

Un análisis de los campos de la ingeniería

usos y aplicaciones



CORPORACIÓN UNIVERSITARIA
AMERICANA
INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA



SELLO EDITORIAL UNIVERSITARIO

UAmericana



Un análisis de los campos de la ingeniería

usos y aplicaciones

Compiladores

Ph. D. Jhoany Alejandro Valencia Arias

Mg. María Camila Bermeo Giraldo

Ph. D. (C) Carlos Augusto Arboleda Jaramillo

Editor

Mg. Jovany Arley Sepúlveda Aguirre

Director Editorial y de Publicaciones

Corporación Universitaria Americana

Sede Medellín

2020

620.11
C822

Corporación Universitaria Americana. (2020). Un análisis de los campos de la ingeniería: usos y aplicaciones. (Comps.) Alejandro Valencia-Arias, María Camila Bermeo Giraldo y Carlos Augusto Arboleda Jaramillo. Medellín: Sello Editorial Universitario Americana

215 Páginas: 16X23 cm.
ISBN: 978-958-5512-96-2

1. Tendencias, 2. Buenas prácticas, 3. Aplicaciones ingenieriles, 4. STEM.

CORPORACIÓN UNIVERSITARIA AMERICANA-CO / SPA / RDA
SCDD 22 / CUTTER - SANBORN

Corporación Universitaria Americana©
Sello Editorial Universitario Americana©
ISBN: 978-958-5512-96-2

CORPORACIÓN UNIVERSITARIA AMERICANA

Presidente

JAIME ENRIQUE MUÑOZ

Rectoría nacional

ALBA LUCÍA CORREDOR GÓMEZ

Rector - Sede Medellín

ALBERT CORREDOR GÓMEZ

Vicerrector Académico - Sede Medellín

ARTURO ARENAS FERNÁNDEZ

Vicerrector de investigación - Sede Medellín

LUIS FERNANDO GARCÉS GIRALDO

Director de Publicaciones - Sede Medellín

JOVANY SEPÚLVEDA AGUIRRE

Sello Editorial Coruniamericana

editorialmed@americana.edu.co

Diagramación y carátula

LUISA FERNANDA ROJAS ARANGO

Corrección de texto

INFOLIO. CORRECCIÓN DE TEXTOS

1.ª edición: agosto de 2020

Todos los derechos reservados. Ninguna parte de esta publicación puede ser reproducida, almacenada en sistema recuperable o transmitida en ninguna forma o por medio electrónico, mecánico, fotocopia, grabación u otro, sin previa autorización por escrito del Sello Editorial Universitario Americana y de los autores. Los conceptos expresados en este documento son responsabilidad exclusiva de los autores y no necesariamente corresponden con los de la Corporación Universitaria Americana.

CONTENIDO

Prólogo	7
Introducción	11
Capítulo 1	
Conceptualización de procesos de difusión y adopción del <i>e-commerce</i>	13
Luis Germán Ruiz Herrera, Jhoany Alejandro Valencia-Arias y Vanessa Botero Gómez	
Capítulo 2	
Tendencias investigativas en el estudio de la deserción universitaria en estudiantes de ingeniería: un análisis bibliométrico	27
Alejandro Valencia-Arias, Lemy Bran-Piedrahíta, Andrés Felipe Rúa-Ortiz, Dalia Valencia y L.I. Bedoya-Corrales	
Capítulo 3	
Tendencias investigativas en adopción de techos verdes: una perspectiva desde el enfoque bibliométrico	40
Andrea María Valencia-Grajales, Luis German Ruiz-Herrera, Alejandro Valencia-Arias, José Fernando Valencia-Grajales y Cristian Alexander Hernández-Durango	

Capítulo 4

Productividad investigativa y tendencias en el campo de la ingeniería industrial a partir de un análisis bibliométrico

Alejandro Valencia-Arias, L.I. Bedoya-Corrales, Cristina Ocampo-Osorio, Anderson Manuel Trespalacio González y David Alberto García Arango

63

Capítulo 5

Revista de acceso abierto: identificación de factores que inciden en el desarrollo de la ciencia abierta

David Alberto García Arango, César Felipe Henao Villa, Marco Aurelio Mejía Cardona, Jovany Sepúlveda-Aguirre y Alejandro Valencia-Arias

76

Capítulo 6

Aplicaciones de realidad aumentada y realidad virtual en geociencias: un análisis bibliométrico

Mauricio Hincapié, Alejandro Valencia-Arias, José Andrés Fernández, Oscar Andrés Cuellar

95

Capítulo 7

Nuevas perspectivas en arquitectura e ingeniería sostenible para superar el déficit de vivienda en la zona rural del Municipio de Buriticá, Antioquia

Félix Daniel Rivera Pereira y Jovany Sepúlveda-Aguirre

110

Capítulo 8

Beneficios del uso de combustibles limpios en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá (AMVA)

Ángel Arístides Vargas Velásquez

144

Capítulo 9

Diseño de comunicación de internet inalámbrico, con enlaces de radio para zonas rurales, caso de estudio vereda la Frisola (Palmitas, Medellín)

Andrés Felipe Montoya Rivera, David Alberto García Arango,
César Felipe Henao Villa

164

Capítulo 10

Aprovechamiento del subproducto del café como alternativa para la producción de nuevos materiales

Daniel Alberto García Pérez, Hanleidy Ibargüen Zúñiga y Alex
Aparicio Alvarado Díaz

175

Capítulo 11

Soluciones biotecnológicas como resultados en procesos de investigación basados en el modelo de atención en salud MASPROCA para el corregimiento de San Cristóbal

Willington Bejarano Sánchez, Andrés Felipe Montoya Rivera,
David Alberto García Arango, César Felipe Henao Villa

198

Prólogo

Cuando el presente libro esté en sus manos, estimado lector, es posible que los países latinoamericanos hayan empezado a superar la más grave de las crisis económicas desde los procesos de la independencia de España, lo que vale decir, la más grave crisis de nuestra existencia republicana. Paralelamente a los cientos de miles de personas contagiadas, a los miles de muertos que habrá, y a la profunda depresión económica que enfrentaremos, se evidenciará un fenómeno mucho más complejo: la extrema dependencia tecnológica en que quedará sumida Latinoamérica de países como China y Estados Unidos, y de algunas naciones del continente europeo.

La pandemia del Covid-19 ha evidenciado que una de las principales causas del atraso científico y técnico no es solo económica, sino también psicológica. En los países latinoamericanos no ha interesado la tecnología, porque desde las escuelas suelen enseñarse con deficiencia las ciencias. Latinoamérica no ha asimilado que ya estamos en la era de la industria 4.0 donde las tecnologías de la analítica de datos, la robótica automatizada de procesos y la inteligencia artificial, son las que gobiernan y gobernarán durante un buen tiempo. Así, la era de la industria 4.0 ha traído como consecuencia que, en las empresas, el más importante conocimiento que aumenta la competitividad es el conocimiento tácito, es decir, aquel que la empresa posee y sus trabajadores ostentan, y que a su vez les permita ser lo suficientemente flexibles para adaptarse a los nuevos modelos del mercado que la industria 4.0 traerá, y en el que se ahondará en la época de la poscrisis. Esta coyuntura traerá nuevos contextos donde se aperturarán necesidades tecnológicas, económicas y sociales que irán desde las nuevas formas de comercialización electrónica, la *edutech*, la investigación aplicada, el uso y aplicación de nuevas tecnologías, la inclusión de la internet y su difusión en todos los ámbitos, entre otras.

Es bajo el contexto anterior que este libro se plantea dar una visión profunda de las aristas tecnoeconómicas, sociales y andragógicas que conforman el abanico de la era de la industria 4.0. En el primer capítulo, se conceptualizan los procesos de difusión y adopción del *e-commerce* sobre la base del modelo de difusión de Rogers, asimismo se abarcan los conceptos de comercio electrónico, la clasificación de las transacciones del *e-commerce* y la relación que existe entre el *e-commerce* y los modelos de adopción tecnológica. Conside-

rando que en la época poscovid-19, el comercio electrónico tendrá un papel importante en la economía de las sociedades, este capítulo reviste primordial importancia.

En el capítulo segundo, se trata un tema crucial como lo es el de las tendencias investigativas en el estudio de la deserción universitaria en estudiantes de ingeniería. En este capítulo se identifican estas tendencias investigativas mediante un enfoque metodológico de corte descriptivo a partir de un análisis bibliométrico del área de conocimiento en la base de datos Scopus. Dado que una de las principales preocupaciones de las instituciones de educación superior (IES) ha sido garantizar los procesos de retención y permanencia de los estudiantes, este capítulo trata a profundidad el proceso de deserción en estudiantes de ingeniería que, a su vez, causa el déficit de profesionales en estas áreas.

Cuando analizamos el tercer capítulo, nos encontraremos con el tratamiento especial a las tendencias investigativas en adopción de techos verdes. La importancia de este capítulo radica en que cada vez es más evidente la conclusión de que la adopción de los techos verdes es una alternativa que está logrando posicionarse como una tecnología eficiente y que impacta positivamente en el medio ambiente del planeta.

Continuando con nuestra aventura intelectual, este libro nos presenta en el cuarto capítulo un profundo análisis de la productividad investigativa y tendencias en el campo de la ingeniería industrial. Esto merece especial atención pues la ingeniería industrial es una disciplina que ha impactado el desarrollo de la manufactura y la producción, desde los retos técnicos hasta administrativos. Por lo tanto, es importante proyectar las tendencias que marcan esta ingeniería, a partir de la revolución industrial, con el fin de orientar el desarrollo científico futuro en el tema.

Con la misma importancia que los capítulos anteriores, el presente libro nos lleva en el quinto capítulo a explorar la identificación de factores que inciden en el desarrollo de la ciencia abierta. Este capítulo resalta por identificar los factores que relacionan el concepto de ciencia abierta y las características de revistas de acceso abierto. Cabe mencionar que, en este aparte, los resultados obtenidos se contrastaron con el índice de datos abiertos por regiones de la Open Knowledge International, identificando la influencia de las políticas

regionales en la relación entre el concepto de ciencia abierta y el impacto de las revistas científicas de acceso abierto.

Una de las tecnologías que esta llamada a ser vital en el mundo académico e industrial es la relacionada con la realidad aumentada y la realidad virtual, y es de esto que precisamente trata el sexto capítulo del presente libro. Lo importante es que aborda la realidad aumentada y virtual en el campo de las geociencias. En este capítulo del libro se realiza un análisis bibliométrico, el cual inicia con una aclaración de términos en los campos de estudio y luego se procede con un análisis de un total de 58 artículos especializados, que darán una visión extraordinaria de esta tecnología en el campo de estudio.

Un libro como este no podía dejar de tratar un tema vital para el desarrollo humano como lo es el de novedades y perspectivas en arquitectura e ingeniería sostenible, para superar el déficit de vivienda. Este tema es tratado magistralmente en el capítulo séptimo. Aquí se plantea el diseño de un modelo de vivienda modular y estructural sostenible basado en arquitectura modular. Este capítulo resalta en importancia porque se implementa la arquitectura bioclimática por medio de la orientación de los hemisferios, ubicación geográfica del lugar de investigación, y se realizan diagramas de cálculo de energía solar, vientos, sombras y materiales, para generar datos estadísticos al prototipo de vivienda modular sostenible.

Personalmente creo que uno de los acuerdos globales que no admite disonancias es el cuidado del medio ambiente, y es de este tema que se ocupa el capítulo octavo del presente libro. Aquí se tratan los beneficios del uso de combustibles limpios en el área metropolitana del Valle de Aburrá (AMVA). En este capítulo se pone especial énfasis en la contaminación ambiental que genera altos costos tanto sociales como ambientales, retrasos en procesos productivos, problemas de salud pública debido a emisiones de gases y material particulado, encareciendo y degradando las condiciones de vida de sus habitantes. En este capítulo se presenta una investigación comparativa de combustibles limpios con fósiles, para determinar cuál se ajusta más a las necesidades de reducir los contaminantes emitidos por las fuentes móviles.

El mundo poscovid-19, ya no será el mismo de antes, y una de las tareas imprescindibles que tendrán los gobiernos latinoamericanos será la inclusión tecnológica de las zonas rurales y allí internet continuará jugando un papel

determinante. El noveno capítulo del presente libro trata este tema con rigurosidad, y propone el diseño de comunicación de internet inalámbrico, con enlaces de radio para zonas rurales, mostrando el caso de estudio de la vereda La Frisola (Palmitas, Medellín).

Una de las cosas por las cuales Colombia es conocida en el mundo entero es por su exquisito café, y la cultura que alrededor de este se ha desarrollado. Pero el café no solo es una bebida exquisita, sino que el aprovechamiento de sus subproductos puede ser una alternativa para la producción de nuevos materiales. Este capítulo trata a profundidad una metodología para la creación sostenible de productos de tipo MDF basados en borra de café. El capítulo décimo de este libro llevará a explorar esta metodología y aseguramos que será de lo más interesante ver el uso de un subproducto del café en nuevos materiales.

Este libro no podía dejar de tratar temas actuales de salud pública y por ello, en el capítulo onceavo, se trata sobre las soluciones biotecnológicas en procesos de investigación basada en el desarrollo de modelos de atención en salud, propios y complementarios, para población afrocolombiana. El capítulo destaca en importancia pues tiene como objetivo identificar la problemática de salud, la falta de caracterización de la población, afiliación y prestación de servicios de salud dentro del sistema general de seguridad social en salud (SGSSS) en el municipio de Medellín.

En plena crisis como la que estamos viviendo, en la que una pandemia llegada del lejano oriente ocasionara que nuestros estilos de vida se reconfiguraran y, por otro lado, la incursión avasallante de la industria 4.0 que trae nuevos retos a las economías mundiales, es placentero y todo un honor prologar un trabajo académico como el presente libro. No me queda duda alguna de que su lectura será de suma utilidad a todos los lectores que quieran y deseen adentrarse en la nueva era que ya estamos viviendo.

Doctor Orlando Torres

Socio director del Grupo Eurotecknia Technologiues. Director para Perú de Enerside, StrateBI y Edutecknia. Profesor del Doctorado en Energética de la Universidad Nacional de Ingeniería.

Email: otorres@edutecknia.com

Introducción

Las actividades de investigación tienen varios propósitos generales en las universidades, el principal, es ampliar el conocimiento generado y enlazarlo con el currículo para enriquecer el contenido de los cursos y ofrecer una formación de calidad. En la misma línea, con la difusión de los resultados de investigación, es posible la apropiación de conocimiento y tecnología no solo de los estudiantes sino también por parte de la sociedad. Para la institución académica, esto último representa un factor diferenciador entre las universidades, además de brindar soluciones a las problemáticas empresariales.

Ahora bien, la investigación en ingeniería es relevante porque facilita examinar de manera crítica la productividad y competitividad de las organizaciones abarcando diversas disciplinas, lo cual permite llenar los vacíos de conocimiento y desarrollar nuevos productos, a la vez que mejora la eficiencia y el crecimiento de la empresa. Por tanto, es pertinente estudiar e identificar las tendencias investigativas y los desarrollos sobre las aplicaciones de las ramas de la ingeniería para estar al tanto de la evolución temática y los adelantos relacionados con la ciencia, tecnología e innovación. De lo anterior, es necesario traer a colación la definición de ingeniería, la cual es comprendida como una expresión del ingenio humano basado en conocimientos científicos y tecnológicos que se orientan hacia la transformación de la sociedad.

En este contexto, si bien este libro no aborda a profundidad todas las aplicaciones de la ingeniería, hace un importante esfuerzo por diagnosticar e identificar problemas, factores, elementos, modelos y ciertas necesidades del entorno para diseñar posibles soluciones. De igual modo, este libro es importante para los estudiantes de ingeniería, ya que es una opción versátil para los profesionales que buscan desempeñarse a futuro en variados campos, es por ello que, para la comunidad universitaria, incluyendo los docentes, este libro proporciona elementos para mejorar el desarrollo de entornos de aprendizajes basados en las necesidades de la industria y actualización de las asignaturas. También, para las organizaciones este texto aporta información para afrontar los cambios tecnológicos, alcanzar el éxito mediante el aprovechamiento de sus recursos y capacidades, y brinda herramientas que aumentan sus habilidades en la toma de decisiones eficaces.

En este punto, es posible que el lector tenga en mente que este libro trata fundamentalmente de herramientas, procesos, materiales y temas convencionales en la ingeniería, sin embargo, conforme avance su lectura encontrará de manera grata la presencia de temáticas hoy en día cada vez más relevantes como el *e-commerce* (comercio electrónico), aplicaciones en el campo de la ingeniería industrial, la realidad aumentada y el diseño de comunicación de internet inalámbrico, que pueden ser importantes en el marco de la industria 4.0; y temas asociados a la adopción de techos verdes, arquitectura e ingeniería sostenibles y el aprovechamiento del subproducto del café, relacionados con la sostenibilidad ambiental.

Este libro también resulta novedoso en cuanto a sus enfoques y aproximaciones en cada una de las temáticas que describe. Por un lado, por la utilización de casos de estudio e investigaciones aplicadas que se ejemplifican como casos exitosos y que exponen, además, lecciones aprendidas; por otro lado, presenta contribuciones teóricas y análisis estadísticos mediante el desarrollo de indicadores que miden la calidad de la producción científica mundial en el campo de las ingenierías. En otras palabras, discute sobre las diferentes aplicaciones de la ingeniería en la industria, entre ellas el estudio de tendencias investigativas a través de análisis bibliométricos para la medición de la literatura escrita.

Por último, un elemento común que es abordado en los capítulos del presente libro es la contextualización de diversos campos de la ingeniería a través de estudios regionales y globales. En este sentido, conocer hacia donde se dirige la ingeniería es de vital importancia porque orienta los esfuerzos investigativos en las organizaciones, ya que este reconocimiento de tendencias en ocasiones no es un ejercicio fácil, dado que parte de un análisis del pasado y de la evolución de los contenidos temáticos con miras a plantear expectativas y prospectivas de temas de interés.

María Camila Bermeo Giraldo

Líder del grupo de investigación Interconexión Global y Finanzas GIGF.

Docente investigadora de la Institución Universitaria Escolme

Capítulo 1

Conceptualización de procesos de difusión y adopción del *e-commerce*¹

Luis Germán Ruiz Herrera², Jhoany Alejandro Valencia-Arias³ y Vanessa Botero Gómez⁴

Resumen

Este documento es un aporte a la literatura sobre los procesos de difusión y adopción de la tecnología *e-commerce* o comercio electrónico. Se realiza una breve conceptualización teórica sobre la difusión de la innovación, concebida sobre la base del modelo de difusión de Rogers, el cual está dividido en cinco categorías, del mismo modo se aborda la clasificación curva “s” de Rogers, luego se abarcan los conceptos de comercio electrónico, la clasificación de las transacciones del *e-commerce* y la relación que existe entre el *e-commerce* y los modelos de adopción tecnológica, dichos modelos son aplicados en la predicción de la conducta de adopción de nueva tecnología como el *e-commerce*, se realiza un análisis de diferentes investigaciones en las cuales se pone de relieve la importancia de los modelos de adopción tecnológica como el TAM y el TPB, se ratifica que los modelos de adopción independiente de las dinámicas empresariales, son modelos con capacidad de predecir el uso o no uso de la tecnología *e-commerce*, además de ser un factor determinante de la adopción la facilidad de uso y la confianza que perciben los usuarios a la hora de usar los diferentes canales para realizar las compras de manera electrónica.

Palabras clave: difusión de la innovación, *e-commerce*, modelos de adopción, tecnología.

¹ Proyecto de maestría titulado *Identificación de factores implicados en el uso del e-commerce de estudiantes universitarios del proyecto SINERGIA de la ciudad de Medellín a partir de la articulación de modelos de adopción TAM y TPB*.

² Ingeniero de producción, magíster en Gestión de la Innovación Tecnológica, Cooperación y Desarrollo Regional. Instituto Tecnológico Metropolitano. Correo: luisruiz@itm.edu.co

³ Ingeniero Administrador, magíster en Ingeniería de Sistemas, doctor en Ingeniería, Industria y Organizaciones. Corporación Universitaria Americana. Correo: jvalencia@americana.edu.co

⁴ Ingeniera de producción, maestranda en Gestión de la Innovación Tecnológica, Cooperación y Desarrollo Regional. Instituto Tecnológico Metropolitano. Correo: vanessabotero@itm.edu.co

Introducción

El avance y el desarrollo del internet ha hecho modificaciones importantes en la relación del uso de la tecnología, ocasionando cambios en los hábitos de compra del individuo que interactúa en el entorno *online*, frente a aquellos tradicionalmente usados por los consumidores que adquieren sus productos en establecimientos presencialmente (Bhattacharya *et al.*, 2019; Han y Li, 2020). Así pues, internet ejerce un claro dominio en el comportamiento de las personas que hacen compra, ventas, transacciones, y en la toma de decisiones de los consumidores (Pookulangara y Koester, 2011). Durante las últimas décadas, las personas han experimentado diferentes alternativas en las maneras de adquirir o comprar sus productos, la posibilidad de comprar *online* surge con el desarrollo de internet dando lugar a una nueva forma de comercializar bienes y servicios denominados comercio electrónico o *e-commerce* (Navaneethkrishnan y Sathish, 2020).

Es así como la dinámica creciente entre los procesos de difusión y adopción de diferentes tecnologías, en casi todas las áreas de la vida se ve afectada por la disponibilidad generalizada y el uso cada vez mayor de internet (Distel y Ogonek, 2016), por lo anterior, es de relieve entender que dichos procesos, así como su difusión, son los factores para determinar el grado de expansión de una innovación, mientras que la adopción representa un proceso individual consistente en la aceptación de la innovación por parte del individuo desde el momento en que entra en contacto con la innovación (Rogers, 1993; Everett Rogers, 2010), de manera que la tecnología *e-commerce* se ubica como una de las nuevas herramientas tecnológicas para ser usadas en la orientación hacia las compras mediante medios electrónicos (Kumar *et al.*, 2020). Otro aspecto significativo se halla al analizar la literatura existente sobre el *e-commerce*, en este mismo orden, se describe la clasificación del *e-commerce* por transacciones, además de detallar el enfoque del *e-commerce* y los modelos de adopción tecnológica. Aquí tiene mucho peso el TAM, dadas estas condiciones que anteceden, el TAM es altamente aplicado en la predicción de la conducta de adopción de nueva tecnología en las empresas y las personas, adicional a esto, se recopilan diferentes estudios y metodologías usadas por diferentes autores sobre enfoques o factores del *e-commerce*, que permiten saber cómo el consumidor se comporta al realizar diferentes transacciones por internet (Villa *et al.*, 2018; Dey y Nath, 2020). Por consiguiente, la tecnología del comercio electrónico o *e-commerce* puede cambiar la manera de administrar los nego-

cios radicalmente, su potencial para las actividades económicas y el ambiente social de las sociedades contemporáneas afectan a sectores tan vastos como las telecomunicaciones, las finanzas y la industria detallista, además de tener un alto potencial en áreas como la educación, la salud y el gobierno (Boomika, Imayavarthini y Ramu, 2020; Majumdar et al., 2020).

Metodología

Se realice una revisión sistemática de diferentes textos científicos dedicados a procesos de difusión y a la adopción tecnológica del *e-commerce*, para iniciar se lleva a cabo una búsqueda en bases de datos científicas tales como Redalyc, Scielo, Dialnet, SpringerLink, Google Scholar y Scopus entre otras. Esta búsqueda se hizo tanto en español como en inglés. Se usó la siguiente ecuación de búsqueda:

(diffusion* AND processes AND adoption* AND e-commerce*)

No se limitó por año de publicación, y se tomaron los estudios realizados que fueran en inglés y castellano, dicha búsqueda fue realizada en las anteriores bases de datos. Luego de la búsqueda se hallaron 276 artículos, aunque se excluyeron 235 que no fueron relevantes para el objetivo de esta revisión, finalmente se revisaron 41 los cuales aparecían como los más citados entre las revistas científicas más destacadas en el mundo.

La información analizada fue de documentos científicos relacionados con la difusión de la innovación tecnológica a nivel mundial, se halló al principal referente al tema el cual es Rogers, así mismo, la búsqueda se realizó para el *e-commerce* encontrando definiciones precisas y diferentes grupos dominantes que han adoptado el *e-commerce*.

Desarrollo

Difusión de innovaciones

Dentro de la literatura en materia de innovación cabe destacar, por la abundancia e impacto de las investigaciones, las relacionadas con los procesos

de difusión y adopción (Wright y Charlett, 1995). De acuerdo con Muller y Mahajan (1979) el objetivo de los modelos de difusión es determinar el grado de expansión de una innovación dentro de un conjunto de adoptadores potenciales en un periodo de tiempo. De este modo, estas teorías tratan de explicar el flujo de nuevas ideas y prácticas y la adopción de nuevos productos y servicios dentro de un sistema social (Gatignon y Robertson, 1985).

Rogers (2010) propone que la difusión es el proceso por el cual una innovación es comunicada a través de ciertos canales a lo largo del tiempo entre los miembros de un sistema social. De esta definición se pueden destacar por tanto cuatro elementos principales:

- **Innovación:** es la idea, práctica u objeto percibido como nuevo por un individuo u organización.
- **Canales de comunicación:** medio por el cual el mensaje se transmite entre los individuos o elementos de la organización.
- **Tiempo:** esta compuesto por tres elementos:
 - Proceso de decisión: etapas por las que pasa un individuo a lo largo de la difusión de la innovación, que consiste en el primer contacto con la innovación, la creación de una actitud hacia ella, la decisión de adopción o rechazo, el uso de la innovación en caso de aceptación y la confirmación de la decisión.
 - Tiempo relativo de adopción de la innovación por parte de un individuo u organización con respecto a otros elementos de su sistema.
 - El *ratio* de adopción.
- **El sistema social:** como las interrelaciones entre los miembros del sistema que dan lugar a la extensión y el uso de la innovación.

Rogers (2010) sostiene que la información acerca de la existencia de una innovación fluye a través de los sistemas sociales en los que se ubican los adoptadores potenciales. A medida que los individuos procesan dicha información se van conformando sus percepciones respecto a las características del nuevo producto o conducta, las cuales condicionarán, junto con otros factores contextuales, la decisión de adopción. Para Rogers (1993; 1995) este proceso se

desarrolla siguiendo una distribución normal en la que la curva representa la cantidad o frecuencia de sujetos que se suman a la innovación en cada momento (figura 1).

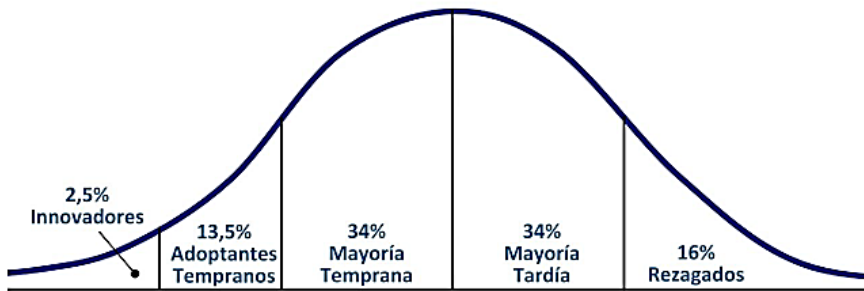


Figura 1. Proceso de adopción de innovaciones y proporción de individuos por categoría
Fuente: Rogers (1962),

Según Rogers (1993), la normalidad de la curva de adopción es consecuencia del proceso de aprendizaje derivado de la interacción personal dentro del sistema social. De este modo, los pioneros actúan como líderes de opinión (Rogers, 1995), y a medida que el número de sujetos que han adoptado la innovación crece, también lo hace el nivel de influencia social sobre los no-adoptadores. Como resultado de este efecto, la difusión del producto o tecnología se produce de acuerdo con una función binomial, que sigue una distribución normal cuando se representa a lo largo de una serie de periodos consecutivos.

Sobre la base del modelo de difusión de innovaciones, Rogers (1993) define cinco categorías de individuos con distintos grados de propensión a innovar: innovadores, adoptadores tempranos, mayoría temprana, mayoría tardía y rezagados. Las características de cada uno de estos segmentos de consumidores se muestra en la tabla 1.

Tabla 1. Categorías de adopción

Categoría	Descripción
Innovadores	Aventurero, ansioso de probar nuevas ideas, audaz si el riesgo es aceptable, relaciones sociales más cosmopolitas, se comunica con otros innovadores.

Adaptadores tempranos	Respetable, más integrado en el sistema social, consulta con otras personas antes de adoptar una nueva idea, la categoría contiene el mayor número de líderes de opinión, son modelos del rol.
Mayoría temprana	Deliberados, adoptan nuevas ideas justo antes del tiempo promedio, rara vez tienen posiciones de liderazgo, deliberan durante algún tiempo antes de adoptar.
Mayoría tardía	Escépticos, adoptan nuevas ideas justo después del tiempo promedio, la adopción puede ser tanto una necesidad económica como una reacción a las presiones de sus congéneres.
Rezagados	Tradicionalistas, los últimos en adoptar una innovación, más localistas en sus puntos de vista, orientados al pasado, sospechan de lo nuevo.

Fuente: adaptado de Schiffman y Kanuk (1997).

La difusión de la innovación también tiene en cuenta la clasificación de los individuos en función de su postura ante las innovaciones y además considera el objeto de innovación y el proceso por el cual esta se difunde a través de un sistema social. Por consiguiente, es posible mostrar este proceso a lo largo del tiempo representando el grado total de adopción de una innovación o número de individuos que la adoptan a lo largo del tiempo en una curva que típicamente presenta una forma característica de S, conocidas como curvas “s” de Rogers, (Rogers, 1962) y cuyas etapas se pueden asociar con la adopción por parte de los grupos de individuos de la clasificación anterior son las siguientes, se muestra en la tabla 2 y en la figura 2.

Tabla 2. Clasificación curva “s” Rogers

Fases	Descripción
1 Lanzamiento	Participación de la innovación en el sistema social.
2 Emergencia	La innovación apenas es conocida y empieza a ser difundida por los innovadores entre los pioneros que comienzan a evaluar.
3 Establecimiento	Ya se ha producido la difusión de la tecnología hacia el sistema social por parte de los pioneros, que comienzan a influir a través de su red de contactos entre la mayoría temprana. En esta fase se da la forma más crítica la evaluación de la innovación, iniciándose el proceso de deliberación.
4 Madurez	Una vez suficientemente asentada y aceptada la innovación, comienza a ser usada por la mayoría tardía y se considera que la innovación ya forma parte del sistema social. Al final de esta fase pueden incorporarse los rezagados. Es probable que en esta fase aparezcan otras innovaciones que la sustituyan.
5 Declinamiento	La innovación forma parte del sistema social y ya no es considerada como tal. En caso de aparecer innovaciones sustitutivas, su uso va desapareciendo paulatinamente.

Fuente: adaptado de Rogers (1962).



Figura 2. Curva “s” de Rogers
Fuente: adaptada de Rogers (1962).

En consecuencia con lo anterior, el *e-commerce* ha estado sometido a investigaciones tal como la de Wahyuni *et al.* (2019), que obtuvo resultados donde muestra que el proceso de adopción de la innovación mediante el uso de aplicaciones de *marketing* de comercio electrónico está soportada mediante varias etapas, antes de decidir aceptar o rechazar la innovación y la adopción del sistema de comercio electrónico requiere un proceso de comunicación que potencialmente cambiará el comportamiento de venta de los usuarios. El proceso de difusión de información no es solo por comunicación cara a cara, como parte del papel de la comunidad, sino también a través de canales de comunicación en línea como WhatsApp, Facebook e Instagram.

Definición del *e-commerce*

Se precisa la definición, según diferentes autores como García (2014); Jones, Alderete y Motta (2013); Tavera y Londoño (2014); Vallejo *et al.*, 2015); Goyal *et al.* (2019); Vynogradova *et al.* (2020). *E-commerce* es cualquier actividad de negocios que transforma las relaciones internas y externas para crear valor y explotar las oportunidades del mercado influenciadas por nuevas reglas de una economía conectada. Permite la incorporación de todas las transacciones de información, productos, servicios o pagos vía redes electrónicas. Integrandose soluciones a cualquier tipo de transacción vía internet, lo cual es entendido como el uso de redes digitales de comunicación para facilitar la compra y venta de cualquier producto o servicio.

La literatura existente referente al *e-commerce* permite clasificar y dar relación con la adopción tecnológica. La adopción del *e-commerce* incrementa las definiciones que lo rodean, se han agrupado las definiciones dominantes, las cuales son “de Negocio-a-Negocio” (“Business-to-Business”, B2B) y “de Negocio-a-Consumidor” (“Business-to-Consumer”, B2C). El factor crítico en cada definición es dónde se origina el cliente. En el esquema B2B se considera que los clientes generalmente vienen de otro negocio, a nombre del cual compran bienes o servicios. B2C significa que los compradores son consumidores que adquieren bienes y servicios para su uso personal, con su propio ingreso o crédito disponible (Andrews, 2002), además, Iddris (2012) señala que el *e-commerce* se puede categorizar en varios tipos, por su aplicación y uso. Turban *et al.* (2002); Mauricio y Romero (2012), muestran la clasificación donde se agrupa al comercio electrónico de acuerdo con la naturaleza de la transacción. En un estudio de Swatman y Chan (2001) se presenta una clasificación que incluye las posibles transacciones realizadas con entidades gubernamentales, dando pie a lo que hoy se conoce como *e-gobierno*. Estas son las aplicaciones y usos de cada categoría de transacciones definidas por los diferentes autores.

- ***C2C consumidor a consumidor (customer to customer)***. Aplicación y uso son transacciones directamente entre consumidores en el ciberespacio (Gruen, Osmonbekov y Czaplewski, 2005; Iddris, 2012).
- ***B2C negocio a consumidor (business to customer)***. Aplicación y uso es la negociación sobre los productos o servicios a través de la publicidad electrónica compra, venta y sistemas de pagos seguro entre los clientes y las organizaciones (Turban y Lee, 2000; Swatman y Chan, 2001; Vaithianathan, 2010; Iddris, 2012).
- ***B2B negocio a negocio (business to business)***. Aplicación y su uso es la transacción de mercado de los negocios, gobiernos y otras organizaciones de una manera fiable para conducir acciones, entre ellos Spulber, 2000; Turban y Lee, 2000; Swatman y Chan, 2001; Vaithianathan, 2010; Iddris, 2012).
- ***C2B consumidor a negocio (customer to business)***. Aplicación y uso es la transacción en línea donde los consumidores inician la operación comercial con las compañías (Chaffey *et al.*, 2009; Chaffey, 2011; Iddris, 2012).

- **C2G consumidor a gobierno (customer to government).** Aplicación y uso interacción en línea donde la retroalimentación se da al gobierno a través de la presión de sitios de grupos o sitios individuales (Fang, 2002; Peng, 2005; Iddris, 2012).
- **B2G empresas a gobierno (business to government).** Aplicación y uso es la interacción en línea donde la retroalimentación se da desde los negocios a organizaciones gubernamentales y no gubernamentales (Fang, 2002; Peng, 2005; Iddris, 2012).
- **G2C gobierno a ciudadanos (government to citizen).** Aplicación y uso de interacción en línea a través de la cual el gobierno ofrece transacciones nacionales, tales como servicios de gobierno local, información del gobierno nacional e información de impuestos (Bélanger y Carter, 2005; Iddris, 2012).
- **E-commerce de no-negocios.** Aplicación y uso organizaciones como instituciones académicas, asociaciones civiles, religiosas, sociales y gubernamentales usan el e-commerce para reducir los costos de sus operaciones (Turban y Lee, 2000).
- **E-commerce intranegocios.** Aplicación y uso todas las actividades internas usualmente realizadas en una intranet. Las actividades son vender productos corporativos a los empleados, entrenamiento en línea y actividades de reducción de costos (Turban y Lee, 2000).
- **Administración-a-negocio, administration-to-business, A2B e-Commerce.** Aplicación y uso que incluye proporcionar información de actividades relacionadas con el abastecimiento entre negocio y gobierno (Swatman and Chan, 2001; Olszak y Ziemba, 2012).
- **Administración-a-ciudadano administration-to-citizen, A2C e-commerce.** Aplicación y uso es la información a los ciudadanos o, en el mejor de los casos, servicios electrónicos simples como descarga de formas electrónicas (Swatman y Chan, 2001).

