetros en general o indicadores en específico a la Ciudad de Guatemala, limitan el alcance del estudio respecto a su estado actual y consecuentemente la equidad de información incluida en todos los parámetros. Por ello, en los casos en que no fue posible obtener lo requerido a nivel ciudad, fue necesario hacer el uso a nivel país; afectándose así la precisión de los resultados. Sin embargo, es evidente que la naturaleza del modelo aplicado para analizar la Ciudad de Guatemala está dedicado a

ciudades europeas únicamente. El mismo, es estructurado por medio de los indicadores de cada parámetro, los cuales surgen de áreas en las que los investigadores en dichas ciudades europeas dan por sentado que existen. En lo contrario, en el caso de la Ciudad de Guatemala, fue necesario hacer una selección de los indicadores con base a la información en la que posiblemente había existencia o disponibilidad suficiente lo que significó la exclusión de indicadores posiblemente significativos.

Referencias

- Albino, V., Berardi, U., & Dangelico, R. M. (2015). Smart cities: Definitions, dimensions, performance, and initiatives. *Journal of urban technology*, 22(1), 3-21.
<https://doi.org/10.1080/10630732.2014.942092>
- América Economía. (2016). Mejores Ciudades para hacer negocios en América Latina. Consejo Nacional de Desarrollo Urbano y Rural de Guatemala (CONADUR) y Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia (SEGEPLAN). (2014). Plan Nacional de Desarrollo K'atún: Nuestra Guatemala 2032.
- Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC). (2019). Informes: Tráfico de pasajeros desembarcados/embarcados. *Servicio Regular Internacional*.
- Education First. (2019). Education First English Proficiency Index: A ranking of 100 Countries and Regions by English Skills. 8-28.
- Giffinger, R., Fertner, C., Kramar, H., Meijers, E. (2007). Ciudades Inteligentes: Clasificación de las ciudades europeas de gran tamaño; Centro de Ciencia Regional en la Universidad Tecnológica de Vienna: Vienna, Austria; Universidad Tecnológica de Delft: Delft, Países Bajos. 10-12.
- Giffinger, R., Kramar, H., Haindlmaier, G., Strohmayer, F. (2007). Modelo Europeo de Ciudades Inteligentes; Centro de Ciencia Regional en la Universidad Tecnológica de Vienna.
- Glaeser, E. L., & Berry, C. R. (2006). Why are smart places getting smarter?. *Rappaport Institute/Taubman Center Policy Brief*, 2.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio M.P. (2014). *Metodología de la investigación*. (6ª ed.). Distrito Federal, México: McGraw Hill.
- Instituto Nacional de Estadística Guatemala (INE). (2014). Perfil estadístico de Pueblos 2014.
- Instituto Nacional de Estadística Guatemala (INE). (2014). República de Guatemala: Encuesta Nacional de Condiciones de Vida 2014.
- Instituto Nacional de Estadística Guatemala (INE). (2018). Resultados del XII Censo Nacional de Población y VII Censo Nacional de Vivienda.
- Kosch, M. (2013). Guía sobre el Cambio Climático y el Riesgo de Desastres en Guatemala. Brot für alle.
- Lee, J. H., Hancock, M. G., & Hu, M. C. (2014). Hacia un marco efectivo para la construcción de ciudades inteligentes: Lecciones de Seúl y San Francisco. *Previsión Tecnológica y cambio social*, 89, 80-99.
- Lemarchand, G. (2017). Relevamiento de la Investigación y la Innovación en la República de Guatemala. *Colección GO-SPIN de perfiles nacionales en políticas de ciencia, tecnología e innovación*, vol. 6. UNESCO Publishing.
- Lombardi, P., Giordano, S., Caragliu, A., Del Bo, C., Deakin, M., Nijkamp, P., Kourtit, K., & Farouh, H. (2012). An advanced triple-helix network model for smart cities performance. In *Regional Development: Concepts, Methodologies, Tools, and Applications*. 1548-1562. IGI Global. <https://doi.org/10.4018/978-1-4666-0882-5.ch808>

- Lombardi, P., Giordano, S., Farouh, H. and Yousef, W. (2012). Modelando el rendimiento de una ciudad inteligente, *Innovación: Revista Europea de Investigación en Ciencias Sociales*, 25(2), 137-149. <https://doi.org/10.1080/13511610.2012.660325>
- Lossau, A. (2012). Transmetro: Sistema BRT de la Ciudad de Guatemala. 35-38.
- Meijer, A., & Bolívar, M. P. R. (2016). Gobernando una ciudad inteligente: Revisión de literatura sobre gobernanación urbana inteligente. *Revisión Internacional de ciencias administrativas*, 82(2), 392-402. <https://doi.org/10.1177/0020852314564308>
- Morán, A., Herrera, A., Urbina, R., & Bethancourth, R. (2001). Informe Final: El transporte colectivo urbano en el área metropolitana: Hacia una solución integral. Universidad de San Carlos de Guatemala. Dirección General de Investigación y Centro de Estudios Urbanos y Regionales.
- Morataya, E. (2011). Encuesta CIMES Ciudad de Guatemala. Observatorio del Desarrollo Urbano y Territorial de la Universidad Politécnica de Cataluña. 8-32.
- Nam, T., & Pardo, T. A. (2011). Smart city as urban innovation: Focusing on management, policy, and context. In *Proceedings of the 5th international conference on theory and practice of electronic governance*. 185-194. <https://doi.org/10.1145/2072069.2072100>
- O'Grady, M., & O'Hare, G. (2012). How Smart Is Your City?. *Science Magazine* 335(3), 1581-1582.
- Organización de las Naciones Unidas (ONU). (2011-2019). Perspectivas de la población mundial: Revisión 2019. Departamento de Asuntos Económicos y Sociales & Departamento de Población.
- Pskowski, M. (2019). Medio Ambiente, un problema nocivo II: Así se alarga la vida de los coches mientras se acorta la de los humanos. *El País*.
- Rosado, D. (2011). *Revista Innovación Educativa*, 11(57), 1.
- Schwab, K. (2019). The global competitiveness report: 2019. World Economic Forum. 250-253.
- Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología de Guatemala (SENACYT). (2018). Memoria de Labores 2018. 6-11.
- Universidad de San Carlos de Guatemala (USCG) & Ecoquimsa. (2017). Calidad de Aire de la Ciudad de Guatemala. *Gráfica PM 2.5*.
- Washburn, D., Sindhu, U., Balaouras, S., Dines, R. A., Hayes, N., & Nelson, L. E. (2009). Helping CIOs understand "smart city" initiatives. *Growth*, 17(2), 1-17.