Conclusiones

Este documento es una contribución a la literatura original de la corriente de investigación del comercio electrónico en su difusión y adopción, y refleja

la creciente importancia del comercio electrónico como área de investigación académica durante el presente y el futuro. El lector encontró una visión integrada de las diferentes definiciones de comercio electrónico en otras dimensiones estudiadas por varios autores, entre las que se destacan el intercambio de la información, variables sociodemográficas, utilización de la tecnología, transacción de compraventa, transacción monetaria, confianza que inspiran las plataformas y la utilidad percibida al usar la tecnología.

Durante más de tres décadas, los académicos se han esforzado por identificar los factores que influyen en la difusión y adopción de las tecnologías, en especial en la tecnología *e-commerce* o comercio electrónico, mediante modelos que permiten predecir las intenciones de uso y facilitan mediante el análisis y convergencias entre diferentes variables de los modelos TAM y TPB.

Se destaca que para predecir cómo se adopta la innovación dentro de un mercado es necesario comprender en detalle, no solo las percepciones de los participantes con respecto a la innovación y sus características internas, sino también la estructura de la interdependencia entre los miembros de la cadena de suministro. Finalmente, un factor determinante en el uso del *e-commerce* es la confianza percibida, lo cual se constituye en el principal antecedente directo de la intención de usar el *e-commerce*.

Referencias

- Andrews, W. (2002). *E-Commerce, real strategies, real benefits*. Stamford: Gartner Group.
- Bélanger, F. y Carter, L. (2005). The utilization of e-government services: citizen trust, innovation and acceptance factors. *Information Systems Journal*, 15(1), 5-25.
- Bhattacharya, A., Srivastava, M. y Verma, S. (2019). Customer Experience in Online Shopping: A Structural Modeling Approach. *Journal of Global Marketing*, 32(1), 3-16.
- Chaffey, D., Ellis-Chadwic, F. y Mayer, R. (2009). *E-Business and E-Commerce Management* (4.ª ed.). Londres: Prentice Hall.

- Chaffey, D. (2011). *E-Business and E-Commerce Management Strategy. Implementation And Practice*. Recuperado de <http://www.pearsoned.co.uk/>
- Dey, M. y Nath, B. D. (2020). Factors affecting adoption of E-commerce in small and medium enterprises in India. *Test Engineering and Management*, 83, 11195-11202.
- Distel, B. y Ogonek, N. (2016). To adopt or not to adopt: A literature review on barriers to citizens' adoption of e-government services. Recuperado de https://aisel.aisnet.org/ecis2016_rp/155
- Fang, Z. (2002). E-government in digital era: concept, practice, and development. *International Journal of the Computer, the Internet and Management*, 10(2), 1-22. Recuperado de <https://goo.gl/DeMLxL>
- García, M., Quispe, C. y Ráez, L. (2014). Mejora continua de la calidad en los procesos. *Industrial Data*, 6(1), 89-94.
- García, N. P. (2014). El valor percibido y la confianza como antecedentes de la intención de compra *online*: el caso colombiano. *Cuadernos de Administración*, 30(51), 15-24. doi: <https://doi.org/10.25100/cdea.v30i51.39>
- Gatignon, H. y Robertson, T. (1985). Propositional Inventory for New Diffusion Research. *Journal of Consumer Research*, 11(4), 849-867. doi: <https://doi.org/10.1086/209021>
- Goyal, S., Sergi, B. S. y Esposito, M. (2019). Literature review of emerging trends and future directions of e-commerce in global business landscape. *World Review of Entrepreneurship, Management and Sustainable Development*, 15, 226-255. doi: <https://doi.org/10.1504/WREMSD.2019.098454>
- Gruen, T., Osmonbekov, T. y Czaplewski, A. (2005). eWOM: The impact of customer-to-customer online know-how exchange on customer value and loyalty. *Journal of Business Research*, 59(4), 449-456.
- Han, F. y Li, B. (2020). Exploring the effect of an enhanced e-commerce institutional mechanism on online shopping intention in the context of e-commerce poverty alleviation. Recuperado de <https://bit.ly/3h19p6x>

- Iddris, F. (2012). Adoption of E-Commerce Solutions in Small and Medium-Sized Enterprises in Ghana. *European Journal of Business and Management*, 4(10), 48-57. Recuperado de <https://goo.gl/vXDZS8>
- Imayavarthini, B. y Ramu, M. (2020). A study on digital marketing. *International Journal of Psychosocial Rehabilitation*, 24(4), 2784-2789.
- Jones, C., Alderete, M. y Motta, J. (2013). Factores relacionados con la adopción del comercio electrónico en pymes comerciales y de servicios de Córdoba. Recuperado de <https://bit.ly/3daV1GC>
- Kumar, V., Varma, M., Sangvikar, B. y Pawar, A. (2020). Realising the transformation of customer purchase behaviour: Assessment of impact of social media on purchasing behavior of consumers in India. *Test Engineering and Management*, 82, 12990-12998.
- Majumdar, S. K., Sarma, A. P. y Majumdar, S. (2020). E-commerce and Digital Connectivity: Unleashing the Potential for Greater India-ASEAN Integration. *Journal of Asian Economic Integration*, 2(1), 62-81. doi: <https://doi.org/10.1177/2631684620910524>
- Mauricio, D. y Romero, P. (2012). Revisión de modelos de adopción de *e-commerce* para pymes de países en desarrollo. *Revista de Investigación de Sistemas e Informática*, 9(1), 69-90. Recuperado de <https://bit.ly/35qJ5xT>
- Muller, E. y Mahajan, V. (1979). Innovation Diffusion and New Product Growth Models in Marketing. *Journal of Marketing*, 43(4), 55-68. doi: <https://doi.org/10.1177/002224297904300407>
- Navaneethkrishnan, K. y Sathish, A. S. (2020). It's all about brand love-expressing through purchase intention, brand trust and brand attitude. *Journal of Critical Reviews*, 7(4), 313-318. doi: <https://doi.org/10.31838/jcr.07.04.58>
- Olszak, C. y Ziemba, E. (2012). Building a Regional Structure of an Information Society on the Basis of e-Administration. *Issues in Informing Science and Information Technology*, 9, 277-295.

- Peng, M. W. (2005). How Network Strategies and Institutional Transitions Evolve in Asia. *Asia Pacific Journal of Management*, 22(4), 321-336. doi: <https://doi.org/10.1007/s10490-005-4113-0>
- Pookulangara, S. y Koester, K. (2011). Cultural influence on consumer's usage of social networks and its' impact on online purchase intentions. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 18(4), 348-354.
- Rogers, E. M. (1962). *Diffusion of innovation* (1.^a ed.). Nueva York: The Free Press.
- Rogers, E. M. (1993). *Diffusion of innovation* (3.^a ed.). Nueva York: The Free Press.
- Rogers, E. M. (1995). *Diffusion of innovation* (4.^a ed.). Nueva York: The Free Press.
- Rogers, E. M. (2010). Diffusion of Innovations. Recuperado de <https://bit.ly/35qbSCC>
- Schiffman, L. G. y Kanuk, L. (1997). *Comportamiento del consumidor* (5.^a ed.). Ciudad de México: Prentice Hall.
- Spulber, D. (2000). Business-To-Business Electronic Commerce. Recuperado de <http://www.vanderbilt.edu/econ>
- Swatman, C. y Chan, C. E. (2001). Commerce implantation in Australia. A case study approach. Australia.
- Tavera, J. F. y Londoño, B. (2012). Entornos digitales: escenarios para el *marketing* y nuevos modelos de negocio. *Encuentro Internacional de Investigación en Administración Ascolfa*. Encuentro llevado a cabo en Medellín, Colombia.
- Tavera, J. F. y Londoño, B. (2014). Factores determinantes de la aceptación tecnológica del *e-commerce* en países emergentes. *Ciencias Estratégicas*, 22(31), 101-119.

- Turban, E., King, D., Lee, J. y Viehland, D. (2002). *Electronic commerce 2002: A managerial perspective*. Nueva Jersey: Prentice Hall.
- Vaithianathan, S. (2010). A review of e-commerce literature on India and research agenda for the future. *Electronic Commerce Research*, 10(1), 83-97. doi: <https://doi.org/10.1007/s10660-010-9046-0>
- Vallejo, J. M., Redondo, Y. P. y Acerete, A. U. (2015). Las características del boca-oído electrónico y su influencia en la intención de recompra *online*. *Revista Europea de Dirección y Economía de la Empresa*, 24(2), 61-75.
- Villa, E., Ruiz, L., Valencia, A. y Picón, E. (2018). Electronic commerce: factors involved in its adoption from a bibliometric analysis. *Journal of Theoretical and Applied Electronic Commerce Research*, 13(1). doi: <https://doi.org/10.4067/S0718-18762018000100104>
- Vynogradova, O., Drokina, N., Yevtushenko, N., Darchuk, V. e Irtlach, M. (2020). Theoretical approaches to the definition of Internet marketing: Ukrainian dimension. *Innovative Marketing*, 16(1), 89-103. doi: [https://doi.org/10.21511/im.16\(1\).2020.09](https://doi.org/10.21511/im.16(1).2020.09)
- Wahyuni, F., Irwansyah y Aprilia, M. (2019). The process of innovation adoption by the use of e-commerce marketing application: Case study on Indonesia small medium enterprise community. Recuperado de <https://bit.ly/2CugJsb>
- Wright, M. y Charlett, D. (1995). New Product Diffusion Models in Marketing: An Assessment of Two Approaches. *Marketing Bulletin*, 6(4), 32-42. Recuperado de <https://bit.ly/3db8RsM>

Capítulo 2

Tendencias investigativas en el estudio de la deserción universitaria en estudiantes de ingeniería: un análisis bibliométrico

Alejandro Valencia-Arias¹, Lemy Bran-Piedrahíta², Andrés Felipe Rúa-Ortiz³,
Dalia Valencia⁴ y L.I. Bedoya-Corrales⁵

Resumen

Una de las principales preocupaciones de las instituciones de educación superior (IES) ha sido garantizar los procesos de retención y permanencia de los estudiantes, en este contexto se ha vuelto crítico el proceso en estudiantes de ingeniería debido a las altas tasas de deserción y el déficit de profesionales en ingeniería. Dada esta problemática, el objetivo de este capítulo es identificar tendencias investigativas en el estudio de la deserción universitaria en estudiantes de ingeniería. El enfoque metodológico es de corte descriptivo a partir de un análisis bibliométrico del área de conocimiento en la base de datos Scopus. El punto de partida es la definición de una ecuación de búsqueda con los términos claves en inglés para luego calcular indicadores de cantidad frente a las publicaciones, revistas, autores y crecimiento de la temática. Frente a los países que más publican en el tema, se observa la prevalencia de investigaciones en Estados Unidos, pero resaltan entre los diez primeros países como Brasil, Chile y México, mostrando que esta es una temática de interés en la región latinoamericana y que tiene un potencial fuerte para identificar nuevos

1 Doctor en Ingeniería, Industria y Organizaciones, magíster en Ingeniería de Sistemas, Ingeniero Administrador. Docente de la Corporación Universitaria Americana, Medellín, Colombia. Correo: javalenciar@gmail.com

2 Administrador en salud, especialista en Gerencia y magíster en Gobierno y Políticas Públicas. Corporación Universitaria Americana, Facultad de Ciencias Económicas, Administrativas y Financieras, Colombia. Correo: lbpiedrahita@americana.edu.co

3 Maestrando en Gestión de la ICDR, ingeniero electrónico. Institución Universitaria Pascual Bravo, Departamento de Ingeniería Eléctrica, Colombia. Correo: andres.ruao@pascualbravo.edu.co

4 Doctora en Ingeniería Matemática, magíster en Ingeniería Matemática, licenciada en matemática y física. Docente de la Universidad de Antioquia y de la Corporación Universitaria Americana, Medellín, Colombia. Correo: djvalega@gmail.com

5 Magister en Ingeniería Agroindustrial, ingeniería mecánica. Docente de la Corporación Universitaria Americana, Medellín, Colombia. Correo: libedoya@americana.edu.co

factores asociados a las condiciones sociales, culturales y educativas particulares de esta región.

Palabras clave: Deserción universitaria, tendencias, bibliometría, estudiantes de ingeniería.

Introducción

La deserción estudiantil es un asunto de gran relevancia dentro de las instituciones de educación de todos los niveles, que tiene vinculada una serie de factores relacionados a la parte social, económica, intelectual y educativa. Entre los mayores autores exponentes del tema se encuentra Tinto (1989) quien define la deserción desde una perspectiva individual, como la relación directa que hay con el fracaso a completar un determinado curso de acción o alcanzar un objetivo trazado al ingreso del estudiante en un sistema universitario o de educación. Por otro lado, Buentello y Valenzuela (2013) sostienen que la deserción es el abandono de las obligaciones académicas y de la concurrencia a los espacios de formación, refiriéndose especialmente a los estudiantes que dejan de asistir a clases y desaparecen del sistema educativo.

Dentro del sistema convencional educativo que se maneja, la deserción es medida por causa de la relación que se tiene del estudiante con sus inasistencias, reprobación de actividades y vencimiento de los cursos matriculados (Silva, 2006), pero sobre todo tiene un impacto dentro de las políticas educativas a nivel nacional e institucional ya que, más que inasistencias a las jornadas educativas, la deserción tiene efectos sobre asuntos de la movilidad social y las restricciones presupuestales de las instituciones educativas (Lopera, 2008). Esta se ha convertido en una problemática que va en contra del óptimo funcionamiento de las instituciones de educación, debido a que genera un desequilibrio dentro de los diferentes procesos y protocolos que se manejan en dichas entidades, como la planeación académica y administrativa (Bravo y Mejía, 2010; Miranda y Guzmán, 2017).

Esta es una problemática que afecta a todas las instituciones de educación del mundo, pero que, debido a los diferentes factores de cada región, se pueden constatar grandes variaciones en cuanto a los indicadores que miden la deserción en cada país. Según un informe hecho por la Organización para la Coop-

eración y Desarrollo Económicos (OCDE) sobre la deserción a nivel mundial, se tienen algunas cifras sobre los países que cuentan con las tasas más altas de deserción donde destacan Turquía y México con cifras de aproximadamente un 38 % de deserción estudiantil, seguidos por Suecia con 36 % y Portugal con 31 %. Por otro lado, con los índices más bajos se encuentran países como Alemania con 4,3 %, así como Países Bajos y Finlandia que registran los más bajos con 0,7 % y 0,45 % respectivamente (Roa, 2014). Como se mencionó anteriormente, la deserción tiene varias formas de medida, debido a las circunstancias de las regiones, pero también por las diferentes causas asociadas a la misma.

Los estudios sobre esta temática son abundantes debido a la naturaleza multicausal y multidimensional de la deserción, dado los contextos, situaciones y políticas diferentes, por lo que es de esperarse una variedad dentro de las aproximaciones que pueden tener los diferentes autores que se interesan en la investigación de este tipo de temas. Una tendencia apunta como causales estándar que se han venido trabajando en el estudio de la deserción, a las presiones económicas, académicas, laborales (Solé-Moro, Sánchez-Torres y Argila-Irurita, 2018) y hasta psicológicas, que, si bien han sido de avance para entender esta problemática, no representan las únicas causas. Desde otras perspectivas, se hace énfasis en la relación con el contexto actual, donde la globalización y la sociedad del conocimiento tienen una gran participación, este fenómeno global se puede deber a una profunda crisis social en la valoración de la educación (Sánchez, Gómez y Gaviria, 2016). También está el factor de la formación previa a la universidad, pues se presentan fallas en el proceso de aprendizaje y de capacitación, por lo que muchos de los bachilleres no cuentan con las suficientes habilidades y conocimientos para afrontar el ritmo que tiene la universidad, una vez terminan sus estudios en los colegios (Casas, 2018; Apaza y Huamán, 2012), de esta manera es necesario promover estrategias desde este nivel, para poder combatir la deserción causada por déficit en la formación.

La necesidad de tener una mayor claridad sobre el crecimiento y dinámicas de esta temática, muestra la necesidad de identificar tendencias investigativas en el estudio de la deserción universitaria en estudiantes de ingeniería. El enfoque metodológico es de corte descriptivo a partir de un análisis bibliométrico del área de conocimiento en la base de datos Scopus. Este capítulo plantea en primera instancia una definición de la temática, sus características. Adicionalmente, el enfoque metodológico parte de un análisis bibliométrico y se

presentan como resultados diversos gráficos que permiten ayudar a entender la importancia de la temática.

Metodología

Para hacer el respectivo análisis sobre las tendencias investigativas en el campo de interés se hizo uso de la base de datos especializada Scopus, la cual reúne una colección de documentos de revistas indexadas, de las investigaciones que se tiene sobre el tema de interés. Para dicha búsqueda se empleó la siguiente ecuación:

$$(TITLE (dropout OR \{dropout\}) AND TITLE (\{Universit^*\} OR \{higher education\} OR college OR \{educational institution\}))$$

Se obtuvieron 154 registros de investigaciones sobre deserción universitaria, los cuales fueron el insumo para hacer el análisis bibliométrico. La bibliometría o el análisis bibliométrico, es una herramienta que busca conocer la naturaleza, así como el rumbo de una rama de las ciencias o el curso de un tema de interés que se hace por medio de las publicaciones asociadas. La bibliometría se centra esencialmente en el cálculo y en el análisis de los valores de lo que es cuantificable en la producción y en el consumo de la información científica (Ardanuy, 2012). Es por esto que se puede usar la bibliometría con el fin de conocer el comportamiento tanto de investigaciones como de los mismos investigadores, y su trascendencia dentro del círculo investigativo asociado, dándole versatilidad sobre cualquier tipo de rama de las ciencias (Jaraba *et al.*, 2012).

Este análisis provee tres tipos de indicadores que describen el comportamiento del tema de interés. Dichos indicadores son: de cantidad, el cual hace referencia a las cifras de publicaciones en diferentes categorías, de calidad, que se basa en las citas que las publicaciones, mirando entonces el impacto de dichas investigaciones; y de estructura, asociado a las relaciones que se pueden observar entre los investigadores y los temas. Con estos indicadores es posible caracterizar y comprender de mejor manera el comportamiento que tienen los diferentes temas, en este caso se verá como es el comportamiento de la deserción universitaria según los registros encontrados en la búsqueda en Scopus.

Desarrollo

A continuación, se presentan los resultados según los tres indicadores presentados anteriormente, en donde se muestran las gráficas y las cifras que acompañan el análisis.

Indicadores de cantidad

Estos indicadores basan su análisis en las cantidades de estudios e investigaciones encontradas, y agrupándolos en diferentes categorías.

Publicaciones por año

Este primer indicador muestra el comportamiento que ha tenido el tema de interés a lo largo del tiempo. En la figura 3 se puede observar que desde las primeras apariciones de estudios relacionados con el tema alrededor de 1964, se han tenido pocas publicaciones al respecto. Durante los primeros años se tuvo un pico de alrededor de seis publicaciones, mientras durante los años intermedios la producción científica en el tema se vio mermada. No fue hasta 1999 cuando se obtuvo un alza en la cantidad de publicaciones, aunque aun así seguían siendo bajas. En 2012 se pudo observar un crecimiento más pronunciado teniendo tres picos de producción científica en 2015 con doce, en 2018 con diecinueve, y en 2019 con veintisiete publicaciones. Esto indica el interés reciente en comprender los conceptos y fenómenos integrados en el estudio de deserción dentro de las universidades.



Figura 3. Cantidad de publicaciones por año

Fuente: elaboración propia.

Ahora bien, para apreciar mejor el comportamiento de estas publicaciones a traes de los años, se puede ver como las publicaciones acumuladas muestran un comportamiento que aumenta al pasar del tiempo teniendo un marcado incremento en los últimos años, como se puede observar en la figura 4. Se obtiene entonces que el crecimiento anual que se registra es del 12,4 % anual.

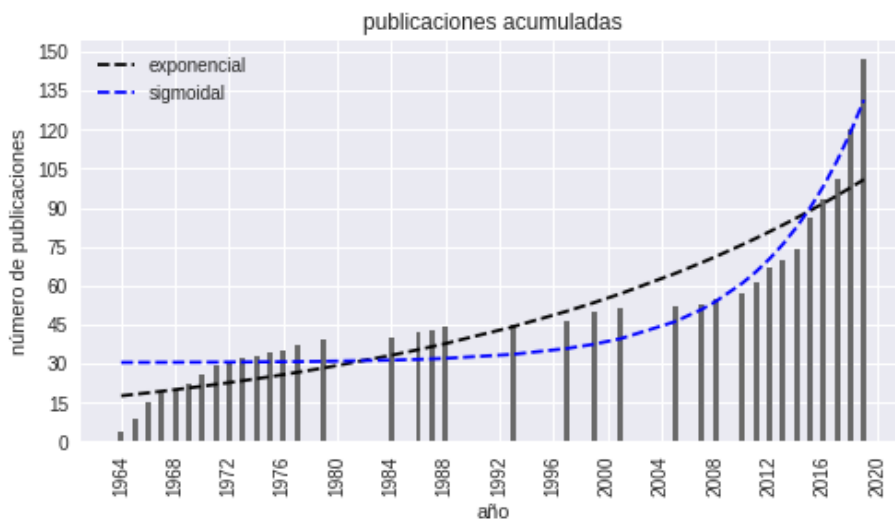


Figura 4. Publicaciones acumuladas
Fuente: elaboración propia.

Para finalizar este indicador, se integra al análisis lo encontrado en la figura 5, en la que se plasma el factor conocido como la *vida media de la literatura científica*, la cual hace referencia al tiempo en el cual las publicaciones de un tema son válidas o tienen vigencia, lo que es un dato de vital importancia en las investigaciones y estudios, sobre todo cuando se quiere tener información de calidad contemporánea para seguir el curso de los avances en los diferentes temas. En este caso, este factor muestra que en los últimos cinco años el valor medio de vida es de alrededor de trece años.

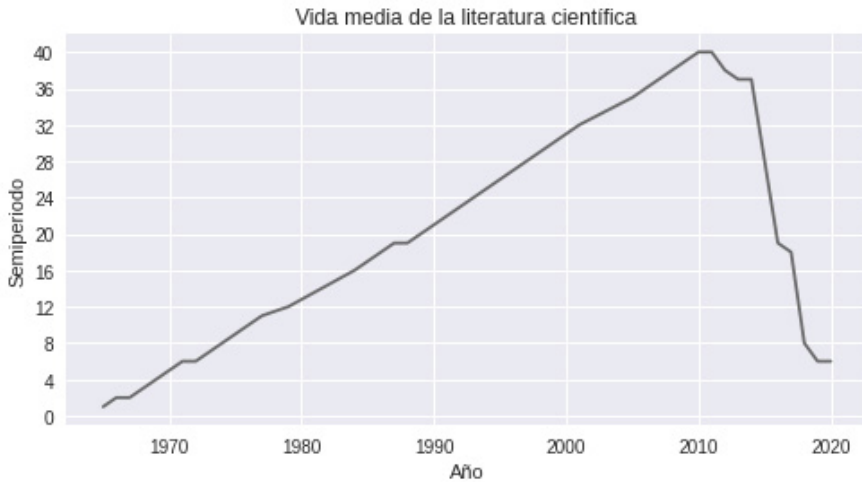


Figura 5. Vida media de la literatura científica
Fuente: elaboración propia.

Publicaciones por revista

En la figura 6 se pueden observar el *top 10* de las revistas que cuentan con mayor número de publicaciones asociadas. Liderando la lista se encuentra la revista *The College Dropout and the Utilization of Talent*, la cual es una publicación ligada a la Universidad de Princeton que hace investigación sobre los factores y las dinámicas personales, así como las ligadas a las instituciones, que intervienen dentro de la toma de decisiones del estudiante en abandonar sus estudios, por lo cual la convierte en un referente al estar tan enfocada en el tema. Tiene seis publicaciones asociadas. Con cinco publicaciones cada una, se encuentran el *Journal of Counseling Psychology*, la cual es una revista publicada por la Asociación Americana de Psicología (APA, por sus siglas en inglés), y se centra en la publicación de investigaciones enfocadas en áreas como psicología en la educación, asesoramiento psicológico en diversas áreas, así como, evaluación vocacional y profesional; y la *Zeitschrift fur Erziehungswissenschaft*, la cual es una revista alemana de Springer que publica artículos sobre resultados de investigaciones de ciencias de la educación y disciplinas relacionadas. Las revistas que siguen en lista cuentan con cuatro publicaciones asociadas cada una, las cuales dirigen su atención a la publicación de artículos e investigaciones relacionadas con ciencias de la educación, salud mental y

psicología, así como asuntos relacionados con la educación superior, los cuales son temas de relevancia para el objeto de investigación del tema de interés. Las demás revistas en lista cuentan con tres y dos publicaciones asociadas según corresponde como lo muestra la figura a continuación.

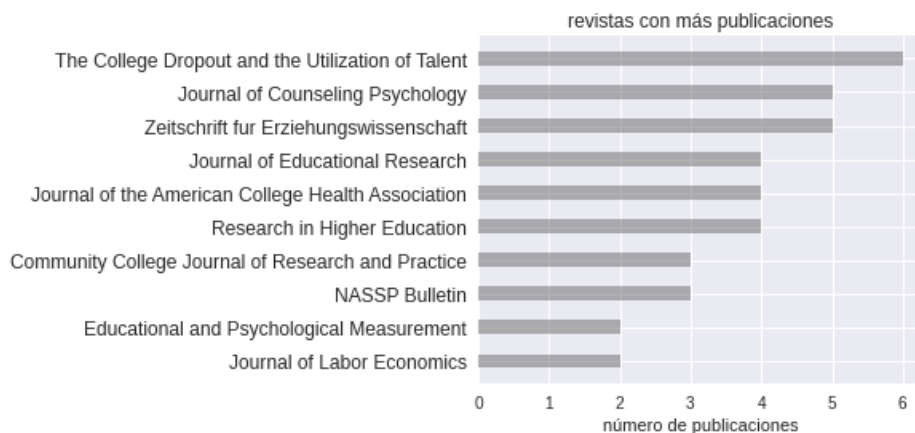


Figura 6. Revistas con mayor número de publicaciones

Fuente: elaboración propia.

Según lo encontrado frente a las revistas con mayor número de publicaciones registradas, se obtiene que el 30,3 % de las revistas es el responsable del 50 % de la producción académica en este campo. Mientras que el 75,2 % de las revistas consultadas sólo ha publicado un solo trabajo asociado al tema.

Publicaciones por país

Respecto a la distribución que se tiene en los países que aportan avances en el tema de la deserción universitaria, este indicador ofrece un panorama general de aquellos países que cuentan con mayor número de publicaciones asociadas. Como se puede observar en la figura 7, los Estados Unidos es el país que cuenta con mayor número de publicaciones al tener cerca de sesenta, lo cual lo sitúa en primer lugar con gran diferencia respecto a los demás países. Alemania y Brasil siguen en lista con once publicaciones cada uno, seguidos de Chile, Portugal y España con cinco publicaciones. Es de resaltar que se encuentran tres países latinoamericanos dentro de la lista, aun consideran-

do la gran participación de los Estados Unidos y los países europeos. Ahora bien, dados las diferencias entre las cantidades de los países con mayor participación es de esperar que solo el 7,7 % de los países sean los que publiquen el 50 % de la producción académica en el campo de interés, mientras el 64 % de estos solo han publicado un trabajo al respecto.

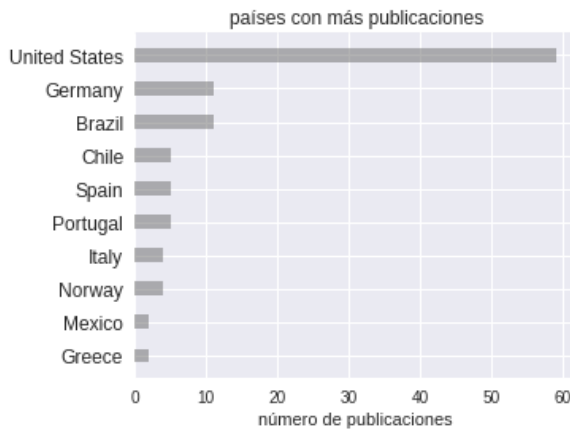


Figura 7. Países con más publicaciones
Fuente: elaboración propia.

En la figura 8, se puede observar cómo está la distribución en la participación de los países. Los colores oscuros distinguen aquellos que tienen mayor participación y los colores más claros aquellos con menor. Colombia, Ecuador, Brasil y Chile se destacan dentro del grupo suramericano.



Figura 8. Mapa de distribución
Fuente: elaboración propia.

Tipo de publicación

El indicador que se representa en la figura 9, hace referencia a los diferentes tipos de publicación encontrados en la búsqueda de información. En su mayoría, las publicaciones encontradas están bajo el formato de artículo, lo cual se asocia a que el desarrollo de avances se difunde a través de este tipo de formato que vincula las revistas indexadas como medio. Con un 11,7 % de participación, el segundo formato más usado es el de trabajos presentados en conferencias y evento de difusión académica por lo que se puede hablar de un segmento que expone sus avances con más comunidad investigativa de forma directa en estos eventos. El restante 8,4 % hace referencia a capítulos de libros, *reviews* y monografías, entre otros.



Figura 9. Tipo de publicación
Fuente: elaboración propia.

Publicaciones por autor

Los autores juegan un papel de importancia dentro de todo el circuito investigativo en las diferentes áreas objeto de publicación, ya que son estos los líderes y portavoces de los avances científicos y tecnológicos que se tengan. De esta forma, este indicador muestra a los autores con mayor número de publicaciones hechas como se ve en la figura 10, en donde R. Stinebrickner, L. A. Pervin y E. A. Levenson encabezan la lista con treinta publicaciones. El resto de los autores cuentan con veinte publicaciones cada uno, como se puede

ver en la figura, por lo que se tiene una distribución un poco pareja, dejando que el 45,3 % de los autores son los responsables del 50 % de la producción académica en el tema de interés.

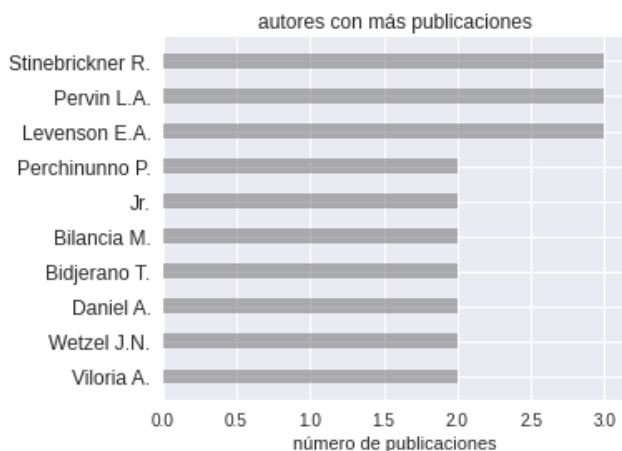


Figura 10. Autores con mayor número de publicaciones
Fuente: elaboración propia.

Conclusiones

En el estudio se observa que la temática ha sido de interés desde hace más de 60 años, pero ha cobrado mucha más fuerza en términos de publicaciones académicas desde el año 2014 mostrando un crecimiento anual de 12,4 %, lo cual pone en evidencia la necesidad de afianzar aún más los estudios relacionados con la temática en diversas áreas del conocimiento.

Son diversos los modelos que han surgido para hacer una detección temprana de factores de riesgo de la deserción y para identificar las causas por las que se presenta, sin embargo, se observa la necesidad de generar más estudios en la temática ya que la vida promedio de vigencia de las publicaciones se ubica en trece años y las causas de deserción con la inserción de nuevas tecnologías en los procesos educativos, obedecen cada vez a factores más dinámicos.

Frente a las revistas que más registran publicaciones en la temática, se resaltan *College Dropout and the Utilization of Talent* y *Journal of Counseling*

Psychology, las cuales tienen una orientación temática afín al área de investigación, pero se observa que este es un campo de interés en revistas de educación multidisciplinares dado que existe buena cantidad de artículos publicados en revistas de salud y psicología.

Frente a los países que más publican en el tema, se observa la prevalencia de investigaciones en Estados Unidos, pero resaltan entre los diez primeros países como Brasil, Chile y México, mostrando que esta es una temática de interés en la región latinoamericana y que tiene un potencial fuerte para identificar nuevos factores asociados a las condiciones sociales, culturales y educativas particulares de esta región.

Referencias

- Apaza, E. y Huamán, F. (2012). Factores determinantes que inciden en la deserción de los estudiantes universitarios. *Apuntes Universitarios*, (1), 77-86.
- Ardanuy, J. (2012). *Breve introducción a la bibliometría*. Barcelona: Universidad de Barcelona.
- Bravo, M. y Mejía, A. (2010). Los retos de la educación superior en Colombia: una reflexión sobre el fenómeno de la deserción universitaria. *Revista de Educación en Ingeniería*, 5(10), 85-98. doi: <https://doi.org/10.26507/rei.v5n10.101>
- Buentello, C. y Valenzuela, N. (2013). Deserción escolar, factores que determinan el abandono de la carrera profesional. Estrategias y condiciones para el desarrollo del estudiante. *XVI Congreso Internacional sobre Innovaciones en Docencia e Investigación en Ciencias Económicas y Administrativas*. Congreso llevado a cabo en Mazatlán, México.
- Jaraba-Barrios, B., Guerrero-Castro, J., Gómez-Morales, Y. y López-López, W. (2012). Bibliometría e historia de las prácticas académicas locales: un esbozo a partir del caso de la psicología en Colombia. *Avances en Psicología Latinoamericana*, 29(2), 354-369.

- Lopera, C. (2008) Determinantes de la deserción universitaria en la facultad de economía de la Universidad del Rosario. *Borradores de Investigación*, 95(1), 4-40.
- Miranda, M. A. y Guzmán, J. (2017). Análisis de la deserción de estudiantes universitarios usando técnicas de minería de datos. *Formación Universitaria*, 10(3), 61-68.
- Roa, A. (2014) La preocupante situación de la deserción universitaria. Recuperado de http://www.alfaguia.org/alfaguia/files/1319736384_13.pdf
- Silva, R. (2006). Deserción: ¿competitividad o gestión? *Revista Lasallista de Investigación*, 2(2), 64-69.
- Solé-Moro, M. L., Sánchez-Torres, J. A. y Argila-Irurita, A. (2018). Los egresados universitarios y la inserción laboral: un acercamiento al panorama latinoamericano y español. *Revista CEA*, 4(8), 67-74.
- Tinto, V. (1989). Definir la deserción: una cuestión de perspectiva. *Revista de la Educación Superior*, 18(1). Recuperado de <https://bit.ly/2AW6UD5>
- Tinto, V. y Cullen, J. (1973). Drop out from higher education: A review and theoretical synthesis of recent research. Recuperado de <https://bit.ly/32c1AGQ>

Capítulo 3

Tendencias investigativas en adopción de techos verdes: una perspectiva desde el enfoque bibliométrico

Andrea María Valencia-Grajales¹, Luis German Ruiz-Herrera², Alejandro Valencia-Arias³, José Fernando Valencia-Grajales⁴ y Cristian Alexander Hernández-Durango⁵

Resumen

El siguiente texto es un aporte a la literatura sobre la adopción de techos verdes, *Green Roof*, mediante un estudio bibliométrico, así mismo, se reconoce que la producción científica de alta calidad medida a través de las publicaciones, tiene un alto impacto para las comunidades científicas que estén interesadas en las tendencias mundiales en áreas específicas del conocimiento, en otras palabras, esta nueva disciplina hace uso de métodos matemáticos y análisis estadísticos que posibilitan el logro de indicadores confiables, verídicos y asociados con la calidad de la producción científica mundial. Se usa la base datos Scopus para tener acceso a toda la información que se sometió a modelamiento estadístico y matemático, se usa esta base de datos porque es el banco de textos más reconocido en la publicación de producción relevante y efectiva más usada por la comunidad científica, algunos indicadores calculados fueron cantidad de publicaciones por autor y por año, además de identificar las revistas más prestigiosas del mundo como *Ecological Engineering*, luego por los indicadores de impacto en número de citas por autor

1 Ingeniera en diseño industrial, magíster en Gestión de la Innovación Tecnológica, Cooperación y Desarrollo Regional. Universidad Pontificia Bolivariana y CEIPA Business School. Correo: andrea.valenciag@upb.edu.co

2 Ingeniero de producción, magíster en Gestión de la Innovación Tecnológica, Cooperación y Desarrollo Regional. Instituto Tecnológico Metropolitano. Correo: luisruiz@itm.edu.co

3 Ingeniero Administrador, magíster en Ingeniería de Sistemas, doctor en Ingeniería, Industria y Organizaciones. Instituto Tecnológico Metropolitano y de la Corporación Universitaria Americana. Correo: jvalencia@americana.edu.co

4 Abogado y politólogo, magíster en Estudios Urbano-Regionales, doctorando en Conocimiento y Cultura en América Latina. Universidad Autónoma Latinoamericana, Unaula. Correo: jose.valenciagr@unaula.edu.co

5 Administrador de sistemas informáticos, especialización tecnológica en gestión y seguridad de bases de datos. Universidad Pontificia Bolivariana. Correo: cristian.hernandezd@upb.edu.co

encontró que Jim, C.Y. encabeza la lista con siete publicaciones y, finalmente, presentando los mapas topológicos de la red de autores por periodos de tiempos. Se concluye que la adopción de los techos verdes es una alternativa que está logrando posicionarse como una tecnología eficiente y que impacta positivamente en el medio ambiente del planeta.

Palabras clave: adopción de techos verdes, bibliometría, indicadores de producción científica.

Introducción

El tema de los techos verdes a nivel mundial, no es un asunto nuevo, ya que el mismo puede ser estudiado desde tiempos inmemoriales. Para ello se tienen por lo menos dos momentos en la historia de la arquitectura. El primero comienza con los babilonios en el año 800 a. C. cuando se aplicó esta técnica en los memorables jardines colgantes de Babilonia pertenecientes a la Mesopotamia antigua y es una de las siete maravillas del mundo antiguo. Como segundo momento se tiene la difusión en el siglo XX dentro del Movimiento Moderno de la Arquitectura con *toit jardin* (jardín de la azotea) de Le Corbusier (además de planos, fachadas libres, entre otros). Entre tanto, los techos verdes siguieron su expansión en los países escandinavos, llegando a Europa y luego en el siglo XX a Norteamérica. En el año 1970, se promueve en Alemania la implementación de la tecnología y sigue creciendo el tema en Canadá y los EE. UU. (Nascimento y Schmid, 2008).

El constante crecimiento del sector inmobiliario acompañado de la construcción de pocos espacios de zonas verdes lleva a que las ciudades cada vez sean más grises. Además, se debe tener en cuenta que la escasez de zonas verdes en las ciudades incrementa la temperatura de las calles, la sensación térmica entre otros factores que afectan la calidad de vida de la población, el desempeño económico de los países o regiones, además de que perjudican los bienes ambientales (Jovel, 1989).

La Comisión Europea (2013), define la infraestructura verde como una red de áreas naturales en la planificación urbana como medio para ofrecer servicios ecosistémicos y proteger la biodiversidad (Tzoulas *et al.*, 2007; Lovell & Taylor, 2013). Es así como los sistemas de ingeniería de los techos

verdes se vienen desarrollando desde finales de los años setenta y algunos ecologistas europeos han estudiado la vegetación en los techos durante más de tres décadas (Thuring y Grant, 2015). Por otro lado, en un estudio publicado por Nascimento y Schmid (2008) encontraron que los países más representativos en este tipo de arquitectura son: Alemania, Holanda, Japón, Estados Unidos, Suiza y Suecia, en estos países existen políticas que incentivan la implementación de los techos verdes y premian económicamente este tipo de prácticas sostenibles en los edificios (Ibáñez, 2008). Avanzando en el tema, específicamente en Alemania, en el siglo XX, se implementaron los techos verdes en muchas ciudades, para esto se unieron una serie de expertos tales como ingenieros, horticultores, empresarios y políticos, con el fin de obtener una conservación de la naturaleza humana, basándose en la calidad del aire, en un aislamiento térmico y favorable a nivel económico (Li y Babcock, 2014). En 1970, se realizó una investigación exhaustiva, en la que se denominó a Alemania como pionero en la selección de la vegetación de un techo verde moderno y extenso (Bornkamm, 1961). En los años 90, Norteamérica y China comenzaron a utilizar el plástico como alternativa de construcción para los nuevos techos verdes, lo cual generó una gran aceptación, debido al costo en la instalación y al mantenimiento del mismo (Thuring y Grant, 2015). En Estados Unidos, más específicamente en Chicago, se viene trabajando desde hace más de quince años en el tema de la transformación de la ciudad, tratando de que sea más amigable con el medio ambiente, para esto se están implementando tejados verdes. En la actualidad, no solo el gobierno local, sino también la comunidad de negocios y residentes en general se han involucrado en una multitud de asociaciones y esfuerzos para apoyar a la ciudad, debido al aumento de gases que atrapan el calor, las predicciones recientes muestran que a finales del siglo la temperatura media anual podría aumentar hasta cuatro grados centígrados, y cada parte de la tierra se verá afectada con el cambio climático (Gürevin y Seçkin, 2013).

Luego de esta contextualización es importante resaltar que la literatura sobre los techos verdes está logrando una alta influencia en los textos científicos a nivel mundial, de ahí que este documento pondrá de relieve las tendencias investigativas en la adopción de techos verdes, mediante un análisis bibliométrico. La bibliometría es entendida como la ciencia que estudia la tendencia de un área del conocimiento o de una disciplina específica a través del cómputo y análisis de las facetas de la comunicación escrita (Pritchard, 1969; Zhao *et al.*, 2019), del mismo modo, permite estudiar la ciencia a través de aspectos

de cantidad, calidad y progreso científico que han de convertirse en indicadores que permitan describir el comportamiento de áreas de conocimiento analizado (Sancho, 1990; Blank *et al.*, 2013), finalmente, se deben considerar fuentes confiables y rigurosas que aseguren la relevancia y significación del conocimiento al que se tiene acceso, así, la elección de la base de datos de la que se obtendrá la información es el punto de partida fundamental para iniciar este proceso (Norris y Oppenheim, 2007; Lam-Gordillo *et al.*, 2020).

Metodología

La realización de estudios bibliométricos para caracterizar la investigación sobre un tema, exige una selección muy cuidadosa de los registros de base de datos que representan los trabajos (Amat *et al.*, 2011), y dado que el análisis bibliométrico se encuentra limitado por la información disponible (Rueda *et al.*, 2007, citados en Cadavid *et al.*, 2012), es necesario que las fuentes utilizadas para extraer la información, sean formales, debido a que son las más recomendables de usar como insumo adecuado para desarrollar cada fase del análisis bibliométrico de forma eficiente (León *et al.*, 2006). Se seleccionó la base de datos Scopus para la búsqueda de información bibliográfica ya que ofrece acceso a diferentes bases de datos interdisciplinarias, esta herramienta proporciona instrumentos para gestionar la información y cumple otros criterios como la cantidad de citas y la accesibilidad que la hacen ser más usada en este tipo de análisis en la literatura (Granda-Orive *et al.*, 2013). Además, Scopus proporciona herramientas para gestionar la información y cumple otros criterios como la cantidad de citas y la accesibilidad, lo que la hace ser más usada en este tipo de análisis en la literatura (Hall, 2011). Posteriormente, se definió la ecuación de búsqueda de acuerdo con el propósito del análisis, para ello, se consideró como criterios de búsqueda las expresiones “Green Roofs” y “Ecological Roofs” y términos relacionados con la adopción de estas estrategias entre países en el título, resumen y palabras clave; seguido de esto se obtuvo la ecuación de búsqueda.

La siguiente combinación de palabras es llamada ecuación de búsqueda, la cual se requiere para obtener los documentos más cercanos con el tema de los techos verdes y cómo se puede adoptar este tipo de tecnología, de manera que se pueda observar el entorno a nivel nacional e internacional a través de los años. La ecuación se ingresa en la herramienta Scopus. Sin embargo, la

búsqueda se limita para que dentro de la misma no arroje resultados inesperados, sino solo aquellos específicos que requiere la investigación, ya que se debe cruzar las variables de adopción tecnológica, ecología, factores de uso, nuevas creaciones y nuevos negocios, debido a que, si la ecuación se utiliza de manera general, se pueden encontrar temáticas históricas, evolutivas, sociales, culturales, entre otras que no se ajustan a la presente investigación. Es por ello que se utilizó la siguiente ecuación de búsqueda:

(TITLE(("Green roofs" W/5 creation) AND ("ecological-roofs" W/5 adoption) OR ("Green roofs" W/5 Entrepr) OR ("Green roofs" W/5 {New venture}) OR ("Green roofs" W/5 {New business}) OR ("Green roofs" W/5 {New firm}) OR ("Green roofs" W/5 use))) OR (KEY(("Green roofs" W/5 adoption) OR ("ecological-roofs" W/5 adoption) OR ("Green roofs" W/5 {New firm}))) OR (ABS(("Green roofs" W/5 creation) OR ("ecological-roofs" W/5 adoption) OR ("Green roofs" W/5 Entrepr*) OR ("Green roofs" W/5 {New venture}) OR ("Green roofs" W/5 {New business}) OR ("Green roofs" W/5 {New firm}))) OR ABS({Green-roofs} W/5 use)) AND PUBYEAR < 2017*

Una vez se obtuvo la ecuación definitiva, se constató que los resultados arrojados hicieran referencia a la temática de estudio y se procedió a realizar una base de datos para analizar cada una de las variables requeridas para el tratamiento de la información y posterior obtención y análisis de los indicadores bibliométricos.

Desarrollo

Productividad por años

En la figura 11 se muestra la producción científica por años durante el periodo 2000-2016. De manera general se observa que el interés por la temática tuvo auge y un comportamiento estable de los registros desde el presente siglo (últimos dieciséis años). En el 2015 y 2016 se alcanzó la cifra de treinta y dos artículos para cada año, lo que evidencia el interés de la investigación actualmente en este tipo de temas. Uno de los autores más destacados en esos años fue C.Y. Jim, con siete artículos publicados a lo largo del recorrido del campo. Este investigador ocupa el primer lugar en la lista de los autores con mayor cantidad de publicaciones y a su vez está en la posición 142 (con 13,8

citaciones por publicación) de los 516 autores registrados en la base de datos. Por otra parte, la figura muestra también que el estudio de la cuestión presenta un crecimiento constante a partir del año en el que surgió la temática. Una de las publicaciones más sobresalientes, fue la de Buyung-Ali (2010); en dicho estudio se planteaba la ecologización urbana como un enfoque para mitigar las consecuencias para la salud humana del aumento de las temperaturas resultante del cambio climático, teniendo en cuenta que, cualquier programa de ecologización urbana implementado, tendría que ser adecuadamente diseñado y monitoreado para continuar evaluando los beneficios para la salud humana mediante la reducción de la temperatura (Bowler *et al.*, 2010).

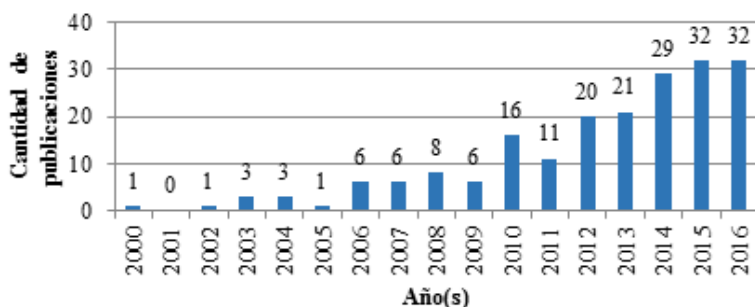


Figura 11. Cantidad de publicaciones por año en Green Roofs

Fuente: elaboración propia.

En la figura 12 se observa que, las investigaciones del campo han validado la ley de crecimiento exponencial expuesta por Price, la cual plantea que la información científica crece a tasas exponenciales donde de cada diez a quince años la información existente se duplica (Fernández-Bautista, Torralbo, y Fernández-Cano, 2014). En este sentido, se puede inferir que se está frente a una disciplina que se encuentra en la fase de crecimiento exponencial, en la cual no solo la literatura científica incrementa sino también el número de investigadores.

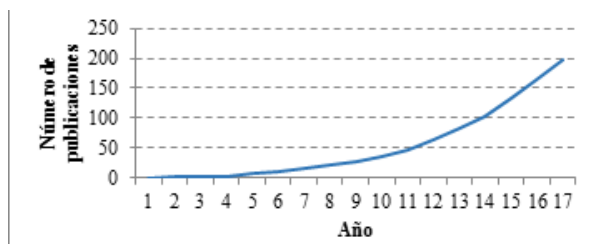


Figura 12. Publicaciones acumuladas por año en Green Roofs
Fuente: elaboración propia.

Productividad de revistas

A continuación, en la figura 13 se presentan las diez revistas con mayor cantidad de publicaciones, vale destacar que las tres revistas más importantes en el campo, en términos de su cantidad de publicaciones son *Ecological Engineering* (doce trabajos publicados), seguida por *Landscape And Urban Planning* (once obras) y por último *Acta Horticulturae* con ocho publicaciones. Se debe resaltar que al calcular la ley de Pareto en la productividad de las revistas (figura 13) y el porcentaje acumulado de publicaciones por revista (ver figura 14), se observa que esta no se cumple dicha ley, ya que el 63,3 % de las revistas publica el 80 % de los artículos, mostrando que la distribución de artículos por revista responde a una distribución relativamente equitativa; sin embargo, las dos revistas de mayor impacto en el área presentan una línea editorial muy afín a la adopción de tecnologías verdes por lo que se convierten en opciones oportunas de consulta y publicación.

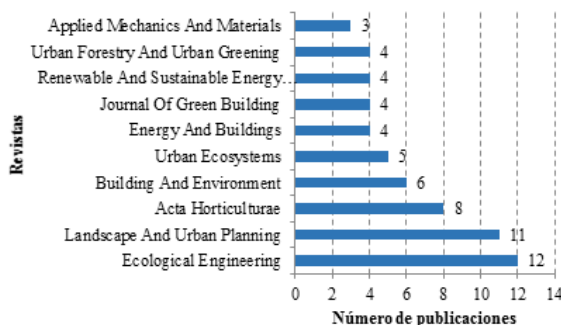


Figura 13. Revistas más importantes del campo
Fuente: elaboración propia.

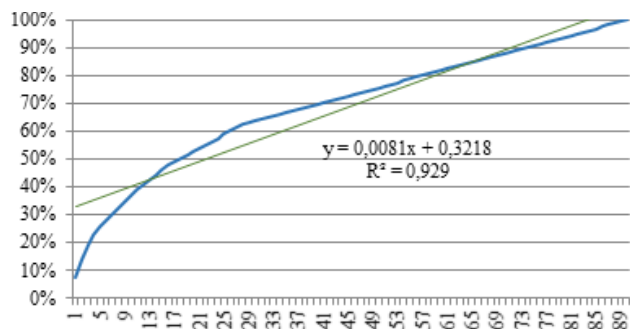


Figura 14. Porcentaje acumulado de publicaciones por revista
Fuente: elaboración propia.

Por otro lado, como se puede observar en la figura 15, las publicaciones en las revistas no se encuentran concentradas. Posteriormente se verificó el coeficiente de determinación el cual arrojó un valor mayor a 0,88, demostrando con esto un ajuste adecuado del modelo planteado para la productividad.

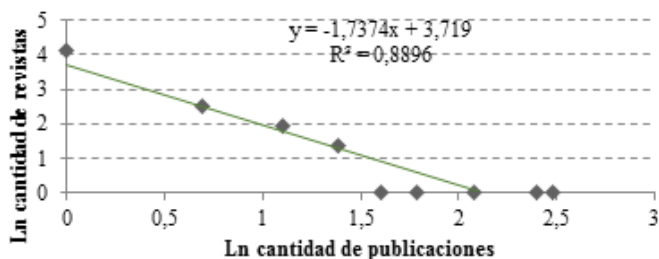


Figura 15. Ley de productividad de revistas
Fuente: elaboración propia.

Productividad de autores

La figura 16 muestra la existencia de una muestra no despreciable de autores que publicaron alrededor de cuatro a siete artículos, lo cual pudiera denotar que para el campo existe una tendencia a la especialización en el perfil la temática de estudio. Este aspecto es sumamente favorable para el desarrollo y visibilidad del campo.

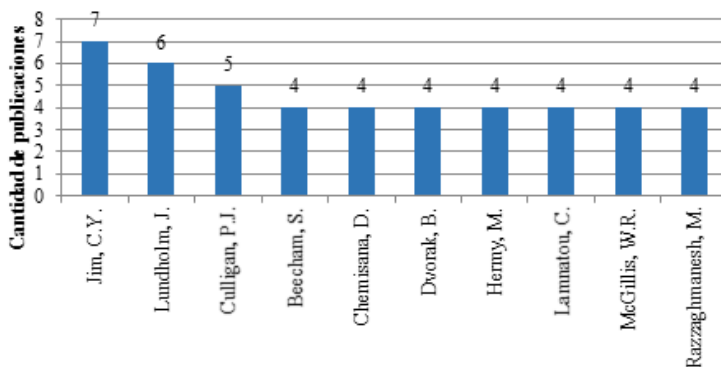


Figura 16. Principales autores del campo
Fuente: elaboración propia.

Al realizar el cálculo de los diez investigadores que más producciones tienen sobre el tema, se encontró que C. Y. Jim encabeza la lista con siete publicaciones seguida de J. Lundholm con seis (ver figura 16), frente a la temática desarrollada por la investigadora con mayor número de obras publicadas, se tiene que en sus trabajos concentra la atención en el impacto de las intervenciones ecológicas específicas en el área urbana. Al igual que en las revistas, la productividad de los autores no cumple la ley de Pareto. Puesto que hay un 69,68 % de autores que publica el 80 % de la producción total. Y dada esta situación, se separaron los autores por grado de relevancia (en cuartiles) obteniendo que el 9,68 % de los autores publica el 25 % de las publicaciones, el 27,10 % publica el 50 % y el 61,9% publica el 75 %. En este sentido, a medida que avanza el cuartil se tiene una mayor tendencia a que el porcentaje de publicaciones sea proporcional al porcentaje de autores, favoreciendo la predominancia de las publicaciones de un solo autor en la literatura. La ley de productividad manifiesta una correlación cuantitativa entre los autores y las contribuciones producidas en un campo dado en el transcurso del tiempo (Ardanuy, 2012). En la figura 17 se presentan los resultados obtenidos respecto a dicha ley. Se observa que sucede lo mismo que en las revistas (las publicaciones no están concentradas en pocos autores) y el coeficiente de determinación es elevado ($R^2=0,93$) demostrando que se da un muy buen ajuste, pero hay algunas desviaciones estándar que no permiten el ajuste adecuado del modelo planteado para la productividad.

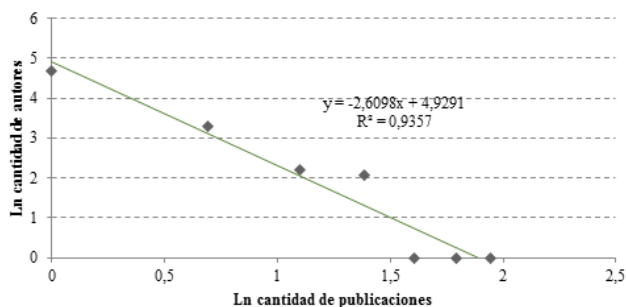


Figura 17. Ley de productividad de autores
Fuente: elaboración propia.

Tipos de documentos

Otro indicador de cantidad hace referencia a la productividad de publicaciones por su tipo. Para el campo de *Green Roofs*, la mayoría de publicaciones corresponde a artículos (69 % del total de registros) los cuales proporcionan un importante canal para el intercambio de información entre los investigadores, indicando, además, que es un tema relativamente nuevo, que aún está sujeto a discusiones académicas y no ha entrado a la fase de obsolescencia científica. Siguiendo el orden, el segundo tipo de publicaciones corresponde a artículos presentados en congresos (20 %), artículos en revisión (6 %), capítulos de libros (2 %) y con menos de 1 % están los artículos en proceso de impresión, los libros y las notas; lo que señala un avance en cuanto a la importancia que ha despertado la temática entre los diferentes investigadores. A continuación, se muestra en la figura 18 la cantidad de publicaciones por tipo de documentos:

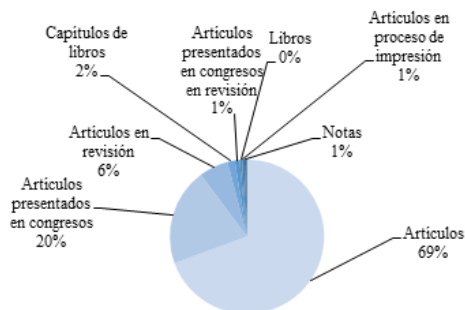


Figura 18. Cantidad de publicaciones por tipo de documentos
Fuente: elaboración propia.

Publicaciones por subárea

Para indagar sobre la cantidad de publicaciones por área del conocimiento, en la figura 19 se logra distinguir entre las concepciones y los enfoques del campo, temáticas y coyunturas que son abordadas desde distintas perspectivas; para este apartado en particular las ciencias ambientales son las que han realizado mayores aportes al desarrollo y evolución de la disciplina de *Green Roofs* (con un 54,59 %); siguiendo el orden establecido, la ingeniería ha contribuido en un 25,51% a que dentro de las ciudades se evidencie la necesidad de implementar el factor ambiental como pilar de su funcionamiento; finalmente, la arquitectura y las ciencias biológicas (18,88 %) han sido disciplinas líderes frente a los desafíos que vienen experimentando las sociedad entorno al cambio climático y cuidado del ambiente.

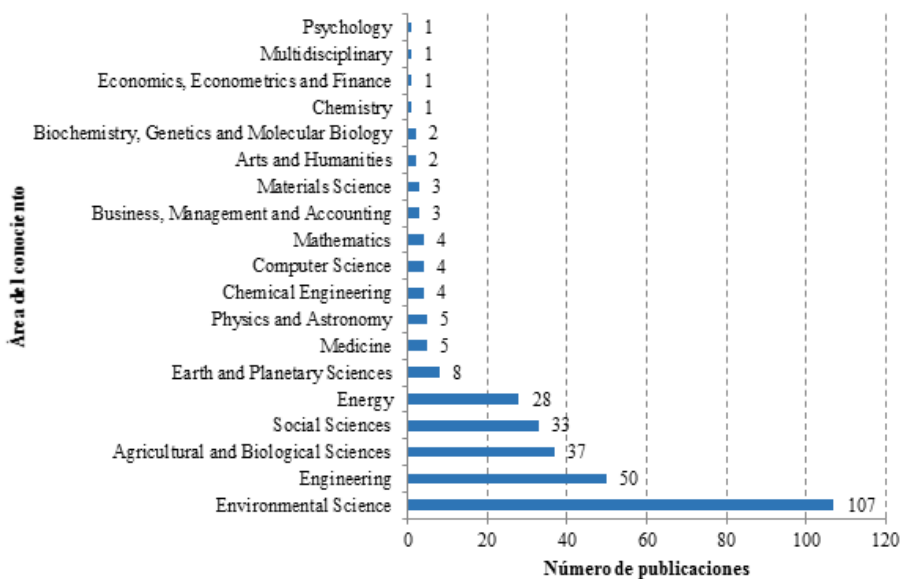


Figura 19. Cantidad de publicaciones por área del conocimiento
Fuente: elaboración propia.

Productividad de las instituciones

Frente a la productividad de las instituciones, se observa que las publicaciones son realizadas por 160 instituciones, 112 de estas, es decir el

70 % produce el 80 % de las publicaciones y por ello no se cumple la ley de Pareto (ver tabla 3).

Tabla 3. Productividad de las instituciones

Cuartil	Q1–25 %	Q2–50 %	Q3–75 %	Q4–100 %
Porcentaje de instituciones	7,5 %	25%	62,5 %	100 %

Fuente: elaboración propia a partir de Scopus (2018).

La tabla mencionada anteriormente muestra el porcentaje de instituciones que concentran la producción, por ejemplo, el 25 % de las instituciones publican el 50 % de las investigaciones mostrando que no existe concentración de investigación y publicación de la temática en pocas instituciones. Adicionalmente el 90 % de las instituciones posee dos publicaciones, se obtiene así una dispersión del conocimiento.

La figura 20 muestra que las diez primeras instituciones son responsables del 23 % de las publicaciones, la universidad con mayor número de publicaciones es The University of Hong Kong con ocho publicaciones, seguida por The University of British Columbia con siete trabajos publicados y University of Sheffield con seis publicaciones.

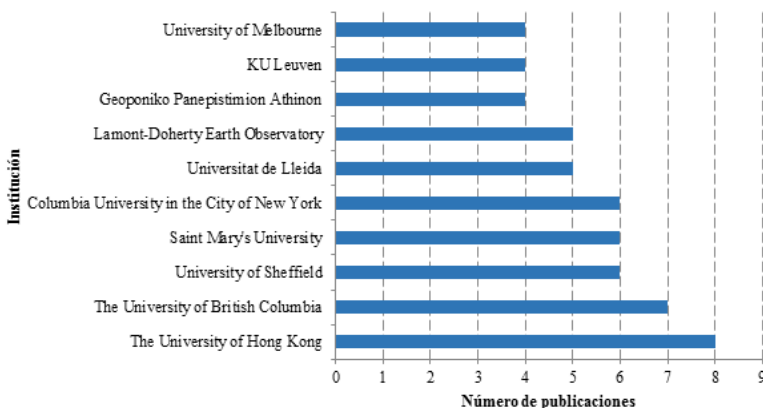


Figura 20. Productividad de las instituciones

Fuente: elaboración propia.

Productividad por país

Los países responsables de las publicaciones en el campo son cuarenta, de los cuales el 35 % produce el 80 % de las publicaciones. De acuerdo con esta información, se separaron los países por cuartiles obteniendo que el 2,5 % de estos publica el 25 % de las publicaciones, el 10 % de los países publica el 50 % y el 27,5 % de los países publica el 75 %. En la figura 21, se muestra que el país que más se destaca es Estados Unidos con 59 publicaciones, seguido de Canadá con 23 y Reino Unido con 19 publicaciones. Sumado a esto, los diez primeros países producen 163 de las 226 publicaciones que arroja la base de datos, lo cual corresponde a más del 72% del total de los registros, donde el 52,5 % de los países realiza dos o menos publicaciones por año.

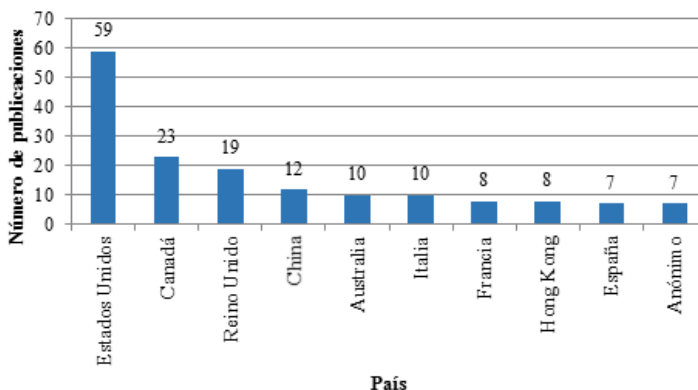


Figura 21. Productividad de los países
Fuente: elaboración propia.

Indicadores bibliométricos de calidad

Estos indicadores son usados comúnmente para medir la frecuencia con que una publicación, un autor o una revista, son citados por otras publicaciones (número de citas). Estos indicadores pueden ser divididos entre el número de años que ha transcurrido desde que la publicación tuvo lugar, para obtener el número promedio de citas por año (Durieux y Gevenois, 2010). A continuación, se presentan los resultados obtenidos según la ecuación de búsqueda presentada anteriormente.

• Impacto por autor

Con los indicadores de calidad es posible encontrar los diez autores con mayor cantidad de citaciones en el tema; en este sentido, Lisette Buyung-Ali es la autora con la mayor cantidad de citaciones, registrando en la base de datos un valor equivalente a 368 citas (ver figura 22). Se observa además, que ningún investigador de la lista de los autores con mayor cantidad de publicaciones (ver figura 16) aparece en la lista de los diez autores con mayor impacto, reflejando de esta manera, que los autores con una alta participación en la producción de conocimiento frente al tema, no alcanzan a generar un gran impacto con sus publicaciones, en la comunidad y redes de investigación, lo cual refleja, un desequilibrio a nivel de generación de conocimiento e impacto del mismo.

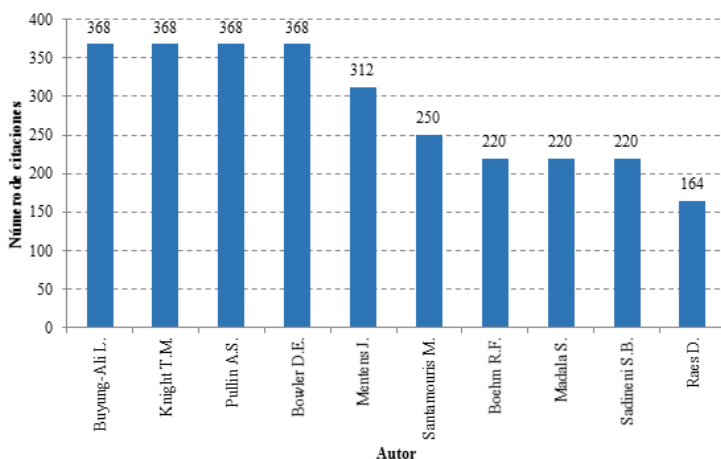


Figura 22. Impacto de las producciones de los autores

Fuente: elaboración propia.

• Impacto por revista

En la figura 23, se presentan las diez revistas con mayor cantidad de citaciones por publicación en el campo de *Green Roofs*. La revista con mayor cantidad de citaciones por publicación tiene 250 y es *Solar Energy*, posterior a esta se encuentra *Journal of the American Water Resources Association* con 116 citaciones por publicación y en tercera posición se encuentra *Environmental*

Science and Technology con 104 citas por trabajo. Se observa la presencia de dos de las revistas con mayor productividad entre las revistas de mayor impacto en el área de conocimiento, reflejando de esta manera, alta participación en la producción de conocimiento frente al tema y un gran impacto con sus publicaciones; estas corresponden a *Landscape And Urban Planning* (cuarta posición en impacto y segunda en productividad) y *Renewable And Sustainable Energy Reviews* (sexta posición en impacto y octava en productividad).

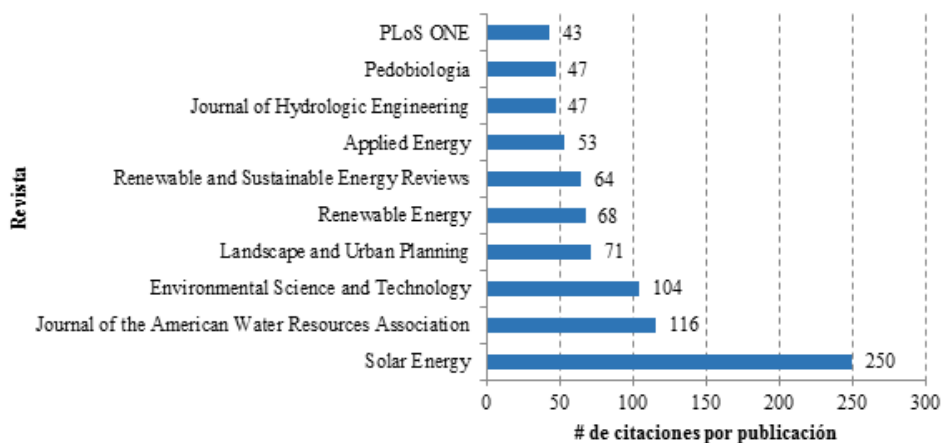


Figura 23. Impacto de las publicaciones por revista
Fuente: elaboración propia.

• Impacto por año

Finalmente, el análisis bibliométrico permite identificar los años de mayor impacto del tema y se observa que el año con mayor número promedio de citas por publicación es el 2006, seguido por 2003 y 2004. Al comparar el impacto por año con la productividad anual, los resultados obtenidos coinciden ya que aquellos años con mayor productividad presentan gran número de citas. Por otra parte, el hecho de que los años más productivos tengan impacto en la literatura se puede explicar por la especialización del conocimiento y velocidad en la divulgación por parte de la comunidad académica. A continuación, se muestra la figura 24 sobre el impacto del campo por año.

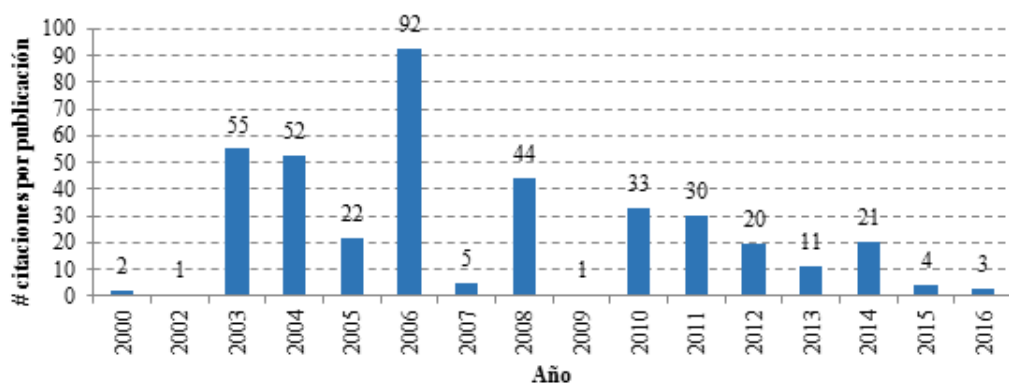


Figura 24. Impacto del campo por año

Fuente: elaboración propia

Indicadores bibliométricos de estructura

Los indicadores de estructura miden la conectividad entre las publicaciones, los autores y las áreas del conocimiento, y suelen asociarse con la construcción y análisis de redes sociales, dichas redes se componen de nodos (vértices) y enlaces; para el caso de un análisis bibliométrico, los nodos son los autores (personas que investigan y publican sus resultados) y los enlaces representan coautorías (Rueda *et al.*, 2007). Es así como, a partir del análisis de estas redes es posible identificar investigadores sobresalientes en el campo y definir la dinámica con la que trabajan conjuntamente (Umadevi, 2013). A continuación, se presenta dicho análisis en el que se fragmentó la ventana de tiempo de acuerdo con la proporción media de la producción científica registrada por la base de datos Scopus y se obtuvieron dos periodos a partir de esa división, uno comprendido entre 2000-2008 y otro que oscila entre 2000-2016. En la figura 25, se presenta el mapa topológico de la red de autores para el campo en los periodos mencionados.

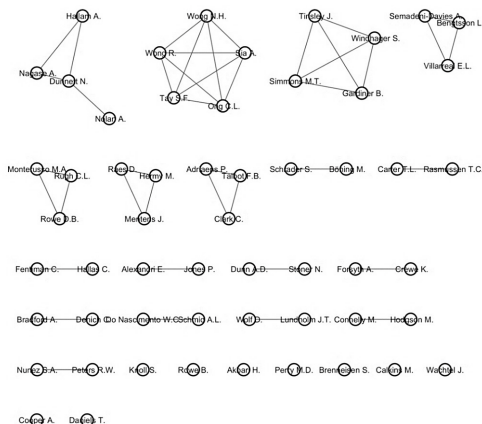


Figura 25. Mapa topológico de la red de autores del campo *Green Roofs* en el periodo 2000-2008
Fuente: elaboración propia a partir de Scopus (2018).

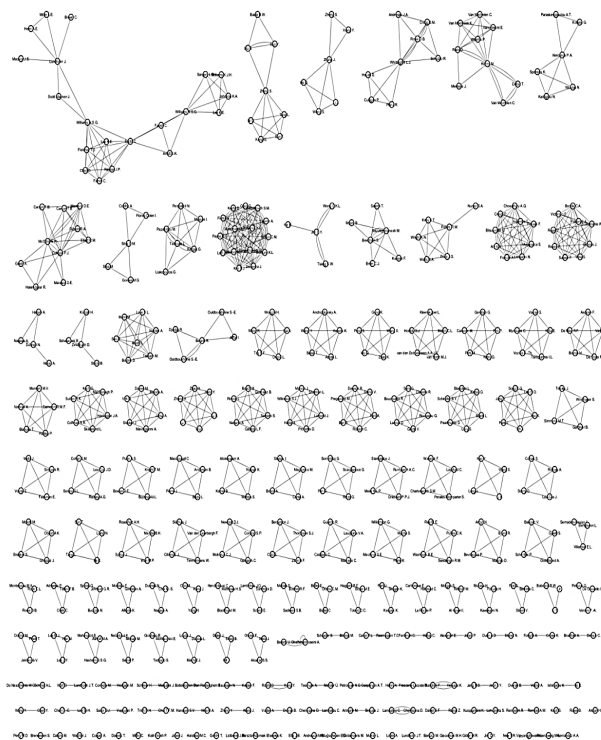


Figura 26. Mapa topológico de la red de autores del campo *Green Roofs* en el periodo 2000-2016
Fuente: elaboración propia a partir de Scopus (2018).

Los resultados de los indicadores de la red de autores del campo se presentan en la figura 26. Allí, se muestra que existen 516 autores en el campo, se evidencia también que cada autor en promedio ha publicado con otros tres autores aproximadamente. Adicionalmente, la densidad de la red es cercana a cero (0,006), lo cual evidencia que la intensidad de las conexiones entre los autores de toda la red es muy baja. Lo anterior podría indicar que la dispersión de la producción es significativa, tal como se observó en los indicadores de cantidad e impacto presentados anteriormente. Adicionalmente, en las subredes que se forman la agrupación entre sus nodos (autores) es significativa ya que cuentan con un grado de agrupamiento de 0,760.

Tabla 4. Indicadores de estructura

Indicador	2000-2008	2000-2016
Número de nodos	56	516
Densidad red	0,028	0,006
Diámetro de red	2	5
Distancia característica esperada	1,044	1,354
Número de componentes conectados	27	153
Número promedio de vecinos	1,536	3,337
Grado de agrupamiento de la red (Clusterización)	0,417	0,760
Centralización de la red	0,046	0,021
Heterogeneidad de la red	0,738	0,790
Número de nodos aislados	9	32
Componentes conectados por nodos	48,21 %	29,65 %
Componentes aislados por nodos	16,07 %	6,20 %

Fuente: elaboración propia a partir de Scopus (2018).

En la tabla 4 también se presentan los indicadores de estructura en dos períodos de manera acumulativa (2000-2008 y de 2000-2016), con el propósito de realizar un análisis de la evolución de la red de autores en el tiempo. Allí, se aprecia un aumento en el número de autores (número de nodos), en el número de autores independientes (número de nodos aislados) y en el número de subredes aisladas (número de componentes aislados). Sin embargo, la tasa de crecimiento de los nodos es mucho más grande que la de los nodos asilados y de componentes conectados. Por ello, se da una disminución de la dispersión de las subredes aisladas y las publicaciones independientes (variaciones de los indicadores componentes conectados por nodos y componentes aislados

por nodos respectivamente). Por tanto, se puede apreciar que los autores que se van adhiriendo al campo lo hacen por medio de redes ya conformadas. En este sentido, las subredes han ido aumentando en tamaño y disminuyendo en densidad, lo cual es reflejado en la evolución del grado de agrupamiento y el diámetro de la red. Pese a esto, un leve aumento de la densidad de la red refleja que los nuevos autores se relacionan con pocos autores de la subred a la cual se conectaron y como consecuencia la distancia característica esperada no ha sufrido variaciones.

Otro de los comportamientos que se evidencian en esta red de autores, es que existe aproximadamente un enlace como el camino más corto que conecta a todos los nodos de una red (1,354) y que a su vez, la máxima distancia entre cualesquiera par de nodos de la red es igual a cinco, lo cual corresponde a una tipología de redes de gestión de conocimiento interno, utilizada para maximizar la aplicación del conocimiento individual a los objetivos de la organización, estas redes evolucionan a través del mapeo temático de la experiencia dentro de la organización, y de ambientes propicios para compartir el conocimiento (Fiscella y Vásquez, 2008). Finalmente, la red es cada vez más descentralizada y más heterogénea, es decir, no existen autores centrales comunes para todo el campo, pero sí los hay para las subredes. Existe la posibilidad de que dichas subredes estén relacionadas con la desagregación del campo del conocimiento y por ende pueden representar la fragmentación de él. Posteriormente, se debe plantear los elementos referentes a los resultados, en donde se deben exponer los datos recolectados más relevantes, los hallazgos y si los hay, posibles soluciones al problema.

Conclusiones

Es bien sabido que el avance científico es la base del desarrollo económico y cultural del mundo. Por lo tanto, la evaluación objetiva de la calidad de la actividad de investigación de los estudiosos y las instituciones científicas y educativas adquiere la máxima importancia entre otras características necesarias para comprender la posición actual del mundo y su posible desarrollo futuro. Como resultado de la bibliometría de los techos verdes se mostraron los indicadores de cantidad, donde se evidencia un crecimiento en el interés por el tema, se tiene como resultado una dinámica de publicaciones de 196 documentos en los últimos dieciséis años, presentando una curva de crecimiento

exponencial a partir del año 2011 y una estabilidad en producción académica desde el año 2015-2016 siendo estos años los de mayor productividad y ha ido en aumento de forma significativa. Los países que más se preocupan por investigar del tema son: Estados Unidos, Canadá y Reino Unido, lo cual concuerda con la literatura encontrada en el presente trabajo investigativo.

De acuerdo a los autores se evidencia que los primeros diez autores que publicaron sobre el tema de techos verdes tienen una distribución equitativa en el número de publicaciones, además que hacen colaboraciones con otro tipo de autores e instituciones con el fin de ampliar la información y generar otros conocimientos.

Se concluye que el tema de los techos verdes está en una tendencia al crecimiento, también se evidencia que la red es cada vez más descentralizada y más heterogénea, es decir, no existen autores centrales comunes para todo el campo, pero sí los hay para las subredes. Existe la posibilidad de que dichas subredes estén relacionadas con la desagregación del campo del conocimiento y por ende pueden representar una fragmentación.

Referencias

- Ardanuy, J. (2012). *Breve introducción a la bibliometría*. Barcelona: Universidad de Barcelona.
- Blank, L., Vasl, A., Levy, S., Grant, G., Kadas, G., Dafni, A. y Blaustein, L. (2013). Directions in green roof research: A bibliometric study. *Building and Environment*, 66, 23-28. doi: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2013.04.017>
- Bornkamm, R. (1961). Vegetation und vegetations-entwicklung auf kiesdächern. *Plant Ecology*, 10, 1-24. doi: <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/BF00452954>
- Bowler, D. E., Buyung-Ali, L., Knight, T. M. y Pullin, A. S. (2010). Urban greening to cool towns and cities: A systematic review of the empirical evidence. *Landscape and Urban Planning*, 97(3), 147-155.

- Durieux, V. y Gevenois, P. A. (2010). Bibliometric Indicators: Quality Measurements of Scientific Publication. *Radiology*, 255(2), 342-351. doi: <https://doi.org/10.1148/radiol.09090626>
- Fernández-Bautista, A., Torralbo, M. y Fernández-Cano, A. (2014). Análisis longitudinal de tesis doctorales españolas en educación (1841-2012). *Relieve. Revista Electrónica de Investigación y Evaluación Educativa*, 20(2), 1-15. doi: <https://doi.org/10.7203/relieve.20.2.4479>
- Fiscella, J. y Vázquez, J. (2008). Conocimiento y estructura en la investigación académica: una aproximación desde el análisis de redes sociales. *Redes*, 14(1), 1-33. doi: <https://doi.org/https://doi.org/10.5565/rev/redes.121>
- Gürevin, S. y Seçkin, Ç. (2013). Resilient cities and adaptation to climate change: Chicago metropolitan area as a case study. *Journal of the Faculty of Architecture*, 10(2), 15-32.
- Hall, M. (2011). Publish and perish? Bibliometric analysis, journal ranking and the assessment of research quality in tourism. *Tourism Management*, 32(1), 16-27. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tourman.2010.07.001>
- Ibáñez, R. (2008). Techos vivos extensivos. Una práctica sostenible por descubrir e investigar en Colombia. *Alarife*, (16), 21. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3195349>
- Jovel, J. R. (1989). Los desastres naturales y su incidencia económico-social. *Revista de la Cepal*, (38), 133-146. Recuperado de <https://www.cne.go.cr/CEDO-CRID/pdf/spa/doc466/doc466-contenido.pdf>
- Lam-Gordillo, O., Baring, R. y Dittmann, S. (2020). Ecosystem functioning and functional approaches on marine macrobenthic fauna: A research synthesis towards a global consensus. *Ecological Indicators*, 115. doi: <https://bit.ly/2Oinwb4>
- Li, Y. y Babcock, R. J. (2014). Green roof hydrologic performance and modeling: a review. *Water Science and Technology*, 69(4), 727-738.

- Lovell, S. T. y Taylor, J. R. (2013). Supplying urban ecosystem services through multifunctional green infrastructure in the United States. *Landscape Ecology*, 28(8), 1447-1463. doi: <https://doi.org/10.1007/s10980-013-9912-y>
- Nascimento, W. C. y Schmid, A. L. (2008). From the Modern toit jardins to the current green roofs: Can a hit become classic? Recuperado de <https://bit.ly/2DB9BL7>
- Norris, M. y Oppenheim, C. (2007). Comparing alternatives to the Web of Science for coverage of the social sciences' literature. *Journal of Informetrics*, 1(2), 161-169. doi: <https://doi.org/10.1016/j.joi.2006.12.001>
- Pritchard, A. (1969). Statistical bibliography or bibliometrics. *Journal of Documentation*, 25(4), 348-349.
- Rueda, L., Gerdri, P. y Kocaoglu, D. (2007). Bibliometrics and Social Network Analysis of the Nanotechnology Field. Recuperado de <https://bit.ly/2AwahiZ>
- Sancho, R. (1990). Indicadores bibliométricos utilizados en la evaluación de la ciencia y la tecnología. Revisión bibliográfica. *Revista Española de Documentación Científica*, 13(3-4), 842-865.
- Thuring, C. y Grant, G. (2015). The biodiversity of temperate extensive green roofs -a review of research and practice. *Israel Journal of Ecology and Evolution*, 980, 1-14. doi: <https://doi.org/10.1080/15659801.2015.1091190>
- Tzoulas, K., Korpela, K., Venn, S., Yli-Pelkonen, V., Kaźmierczak, A., Niemela, J. y James, P. (2007). Promoting ecosystem and human health in urban areas using Green Infrastructure: A literature review. *Landscape and Urban Planning*, 81(3), 167-178. doi: <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2007.02.001>
- Umadevi, V. (2013). Case study–centrality measure analysis on co-authorship network. *Journal of Global Research in Computer Science*, 4(1), 67-70. Recuperado de <https://bit.ly/2BfgrE>

Zhao, X., Zuo, J., Wu, G. y Huang, C. (2019). A bibliometric review of green building research 2000-2016. *Architectural Science Review*, 62(1), 74-88. doi: <https://doi.org/10.1080/00038628.2018.1485548>

Capítulo 4

Productividad investigativa y tendencias en el campo de la ingeniería industrial a partir de un análisis bibliométrico

Alejandro Valencia-Arias¹, L.I. Bedoya-Corrales², Cristina Ocampo-Osorio³, Anderson Manuel Trespalacio González⁴ y David Alberto García Arango⁵

Resumen

La ingeniería industrial es una disciplina que ha impactado el desarrollo de la industria, desde los retos técnicos hasta administrativos. Por lo tanto, es importante proyectar las tendencias que marcan esta ingeniería a partir de la revolución industrial, con el fin de orientar el desarrollo científico futuro en el tema. Este artículo presenta un análisis bibliométrico sobre la productividad investigativa de la ingeniería industrial en la ventana de tiempo 2005–2020, soportado en la base de datos Scopus. Se cuantifica la producción científica por año, autores, países y revistas científicas, partiendo de la construcción de la ecuación de búsqueda bajo los términos clave en inglés: producción, logística, manufactura y gestión estratégica. En la investigación se evidenció que no hay un patrón definido que analice el comportamiento de la cantidad de publicaciones científicas en ingeniería industrial, destacándose países como China y Estados Unidos en producción científica para la ventana de tiempo observado, mientras que los países latinoamericanos, no presentaron una cantidad significativa de publicaciones. Finalmente se muestra una tendencia hacia los temas de sostenibilidad, medio ambiente, producción más limpia, manufactura, logística y gestión estratégica.

1 Doctor en Ingeniería, Industria y Organizaciones, magíster en Ingeniería de Sistemas, Ingeniero Administrador. Docente del Instituto Tecnológico Metropolitano y de la Corporación Universitaria Americana, Medellín, Colombia. Correo: javalenciar@gmail.com

2 Magíster en Ingeniería Agroindustrial, Ingeniería Mecánica. Docente de la Corporación Universitaria Americana, Medellín, Colombia. Correo: libedoya@americana.edu.co

3 Maestranda en Gestión de Organizaciones, Instituto Tecnológico Metropolitano. Docente investigadora de la Institución Universitaria Escolme, Colombia. Correo: cristinaocampoosorio@gmail.com

4 Magíster en Administración, ingeniero industrial. Docente de la Corporación Universitaria Americana, Medellín, Colombia. Correo: amtrespalacio@americana.edu.co

5 Licenciado en matemáticas y física, magíster en Matemáticas Aplicadas. Corporación Universitaria Americana. Correo: dagarcia@coruniamericana.edu.co

Palabras clave: bibliometría, ingeniería, industrial, tendencias.

Introducción

La ingeniería representa una forma de aplicación de la ciencia, que envuelve el uso de las matemáticas y las ciencias naturales con el fin de desarrollar nuevas formas en las que se aprovechen los recursos disponibles para el beneficio de la humanidad, de esta manera el ingeniero es el profesional, que, desde su área de experticia, contribuye con su habilidad y experiencia en el desarrollo de problemas que afectan a la sociedad en el día a día. En general, la ingeniería empezó a desarrollarse debido a las necesidades que tenían las personas en los diferentes contextos y épocas. Singularmente durante el periodo de guerras en Europa, la ingeniería tomó un papel importante en el desarrollo de diversos artefactos, así como el avance de tecnologías en varios sectores. La revolución industrial, dio un gran paso para el desarrollo de la ingeniería pues integró la industria y sus retos técnicos y administrativos, desarrollando teorías y metodologías para el continuo avance tecnológico al que se ha llegado en la actualidad. El constante ritmo del crecimiento industrial y económico, dio lugar a la conformación de escuelas de ingeniería alrededor del mundo para poder dar solución con el ingenio a los problemas propios de cada región. La ingeniería industrial nace justamente para poder dar solución a los problemas y retos que suponía la industria y su crecimiento. La administración y la producción en masa de productos fueron los principales retos que se debían asumir y que impulsaron estos desarrollos. De esta manera, el ingeniero industrial es el profesional encargado de diseñar métodos y herramientas de trabajo, con el fin de conocer mejor el proceso y de esta manera saber administrarlo, para poder hacer los procesos menos costosos y mejorar su productividad. El avance de los procesos industriales de producción dio un enfoque a la ingeniería industrial con el que se estudiaba el proceso desde la parte técnica y operativa, hasta los conceptos de administración y control. La ingeniería industrial entonces se moldea a las necesidades industriales que se tenga en el contexto, se alinea a nuevas tendencias en la planificación y desarrollo de procesos industriales, que van desde la obtención de la materia prima hasta la entrega del producto final y su venta. De esta manera, la ingeniería industrial ha evolucionado desde los primeros conceptos de procesos de producción, hasta el manejo de los sistemas de información que operan las empresas en la actualidad, permitiendo que la mayoría de las actividades se desarrollen de manera muy rápida y dinámicamente (Baca et al., 2014).

La ingeniería industrial es el área del conocimiento humano, orientada hacia la formación de profesionales capaces de planificar, diseñar, implantar, operar, mantener y controlar, eficientemente, organizaciones integradas por personas, materiales, equipos e información, con la finalidad de asegurar el mejor desempeño de los sistemas relacionados con la producción y administración de bienes y servicios (Franco-Vásquez, 2015). Definido por el Instituto de Ingeniería Industrial y de Sistemas (IISE, por sus siglas en inglés), el ingeniero industrial puede ser visto como el agente gestor del mejoramiento de la productividad. Sus esfuerzos se dirigen a implementar el mejor proceso de producción, a través del diseño de sistemas integrados que involucran los aspectos más importantes de una empresa tales como: los empleados, los materiales utilizados, la información, los equipos incluyendo las nuevas tecnologías, y por supuesto la energía disponible.

Con la premisa de que la ingeniería industrial abarca varios campos de acción en la investigación, se orienta todo el documento, puesto que se comprueba mediante el proceso de consulta e investigación, las perspectivas favorables por su campo de acción y la visión de cambios que se aproximan, de tal forma que para hacer un análisis a las literaturas de ingeniería industrial de carácter científico, se emplea un enfoque metodológico descriptivo, a partir de un análisis bibliométrico bajo la base de datos Scopus, ya que, como método de análisis de literatura, permite la identificación del interés de los autores y tendencias de investigación en un tema en particular y su dinámica a través del tiempo, esto con el fin de aumentar la efectividad en futuras investigaciones (Knapczyk, Francik, Pedryc, y Hebda, 2018; Arias-Ciro, 2020). La presente investigación está centrada en calcular la cantidad de documentos y analizar los valores encontrados en la producción científica por año, por revista científica, por país y por autor, con el fin de identificar las tendencias de la ingeniería industrial en el futuro próximo.

Metodología

Para encontrar tendencias en la producción científica en ingeniería industrial, se parte de los términos clave en inglés: producción, logística, manufactura y gestión estratégica. La revisión de la literatura se realizó a partir de un análisis bibliométrico, para el cual se identificó la base de datos Scopus como medio de búsqueda, ya que es una herramienta que permite hacer

análisis de información a gran escala por ser un repositorio multidisciplinar de resúmenes y citas más grande en la investigación científica (Archambault, Campbell, Gingras, y Larivière, 2009; Gómez-Molina *et al.*, 2018). Posteriormente, se construyó la ecuación de búsqueda con los términos clave y los operadores booleanos OR/AND, para la exclusión e inclusión de la búsqueda, teniendo en cuenta el objetivo de la investigación; la ecuación empleada se presenta a continuación:

```
( TITLE ( "Industrial engineer*" ) AND TITLE ( logistics OR production OR manufactur* OR "Strategic management" ) ) OR ( KEY ( "Industrial engineer*" ) AND KEY ( logistics OR production OR manufactur* OR "Strategic management" ) ) AND ( LIMIT-TO ( SRCTYPE , "j" ) ) AND ( LIMIT-TO ( DOCTYPE , "ar" ) ) AND ( LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2020 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2019 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2018 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2017 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2016 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2015 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2014 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2013 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2012 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2011 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2010 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2009 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2008 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2007 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2006 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2005 ) )
```

La ejecución y extracción de datos en Scopus, se realizó a partir de la ecuación de búsqueda, a partir de los cuales se construyeron los indicadores a analizar y finalmente se presentó los hallazgos y conclusiones de la búsqueda. La búsqueda en la base de datos para el periodo 2005–2020, arrojó 1.957 resultados de artículos publicados, y se definieron cuatro indicadores: publicaciones por año, publicaciones por revista, publicaciones por país y publicaciones por autor.

Resultados y análisis

Publicaciones por año

Este indicador muestra el comportamiento de la cantidad de publicaciones nuevas que se han desarrollado dentro de los años 2005 al 2020. En la figura

27, se evidencia que se presenta un comportamiento creciente definido, el año 2008 fue el año con mayor productividad en el tema con más de 360 publicaciones, a partir del año 2009 y hasta el año 2013, se identificó un crecimiento constante en el interés de realizar y publicar investigaciones relacionadas con la Ingeniería Industrial, sin embargo, durante los dos años siguientes se presentó una disminución relevante en las publicaciones al respecto, a partir del año 2016 y hasta el año 2018, se reactivó el interés por el tema, sin embargo, desde entonces y a la fecha se ha evidenciado una disminución en el número de publicaciones nuevas anuales.

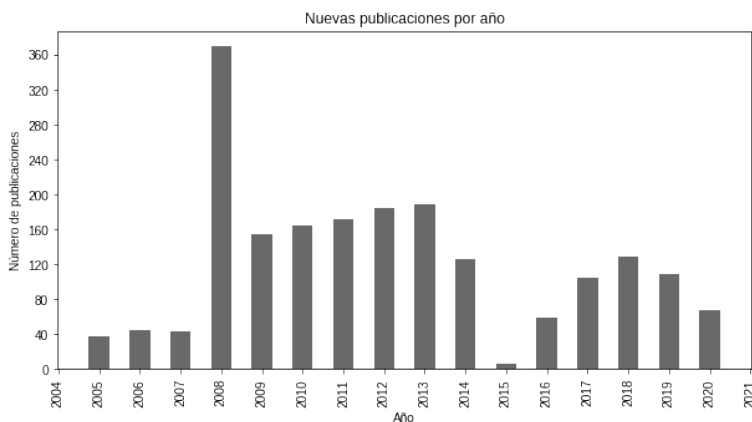


Figura 27. Nuevas publicaciones por año.

Fuente: elaboración propia.

Publicaciones por revista

En la figura 28, se pueden observar las diez revistas con mayor cantidad de publicaciones en el campo general, lo que implica las revistas con mayor productividad en trabajos referentes a los campos de acción de un profesional en ingeniería industrial. La primera de ellas con 293 publicaciones en el tema es la revista *Journal of Cleaner Production*, revista transdisciplinaria dedicada a realizar publicaciones en áreas de negocios, gestión estratégica, ingeniería industrial, sostenibilidad y medio ambiente, con trabajos referentes principalmente a producción más limpia y ayudar a las sociedades al desarrollo sostenible. En segundo lugar, se encuentra la revista alemana *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, con 77 publicaciones, dicha revista se enfoca en las áreas de ciencias de la computación,

ingeniería industrial y de manufactura, sus publicaciones están enfocadas en sistemas de automatización de fábricas, son publicaciones desde la investigación pura, complementadas obligatoriamente con su implementación en la práctica. La siguiente revista en el *ranking* de las diez más productivas al tener 57 publicaciones, se encuentra la revista *International Journal of Production Research*, revista de las áreas de gestión estratégica, ingeniería industrial y de manufactura e investigación de operaciones, la tendencia de sus publicaciones abarca la gestión, medición y toma de decisiones en gestión de operaciones, sistemas de producción y logística y nuevas tecnologías. Las demás revistas del *ranking* de las diez más productivas cuentan con entre 20 y 32 publicaciones.

Según este indicador se evidencia que no se cumple con la ley de Pareto, debido a que el 39,8 % de las revistas publicaron el 80 % de la producción académica. Por lo tanto, se separó el porcentaje de revistas por cuartiles, y se presentó que el 0,8 % de las revistas publica el 25 % de la producción científica y el 32,2 % de las revistas publica el 75 % de la producción académica, adicionalmente, la mitad de las publicaciones académica las publica el 6,5 % de las revistas, de lo cual se puede inferir que en una pequeña cantidad de revistas, se tiene un número mayor de publicaciones científicas en ingeniería industrial. Además, en el indicador resulta que el 58,9 % de las revistas ha publicado un único trabajo con respecto al tema de interés, lo que implica que existe dispersión en la divulgación del conocimiento.



Figura 28. Revistas con más publicaciones

Fuente: elaboración propia.

Publicaciones por país

Al realizar el análisis de las publicaciones por país, se encontró el comportamiento de los países con respecto a su producción científica en el tema de la ingeniería industrial. En la figura 29, se encuentran los diez países con mayor número de publicaciones, China encabeza la lista siendo el país con mayor productividad en trabajos de ingeniería industrial, con más de 300 publicaciones; el segundo lugar lo ocupa Estados Unidos con más de 250 publicaciones en el campo, seguido por Alemania y Reino Unido con más de 100 publicaciones cada uno. Los demás países como Taiwan, Francia, Corea del sur, España, India y Japón cuentan con entre 50 y 100 publicaciones, se puede observar que a pesar de haber una gran cantidad de publicaciones en el tema de interés, no hay países latinoamericanos, por lo tanto, se deben promover estrategias para fomentar la investigación en la producción, logística, gestión estratégica y manufactura de la industria, que apunten a resolver las necesidades sociales, económicas, de toma de decisiones y culturales de estas. Este indicador también refleja que el 17,1 % de los países realiza el 80 % de la producción científica, se procedió a separar el porcentaje de países por cuartiles y se obtuvieron los siguientes resultados: se presentó que el 1,9 % publica el 25 % de la producción académica, el 14,3 % publica el 75 % de la producción académica, la mitad de las publicaciones es realizada por el 5,7 %, esto significa que el porcentaje de publicaciones es mayor al porcentaje de países que realizan publicaciones, es decir, existe un número de publicaciones científicas con respecto a la ingeniería industrial dispersas en una pequeña cantidad de países. El indicador además presenta que el 38,1 % de los países ha publicado un único trabajo con respecto al tema de interés, lo que implica que existe dispersión en la divulgación del conocimiento en el campo.

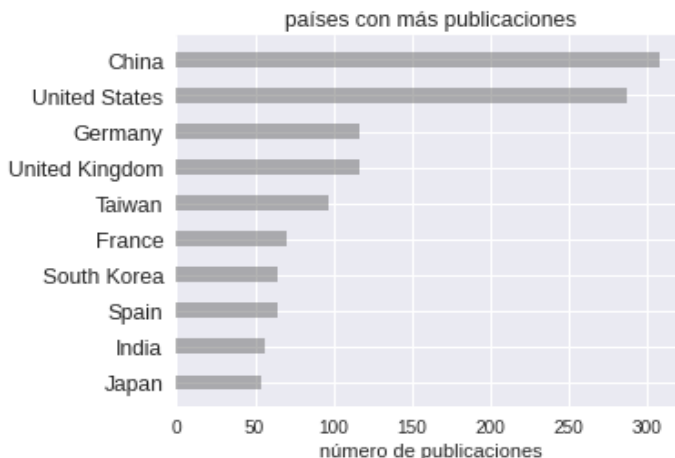


Figura 29. Países con más publicaciones
Fuente: elaboración propia.

Por otra parte, la ley de potencias para el número de publicaciones en diferentes países, nos indica la relación que existe entre el número de publicaciones y el número de países, ley de productividad, que postula que a medida que aumenta el número de trabajos, el número de países disminuye. En la figura 30, se evidencia que pocos países tienen un gran número de publicaciones en el tema específico. El coeficiente de determinación es ($R^2 = 0,533$) lo que demuestra que no hay un buen ajuste para la productividad.

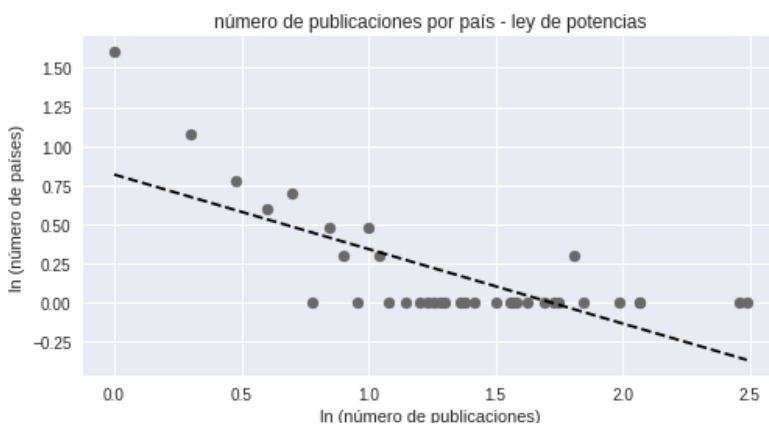


Figura 30. Número de publicaciones por país. Ley de potencias
Fuente: elaboración propia.

En la figura 31, se pueden observar sombreados los países que han realizado el mayor número de publicaciones científicas en relación a la ingeniería industrial, producción, gestión estratégica y manufactura, siendo las tonalidades de oscuro a claro la identificación del número de producciones de mayor a menor respectivamente. Es importante resaltar, que dentro de los países latinoamericanos no muy productivos, pero con algunas publicaciones en este tema, están Brasil, Colombia, Venezuela, Argentina y Chile. Además, la mitad de la producción académica de los resultados son publicados por el 5,7 % de los países y el 38,1 % han publicado un solo trabajo.



Figura 31. Publicaciones por país
Fuente: elaboración propia.

Publicaciones por autor

En la figura 32, se presentan los diez autores que tienen una mayor cantidad de publicaciones en los campos de acción de un profesional en ingeniería industrial, como producción, manufactura, logística y gestión estratégica, el primero de los diez más productivos es el autor Y. Li, según las publicaciones arrojadas por la ecuación de búsqueda, la tendencia de este autor en sus trabajos es principalmente acerca de procesos de producción, el planteamiento y desarrollo de métodos para mejorar procesos, diagnósticos de calidad, asignación y fuentes de recursos renovables en áreas diversas de manufacturas. El segundo autor más productivo es X. Zhang con quince trabajos de investigación en el campo publicados, este autor habla en su mayoría de artículos acerca de propuestas de métodos de análisis y planificación de procesos de producción, incluyendo la tecnología para la innovación, diseño y evaluación

de las capacidades de cada proceso. Seguido está el autor Y. Wang, con catorce publicaciones en el campo de investigación, sus principales temáticas abarcan la optimización en la programación de procesos de fabricación sostenible y energías renovables. Los demás autores *del top 10* de los más productivos cuentan con menos de doce publicaciones en el campo de interés. Según este indicador, no se cumple con el principio de Pareto, debido a que el 76,6 % de los autores publica el 80% de la producción académica en el tema. Por lo tanto, se hizo necesario proceder a separar el porcentaje de autores por cuartiles, presentando los siguientes resultados: el 12,2 % de los autores publica el 25 % de la producción académica, el 41,5 % publica la mitad de la producción académica y el 70,7 % de autores publica el 75 % de esta producción. Además, el indicador muestra que el 89,9 % de los autores han publicado un único trabajo con respecto al tema de interés. En este caso, se presenta que la distribución de las publicaciones por autores es relativamente equitativa, es decir, un porcentaje de autores publica proporcionalmente el mismo porcentaje de trabajos, lo que evita que predominen publicaciones de un único autor.



Figura 32. Autores con más publicaciones

Fuente: elaboración propia

Por otra parte, la ley de potencias para el número de publicaciones por autor, nos indica la relación que existe entre el número de publicaciones y el número de autores, ley de productividad, que postula que a medida que aumenta el número de trabajos el número de autores disminuye. En la figura 33,

se evidencia que se cumple dicha ley, pocos autores tienen un gran número de producciones científicas. El coeficiente de determinación en este caso es mayor a 0,9 ($R^2=0,977$) lo que demuestra un ajuste totalmente adecuado para la productividad.



Figura 33. Número de publicaciones por autor. Ley de potencias
Fuente: elaboración propia.

Conclusiones

Se observa que las publicaciones realizadas en los últimos quince años relacionadas con ingeniería industrial, tuvieron un aumento creciente durante los primeros diez años, sin embargo, en los últimos cinco años, se ha presentado un comportamiento decreciente en el tema, lo cual indica que es necesario afianzar y relacionar esta disciplina con otras áreas del conocimiento que han venido tomando fuerza en la industria, para así mejorar y fortalecer esta disciplina.

El análisis bibliométrico realizado muestra que no hay un patrón definido en el comportamiento de la cantidad de publicaciones científicas en ingeniería industrial, donde se resaltan los temas de sostenibilidad, medio ambiente, producción más limpia, manufactura, logística y gestión estratégica, como los de más interés por publicar para las revistas científicas y autores.

El indicador de publicaciones por países, evidencia que se deben plantear estrategias para fomentar las publicaciones en ingeniería industrial en los países latinoamericanos, en temas como logística, gestión estratégica y manufactura de la industria, que apunten a resolver las necesidades sociales, económicas, de toma de decisiones y culturales, debido a que ninguno de ellos ha participado con publicaciones sobre el tema, el cual es importante para fortalecer el desarrollo industrial de estos países emergentes.

Referencias

- Arias-Ciro, J. (2020). Bibliometric Study of the Efficiency of Public Expenditure on Education. *Revista CEA*, 6(11), 127-144.
- Archambault, É., Campbell, D., Gingras, Y. y Larivière, V. (2009). Comparing bibliometric statistics obtained from the web of science and scopus. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 60(7), 1320-1326. doi: <https://doi.org/10.1002/asi.21062>
- Baca, G., Cruz, M., Cristóbal, M., Baca, G., Gutiérrez, J., Pacheco, J., ... y Obregón, M. (2014). *Introducción a la ingeniería industrial*. Ciudad de México: Grupo Editorial Patria.
- COIIAOC. (8 de octubre de 2015). Los ingenieros industriales opinan: “el futuro de la ingeniería”. *Revista del Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Andalucía Occidental*. Recuperado de <https://bit.ly/2Oo76y4>
- Franco-Vásquez, P. (2015). Tendencia de la ingeniería industrial. *Revista Académica e Institucional Universidad Católica de Pereira*, 97(1), 93-108.
- Gómez-Molina, S., Duque Cano, L., Bran-Piedrahíta, L., Valencia-Arias, A. y Martínez-Herrera, E. (2018). Tendencias investigativas en salud urbana: resultados desde un análisis bibliométrico. *Revista Geográfica Venezolana*, 60(1), 74-92.
- Knapczyk, A., Francik, S., Pedryc, N. y Hebda, T. (2018). Bibliometric analysis of research trends in engineering for rural development. Recuperado de <https://bit.ly/38SN08j>

Sistema Nacional de Información de Educación Superior –Snies. (2020). Módulo de consultas. Recuperado de <https://snies.mineducacion.gov.co/portal/>

Zartha, J. (2012). Estudio de prospectiva de la ingeniería industrial al 2025 en algunos países miembros de la OEA. Recuperado de <https://bit.ly/309BO39>

Capítulo 5

Revista de acceso abierto: identificación de factores que inciden en el desarrollo de la ciencia abierta¹

David Alberto García Arango², César Felipe Henao Villa³, Marco Aurelio Mejía Cardona⁴, Jovany Sepúlveda-Aguirre⁵ y Alejandro Valencia-Arias⁶

Resumen

Se identifican factores que relacionan el concepto de ciencia abierta y las características de revistas de acceso abierto e interpretarlos desde el índice de datos abiertos por regiones. La metodología, de corte mixto, trabaja primero la búsqueda por regiones de textos relacionados con el concepto de ciencia abierta. Segundo, se toman las bases de datos del Directorio de Revistas de Acceso Abierto (DOAJ) y *Scimago Journal Rank* (SJR) para compararlas por países respecto la fecha de inicio de publicación en acceso abierto, el número promedio de semanas entre envío y publicación y el área del conocimiento al cual pertenecen realizando organización factorial y por *cluster*. Los resultados obtenidos se contrastaron con el índice de datos abiertos por regiones de la Open Knowledge International, identificando la influencia de las políticas regionales en la relación entre el concepto de ciencia abierta y el impacto de las revistas científicas de acceso abierto.

1 Capítulo de libro de investigación resultado del proyecto titulado *Implementación de un modelo de gestión del conocimiento mediado por dispositivos transductores de competencias transdisciplinarias en la facultad de ingeniería de la Corporación Universitaria Americana, sede Medellín*³⁷ y realizado entre junio de 2018 y noviembre de 2020. (número de referencia IV – 2014ID).

2 Licenciado en matemáticas y física, magíster en Matemáticas Aplicadas. Corporación Universitaria Americana. Correo: dagarcia@coruniamericana.edu.co

3 Ingeniero de sistemas, magíster en Entornos Virtuales de Aprendizaje. Corporación Universitaria Americana. Correo: chenao@coruniamericana.edu.co

4 Ingeniero industrial, máster en Administración y Negocios. Corporación Universitaria Americana. Correo: decanaturaingenierias@coruniamericana.edu.co

5 Bibliotecólogo, magíster en Gestión de la Innovación Tecnológica, Cooperación y Desarrollo Regional. Corporación Universitaria Americana. Correo: jasepulveda@americana.edu.co

6 Ingeniero Administrador, magíster en Ingeniería, Ingeniería de Sistemas, doctorado en Ingeniería, Industria y Organizaciones. Corporación Universitaria Americana. Correo: jvalencia@americana.edu.co

Palabras clave: ciencia abierta, revistas de acceso abierto, índice de datos abiertos, políticas de datos abiertos.

Introducción

El desarrollo cada vez más complejo de las interacciones entre los actores del ecosistema académico, un ecosistema cada vez más mediado por las tecnologías digitales y las nuevas formas de interacción, conlleva a un cambio en las formas de relación entre la ciencia y la sociedad. La ciencia abierta es el resultado de esas voces que pretenden hacer visibles dos principios naturales del vínculo entre el quehacer científico y la sociedad pero que posiblemente han sido opacados por la globalización y mercantilización tan impregnadas en las actividades económicas del presente siglo y de cuyo efecto la divulgación científica no es ajena ni mucho menos invulnerable (Caldera-Serrano, 2018). Estas características son la transparencia y la accesibilidad. En este sentido, Vicente-Sáez y Martínez-Fuentes (2018), señalan que “ciencia abierta es conocimiento accesible y transparente que es compartido y desarrollado a través de redes colaborativas” (p. 7). Si bien es cierto que los primeros estudios detectados respecto a ciencia abierta se dieron a mediados de los años ochenta (Chubin, 1985), la búsqueda de la propagación y divulgación de los resultados científicos se remontan a la primera revista académica denominada *Philosophical Transactions* que desde 1665 hasta la actualidad presenta los escritos y producciones científicas en la *Royal Society* y que a raíz de las necesidades de la sociedad del conocimiento ha mirado hacia el acceso abierto desde el año 2006 para “aprender y prepararse para escenarios futuros” (Mcdougall-Waters y Moxham, 2014).

Es así como la ciencia abierta representa la necesidad de integrar los actores sociales en las formas de saber y conocer de tal forma que según Ayris *et al.* (2018), “ciencia abierta, quizá más propiamente llamada *Open Scholarship* (academia abierta) en inglés, representa un cambio cultural en la forma en que los interesados en la investigación, educación y comunidades de intercambio de conocimiento crean, almacenan, comparten y entregan los resultados de su actividad” (p. 2). La consideración de una ciencia abierta, que en su sentido original y menos restrictivo sería pensada desde la academia abierta, le da un carácter de mayor complejidad al ya complejo ámbito académico en el sentido en el sentido en que “explícitamente incrementa el número de actores

relevantes incluyendo un público más amplio, nueva tecnología y proveedores de servicios (y sus inversores), y una inclusión más amplia de los usuarios de la investigación, junto con los actores tradicionales” (Ayris *et al.*, 2018). De ahí que se hace menester considerar la identificación de los roles de estos nuevos actores y la forma en que éstos se relacionan, la ciencia abierta más que una tendencia emergente, representa una mirada crítica respecto al aumento exponencial de la información que conlleva una mayor responsabilidad respecto a la curaduría de contenidos para la sociedad en general.

Debido a la gran cantidad de posibilidades y dimensiones de comprensión de esta temática, el presente artículo se centra en identificar factores de relación entre tres grupos de interesados en el concepto de ciencia abierta: autores de artículos de ciencia abierta, revistas de acceso abierto y países. El análisis de relaciones entre los tres grupos anteriormente mencionados permitió identificar características de factores transversales a nivel cualitativo y cuantitativo para así contribuir a la comprensión del rol de la ciencia abierta en los desafíos de la academia en la sociedad del conocimiento y las tecnologías digitales.

Desarrollo

Metodología

El desarrollo de la investigación se llevó a cabo con base en las cuatro instancias del proceso de investigación desde el punto de vista de la justificación de conocimientos propuestos por Samaja (2012, p. 212): instancia de validación conceptual, instancia de validación empírica, instancia de validación operativa e instancia de validación expositiva.

● Instancia de validación conceptual

Análisis discursivo-hermenéutico que toma como referencia la búsqueda de artículos cuyos títulos contengan *open science* o *ciencia abierta* considerando únicamente artículos indexados. La búsqueda se realizó en el motor académico de búsquedas Bielefeld Academic Search Engine (BASE) que conglomeraba referencias a más de 145 millones de producciones de diferentes

fuentes académicas. La ecuación de búsqueda fue “open science” OR “ciencia abierta” en el campo de título, igualmente se tomaron artículos indexados de acceso abierto o de acceso restringido que contuvieran año de publicación de 2016 a 2019, se eligió este período considerando una ventana aproximada de observación de tres años con la finalidad de conocer acerca del estado del arte en el tema. Los resultados se catalogaron según el continente en el cual fueron publicados (África, Asia, Australia/Oceanía, Europa, Norteamérica, Sudamérica). Los criterios de selección obedecieron a los pasos propuestos por el diseño de revisión de literatura que pueden revisarse en Booth, Sutton, y Papaioannou (2016): búsqueda (estrategia de identificación de estudios), evaluación (estrategia de evaluación de la calidad de los estudios), síntesis (estrategia de extracción de datos) y análisis (estrategia de análisis de datos).

• Instancia de validación empírica

Se llevó a cabo un análisis de *cluster* jerárquicos con el método de agrupación de enlace entre grupos y utilizando el índice de disimilitud de la distancia euclídea al cuadrado, esto con la finalidad de agrupar la muestra en subgrupos con características similares en relación con las respuestas obtenidas. Tratamientos a este respecto pueden verse en Alaminos Chica, Francés García, Penalva Verdú y Santacreu Fernández (2015). Posteriormente se aplicó un análisis factorial con método de extracción de componentes principales y rotación varimax, con la finalidad de identificar factores que agrupen las variables identificadas en relación con las respuestas obtenidas. Los valores de regresión obtenidos para cada factor se graficaron en un diagrama de dispersión para identificar la forma en que se distribuyen los clústeres en relación con los factores. Para el proceso anteriormente descrito, se consideraron los datos obtenidos de la base de datos del directorio de revistas de acceso abierto (DOAJ por sus siglas en inglés) (Directory of Open Access Journals, 2019) tomando como valores de análisis el primer año en que la revista provee contenido de acceso abierto y el número promedio de semanas entre el envío y la publicación para de esta forma realizar una clasificación por clústeres según el país de publicación. El mismo tratamiento se realiza para la base de datos de *Scimago Journal Rank*, (2019) pero esta vez considerando las variables que proveen los datos (H index, Total Docs. (2017), Total Docs. (3 years), Total Refs., Total Cites (3 years), Citable Docs. (3 years), Cites/Doc. (2 years), Ref./Doc.

- **Instancia de validación operativa**

Se analizan los resultados obtenidos en las etapas anteriores y se comparan con el índice global de datos abiertos (Global Open Data Index, 2017). Estas comparaciones permiten identificar a nivel cualitativo relaciones para triangular la información e interpretarla en el marco de las políticas de datos abiertos a nivel mundial.

- **Instancia de validación expositiva**

Se presenta la discusión y conclusiones de la relación entre las tres instancias anteriores desde un contexto internacional.

Resultados y discusión

A continuación, se presentarán los resultados obtenidos y su análisis para cada una de las instancias de validación. Mediante la ecuación de búsqueda se encontró un total de 272 artículos que contienen en su título las palabras *open science* o *ciencia abierta*. La clasificación obtenida inicialmente, así como la obtenida luego de eliminar repeticiones, se presenta en la tabla 5.

Tabla 5. Cantidad de artículos con referencia al tema de estudio antes y después de eliminar repeticiones

Continente	Antes	Después
Europa	229	149
Norteamérica	22	22
Sudamérica	12	11
África	6	5
Asia	2	2

Fuente: elaboración propia.

Con base en los artículos seleccionados, se procedió a realizar la codificación de los resúmenes de los artículos utilizando el *software* NVIVO, similar a como se plantea en da Silva Alvez, Filho y da Silva (2015) o crecimiento

to exponencial da produção textual facilita o desenvolvimento de pesquisas científicas inovadoras. Apesar disso, são poucos os trabalhos que examinam sistematicamente esse tipo de informação. Esse trabalho apresenta uma introdução ao NVivo a partir da análise de conteúdo da Lei 11.340/2006. A principal meta é fornecer um guia prático e intuitivo para manuseio do software . Metodologicamente, demonstramos o passo a passo de sua utilização com o objetivo de elaborar uma tipologia dos dispositivos legais da Lei Maria da Penha. Os principais resultados indicam que (1. Para los artículos se procede a codificarlos automáticamente obteniendo palabras clave que engloban sub-categorías temáticas (ver tabla 6).

Tabla 6. Palabras clave que son categorías para los artículos analizados

Región	Nombre
África	<i>access, knowledge, research, researchers, society, universities</i>
Sudamérica	<i>access, citizen, communication, data, environment, model, open science, research, scientific communication</i>
Norteamérica	<i>data, Science</i>
Europa	<i>access, data, open, open science, research, Science</i>
Asia	<i>agencies, funds, open science, research, worldwide</i>

Fuente: elaboración propia.

De la tabla 6 pueden observarse relaciones con la palabra *ciencia abierta* u *open science* que dan cuenta de procesos, actores o características propias de cada región. Posteriormente, se obtuvo una búsqueda de frecuencia de palabras mostrando las palabras más frecuentes cuya longitud mínima sea de cuatro caracteres, se permitió el conteo tomando como referencia palabras similares respecto a sinónimos, los resultados se pueden observar en la tabla 7.

Tabla 7. Palabras que más aparecen en los resúmenes

Palabra	Longitud	Conteo	Palabra	Longitud	Conteo
Support	7	401	Results	7	400
Open	4	2768	Process	7	394
Science	7	1882	Help	4	391
Research	8	1420	Sharing	7	384
Data	4	1022	Project	7	381

Access	6	741	Scientific	10	337
Publishing	10	633	knowledge	9	325
Innovation	10	629	Abstracto	9	312
development	11	570	Models	6	289
Make	4	557	Policies	8	225
Study	5	532	biblioteca	10	202
Present	7	436	collaborative	13	194
communication	13	425	Ciencia	7	192
Practices	9	421	importado	9	187
University	10	406	Datos	5	180

Fuente: elaboración propia.

La codificación indica una relación entre varios artículos para las palabras clave. Posteriormente, se procedió a relacionar codificaciones y se seleccionaron los artículos con mayor cantidad de relación con las palabras clave en comparativos por regiones, los resultados obtenidos se presentan en la tabla 8.

Tabla 8. Artículos con mayor relación con las palabras clave obtenidas de la codificación presentada en la tabla 7

Nombre del artículo	Descripción general del artículo	Referencia
Open science and intellectual property rights an insight at the creative economy and the science of commons	Presenta la necesidad de promover la ciencia abierta para evitar la mercantilización de la propiedad intelectual bajo modelos económicos tradicionales y promoviendo un entorno abierto, colaborativo y compartido.	(De Oliveira, Guimarães y Di Giacomo, 2019)
Ciencia ciudadana como emprendimiento de la ciencia abierta: el riesgo del espectáculo de la producción y el acceso al dato. Hacia otra ciencia ciudadana	Analiza el riesgo que existe de que la ciencia ciudadana derive en la recolección y clasificación de datos llevando a que los valores democráticos que subyacen a la concepción de apertura científica se tornen más que genuinos, espectaculares.	(De Oliveira <i>et al.</i> , 2019)
Scholarly communication under the Open Science spectrum: a contemporary conceptual model	Presenta un modelo conceptual de comunicación científica inspirados en los conceptos de ciencia abierta.	Silva, Pinto, Silva de Carvalho, Pereira y Leite, 2017)
La ciencia abierta (open science) bajo el paraguas de Europa	Analiza el apoyo estructural a la ciencia abierta en Europa, que viene acompañado de políticas e iniciativas encaminadas a crear un cambio cultural hacia una ciencia en la que compartir datos, publicar en acceso abierto, abrir el proceso de revisión, abrir las puertas a nuevas formas de evaluación académica basadas en nuevas métricas, y abrir las puertas a la ciudadanía forman parte de una visión de ciencia responsable y compartida.	(Silva <i>et al.</i> , 2017)

Accelerating open science: The collaborative replications and education project (CREP)	Se presenta una estrategia que posibilita acelerar la transición hacia la ciencia abierta denominado CREP que presenta la ciencia abierta al inicio de la formación en investigación para los estudiantes. Se presentan experiencias prácticas.	(Pfuhl y Grahe, 2018)
From Open Access to Open Science from the viewpoint of a scholarly Publisher	Resume los aspectos clave de la transformación de acceso abierto a través de los datos abiertos para llegar a la ciencia abierta desde el punto de vista de un editor académico.	(Penev, 2017)

Fuente: elaboración propia.

En principio se analizó la base de datos del DOAJ, la cual cuenta con 12.660 registros de revistas de acceso abierto; como variables de estudio se consideró el tiempo promedio de tiempo semanal entre envío y publicación para cada revista (eje horizontal) y el año en el cual la revista inicia con la generación de contenido abierto (eje vertical). La distribución de la muestra por *cluster* respecto a las variables previamente mencionadas, fueron tratadas con el *software* SPSPS, obteniendo los resultados de la figura 34.

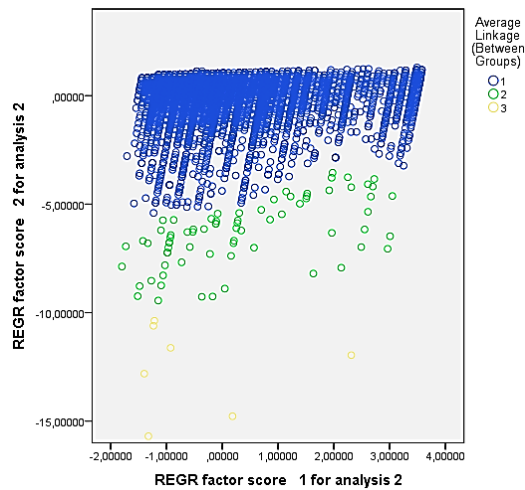


Figura 34. Relación entre *cluster*, año de inicio de acceso abierto y frecuencia de publicación
Fuente: elaboración propia.

Los resultados obtenidos presentan una relación interesante en el sentido en que se obtiene una clasificación de los datos en tres grupos que se caracterizan en la tabla 9.

Tabla 9. Caracterización de revistas de acceso abierto según los clústeres obtenidos con el software SPSS

Grupo	Cantidad de artículos	Promedio de tiempo (año) de inicio en acceso abierto	Promedio de tiempo de publicación	Países con mayor participación (primeros 10)
1	12.580	2009, 35	16,58	Reino Unido (1468), Indonesia (1404), Brasil (1302), Estados Unidos (675), España (668), Polonia (556), Irán (468), Italia (354), Turquía (333), Colombia (322)
2	73	1954, 24	25,616	España (16), Colombia (8), Brasil (6), Estados Unidos (4), Chile (3), Croacia (3), Francia (3), Sudáfrica (3), Turquía (3), Irán (2)
3	7	1900, 7	21	Brasil, México, Países Bajos, Perú, Federación Rusa, Reino Unido, Estados Unidos (cada uno con una revista)

Fuente: elaboración propia.

Con base en la clasificación observada en la figura 34, y los promedios calculados para los *cluster*, se identifica que, por ejemplo, el grupo 1 de artículos está conformado por revistas de acceso abierto relativamente reciente y con un tiempo promedio entre envío de un artículo y su respectiva publicación relativamente rápido, adicionalmente es el más numeroso. El grupo 2 lo constituyen revistas que en promedio inician su política de acceso abierto a mediados del siglo pasado y que demoran más en su proceso de publicación que los demás grupos, está compuesto muchos menos artículos que el grupo 1. El grupo 3 son artículos que inician acceso abierto en promedio a principios del siglo XX y que tienen un tiempo de publicación promedio moderado (5 meses aproximadamente). El mapa coroplético de la figura 35 relaciona valores a este respecto.



Figura 35. Relación entre la cantidad de publicaciones por países y el tiempo promedio de publicación

Fuente: elaboración propia.

Con base en la figura 35 se puede apreciar que, a mayor tamaño de los círculos, mayor cantidad de revistas en el país y entre más oscuro sea el círculo, mayor es el tiempo promedio de publicación.

Un estudio similar se aplicó a la base de datos de SJR-2017. La base cuenta con un total de 4.504 datos de los cuales se omitieron 40 por no contar con índice SJR, se seleccionaron únicamente revistas de acceso abierto y que estén en la medición de 2017. Al realizar la extracción por componentes principales y su posterior rotación varimax, se obtienen dos componentes tal y como se presenta en la tabla 10.

Tabla 10. Matriz de componente rotado, obtenida en SPSS

Variable normalizada de los datos entregados por SJR-2017	Componente	
	1	2
Puntuación Z(Citable_Docs3years)	,969	,050
Puntuación Z(Total_Docs3years)	,969	,051
Puntuación Z(Total_Cites_3years)	,953	,145
Puntuación Z(Total_Docs2017)	,951	,067
Puntuación Z(Total_Refs)	,946	,093
Puntuación Z(SJR)	,021	,925
Puntuación Z(CitesxDoc2years)	,024	,925
Puntuación Z(H_index)	,328	,672
Puntuación Z(RefxDoc)	-,003	,510

Fuente: elaboración propia.

El Componente 1 contiene de esta forma las siguientes variables: Citable_Docs3years, Total_Docs3years, Total_Cites_3years, Total_Docs2017, Total_Refs. En cuanto al componente 2, las variables son: SJR, CitesxDoc2years, H_index, RefxDoc. De lo anterior se puede inferir que el componente 1 se conforma de las variables que miden un aspecto en específico bien sea total de artículos o total de citas enfocándose más en la cantidad (medida de eficacia), por su parte el componente 2 comprende índices que relacionan las variables entre sí enfocándose más en la calidad de la producción (medida de eficiencia). Posteriormente se aplicó el análisis de *cluster* jerárquico para las variables en estudio obteniendo cuatro clústeres de pertenencia.

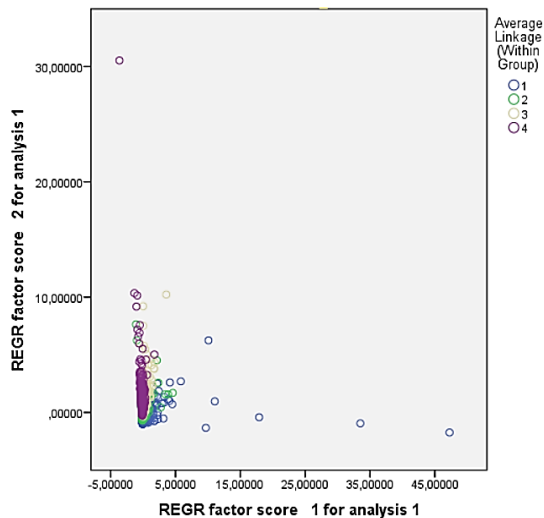


Figura 36. Gráfico de relación entre componentes y cluster
Fuente: elaboración propia.

Los ejes horizontal y vertical representan los componentes 1 y 2 respectivamente. En la gráfica se puede observar una gran acumulación de puntos a nivel de los valores promedio, indicando una alta dispersión para datos que están muy por encima de la media. Se resaltan como valores más lejanos los primeros seis en la base de datos: *Scientific Reports*, *PLoS ONE*, *Journal of Physics: Conference Series*, *Oncotarget*, *RSC Advances* y *Nature Communications* así como uno en el puesto 33 (*Nucleic Acids Research*) y otro en el puesto 4.139 (*MMWR. Recommendations and reports: Morbidity and mortality weekly report. Recommendations and reports / Centers for Disease Control*). Todos los anteriores están en el cuartil 1 de clasificación (Q1) para su área de especialidad, exceptuando *Journal of Physics: Conference Series*.

Se observa una alta disparidad en relación con los demás datos, estas revistas pueden comprenderse como referentes para revistas de acceso abierto exitosas. Es interesante observar que las revistas en mención son del Reino Unido o de Estados Unidos y las temáticas son de ciencias naturales y clínicas. Con base en lo anterior, se procedió a realizar los mismos cálculos, pero esta vez suprimiendo los artículos anteriormente mencionados, obteniendo la gráfica que se presenta en la figura 37.

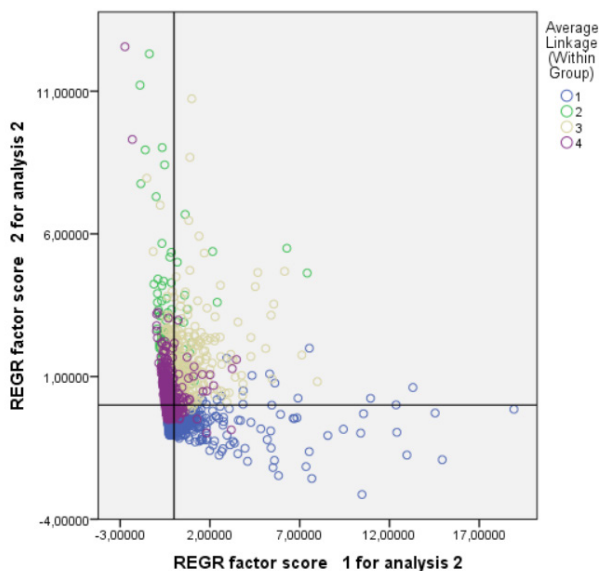


Figura 37. Gráfico de relación entre componentes y clústeres excluyendo datos mencionados
Fuente: elaboración propia.

Los ejes horizontal y vertical representan los componentes 1 y 2 respectivamente. Como estrategia de interpretación, se trazaron líneas de promedio verticales y horizontales, generándose así cuatro cuadrantes que permitieron subdividir la muestra. Es así como el grupo 1 está conformado por revistas cuya producción es más eficaz que el promedio, pero su eficiencia está por debajo del promedio; el grupo 2 está conformado por revistas cuya producción es eficiente por encima del promedio, pero su eficacia está por debajo del promedio; el grupo 3 es un grupo intermedio que tiene eficacia y eficiencia levemente por encima del promedio y el grupo 4 está conformado por revistas de eficiencia y eficacia levemente por debajo del promedio.

La figura 38 presenta un mapa coroplético de la ubicación de las revistas donde el tamaño del cuadrado representa la cantidad de revistas por país y el color representa el promedio de clústeres por país.

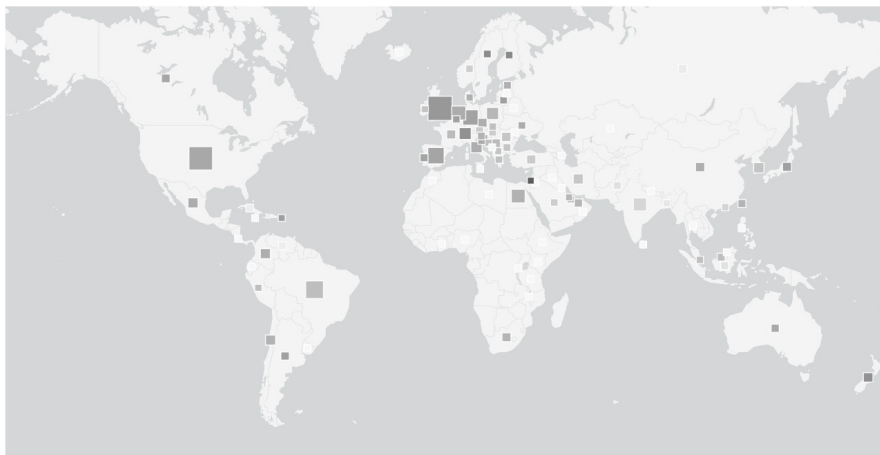


Figura 38. Mapa coroplético de las revistas según SJR. El color de los cuadrados va aumentando según el orden de promedio de cluster de pertenencia por país (de 1 a 4)
Fuente: elaboración propia.

Las características de los grupos o *cluster* se pueden ver en la tabla 11.

Tabla 11. Características de los grupos obtenidos en el análisis de *cluster*

Grupo	Cantidad de revistas	Cantidad de países	Países con representatividad superior al 5 %	Clasificación por cuartiles (mejor cuartil)
1	2214	93	Brasil (8,58 %); India (5,82 %); España (5,82 %); Estados Unidos (7,09 %)	Q1:97, Q2:399, Q3:921, Q4:797
2	411	37	Egipto (5,83 %); Alemania (6,08 %); Países Bajos (9,97 %); Corea del Sur (5,83 %); Reino Unido (24,5 %); Estados Unidos (18 %)	Q1:230, Q2:141, Q3: 39, Q4: 1
3	737	43	Brasil (5,29 %); Egipto (6,64 %); Suiza (7,54 %); Reino Unido (31,34 %); Estados Unidos (16,14 %)	Q1:379, Q2:279, Q3:76, Q4:3
4	1094	61	Brasil (5,57 %); Alemania (6,94 %); España (10,14 %); Estados Unidos (8,77 %)	Q1:162, Q2:357, Q3:395, Q4:180

Fuente: elaboración propia.

Las características de los grupos corroboran las conclusiones respecto a la eficiencia y eficacia en cada uno de ellos en el sentido en que los grupos 2 y 3 tienen mayor cantidad de revistas en los cuartiles 1 y 2, esta información se puede observar en la figura 39.

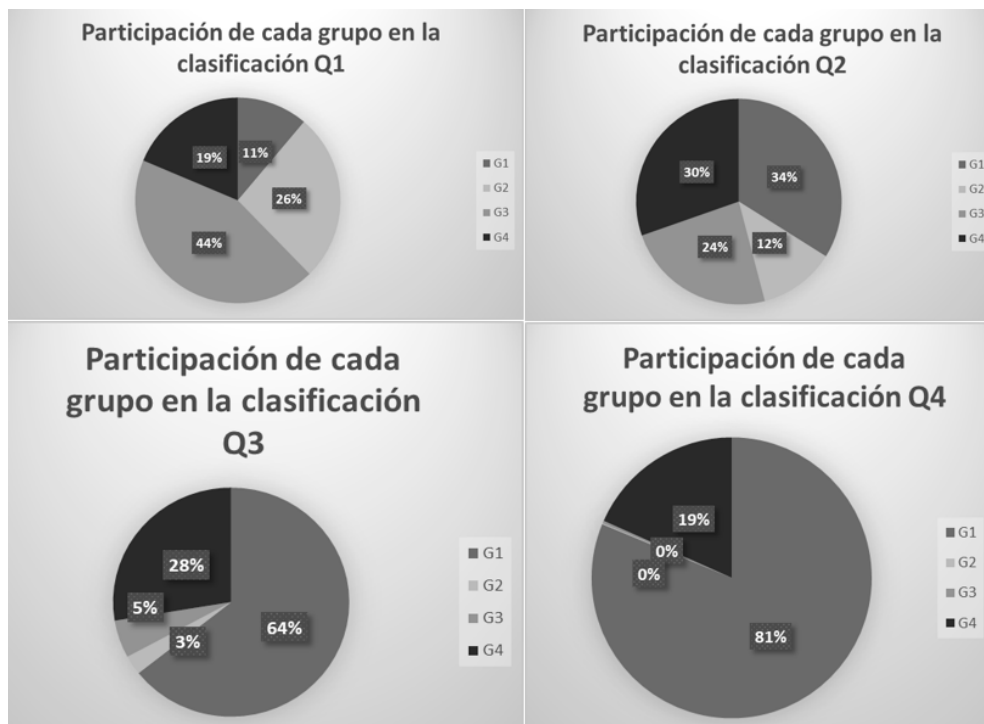


Figura 39. Porcentaje de participación de cada grupo respecto a los cuartiles del SJR
Fuente: elaboración propia.

Si bien es cierto que cualitativamente existe una relación entre los cuartiles y los grupos obtenidos mediante clasificación por *cluster*, esta se verificó mediante un análisis tipo chi-cuadrado con base en la información de la tabla 12. Se considera como hipótesis nula que la cantidad de revistas en el cuartil es independiente del grupo y como hipótesis alternativa que existe una dependencia entre la cantidad de revistas en el cuartil y el grupo al cual pertenecen. El estadístico de la prueba arroja un valor de 1.758,495 con nueve grados de libertad donde el Valor-p es inferior al 0,05 con lo cual se puede rechazar la hipótesis de que filas y columnas son independientes con un nivel de confianza del 95 %. De ahí que se pueda aseverar que la cantidad de revistas en un cuartil específico depende del grupo o *cluster*.

Tabla 12. Frecuencias observadas y porcentuales

	Q1	Q2	Q3	Q4	Total por fila
Grupo 1	97	399	921	797	2214
	2,18 %	8,95 %	20,67 %	17,89 %	49,69 %
Grupo 2	230	141	39	1	411
	5,16 %	3,16 %	0,88 %	0,02 %	9,22 %
Grupo 3	379	279	76	3	737
	8,51%	6,26 %	1,71 %	0,07 %	16,54 %
Grupo 4	162	357	395	180	1094
	3,64 %	8,01 %	8,86 %	4,04 %	24,55 %
Total por Columna	868	1176	1431	981	4456
	19,48 %	26,39 %	32,11 %	22,02 %	100,00 %

Fuente: elaboración propia.

Con base en los resultados y respecto a la producción científica, Goncharuk (2018) and tried answer the question how effective the publications are and how to adequately evaluate their performance. He reviewed the advantages and disadvantages of the existing metrics and concluded that the evaluation of research performance is a complex task which cannot adequately be expressed by a single index. The author developed the metrics applying a non-parametric technique DEA that calculates the relative efficiency on a relatively small number of publicly available data. The bidimensional tool for research (publication, propone que “la evaluación de la contribución a la ciencia debería reflejar la calidad de la publicación y su efectividad (habilidad para alcanzar la meta o efecto deseado). La meta principal de cualquier investigación (publicación) es resolver el problema de investigación o aproximarse a su solución. Si la publicación es efectiva (cualitativo), se reflejará en las posteriores publicaciones de otros autores. Por tanto, en nuestra opinión, el método más lógico para evaluar la efectividad de publicaciones es el número de citas en otras publicaciones” (p. 27).

Es claro entonces que la medición de la efectividad es un componente clave en la producción científica en una época en la cual se pretende producir más, es decir, una mayor eficiencia que posiblemente está impactando en la efectividad. De ahí que según el *Science Europe* (2015) “el acceso abierto mejora el ritmo, eficiencia y eficacia de la investigación, y aumenta la visibilidad del autor y por tanto el impacto potencial de su trabajo”. En este orden de ideas, en el marco de los datos obtenidos y respecto al concepto de Vicente-Sáez y

Martínez-Fuentes (2018) presentado en la introducción, se identifica que la ciencia abierta no se consideraría como “conocimiento accesible” sino más bien como un proceso efectivo y eficiente orientado hacia sistemas abiertos o semiabiertos de accesibilidad de datos, información y conocimiento. La aseveración anterior se basa en un enfoque sistémico de la producción científica en el sentido en que los sistemas basados en ciencia abierta, en analogía con los sistemas abiertos o semiabiertos, permite el intercambio y libre flujo de datos, información y conocimiento, con lo cual el sistema es resiliente y adaptable a los cambios del entorno (Schildhauer y Voss, 2014) como paso hacia una ciencia 2.0 (Schildhauer y Voss, 2014). Este tipo de intercambio deberá estar dotado de un procedimiento de ciencia abierta eficiente y eficaz que posibilite una adecuada curaduría de contenidos que en consonancia con la finalidad de los ocho principios propuestos en Ayrís *et al.* (2018) “tan abierto como sea posible, tan cerrado como sea necesario” (p. 14).

Un aspecto interesante a este respecto es la consideración de que el costo de la eficiencia en un sistema cerrado es la pérdida de efectividad por la misma imposibilidad de una eficiencia absoluta derivada de consideraciones aplicables de la ley de entropía en la teoría general de sistemas. Para finalizar, se encuentra que los países con mayor participación con revistas de acceso abierto presentados en la tabla 11, también tienen un *ranking* alto en el *Global Open Data Index* (Botero, 2015), mostrando de forma cualitativa la relación directa entre las políticas de datos abiertos en los gobiernos y el nivel de avance en la producción académica de ciencia abierta.

Conclusiones

Los resultados y su respectivo análisis permiten identificar características asociadas a los factores que fueron identificados en los grupos obtenidos en el tratamiento por *cluster*, estas son la eficiencia y la efectividad. En este sentido, Salmi (2015) presenta como reto de las nuevas formas de aprendizaje y producción de conocimiento en la educación terciaria, el hecho de “satisfacer las necesidades de productores y usuarios de conocimiento de una forma más efectiva y eficiente” (p. 6). Igualmente la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos presenta como un aspecto a intervenir, la eficiencia de los sistemas educativos (OECD, 2013), una forma de verificar esta necesidad es respecto a la relación entre la eficiencia educativa y la producción científica.

Los análisis realizados en la presente investigación permitieron corroborar que existe una dependencia entre las políticas de datos abiertos de los países y las características de eficiencia y efectividad en la producción científica. De hecho, se corrobora que existe una relación entre la apertura hacia la ciencia abierta y la eficiencia y efectividad de la producción científica.

La ciencia abierta, más que un conocimiento, se concibe como un proceso efectivo y eficiente orientado hacia sistemas abiertos o semiabiertos de accesibilidad de datos, información y conocimiento, que al tener estas características conlleva en sí mismo el éxito en prácticas de ciencia abierta tales como: acceso abierto, ciencia en red, ciencia ciudadana, ciencia para la gente y comunicación pública de la ciencia en un entorno éticamente adecuado a las complejas necesidades de la sociedad del conocimiento.

Disponibilidad de datos depositados

En repositorio de datos se tienen referencias bibliográficas relacionadas con el concepto de ciencia abierta y que están organizadas por continentes. Igualmente se tiene la base de datos de revistas del Directory of Open Access Journal (DOAJ) con información a 2017. El repositorio contiene diez archivos de excel, cinco archivos ris y un archivo .doc. Con licencia CC BY 4.0. García Arango, David Alberto (2019), “Bases de datos por regiones y artículos DOAJ”, Mendeley Data, v1 <http://dx.doi.org/10.17632/7wy7ptrnb3.1>

Referencias

- Alaminos Chica, A., Francés García, F. J., Penalva, C. y Santacreu Fernández, O. A. (2015). *Análisis multivariante para las ciencias sociales I. Índices de distancias, conglomerados y análisis factorial*. Cuenca: Pydlos.
- Ayris, P., López de San Román, A., Maes, K. y Labastida, I. (2018). Open Science and its role in universities: A roadmap for cultural change. Recuperado de <https://bit.ly/2Wbog6j>
- Booth, A., Sutton, A. y Papaioannou, D. (2016). *Systematic approaches to a successful literature review* (2.^a ed.). Londres: SAGE.

- Botero, J. C. (Dir.) (2015). World Justice Project. Open Government Index 2015 Report. Recuperado de https://worldjusticeproject.org/sites/default/files/ogi_2015.pdf
- Caldera-Serrano, J. (2018). Repositorios públicos frente a la mercantilización de la ciencia: apostando por la ciencia abierta y la evaluación cualitativa. *Métodos de Información*, 9(17), 74-101.
- Chubin, D. E. (1985). Open Science and Closed Science: Tradeoffs in a Democracy. *Science, Technology, and Human Values*, 10(2), 73-80. doi: <https://doi.org/10.1177/016224398501000211>
- Da Silva Alvez, D., Filho, D. y da Silva, A. (2015). O poderoso NVivo: uma introdução a partir da análise de conteúdo. *Revista Política Hoje*, 24(2), 119-134.
- De Oliveira, A. C., Guimarães, P. B. y Di Giacomo, D. C. (2019). A ciência aberta e os direitos de propriedade intelectual: um olhar a partir da economia criativa e da ciência do commons. *Revista de Direito da Cidade*, 11(1), 663-681.
- Directory of Open Access Journals -DOAJ. (2019). Search in database. Recuperado de <https://doaj.org/faq#metadata>
- Global Open Data Index. (2017). Homepage. Recuperado de <https://index.okfn.org/>
- Goncharuk, A. G. (2018). Efficiency vs Effectiveness: Alternative Metrics for Research Performance. *Journal of Applied Management and Investments*, 7(1), 24-37.
- Mcdougall-Waters, J. y Moxham, N. (2014). Philosophical Transactions: 350 years of publishing at the Royal Society (1665-2015). Recuperado de <https://bit.ly/3iZwLei>
- Organisation for Economic Co-operation and Development -OECD. (2013). Education at a Glance 2013. OECD indicators. Recuperado de <https://doi.org/10.1787/eag-2013-en>

- Penev, L. (2017). From Open Access to Open Science from the viewpoint of a scholarly publisher. *Research Ideas and Outcomes*, 3, 1-6. doi: <https://bit.ly/2OjGTR6>
- Pfuhl, G. y Grahe, J. (2018). Collaborative replication and education project (CREP): Accelerating transition to full open science practices. Recuperado de <https://septentrio.uit.no/index.php/SCS/article/view/4528/4137>
- Scimago Journal Rank. (2019). Search in database. Recuperado de <https://www.scimagojr.com/journalrank.php?openaccess=true>
- Salmi, J. (2015). Study on Open Science. Impact, Implications and Policy Options. Recuperado de <https://bit.ly/3esJPWj>
- Samaja, J. A. (2012). *Epistemología y metodología: elementos para una teoría de la investigación científica* (3.ª ed.). Buenos Aires: Eudeba.
- Schildhauer, T. y Voss, H. (2014). Open Innovation and Crowdsourcing in the Sciences. En S. Bartling y S. Friesike (Eds.), *Opening Science* (pp. 255-269). Cham: Springer.
- Science Europe. (2015). Principles on Open Access to Research Publications. Recuperado de <https://bit.ly/2Zo94Vq>
- Silva, D., Pinto, E., Silva de Carvalho, É. R., Pereira, P. y Leite, F. C. (2017). Comunicação científica sob o espectro da Ciência Aberta: um modelo conceitual contemporâneo. *Revista Eletrônica de Comunicação, Informação e Inovação em Saúde*, 11, 1-6.
- Vicente-Sáez, R. y Martínez-Fuentes, C. (2018). Open Science now: A systematic literature review for an integrated definition. *Journal of Business Research*, 88, 428-436.

Capítulo 6

Aplicaciones de realidad aumentada y realidad virtual en geociencias: un análisis bibliométrico¹

Mauricio Hincapié², Alejandro Valencia-Arias³,
José Andrés Fernández⁴, Oscar Andrés Cuellar⁵

Resumen

Los avances obtenidos por medio de las TIC han comenzado a ser implementados en diferentes sectores del conocimiento, como es el caso de la realidad aumentada y la realidad virtual, aplicada en el campo de la geociencia, debido a que éstas permiten una visión del mundo más amplia o incluso recrear espacios de interacción simulados, lo que permite realizar modelos 3D de simulación para el estudio de la geociencia y la comprensión de la tierra y sus fenómenos con la visión de varias áreas del conocimiento. En este capítulo del libro se realiza un análisis bibliométrico que permita explorar en las publicaciones académicas la aplicación de la realidad aumentada y la realidad virtual en el campo de la geociencias, teniendo en cuenta las publicaciones científicas realizadas a marzo 30 de 2020. Se inicia con una aclaración de términos en los campos de estudio y luego se procede con un análisis de un total de 58 artículos los cuales, serán abordados desde diferentes aspectos como la cantidad de publicaciones por países, los autores con mayores publicaciones entre otras.

1 Ponencia derivada del proyecto de investigación titulado: *Propuesta integral para la aprehensión del conocimiento de la diversidad natural y cultural de los parques naturales de Colombia a partir de su pertinencia como geoparques Unesco, a través del uso de tecnologías inmersivas para la generación de contenidos creativos*, el cual es financiado por Minciencias entre 2020 y 2022.

2 Doctor en Ciencias de Ingeniería. Corporación Universitaria Americana Profesor investigador Facultad de Ingeniería Director OTRI, Medellín, Colombia. Correo: emhincapie@americana.edu.co

3 Doctor en Ingeniería, Industria y Organizaciones. Instituto Tecnológico Metropolitano, Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas. Medellín, Colombia. Correo: javalenciar@gmail.com

4 Comunicador social, Corporación Universitaria Americana Asistente OTRI, Medellín, Colombia. Correo: janfergo80@gmail.com

5 Magister en Enseñanzas de las Ciencias Exactas y Naturales, Corporación Universitaria Americana, docente investigador grupo TES. Correo: ocuellar@coruniamericana.edu.co

Palabras clave: realidad virtual (RV), realidad aumentada (RA), geociencia, TIC.

Introducción

En este capítulo de libro se realizará un análisis bibliométrico que permita entender el uso de la realidad virtual y de la realidad aumentada en el campo de la geociencia para lo cual, inicialmente, se aclarará a qué hace referencia cada uno de los temas propuestos permitiendo mayor claridad sobre estos, pues los avances se han implementado en diferentes áreas del conocimiento lo que ha permitido un mayor entendimiento de los conceptos.

Realidad virtual

El mundo ha logrado grandes avances en los últimos tiempos, sobre todo a la hora de hablar de nuevas tecnologías o maneras de comunicarnos, lo que se soporta con el surgimiento de la realidad aumentada y la realidad virtual que le han permitido al hombre tener un relacionamiento diferente con su entorno, lo que ha generado nuevas opciones para explorar la realidad y su cotidianidad. Sobre todo, en el caso de la realidad virtual, que permite por completo una inmersión total de los sentidos, pues está nos permite una inmersión en un *mundo diferente* realizando diferentes tipos de actividades como aprender algo nuevo o estar en un lugar en el cual antes no estábamos, pues uno de los pilares de la realidad virtual (RV de ahora en adelante) es que debe de contar con la capacidad de engañar a los sentidos de las personas haciendo logrando en la mente una experiencia completa y real (Levis, 2006).

Lo anterior, se puede evidenciar en la capacidad que existe de engañar la mente haciéndole creer que ve algo que realmente no existe, o también en manipulación de los sensomotores o perceptores de la realidad humana que puede conseguirse por medio de la realidad 3D y la inmersión en estos, que permiten en el hombre una experiencia vivida y real de un espacio determinado, las cuales, suelen ser muy utilizadas como herramientas para simulaciones de vuelo, entrenamiento militar, video juegos o incluso atracciones en parques de diversiones. Cabe mencionar que, aunque la RV no está presente en todos los aspectos de los seres humanos, sí ha comenzado a implementar en ciertos

aspectos y espacios, como consolas de video juegos o espacios georreferenciados (Díaz Estrella, 2011).

Por tal razón, la RV realiza un trabajo en conjunto entre el ser humano y la tecnología que permiten crear entornos virtuales que brindan experiencias similares a la realidad, pues esta se encarga reemplazar entornos “reales” por representaciones gráficas y simuladas de la realidad como menciona Wenceslao Castañares “llamaremos “realidad virtual” a aquel tipo de representaciones generadas digitalmente que pretenden producir el mismo tipo de efectos perceptivos que los objetos sensibles de la realidad física de la vida cotidiana y que reacciona ante la acción del hombre de forma semejante a como lo hace esa realidad” (2011). Al ser una tecnología que permite la simulación de entornos por medios de herramientas digitales, puede ser implementadas en muchos aspectos que como puede ser la topografía, pues por medio de modelos 3D permite el estudio de terrenos por medio de la representación (Farjas, Moreno y García, 2011). Por otro lado, el surgimiento de nuevas y mejores tecnologías de la información ha traído consigo avances en la medicina, más específicamente en el caso de la RV y su uso para tratamientos de enfermedades mentales, sobre todo en el caso de la psicología, pues permite la exposición real del paciente a aquellos temores o trastornos como lo mencionan Quero, Botella, Guillén, Moles, Nebot y García-Palacios (2012)

Técnica de tratamiento que se utiliza precisamente para activar estructuras patológicas de miedo el objetivo de desconfirmar las creencias “irracionales” de los pacientes y enseñarles a hacer frente a las situaciones fóbicas” es por ello que se crean entornos por medio de modelos de realidad virtual que permiten alterar los sentidos de los pacientes exponiéndoles a situaciones de temor que les permita afrontar su problema.

Realidad aumentada

“Esta posibilita relacionar las imágenes en tiempo real y la posición geográfica del usuario con metadatos asociados y almacenados en un equipo informático” (Cadavieco, Sevillano y Amador, 2012). Lo anterior, gracias a que el desarrollo de los celulares o dispositivos móviles en el uso cotidiano de las personas, debido a que estos se han convertido en computadores de bolsillos

lo que supone un cambio en la manera en la que nos relacionamos con el entorno pues estos permiten una conexión inmediata con la red y los diferentes usos y aplicaciones que esto conlleva y su uso en herramientas como la realidad aumentada (RA) (Cadavieco, Sevillano y Amador, 2012).

Teniendo en cuenta que la RA nos permite una visión más amplia del mundo y nos da la posibilidad de tener el mundo real y el mundo digital en uso e implementación conjunta en tiempo real, lo que permite en las personas experiencias más enriquecedoras por medio de la ampliación de la información del entorno. Cabe mencionar que la realidad aumentada puede ser implementada desde dispositivos móviles, *pc* y algunas consolas de video juego pues dichos dispositivos permiten el uso de información digital en el mundo real, lo cual ha sido posible a las mejoras que se han implementado en los *software* y *hardware* de los diferentes dispositivos lo que ha permitido el uso cotidiano de este tipo tecnología (Fundación Telefónica, 2011).

Por otro lado, y gracias al surgimiento de nuevas tecnologías de la información y la comunicación (TIC) los modelos educativos deben suponer un cambio en la manera que aplican o transfieren el conocimiento a los educandos, pues estos son de una generación conocida como sociedad del conocimiento o nativos digitales, los cuales tiene acceso a gran cantidad de información en dispositivos que tiene al alcance de sus manos; por tal motivo, la implementación de la RA en los procesos de educación comienza a tomar más relevancia y fuerza. Inicialmente permite una exploración más amplia de los sectores del conocimiento, teniendo en cuenta que por medio de la realidad aumentada se da una nueva interacción con el método de aprendizaje y la manera en la cual tiene contacto con la información permitiendo que los estudiantes se incorporen con mayor facilidad al “continente digital” (De la Horra Villacé, 2017).

Adicionalmente, se debe tener en cuenta el proceso de desarrollo de este tipo de aplicaciones para el cual es necesario implementar diferentes procesos de diseño, estas deben de tener profundo conocimiento del entorno real que permita el correcto relacionamiento con el entorno virtual. Aunque la RA trabaja con el mundo virtual es la unión entre el mundo real y el mundo virtual, sin sumergirse por completo, lo que permite es un conocimiento más amplio del mundo real y una ampliación de la información “la realidad aumentada es un tipo de ambiente virtual en el cual el usuario no se sumerge completamente en un mundo virtual sino en una mezcla de este con el mundo real” (Agudelo

Toro, 2012). Cabe mencionar que, la realidad aumentada puede ser utilizada en muchos campos como la medicina, el turismo, el *marketing*, la publicidad, la docencia y mucho más. En el caso de la docencia, teniendo en cuenta que los avances tecnológicos han traído cambios en la manera como las personas se relacionan con su entorno, lo que conlleva a un cambio como los docentes implementan sus pedagogías en las aulas de clase, para lo cual deben permitir herramientas TIC que permitan una información más amplia e interactiva para lo cual se puede mezclar la el mundo real o el mundo virtual (Sánchez, Ruiz y Olmos, 2017).

Geociencia

Esta permite el estudio de la tierra como un sistema que se relaciona centrado en el análisis de la tierra, estudio al cual los desarrollos y avances tecnológicos han permitido un gran avance, pues por medio de estos se han logrado el almacenamiento de grandes datos, la representación de suelos o ambientes gracias a las herramientas y avances de las TIC lo que permite una descripción más precisa y adecuada de la información. Lo anterior, soportado en la creación de un lenguaje conjunto que pueda ser entendido por todo tipo de público y al cual las generaciones digitales puedan tener acceso al mismo (Pérez, Mancebo, González y Prieto, 2013). En pocas palabras, la geociencia se interpreta como los conocimientos de la tierra desde diferentes aspectos que abarcan desde el núcleo de la misma hasta el exterior por medio de la unificación de diferentes áreas del conocimiento como la geología, la hidrología y demás áreas a fines con el fin de entender los diferentes eventos naturales a los cuales debe enfrentarse los seres vivos del planeta tierra (Soto, 1995).

Según un informe presentado por Morales García, Vega Martín y Domínguez “el patrimonio geológico está formado por aquellos elementos que presentan una especial singularidad debido, fundamentalmente, a su interés científico, didáctico y/o turístico” por lo cual se debe de tener en cuenta la importancia del patrimonio geológico como una fuente de ingresos para una sociedad pues este potencia, dentro de muchos aspectos, el turismo, además de las diferentes aplicaciones que pueden tener en nivel educativo que permitan la preservación de dichas habitas; razón por la cual la implementación de nuevas herramientas tecnológicas que permitan este tipo de “explotación” sin realizar alteraciones o daños significativos al medio ambiente se vuelve cada

más fuerte para los investigadores del campo de la geociencia (Morales García *et al.*, 2015). A continuación, se procede con un análisis bibliográfico que permitirá entender la producción científica realizada para el tema realidad aumentada y realidad virtual en la geociencia con un total de 58 documentos.

Metodología

Esta investigación tiene como identificar la producción científica de realidad aumentada y realidad virtual y su aplicación en el campo de la geociencia, permitiendo conocer diferentes factores como la cantidad de publicaciones relacionadas con el tema, los autores más citados entre otros puntos. Para lo anterior se realizó un análisis de 58 documentos por medio de un mapeo tecnológico para lo cual se implementó la siguiente ecuación:

$$(TITLE (\{virtual\ reality\} OR \{augmented\ reality\}) AND TITLE (geoparks OR \{natural\ park\} OR geotourism OR geoscience OR geoheritage)) OR (KEY (\{virtual\ reality\} OR \{augmented\ reality\}) AND KEY (geoparks OR \{natural\ park\} OR geotourism OR geoscience OR geoheritage))$$

A partir de la información recolectada, se calculan diversos indicadores para aportar a la comprensión del desarrollo investigativo que ha tenido el área de conocimiento. Entre los indicadores que se plantean se encuentran: indicadores de cantidad (el número de publicaciones a través de los años, las publicaciones acumuladas, la vida media de las publicaciones, así como las revistas, países y autores con mayor número de publicaciones), indicadores de calidad (número de citas por revistas, autores más citados y países con mayor número de citas).

Resultados

Indicadores de cantidad

- **Publicaciones por años**

Con este indicador se podrá realizar un análisis sobre la cantidad de publicaciones que se han realizado durante los últimos veintiún años (1998-2019),

se puede evidenciar que la comunidad científica tuvo un fuerte interés relacionado con los temas tratados, durante los años 2010 y 2017 lo que representa un crecimiento de 33,33 % frente a publicaciones realizadas en años anteriores como el 1998 y 1999. Cabe mencionar que el interés despertado por años es fluctuante, pasando de grandes picos, a grandes caídas, como las de los años 2001, 2002, 2005 y 2009 – 2009, tras lo cual existió un crecimiento exponencial. Por otro lado, en la figura 40 se pueden evidenciar los cambios existentes, por parte de los investigadores, frente a la relación con el tema tratado, se logra evidenciar en los resultados que el interés despertado por partes de los investigadores es cambiante y esto puede ser relacionado con la importancia del tema a tratar y la realidad actual, eso se debe, como se puede evidenciar en las gráficas, a que a medida que se van realizando más avances en las TIC se logra evidenciar, a pesar de lo fluctuante de los picos, que se despierta un interés en el tema que permite también su crecimiento, sin dejar de mencionar los momentos donde el interés reduce sin aunque sin desaparecer por completo



Figura 40. Nuevas publicaciones por año

Fuente: elaboración propia.

● Publicaciones acumuladas

En este indicador se logra evidenciar que el número de publicaciones incrementa un promedio de un 22,3 % por año, lo que permite evidenciar que, el crecimiento frente a los temas relacionados. El crecimiento permite eviden-

ciar como la RA y la RV en la geociencias se ha convertido en un tema de interés para los investigadores, incluso llegando a tener crecimientos por encima de la media en años como el 2010, donde se esperaba un promedio de 20 publicaciones, se alcanzaron más de 25 publicaciones. Teniendo en cuenta que, en los últimos cinco años se logra un crecimiento de 10,4 % de publicaciones, exceptuando el año 2016 en el cual se logra un crecimiento inferior al esperado, pues se esperaba un crecimiento total de 40 publicaciones, alcanzando en promedio 37, cabe mencionar que, un total de 58 artículos fueron estudiados para la bibliometría.

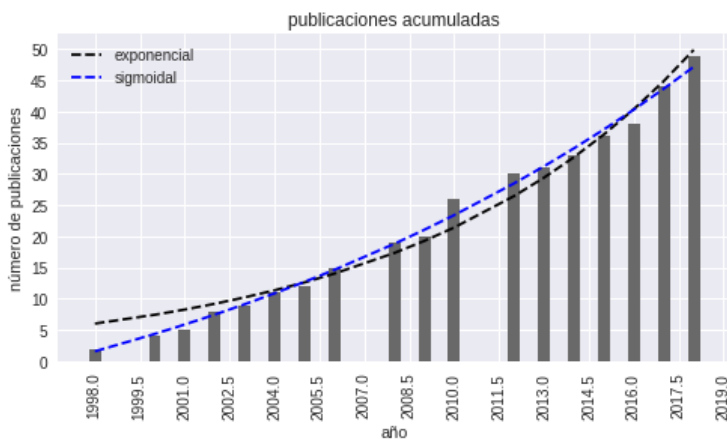


Figura 41. Publicaciones acumuladas
Fuente: elaboración propia.

• Vida media de las publicaciones

Por otro lado, se debe de tener en cuenta que la vida promedio de la literatura científica ha sido de 5,7, la cual en los últimos cinco años ha tenido un crecimiento de 8,5 en la vida media de la literatura. Cabe mencionar que ha tenido periodos de estabilidad como el comprendido entre el 2006 y 2008 que fue el más estable de los tres periodos que se presentan en la figura. Lo anterior se debe a lo poca producción científica existente en esta área del conocimiento, lo que ha permitido que la vida media de la literatura científica tenga un largo periodo de utilidad.



Figura 42. Vida media de la literatura científica

Fuente: elaboración propia.

• Revistas con más publicaciones

Se logra evidenciar que *Geoheritage*, *Journal of Geoscience Education* y *Computer and Geosciences* tienen la mayor cantidad de publicaciones con 40 cada una, seguido de *Sustainability* con 30. Lo anterior, permite identificar que el 9,3 % de las revistas publica el 25 % de la producción académica, el 34,9 % de las revistas publica el 50 % de la producción académica, el 67,4 % de las revistas publica el 75 % de la producción académica, el 74,4 % de las revistas publica el 80 % de la producción académica. Para lo cual, se tiene en cuenta un índice de producción = 15. El 34,9 % publica el 50 % de la producción académica.

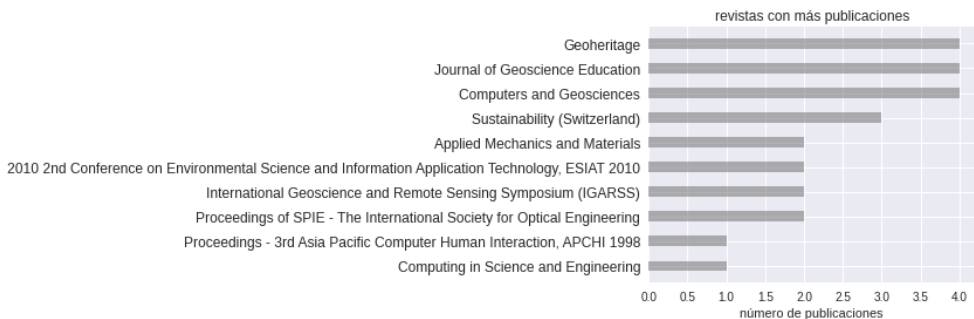


Figura 43. Revistas con más publicaciones

Fuente: elaboración propia.

• Países con más publicaciones

Por otro lado, entre los diez países que más publicaciones tienen frente al tema relacionado, se encuentran EE. UU. Y China con dieciocho y once publicaciones respectivamente lo que representa un 31 % y 18,9 %, respectivamente, de las publicaciones. Teniendo en cuenta que la diferencia entre el primer país y el último por publicaciones es de diecisiete producciones. Cabe mencionar que dos países latinoamericanos se encuentran en los últimos lugares del *ranking* con Brasil con dos y Argentina con una, lo cual evidencia cómo en diferentes partes del mundo comienza a tomar importancia la producción científica teniendo en cuenta los avances de las TIC, más específicamente en temas de RV y RA aplicada en el estudio de la geociencia.

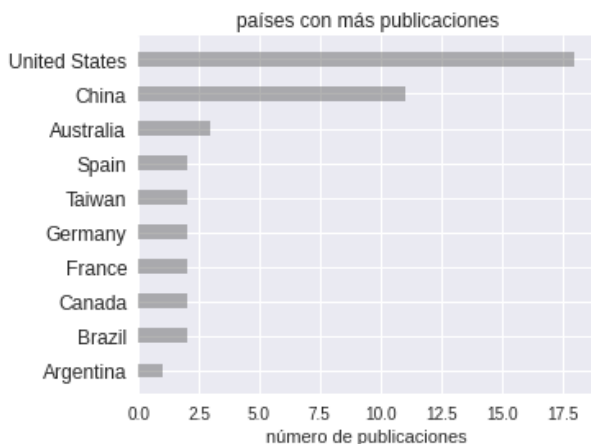


Figura 44. Países con más publicaciones

Fuente: elaboración propia.

• Publicaciones por país

En la figura 45, se puede evidenciar los países que tiene participación científica en temas relacionados con realidad aumentada y realidad virtual y su aplicación en el medio de la geociencias, y teniendo en cuenta que el mayor número de producción tenida en cuenta es un total de dieciocho, se puede evidenciar que EE. UU. es el país con mayores publicaciones, seguido por China identificado con color naranja y Austria con un naranja más claro. Cabe men-

cionar que a medida se toma como referencia el país con mayor producción, lo cual puede observar de un total de 58 artículos EE. UU. ha realizado un total de dieciocho, para un total de 31,03 % de las publicaciones totales y China con un total de 18,89 %, teniendo en cuenta que se realizó en análisis con un total de 58 documentos.



Figura 45. Publicaciones por país
Fuente: elaboración propia.

• Tipos de publicación

Por otro lado, y según se logra evidenciar en la siguiente figura, un total de 56,9 % de la producción científica, lo que significa un total de treinta y tres documentos de sesión (*conference paper*). Adicionalmente, un total de 37,9 % son de artículos de investigación en temas relacionados con RA y RV y sus aplicaciones en la geociencia, lo que representa un total de veintidós producciones científicas, el valor restante se deriva de un 5,2 % de otro tipo de publicaciones, lo que representa un total de tres artículos.



Figura 46. Tipo de publicación
Fuente: elaboración propia.

• **Autores con más publicaciones**

En la figura se logran evidenciar los principales autores dentro de los cuales se encuentran A. Walker y J. A. González-Delgado, entre otros. Se logra evidenciar que en su mayoría los autores tienen la misma producción científica, por lo menos en temas de cantidad. Cabe mencionar que se analizaron un total de diez autores para los temas relacionados con de RA y RV en la geociencia todos los autores tienen la misma cantidad de publicaciones lo que quiere decir que cada uno de los autores tiene un 10 % de las publicaciones.

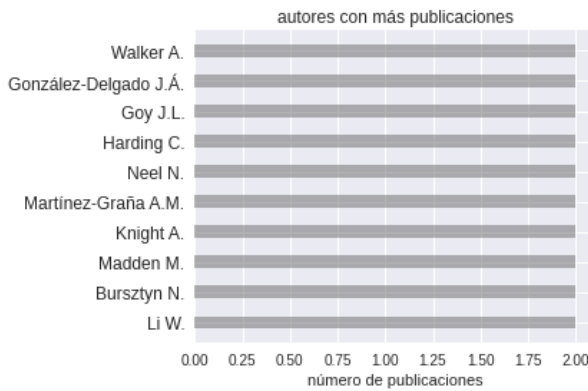


Figura 47. Autores con más publicaciones
Fuente: elaboración propia.

Indicadores de calidad

• **Revistas con más citaciones**

En este indicador se pretende analizar la información de las diez revistas con mayor número de citaciones en primer lugar, se encuentra *Computers and Geosciences* la revista con mayor número de citaciones con un total 60 citas, en segundo lugar, *Geoheritage* con 50 y en tercer lugar *Proceedings –ACM International Conference on Virtual Reality*. Lo anterior representa que el 30 % de las revistas supera 35 citas, mientras que solo el 2 % no logra superar la barrera de las diez citas a las cuales pertenecen revistas como *Proceedings – ACM In-*

ternational Conference on Virtual Reality y virtual Reality Workshop. Teniendo en cuenta que se analizaron un total de 58 artículos del tema propuesto.

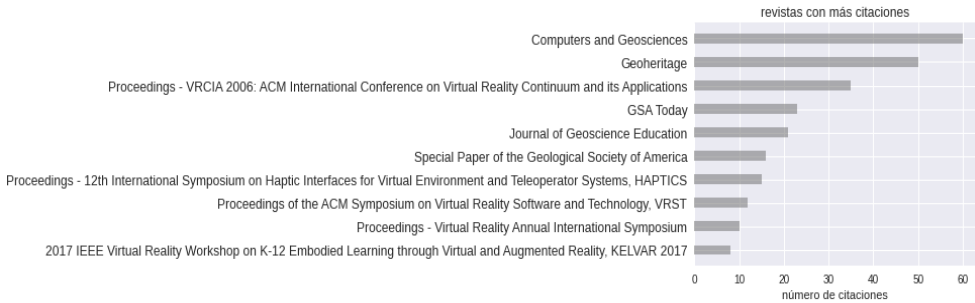


Figura 48. Revistas con más citaciones

Fuente: elaboración propia.

● **Países con más citaciones**

En este apartado se analizarán los diez países con mayor número de publicaciones, aquí se puede evidenciar que Estados Unidos es el único país que supera las 160 publicaciones, seguido de Francia y Noruega, países con más de 30 citas. Es de notar que Estados Unidos tiene una gran producción científica en el tema superando a los otros con más del doble de citaciones.

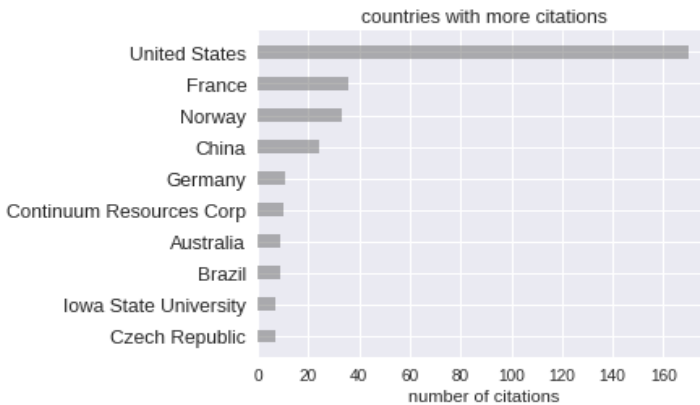


Figura 49. Países con más citaciones

Fuente: elaboración propia.

Conclusiones

Luego del análisis realizado se logra evidenciar que el tema propuesto no cuenta con la mayor producción científica, lo cual produce que la vida de las publicaciones científicas relacionadas con el tema tenga larga duración. Aprovechando los avances tecnológicos, se deberían de implementar más en los estudios de la geociencia los avances realizados en temas de RA y RV pues estos permitirán mayor entendimiento de los fenómenos de la tierra por medio de diseños virtuales 3D o una inmersión completa a escenarios virtuales que permitan una mayor comprensión de los estudios.

A su vez, es importante que más países se interesen en la producción pues se logra notar que gran parte de la producción, como de las citas, pertenecen a dicho país, aunque se debe de tener en cuenta que en su mayoría los autores tienen la misma cantidad de producción científica en lo que se relaciona con el tema.

Se observa que la producción en el tema con más impacto investigativo (a partir de su número de citas) se concentra en países desarrollados con un alto porcentaje de inversión en innovación y desarrollo, como es el caso de Estados Unidos, Francia, Noruega, Alemania y China, lo que muestra la necesidad de desarrollo y aplicación en países en desarrollo como el caso de las naciones latinoamericanas.

Frente a las revistas con mayor número de citas se observa que existen publicaciones especializadas en el medio como son: *Computers and Geosciences* y *Geoheritage*, pero se debe resaltar que es un tema de interés para revistas multidisciplinarias o con énfasis en ciencias de la computación por lo que es un campo con gran potencial para explorar.

Referencias

- Agudelo Toro, A. (2012). Modelo de contexto para realidad aumentada. *Revista Universidad Eafit*, 41(138), 44-64.
- Cadavieco, J. F., Sevillano, M. Á. y Amador, M. F. (2012). Realidad aumentada, una evolución de las aplicaciones de los dispositivos móviles. *Pixel-Bit*, (41), 197-210.

- Castañares, W. (2011). Realidad virtual, mimesis y simulación. *Cuadernos de Información y Comunicación*, 16, 59-81.
- De la Horra Villacé, I. (2017). Realidad aumentada, una revolución educativa. *Edmetic*, 6(1), 9-22.
- Díaz Estrella, A. (2011). Inmersión mental y realidad virtual. *Uciencia*, (6), 30-33.
- Farjas, M., Moreno, E. y García, F. (2011). La realidad virtual y el análisis científico: de la nube de puntos al documento analítico. *Virtual Archaeology Review*, 2(4), 139-144.
- Fundación Telefónica. (2011). Realidad aumentada: una nueva lente para ver el mundo. Recuperado de <https://bit.ly/3h8y0q7>
- Levis, D. (2006). ¿Qué es la realidad virtual? Recuperado de <https://go.aws/3fo03o9>
- Morales García, R., Vega Martín, L. y Domínguez, J. (2015). Proyección de nuevas tecnologías de divulgación geocientífica en la comunidad andaluza a partir de experiencias previas: guía de rutas de los lugares de interés hidrogeológico y su aplicación para móviles. Recuperado de <https://bit.ly/2OkxJnh>
- Pérez, F., Mancebo, M., González, E. y Prieto, Á. (2013). Introducción a los lenguajes geocientíficos. Aplicación en el proyecto OneGeology-Europe. *Boletín Geológico y Minero*, 124(1), 63-95.
- Sánchez, J. J., Ruiz, A. B. y Olmos, M. A. (2017). La realidad aumentada (RA). Recursos y propuestas para la innovación educativa. *Revista Electrónica Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 20(2), 183-204.
- Soto, G. J. (1995). Actividades del Comité Costarricense para el Programa Internacional de Correlación Geológica (CCPICG) 1993-94: promoción geocientífica en Costa Rica. *Revista Geológica de América Central*, (18), 101-106.

Capítulo 7

Nuevas perspectivas en arquitectura e ingeniería sostenible para superar el déficit de vivienda en la zona rural del Municipio de Buriticá, Antioquia

Félix Daniel Rivera Pereira¹ y Jovany Sepúlveda-Aguirre²

Resumen

Esta propuesta plantea el diseño de un modelo de vivienda modular y estructural sostenible basado en arquitectura modular. Este tipo de sistema se compone de dos etapas. La primera, la construcción en tapia y la segunda, un esqueleto en estructura metálica de alta resistencia, complementado por un sistema de ensambles que permiten su mejor instalación y transporte al sitio de construcción. Este sistema permite la conexión estructural entre dos materiales, que forman una estructura en acero y paredes en madera aglomerada de alta resistencia a la humedad y a las patologías del lugar. Es un sistema de construcción liviana, ya que no necesita equipos ni maquinaria pesada para la instalación de los módulos. Se implementa arquitectura bioclimática por medio de la orientación de los hemisferios, ubicación geográfica del lugar de investigación y se realizó diagramas de cálculo de energía solar, vientos, sombras y materiales para generar datos estadísticos al prototipo de vivienda modular sostenible.

Palabras clave: déficit de vivienda, sostenibilidad, sistemas modulares, Buriticá, Antioquia, ruralidad.

¹ Posgrado arquitecto Universidad Pontificia Bolivariana, estudiante de Maestría en Ingeniería con énfasis en sostenibilidad del Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid. Correo: felixdrivera@gmail.com

² Magíster de Gestión de la Innovación Tecnológica, Cooperación y Desarrollo Regional del Instituto Tecnológico Metropolitano. Asesor del trabajo de Maestría. Docente Investigador de la Corporación Universitaria Americana con categoría Asociado de Minciencias. Correo: jasepulveda@americana.edu.co

Introducción

En todos los ámbitos, se tiene especial cuidado en atender todas aquellas necesidades de las comunidades y de los aspectos específicos que requieren para su desarrollo. En este sentido, es importante mencionar lo que se busca a través de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) los cuales conllevan un espíritu de colaboración y pragmatismo para elegir las mejores opciones con el fin de mejorar la vida, de manera sostenible, para las generaciones futuras. Proporcionan orientaciones y metas claras para su adopción por todos los países en conformidad con sus propias prioridades y los desafíos ambientales del mundo en general (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, 2019). En este sentido, y estableciendo la relación que existe entre los ODS y la sostenibilidad de las comunidades objeto de esta investigación, cabe resaltar lo descrito en el Objetivo 11 de los ODS -Ciudades y comunidades sostenibles, donde se evidencia que “no es posible lograr un desarrollo sostenible sin transformar radicalmente la forma en que construimos y administramos los espacios” (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, 2019). Por otra parte, y de acuerdo a lo que se describe en el informe estadísticos del déficit de vivienda, en la mayoría de las regiones de Latinoamérica la proporción de hogares pobres es hoy más alta que en los años setenta. Según las estadísticas relacionadas por Salas (2002), el descontrolado incremento del déficit de vivienda ocasiona que alrededor de 130 millones de latinoamericanos habiten en alojamientos precarios. Para reforzar este argumento, Salas Serrano (2002) menciona que:

Un déficit habitacional, cuantitativo y cualitativo, afecta a más de la mitad de los hogares latinoamericanos. Para absorberlo sería necesario construir o mejorar 53,6 millones de unidades. Al iniciarse el milenio, 25 millones de viviendas carecen de agua potable, irrecuperable o precaria, que es un alojamiento cuya extremadamente mala condición impide mejorarlo y exige su reemplazo (ello lo convierte en fuente de déficit cuantitativo). Actualmente, el problema de la vivienda es provocado, una parte por la falta de recursos económicos que una gran sección de la población lamentablemente no tiene posibilidades de obtener una, ya sea por propiedad o arrendamientos; por otro lado, la otra gran parte de la población que vive en malas condiciones, inadecuadas, deterioradas y con pésimas condiciones de habitabilidad.

Para el caso de Colombia, es importante mencionar la medición que realiza el Departamento Nacional de Estadística para establecer desde indicadores cualitativos y cuantitativos el déficit de vivienda en el país (Builes Morales, Céspedes Restrepo, León Calderón y Jiménez García, 2013):

El déficit cualitativo de vivienda en Colombia, se evalúa de acuerdo a la estructura, disposición de espacio, disponibilidad de servicios públicos en las viviendas y cocina. Estructura entendida con referencia a los materiales en los pisos de la unidad habitacional, disposición de espacio entendida como el número de hogares por vivienda, disponibilidad de servicios públicos entendida como suministro eléctrico y disponibilidad de los servicios relacionados con el saneamiento básico y, por último, la cocina entendida como un lugar con la función exclusiva de permitir la manipulación de alimentos. Ahora, el déficit cuantitativo de vivienda estima la cantidad de viviendas que la sociedad debe construir o adicionar al *stock* para que exista una relación uno a uno entre las viviendas adecuadas y los hogares que necesitan alojamiento. Las variables de este índice son: tipo de vivienda, estructura y hacinamiento no mitigable. Tipo de vivienda entendido de cara a los tipos carpa, tienda, vagón, embarcación, cueva, refugio natural y puente. Estructura entendida con referencia al material de las paredes y hacinamiento no mitigable entendido con referencia al número de personas de una vivienda por el número de cuartos de la misma (hasta cuatro personas por habitación se considera hacinamiento mitigable).

Lo anterior, proporciona información pertinente para conocer cuáles elementos se toman en cuenta en el país para definir y calcular el déficit de vivienda de acuerdo a los tipos de construcción, materiales y demás características de una vivienda digna y sostenible (Departamento Nacional de Planeación, 2018). En este caso, es necesario hacer una relación del déficit de vivienda con la realidad socioeconómica del municipio de Buriticá (Antioquia), donde, según el diagnóstico del Sisben y censo municipal, se evidencia una relación estrecha entre el número de habitantes, áreas de construcción e ingreso familiar (estos datos fueron solicitados al SISBEN municipal de Buriticá).

Metodología

Para el desarrollo del proyecto de investigación, se tiene en cuenta la siguiente metodología. Se realizaría el seguimiento del proyecto de vivienda modular por medio del proceso BIM de arquitectura e ingeniería (Building Smart Spain, s.f.).

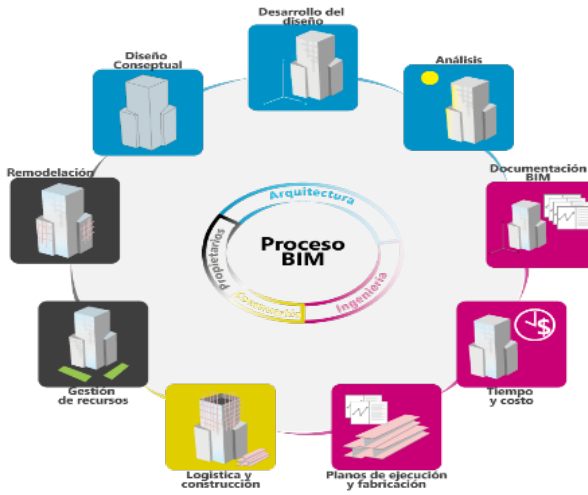


Figura 50. Proceso y seguimiento del diseño de una vivienda modular sostenible para superar el déficit de vivienda en las zonas rurales del municipio de Buriticá, Antioquia
Fuente: Cerón y Liévano (2017).

Resultados

- Maqueta a escala con diseño arquitectónico modular de una vivienda rural sostenible

A continuación, se presentan como resultado los detalles constructivos relacionados con la vivienda modular sostenible, como forma para que el conocimiento generado se pueda replicar en beneficio de las comunidades rurales del país. Se realiza una maqueta arquitectónica en escala 1,25 física a escala reducida de la vivienda modular. La representación puede ser muy sencilla,

de solo dos módulos, detallada para desarrollar el estudio de los materiales, forma de su construcción y del escenario del entorno de habitualidad. El uso varía desde un modelo rápido, para referencia, exploración o análisis. La maqueta arquitectónica, como la mayoría de las representaciones de escalas representativas a detalles y de estudio del modelo, se utilizan como una herramienta de comunicación y de proyección de su materialidad y formas.



Figura 51. Proceso de diseño y estudio de maqueta de la vivienda modular sostenible para superar el déficit de vivienda en las zonas rurales del municipio de Buriticá, Antioquia
Fuente: elaboración propia.

- **Caracterización del lote de estudio**

Una vez analizado la funcionalidad de la vivienda se busca garantizar el buen uso de la localidad geográfica y condiciones atmosféricas de estudio. Se empieza por buscar información sobre la orientación hemisférica de Colombia, para proyectar datos informativos como global y local del espacio a intervenir, a continuación, se describe la ubicación de Colombia en el globo terráqueo, que se encuentra dividido en los dos hemisferios norte y sur, y lo cruza el eje ecuatoriano; luego se busca comprender la geografía del departamento de Antioquia, dónde está ubicado el municipio de Buriticá para estudiar las condiciones atmosféricas, geografía, clima, cielo y estaciones en el año.

Orientación **hemisferio sur- norte (País Colombia)**

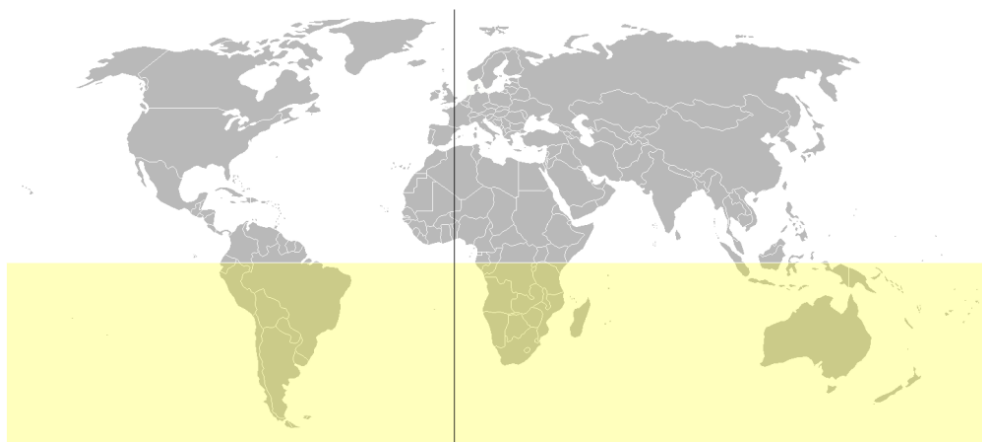


Figura 52. Localización hemisferio sur y norte de Colombia
Fuente: Countakeshi (2012).

- **Geografía**

El hemisferio norte se refiere a la mitad del planeta, que está situado al norte del ecuador, mientras que el sur es la mitad al sur de este. En el hemisferio norte se sitúa toda Europa, América del Norte y casi toda Asia, así como la

mayor parte de África. El hemisferio sur contiene toda la Antártida, el sur de Asia, aproximadamente un tercio de África, toda Australia y aproximadamente el 90 % de América del sur. Y por supuesto, el Polo Norte está en el hemisferio norte y el Polo Sur está en la zona más al sur. El territorio colombiano se halla situado en el noroccidente de América del Sur, sobre la línea equinoccial, en plena zona tórrida y equidistante de los extremos del continente americano, aun cuando la mayor parte se ubica en el hemisferio norte. Está bañado por las aguas del Mar Caribe y del océano Pacífico.

- **Clima**

Uno de los factores más importantes entre las diferencias de ambos hemisferios es el clima, que tiene que ver, principalmente, con la distribución de tierra frente al océano. El hemisferio norte tiene mucha más masa de tierra, mientras que el sur tiene una fracción mayor de océano. En primer lugar, lo que ocurre en el hemisferio norte es que el calor de la tierra y el océano se enfría a diferentes velocidades: la tierra se calienta y se enfría mucho más rápido. En segundo lugar, hay montañas que actúan como barreras para las tormentas y los vientos agresivos. Mientras tanto, en el hemisferio sur la corriente circumpolar antártica fluye sin obstrucciones alrededor del continente. Sin tierra para desviar los vientos, el clima alrededor de la Antártida es más fuerte.

- **Estaciones**

Las estaciones de verano e invierno difieren entre los dos hemisferios, resultando una cantidad de temperaturas anuales distintas al mismo tiempo entre las localizaciones más al sur y más al norte. En el hemisferio norte, el verano tiene lugar desde el solsticio de verano (21 de junio) hasta el equinoccio de otoño (21 de septiembre). El invierno, usualmente tiene lugar desde el 21 de diciembre hasta el 20 de marzo. El verano en el hemisferio sur, por otro lado, empieza el 22 de diciembre y el invierno desde el 21 de junio hasta el 21 de septiembre.

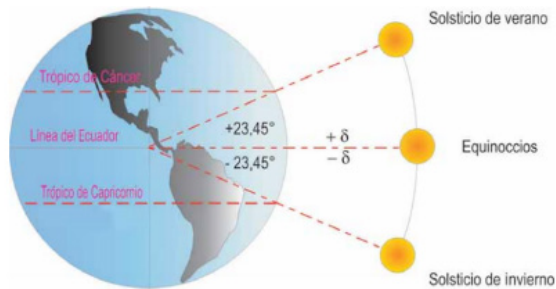


Figura 52. Ubicación de solsticio de verano, invierno y equinoccios.

Fuente: Spencer (1971) y Gómez (2016).

• Pronóstico lluvias, humedad y temperatura

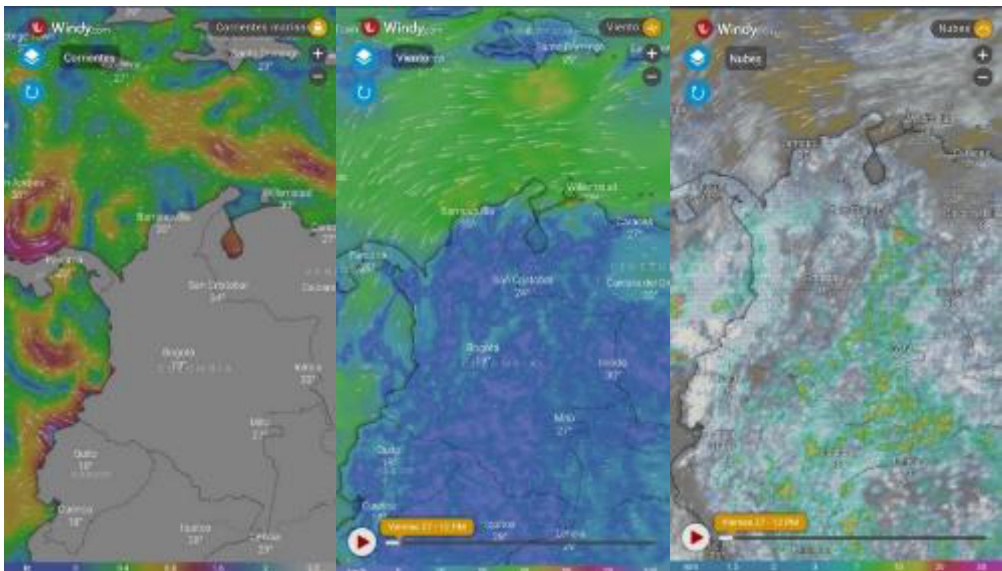
El clima es cálido y árido se caracteriza por sus escasas precipitaciones y una elevada diferencia de temperatura entre el día y la noche. Debido a la baja humedad en la atmósfera y a la ausencia de nubes, el sol recalienta el suelo por el día y ese mismo calor se disipa rápidamente en la noche.

Debido a la diferencia de temperatura entre el día y la noche, las edificaciones que mejor funcionan son las de gran inercia térmica, así el calor captado por el día se almacena para la noche, y el frío de la noche se disipa durante el día, manteniendo la temperatura constante. Muchas veces las edificaciones se entierran buscando la inercia que proporciona el suelo. También son habituales las construcciones con tierra por el mismo motivo. Para captar la menor energía solar posible, los colores en las edificaciones suelen ser claros. La orientación más adecuada será colocando los módulos hacia el sur geográfico, para determinar de forma exacta esta posición se puede utilizar una brújula.

De esta manera se puede tener conocimiento de las condiciones atmosféricas y meteorológicas o de las que se puede esperar para las próximas horas o días, así como también, estas pueden influir en la toma de decisiones al momento de planear e investigar sobre el proyecto la ubicación, formas, materiales y la sostenibilidad del proyecto donde esté ubicado.

- **Características meteorológicas y pronóstico de Colombia**

Estas figuras meteorológicas, se analizan y se implementa en el proyecto de estudio, teniendo en cuenta los fenómenos a corto plazo que tienen lugar en las capas bajas de la atmósfera. Las figuras nos muestran la temperatura y la dirección de los vientos, para ello, se utiliza el pronóstico del Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) que es una entidad del estatal, dependiente del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, encargada de manejar información meteorológica, para tomar decisiones a corto o largo plazo según el estudio determinado, la humedad relativa, corrientes marítimas, corriente de vientos, nubes, lluvias, humedad y temperatura. Estos datos fueron tomados el 21 de marzo y se aplicaron como herramientas para analizar y emitir un diagnóstico que nos lleve a la toma de decisiones para garantizar el confort y la sostenibilidad de la vivienda.



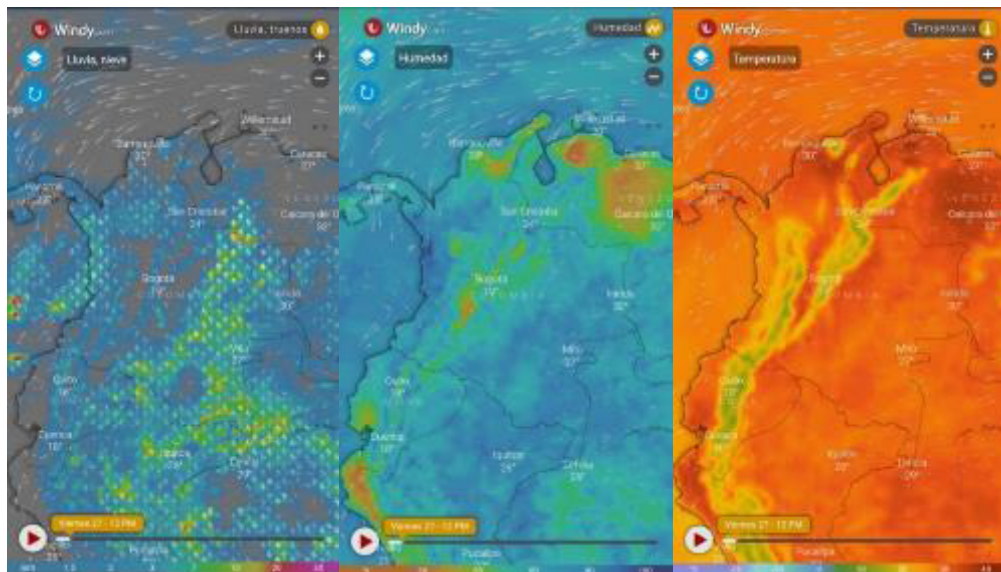
Corrientes marítimas

Corriente de vientos

Nubes

Figura 53. Pronóstico de lluvias, truenos, humedad y temperatura (modelo 2D)

Fuente: Aplicación Windy.



Lluvias, trueno

Humedad

Temperatura

Figura 54. Pronóstico de corrientes marítimas, viento y nubes (modelo 2D)

Fuente: Aplicación Windy.

• Localización del municipio de Buriticá, Antioquia

Buriticá está situado a $6^{\circ}, 43', 12''$ de latitud Norte y a $75^{\circ}, 54', 27''$ de longitud Oeste de Greenwich. La cabecera urbana está ubicada a una altura de 1.625 m.s.n.m. y su temperatura media es de 21°C . Se encuentra a una distancia por carretera a Medellín de 93 kilómetros, se comunica a través de la conocida vía al mar pacifico la cual se encuentra pavimentada y en buenas condiciones. Sus tierras ascienden entre los 1.000 y 1.800 m.s.n.m. El municipio cuenta con cinco corregimientos los cuales son: El Naranjo, Guarco, Tabacal, Llanos de Uarco y La Angelina, y tiene también treinta y dos veredas entre las cuales sobresalen Higabra, La Vega, Mogotes, La Cordillera, Carauquia, Las Brisas, El Guaimaro, Llano Grande, Untí, La Fragua, Sopetrancito, Palenque, Las Cuatro, Guadual, Buena Vista, Conejos, Santa Teresa, Llano Chiquito, El León, Pajarito, Costas, Chunchunco, Sincierco, Los Arados, Bubará, Los Asientos, Siará, Alto del Obispo, Murrupal y Uarco.

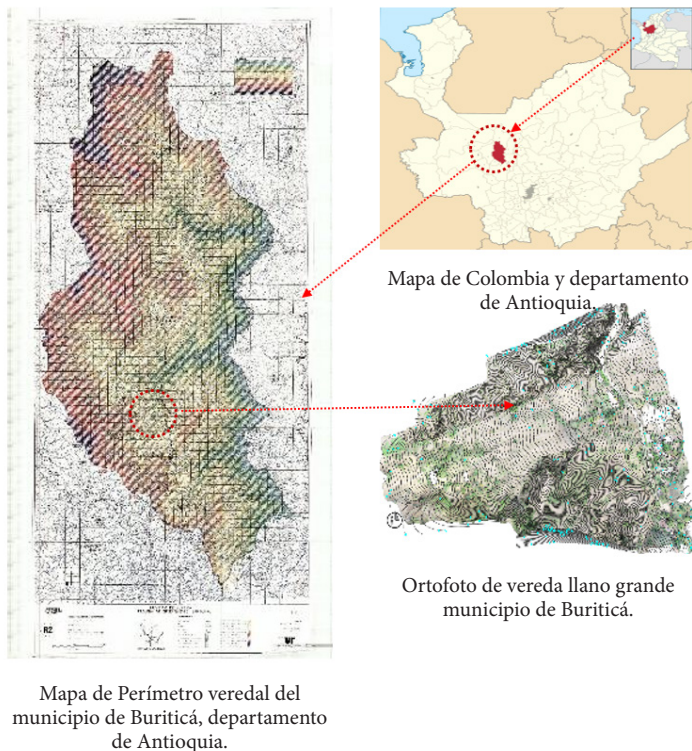


Figura 55. Levantamiento de mapa de localización del predio de investigación
Fuente: elaboración propia. Fotometría de Dron, software de Argisoft, gráficas latitud Google earth 6°44'22.35"N longitud 75°54'32.81»O

● Análisis del sector de investigación

En el mapa del municipio de Buriticá, señalado con un círculo rojo, está ubicado el lote de estudio en la vereda Llanogrande, zona rural del municipio de Buriticá, se encuentra ubicado a la zona norte de la cabecera municipal, este lote tiene acceso a vías terciaria, caminos de herradura y se encuentra a 5 km de la cabecera municipal. Lo componen dos grandes montañas que lo rodean, con suelos pastosos, vegetación baja y media, de un área de dos hectáreas con una temperatura entre 20 a 25 °C, el lote tiene una pendiente de 10° hacia el este. Luego de analizar el terreno, se hace una visita de levantamiento del terreno con el método de un dron fantom pro 4. Tomando 88 imágenes aéreas, cada imagen tiene sus coordenadas y sus puntos de elevación como se ve en las figuras 3d y las isotérmicas de altura del terreno. Podemos determinar

que, siendo una zona con un lote con disponibilidad de agua en los suelos, y la orientación y la forma como está dispuesta la depresión del terreno con respecto a los vientos y a la trayectoria del sol su uso es apto para una vivienda sostenible.

De esta manera, la vivienda modular sostenible se estudia en una región donde las montañas son pertinentes a pendiente pronunciadas para su ubicación, su orientación óptima será hacia el sur del municipio de Buriticá del departamento de Antioquia. Es la orientación sur la que recibe más horas la radiación solar durante el día, así que es recomendable que ubiquemos en esa orientación la cubierta donde vamos a transformar energía.

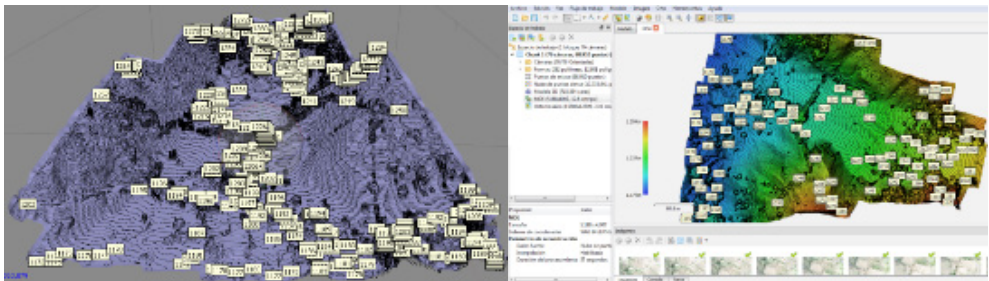


Figura 56. Estudio levantamiento topográfico y elevación de las curvas de nivel del lugar del proyecto

Fuente: elaboración propia. Fotometría de dron, *software* de argisoft, gráficas latitud Google Earth.

• Orientación de ángulo de la trayectoria del sol

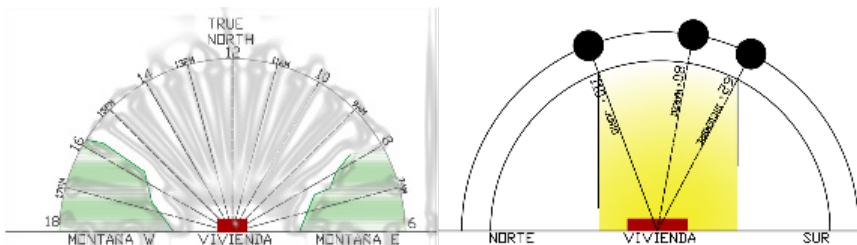


Figura 57. Irradiación solar, horaria y carta solar

Fuente: elaboración propia.

Se proyecta en la figura la trayectoria del sol durante el mes de diciembre, marzo y junio cuando tiene un cambio angular del sol. Se observa que donde va a ir ubicado el proyecto de vivienda, según la tabla de análisis de cargas solares de horas, días y meses hay más tiempo de carga solar durante el año. Y según la figura de horas muestra que viene a ser un provecho de carga solar durante el día a partir de las 9:00 a. m. a 16:30 p. m. Se diseña un método constructivo para controlar la radiación solar que incide en nuestra vivienda modular como método partesoles giratorios para que sean ajustado a la orientación del sol, en su momento así mismo se orienta aleros en cada vano de las fachadas diseñadas en el plano y el diagrama equidistante como la figura 57. Con estos elementos podemos permitir el paso de la luz solar según nos interese dependiendo de la hora del día.

• **Tabla de ganancias solares**

Tabla 13. Cargas solares de meses y horas del día




Tabla 13. Cargas solares de meses y horas del día

MES	N	S	E	O	NE	NO	SE
ENERO		8,5	2	2			8,5
FEBRERO		8,5	2	2			8,5
MARZO		8,5	2	2			8,5
ABRIL			2	2			
MAYO	1		2	2	1	1	
JUNIO	8,5		1	1	8,5	8,5	
JULIO	8,5		2	2	8,5	8,5	
AGOSTO	8,5		2	2	8,5	8,5	
SEPT		8,5	2	2			8,5
OCTUBRE		8,5	2	2			8,5
NOV.		8,5	2	2			8,5
DIC.		8,5	2	2			8,5

Horas 8,5 Horas que proyecta el sol en las fachadas de la vivienda modular sostenible

NO horas Horas que no proyecta el sol en las fachadas de la vivienda modular sostenible

Convención:

-  Fachadas con sombra
-  Fachadas con alta radiación solar
-  Proyección del sol vertical

• Análisis, trayectoria del sol mes de diciembre

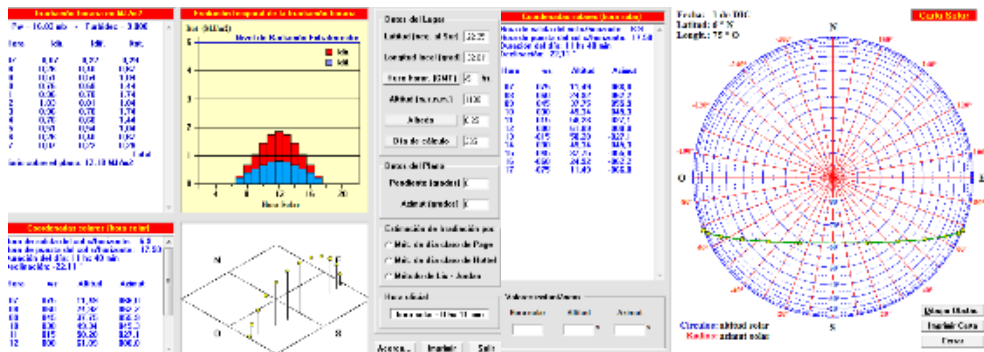


Figura 58. Inclinación y proyección solar del mes de diciembre

Fuente: elaboración propia, software geosol.

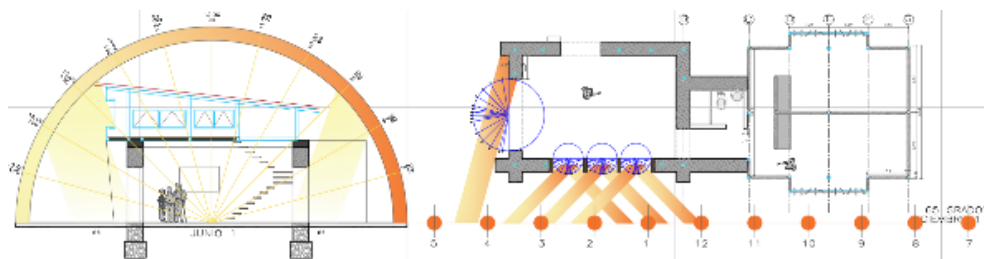


Figura 59. Inclinación y proyección solar del mes de diciembre.

Fuente: elaboración propia.

Se ha realizado el estudio de ubicación e inclinación del sol en el software geosol, se toma el 21 del mes de diciembre para proyectar la rotación del sol, la indicación horaria y coordenadas solares desde las 7 a. m. a 17 p. m. Después se realiza un corte y una planta, donde muestra las horas solares del día y el ángulo de entrada del sol a la vivienda. En el mismo mes, el sol se encuentra orientado al sur con un ángulo de 65° y una proyección del sol directa de ocho horas.

● Análisis trayectoria del sol mes de marzo

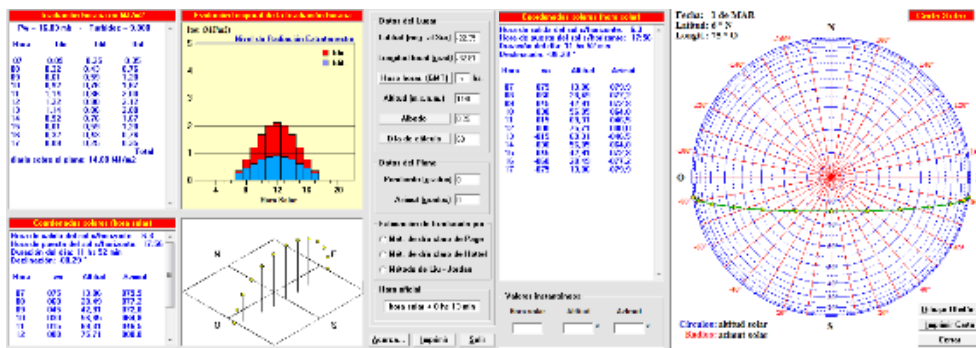


Figura 59. Inclinación y proyección solar del mes de marzo
Fuente: elaboración propia.

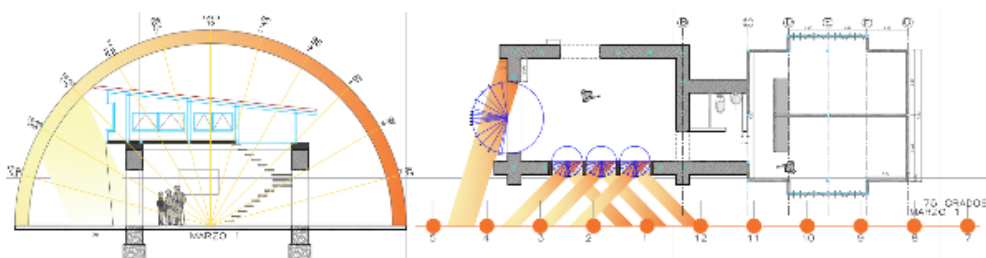


Figura 60. Inclinación y proyección solar de los meses de marzo
Fuente: elaboración propia.

Se ha realizado el estudio de ubicación e inclinación del sol en el software geosol, se toma el 21 del mes de marzo para proyectar la rotación del sol, la indicación horaria y coordenadas solares desde las 7 a. m. a 17 p. m. Después se realiza un corte y una planta, donde muestra las horas solares del día y el ángulo de entrada del sol a la vivienda. En el mismo mes, el sol se encuentra orientado al sur con un ángulo de 75° y una proyección del sol directa de ocho horas.

• **Análisis trayectoria del sol del mes de junio**

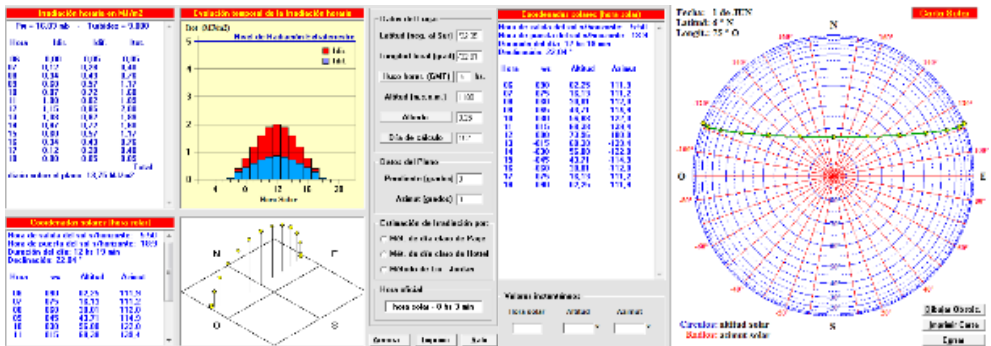


Figura 61. Inclínación y proyección solar del mes junio
Fuente: elaboración propia.

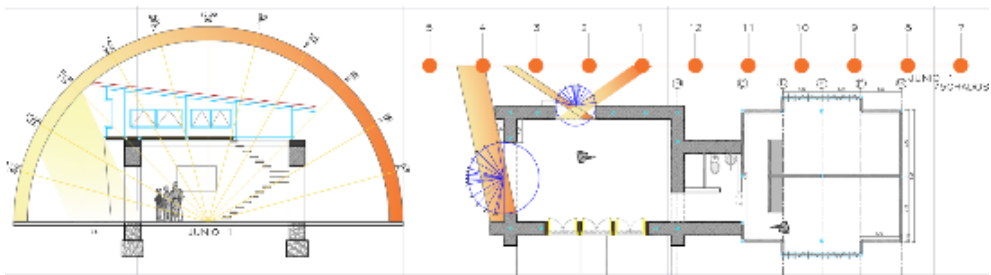


Figura 62. Inclínación y proyección solar de los meses junio
Fuente: elaboración propia.

Se ha realizado el estudio de ubicación e inclinación del sol en el software geosol, se tomas el 21 del mes de junio para proyectar la rotación del sol, la indicación horaria y coordenadas solares desde las 7 a. m. a 17 p. m. Después se realiza un corte y una planta, donde muestra las horas solares del día y el ángulo de entrada del sol a la vivienda. En el mismo mes el sol se encuentra orientado al norte con un ángulo de 75° y una proyección del sol directa de ocho horas.

• **Análisis de los modelos de la trayectoria del sol**

Después de analizar el modelo 2D y la trayectoria en el software geosol, que nos muestra la dirección del sol en diferentes ángulos; pero el sol se encuen-

tra irradiando el 90 % de la cubierta durante el año, no va a tener afectación de proyección solar y pérdida de radiación por la ubicación del sol que se encuentra en el hemisferio del eje ecuatorial, Por estar más ubicado en el equinoccio entre el solsticio de verano y el solsticio de invierno. En el año se observa que en algunos meses se repiten los tres ángulos en el año. Los tres ángulos son: 65°al sur en el mes de diciembre, 75°al sur en el mes de marzo y 75°al norte en el mes de junio, estos son los meses que son constantes en el año.

En la figura de modelo de vivienda modular sostenible 2D y 3D que se modelaron en el proyecto de investigación, se observa el ingreso del sol, las sombras y la circulación del viento. En el diagrama de temperaturas que se realizó, cada mes durante el año, notamos que en algunos meses la temperatura del sol es más alta en el lugar de estudio, luego de generar altas y bajas de temperatura durante el año, se genera un diagrama de isotermas de altas temperaturas, dentro de la imagen se muestran algunos colores, que indican los valores de temperatura, por ejemplo: el color rojo más encendido indica altas temperaturas durante los meses de junio, julio, agosto y parte del mes de septiembre, las horas de una a cuatro de la tarde donde la temperatura es mayor.

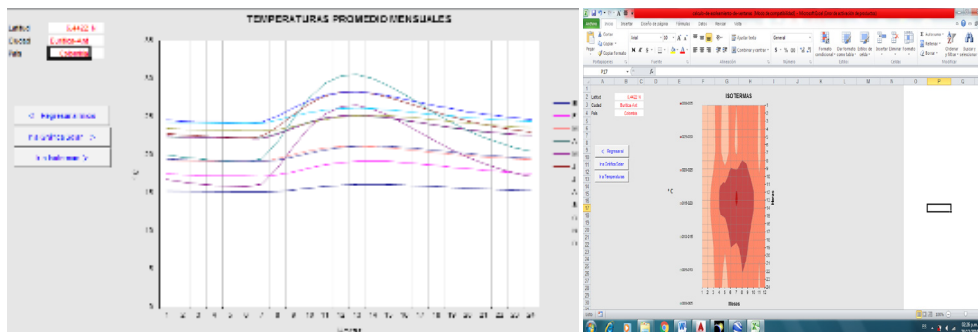


Figura 63. Diagrama temperaturas promedio mensuales, isoterma (tabla de cálculo Excel)
Fuente: elaboración propia

- El solsticio de verano, estación (21 de junio) no coincide exactamente con los días más calurosos del verano (segunda quincena de julio y primera de agosto). Esto significa que, cuando llega el calor fuerte, el sol ya

está ubicado en el solsticio de invierno. Es decir, que la fachada orientada al sur genera más calor y radiación del sol.

- El día tiene mayor duración (hay más horas de sol) y los días son más despejados que en el invierno.
- Aunque evitemos la llegada de la radiación directa, hay que considerar también la radiación difusa y reflejada, lo que puede suponer ganancias caloríficas apreciables.

Para hacerse una idea, hemos estimado que la radiación recibida por la fachada sur en Buriticá, Antioquia, es de 2,43 kwh/m² en mayo y de 4,56 kwh/m² en marzo, por término medio. Esto significa que necesitamos dispositivos de sombreado que impidan a esta radiación llegar al diseño de vivienda, como en sus ventanas y puertas. Algunos de estos dispositivos son:

- Alero fijo: según el cálculo de radiación, se toma como implementación un método adecuado que impidan algo de filtración solar en el verano más fuerte que se calcula en el diagrama de equidistantes de las trayectorias solares y el diseño constructivo que se emplea a cada vano para luego implementar en las fachadas métodos eficientes, partesoles y aleros en cada vano según el cálculo que se realizó, para evitar ingresos de rayos solares intensos a la vivienda.
- En la fachada norte y sur donde están ubicadas las alcobas, se diseñaron aleros verticales que se adaptan a las condiciones del tiempo, que se pueden ajustar según el clima deseado, al cerrar impide la entrada de luz solar o al abrir permite el ingreso del sol y el viento; ya que estos aleros son giratorios, y a su vez sirven como trayectoria del viento y sol dentro de la vivienda.

Se realizó diagrama en Excel donde se estudia la trayectoria solar y los elementos constructivos de protección de la radiación directa al interior de la vivienda.

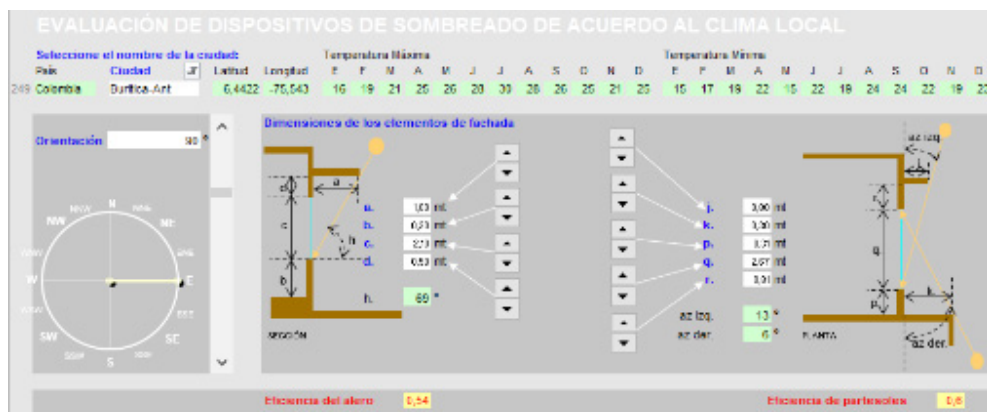
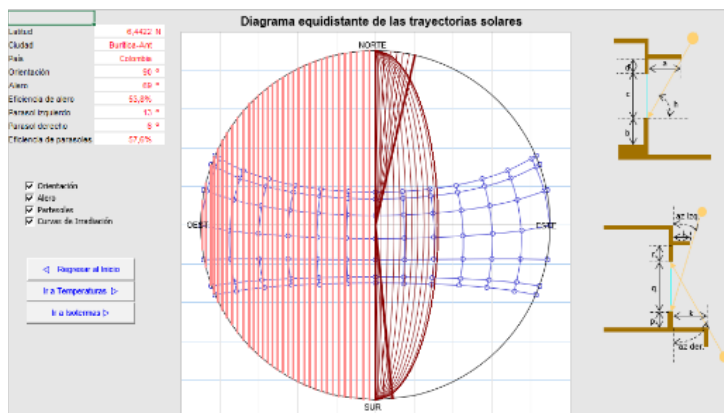


Figura 64. Diagramas equidistantes de las trayectorias solares. Evaluación de dispositivos de sombreado de acuerdo al clima local (tabla de cálculo Excel)
Fuente: elaboración propia.

● Proyección de sombras

También nos puede pasar que el faldón tenga una buena orientación, pero que esté siempre a la sombra de otros edificios o árboles. Por eso, cuando se diseña un sistema de paneles solares domésticos hay que tener muy en cuenta estas zonas sombreadas. Se realizó un levantamiento de análisis de campo para determinar obstrucciones de sombra que impida la proyección del sol en el módulo 2, donde están ubicados los paneles solares de la vivienda, teniendo en cuenta que no se verán afectados los paneles solares por la sombra de los árboles o montañas cercanos. Para decidir una mejor instalación se realiza-

ron gráficos solares, El análisis considera el camino que hace el sol durante el transcurso del día y durante las diferentes estaciones. Si el sombreado es un problema importante, se pueden incluir microinversores para mejorar la eficacia. Con estos microinversores, cada módulo funciona independientemente, de forma que, si uno de los paneles fotovoltaicos está sombreado, los demás continuarán produciendo electricidad.

Por último, cabe señalar que la producción óptima de electricidad ocurre cuando los paneles solares miran hacia el sur con una inclinación igual a 10 grados. Una vez que se ubican los paneles solares, observamos en la figura 65 la variación del ángulo del sol, nos puede generar sombra por el ángulo y la topografía del lugar de estudio que es muy pronunciada, por eso se diseña una estructura metálica movable que se pueda adaptar a la orientación del sol durante el año. La figura 66 nos muestra la proyección del mes de diciembre, marzo y junio. Las sombras están ubicadas en la fachada norte y sur, nos muestra la sección de sombra del 21 de diciembre 2019. Horas que fueron proyectadas en el programa de modelación en 3D: 9:00 a. m., 11:00 a. m., 13:00 p. m. y 16:00 p. m. en la siguiente imagen observamos el isométrico del recorrido de la sombra, por medio de la trigonometría se pueden generar estos ángulos y poder buscar el ángulo de la sombra en diferentes horas del día.

Podemos observar en las figuras 65 66, donde se orienta las sombras de la vivienda modular sostenible, en algunas fachadas se proyecta más el sol y se busca un método de cámaras verticales móviles para controlar la entrada del sol en las fachadas norte y sur en las alcobas 1 y 2. Se regularía la proyección del sol y la circulación del aire dentro de la vivienda.

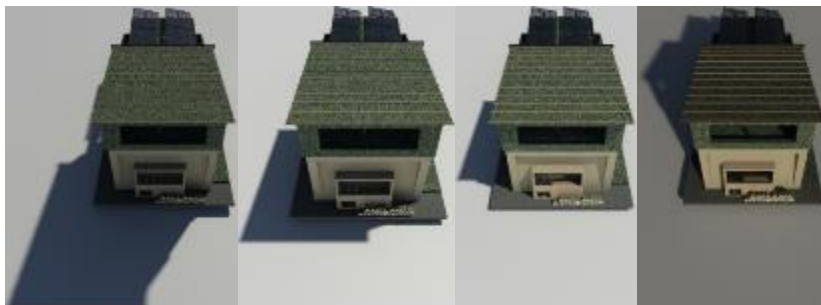


Figura 65. Isométrico de sombras de fachada, 21 de diciembre 9 a. m., 11 a. m., 13 p. m. y 16 p. m. (modelo 3D)
Fuente: elaboración propia.

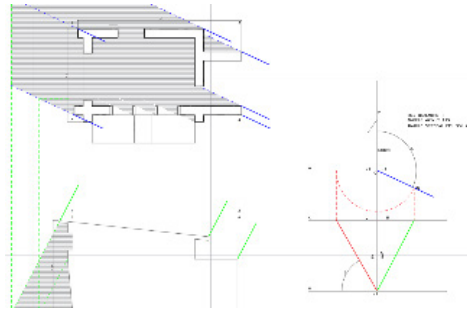


Figura 66. Geometría de sombras del módulo 1, 21 de diciembre (modelo 3D)
Fuente: elaboración propia.

La figura 66 nos muestra la proyección del mes de diciembre la sombra está ubicada en la fachada al eje equinoccio y proyectando más al norte nos muestra la sección de sombra del 1 de diciembre 2019. Horas que fueron proyectadas en el programa de modelación en 3D: 9:00 a. m., 11:00 a. m., 13:00 p. m. y 16:00 p. m.

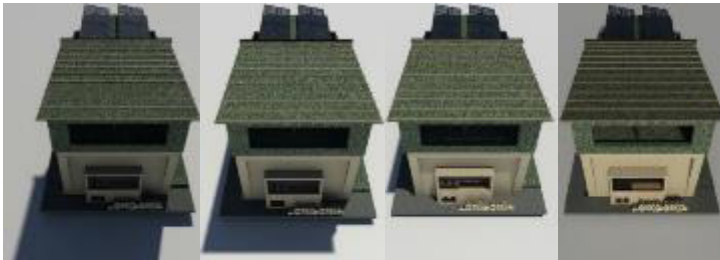


Figura 67. Isométrico de sombras de fachada, 21 de marzo 9 a. m., 11 a. m., 13 p. m. y 16 p. m. (modelo 3D)
Fuente: elaboración propia.

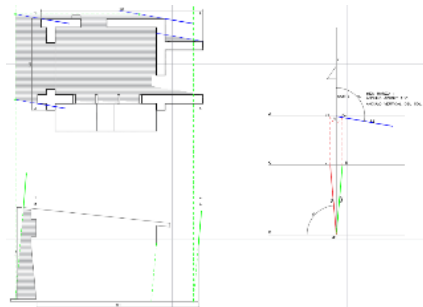


Figura 68. Geometría de sombras del módulo 1, 21 de marzo (modelo 3D)
Fuente: elaboración propia.

La figura 67 nos muestra la proyección del mes de marzo la sombra está ubicada en la fachada norte nos muestra la sección de sombra del 1 de diciembre 2019. Horas que fueron proyectadas en el programa de modelación en 3D: 9:00 a. m., 11:00 a. m., 13:00 p. m. y 16:00 p. m.



Figura 69. Isométrico de sombras de fachada, 21 de junio 9 a. m., 11 a. m., 13 p. m. y 16 p. m. (modelo 3D)
Fuente: elaboración propia.

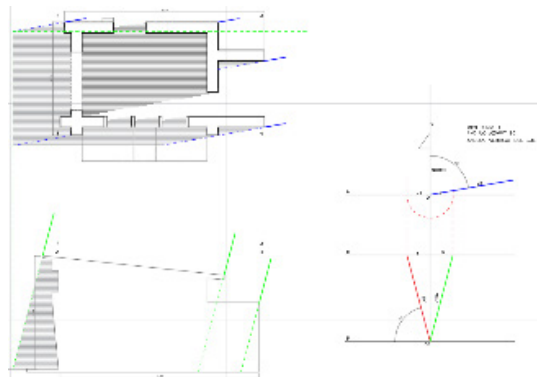


Figura 70. Geometría de sombras del módulo 1, 21 de junio (modelo 3D)
Fuente: elaboración propia.

La figura 69 nos muestra la proyección del mes de junio la sombra está ubicada en la fachada norte nos muestra la sección de sombra del 1 de diciembre 2019. Horas que fueron proyectadas en el programa de modelación en 3 d 9:00 am, 11:00 am, 13:00 pm y 16:00 pm.

● **Frecuencia de vientos en los hemisferios sur y norte**

El siguiente trabajo de investigación, consta de estudiar la dirección de los vientos en el globo terráqueo, donde son predominantes los vientos en los diferentes hemisferios, norte y sur. Las latitudes medias (entre los 35° y los 65° de latitud en cada hemisferio), que soplan generalmente de oeste a este. Rodean las altas presiones dinámicas sobre los océanos de latitudes tropicales y subtropicales, cerrando el bucle con los vientos alisios cercanos al ecuador. Tienen una componente hacia los polos, por lo que en el hemisferio norte son predominantemente del suroeste y en el hemisferio sur, del noroeste. Estos vientos son especialmente intensos en el hemisferio sur, debido a la ausencia de tierra. En el hemisferio norte, ejercen una influencia moderadora en el clima de las costas occidentales.

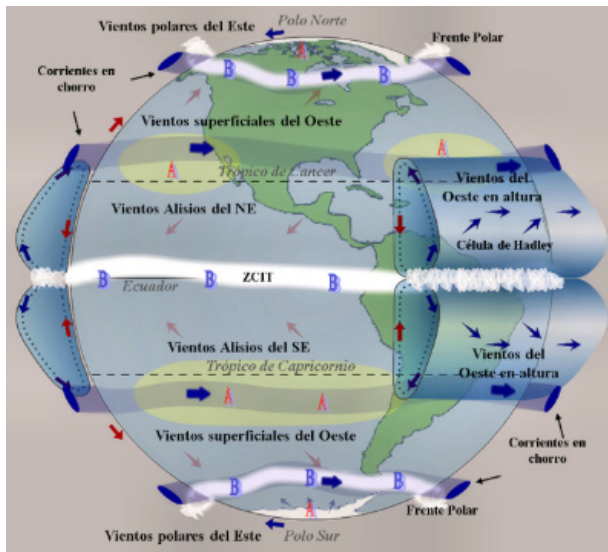


Figura 71. Mapa de frecuencia de vientos hemisferios (mapa 2 D)
Fuente: Instituto de Tecnologías Educativas de España (2013).

En la figura 72, se realizó un estudio de campo para proyectar el comportamiento del viento en la zona que se resalta el perímetro de color azul, se observa a su vez la ortofoto que el área rural del municipio de Buriticá departamento de Antioquia son conformadas por grandes montañas que forman un embudo entre ellas, de norte a sur, así viajan los vientos como se ve en la

trayectoria de las flechas rojas. Luego de recoger datos como del grado del viento, la velocidad, todos estos datos fueron recopilados durante seis días que a su vez se cargó a un software wrplot para generar gráficas llamadas rosa de los vientos.



Figura 72. Dirección del viento ortofoto zona de investigación
Fuente: Google Earth Pro.

- **Rosa de los vientos norte a sur, zona de investigación**

Se realiza una rosa de los vientos es un diagrama que representa la intensidad media del viento en diferentes sectores en los que divide el círculo del horizonte. En nuestro caso se han efectuado cuatro divisiones, lo que corresponde a las ocho direcciones de viento del lugar de investigación. Lo que obtenemos a partir de las rosas de vientos es una idea clara de cuáles son las direcciones de viento más probables, además de la distribución de velocidades asociada a cada dirección. La representación gráfica de estos datos de intensidad y dirección de vientos se confecciona llevándolos a un diagrama de círculos concéntricos, cuyos radios son a escala las frecuencias de las observaciones en cada sentido. Se ha realizado una rosa de los vientos, asociada al año 2020 realizada en el mes de abril, día uno al día seis, se agregaron datos para realizar la dirección del viento y los grados, se ha utilizado el *software* “WRPLOT View-Freeware”.

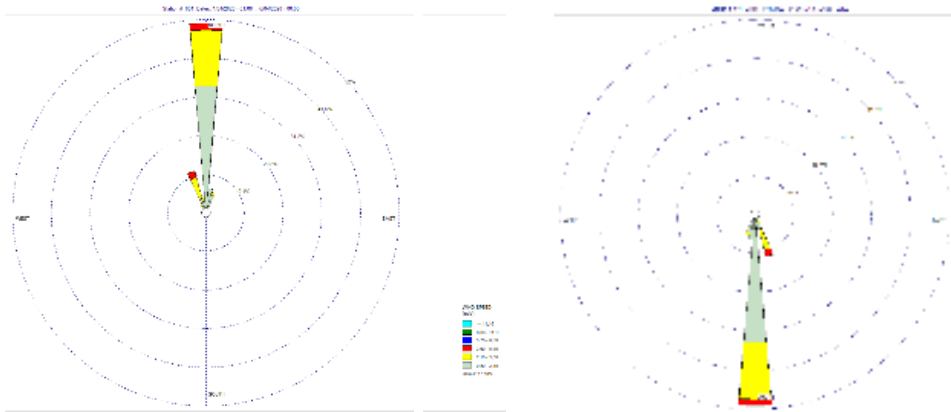


Figura 73. Rosa de los vientos norte al sur
Fuente: Elaboración propia, *software* Geosol.

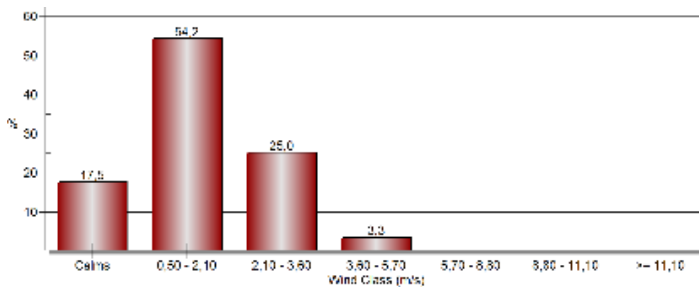


Figura 74. Distribución de frecuencia de clase de viento
Fuente: elaboración propia, *software* Geosol, *software* Wrpplot.

Se ha presentado esta rosa ya que observando los parámetros de la rosa de la totalidad de los datos se puede asumir que la tendencia que describe esta rosa es la general. Como se puede observar, la dirección de vientos más probable es la del componente norte-sur, además son los vientos que presentan la mayor parte de la trayectoria de máxima velocidad. Es importante mencionar el hecho de que la rosa de vientos asociada al paquete de datos, que está asociado a su vez a la toma de datos personales, con la herramienta anemómetro que mide la velocidad del viento, los grados del viento las tome con una brújula manual.

Luego de estudiar los datos y determinar el proyecto de diseño de la vivienda modular, se llevó a cabo el estudio de vientos en el diseño y los materiales

que conforman el proyecto. A continuación, observamos la figura 75, donde se ve el impacto del viento en la conformación de piezas modulares que se realizan en las actividades de la construcción de la vivienda. La inclinación del faldón es superior al 10% y es orientada al este, una vez orientado se estudia la velocidad y dirección del viento donde va impactar a la vivienda, en este caso el viento impacta la fachada Norte con más fuerza. El faldón es diseñado a un agua donde su construcción es sencilla para la instalación en la construcción de la vivienda y dispone únicamente de una vertiente para evacuar el agua de lluvia y dejar circular y renovar el aire, para mantener las condiciones higiénicas. Un mínimo de ventilación es siempre necesario, procura regular la temperatura y el ambiente del ser humano.

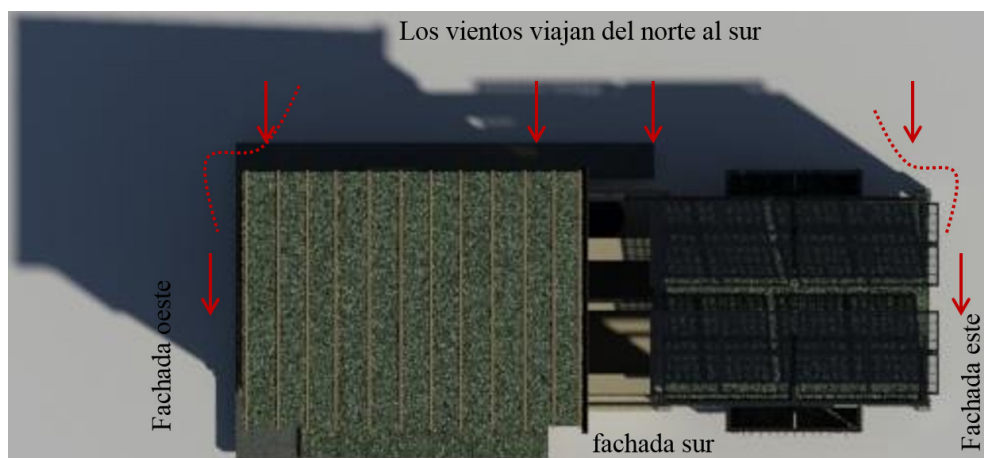


Figura 75. Planta y orientación de viento
Fuente: elaboración propia.

La vivienda modular puede transportar diferente acceso de aire natural a su interior. Como es proyectado en el corte transversal, la proyección del viento es dirigida a la fachada norte; pero las demás fachadas de la vivienda son conformadas por grandes ventanas y puertas que generan circulación activa debido a la construcción modular.

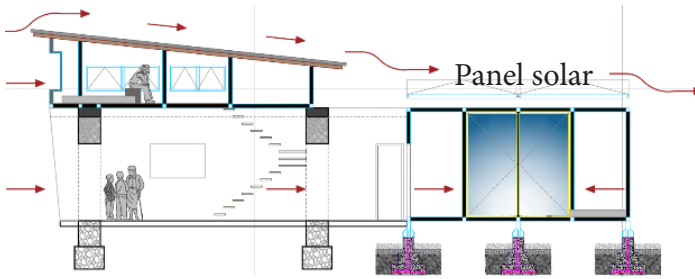


Figura 76. Cortes 1. Ventilación natural, corte transversal módulo 1 y 2 (modelo 2D).

Fuente: elaboración propia.

• Diseño del faldón

La inclinación y altura en la que se diseña el faldón, origina más ráfagas de viento en los módulos 1 y 2. El módulo 1 muestra la circulación del viento a través del primer piso y el desván que a su vez se forma una cámara de aire para el ingreso del aire que genera el cambio de temperatura dentro de la vivienda. En el módulo 2, donde van ubicadas las alcobas 1 y 2, el faldón está diseñado en dos aguas con poca pendiente para generar espacio y ubicación de los paneles solares para la transformación de energía de la vivienda. Una vez diseñada las fachadas, se realiza el cálculo de ingreso del aire a través de las mismas, para que la ventilación sea lo más eficaz posible. Las ventanas deben colocarse en fachada opuesta al sol y sin obstáculos fijos sino móviles a la dirección correcta entre ellas, y en fachadas que sean transversales a la dirección de los vientos dominantes. En días calurosos de verano, es eficaz ventilar durante la noche y cerrar durante el día.

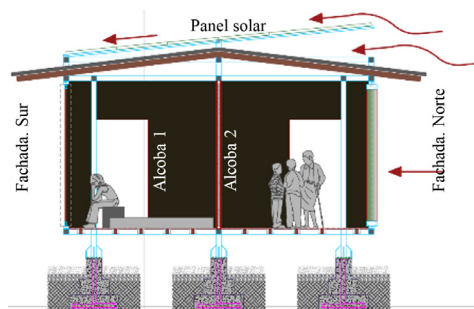


Figura 76. Cortes 1. Ventilación natural, corte longitudinal módulo 2 (modelo 2D)

Fuente: elaboración propia.

- **Ventilación en convectiva en desván o mezanine**

Un porcentaje importante de pérdidas de calor en invierno y ganancias de calor en verano, ocurre a través del faldón de la vivienda modular. Disponer de un espacio tapón entre el último piso de la vivienda modular y el tejado (un desván) reducirá de forma importante esta transferencia de calor. En verano, se puede hacer que el desván esté autoventilado por convección. Es normal que este lugar se convierta en un horno donde el aire alcance una temperatura mayor que el aire exterior; pero a su vez también se colocan materiales que puedan regular el calor y generar confort amigable a estos espacios de la vivienda. Se diseñan registros en su parte alta y en su parte baja, es posible dejar escapar este aire caliente, que será renovado por el aire exterior.

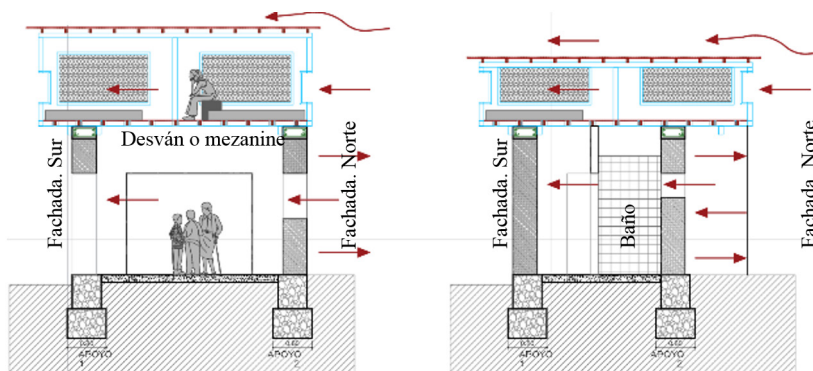


Figura 77. Cortes 1. Ventilación natural, corte longitudinal módulo 1 (modelo 2D)

Fuente: elaboración propia.

- **Fachadas ventiladas**

En la fachada norte y sur existe una cámara vertical de aire abierta en ambos extremos en la zona de las alcobas 1 y 2, separada del interior por una lámina vertical y separadas a 20 cm una de cada lamina de material. Cuando el sol calienta la lámina exterior, esta calienta a su vez el aire del interior, provocando un movimiento convectivo ascendente que ventila la fachada previniendo un calentamiento excesivo. En invierno, esta cámara de aire, aunque abierta, también ayuda en el aislamiento térmico de la vivienda.

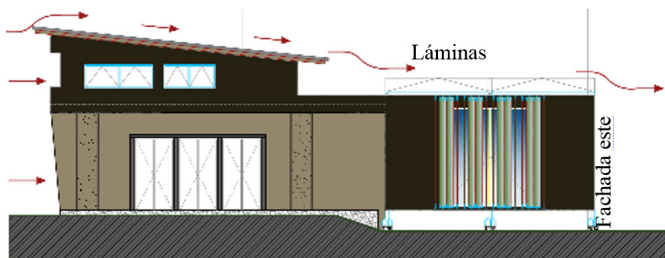


Figura 78. Fachada sur, ventilada (modelo 2D)
Fuente: elaboración propia.

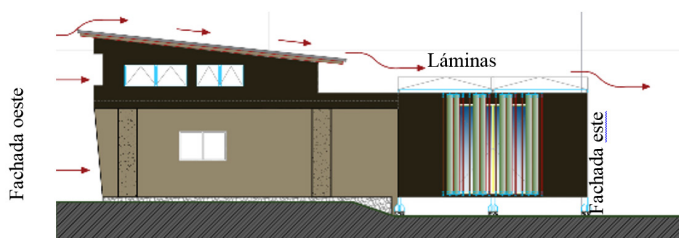
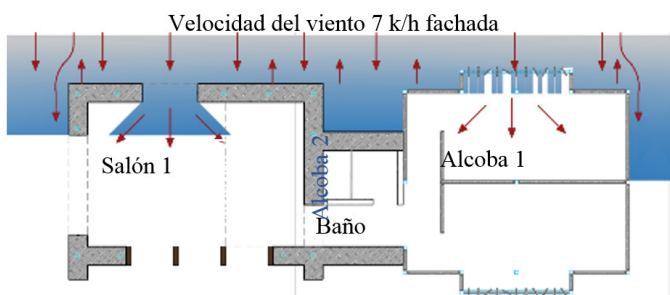


Figura 79. Fachada norte, ventilada (modelo 2D)
Fuente: elaboración propia.



		VELOCIDAD * SUPERFICIE DE ALUDA. (MM ² /S)					
Vano	AREA Vano	NUMERO	AREA M2	MS/h	MS/h	MS/h	MS/h
Alt. P.O.	VANO ALT. M	Ventane plano	fachada	seg.	Sur	accidente	W. oriente
7	8,5	8,2	31,31	3600	6300		
7	1,5	2,1	3,15	3600	79380		
7	2,83	2,1	5,943	3600	149763,6		
8	8,39	2,1	7,155	3600		85362,3	
9	2,43	2,1	5,913	3600		64164,3	
4	2,67	2,1	3,603	3600		16368,3	
4	0	0	0	3600			
Titulo del gráfico							
	norte	8,243	31,15	3600	295443,6	150141,6	80740,8
	noreste	8,54					
	sur	11,902	31,15				
	suroeste	8,54					
	oeste	3,603	15,69				
	noroeste	8,54					
	oriente	15,69					
	sureste						

Figura 80. Cálculo de viento
Fuente: elaboración propia.

Fachada orientada norte: se observa que tiene una entrada de aire excelente, velocidad de 7 km/h el total del flujo de aire es mayor que las demás fachadas con un total de 235.443 m³/h. Pero en el velocímetro podemos observar el porcentaje de la fachada norte tiene un 30 % que indica que es la menor área en m² de orificios o ventanas a comparación al tamaño de la fachada en m².

Velocidad del viento 3 k/h fachada sur

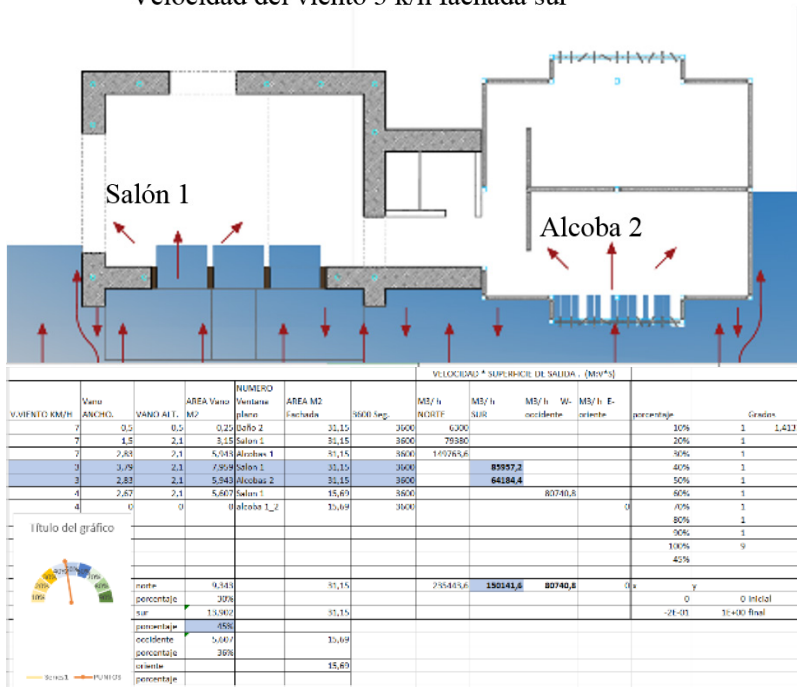


Figura 81. Cálculo de viento
Fuente: elaboración propia.

Fachada orientada sur: se observa que tiene una entrada de aire excelente, velocidad de 3 km/h el total del flujo de aire es menor porque el viento viene del norte o sea que la fachada norte le impide la trayectoria del viento. La fachada sur crea un ingreso de viento que lo indica el color naranja su valor total es de 150.141 m³/h. Pero en el velocímetro podemos observar el porcentaje de la fachada sur tiene un 45 % que indica que es la mayor área en m² de orificios o ventanas a comparación al tamaño de la fachada en m².

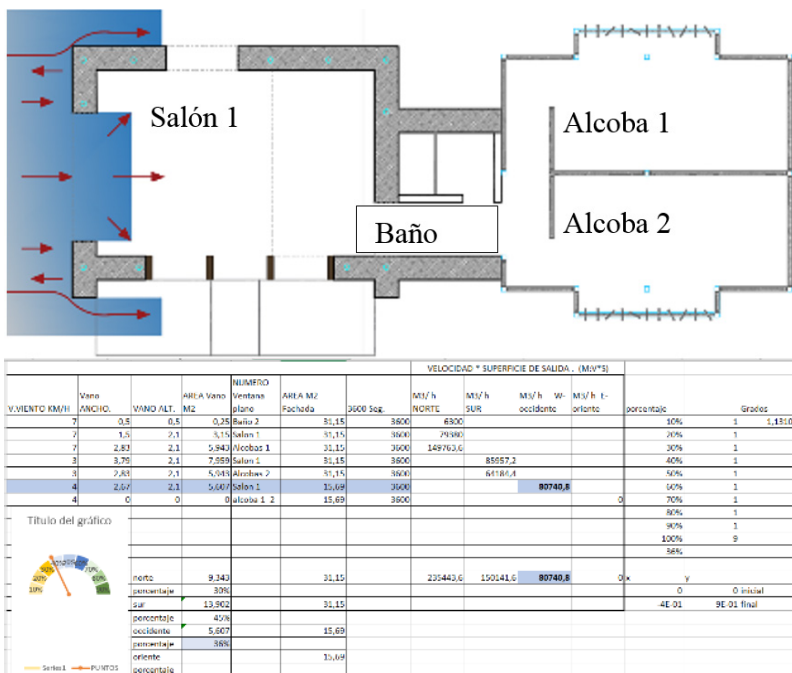


Figura 82. Cálculo de viento
Fuente: elaboración propia.

Fachada orientada oeste: se observa que tiene una entrada de aire baja, velocidad de 4 km/h el total del flujo de aire es menor por que el viento viene del norte o sea que la fachada norte le impide la trayectoria del viento. La fachada oeste crea un ingreso de viento que lo indica el color naranja su valor total es de 80.740 m³/h. Pero en el velocímetro podemos observar el porcentaje de la fachada sur tiene un 36 % que indica que es la buena área en m² de orificios o ventanas a comparación al tamaño de la fachada en m².

Conclusiones

La vivienda modular tiene una variada función de aprovechamiento ambiental en el ámbito del factor bioclimático, como la tapia pisada, que regula la temperatura interna y mejora las condiciones de confort en la vivienda modular sostenible y a su vez se aprovecha las fuentes naturales como la ventilación, la luz solar, instalando una cubierta fotovoltaica, que transforma la energía

para el autoconsumo, Y la recolección de aguas para el aprovechamiento de riegos según la estrategia de diseño minimiza las pérdidas energéticas.

Lo importante del trabajo de investigación, es el enfoque y el compromiso que se generó en diferentes ámbitos de la formulación y su construcción del prototipo de vivienda modular sostenible. La metodología que se empleó en este estudio, para crear una vivienda sostenible, fueron diferentes medios de estudio como material, ambiental, energía renovable que se llevó a cabo a escala de 1,25 y a un modelo 3D donde se pudo tener una visión de la construcción en la vida real, además de todos los conocimientos adquiridos para aplicarlos en pro de la población rural del municipio o cualquier zona de bajos recursos.

La ventaja potencial de este tipo de proyectos, es que se puede realizar en cualquier parte de la zona rural del municipio, el material que es la tapia apisonada se encuentra en cualquier parte ya que es el material más abundante del planeta, por eso este proyecto se puede realizar para comunidades de bajos recursos ya que se puede transformar y reducir el costo de la vivienda como la cubierta o mezanine donde su estructura versátil es de bajo costo para beneficio de la comunidad, ya que el prototipo está diseñado a todo costo con sus partes habitacionales. Esto incrementaría el valor de la vivienda, dependiendo el detalle constructivo que se emplee en la vivienda, incrementaría, o se reduciría el valor de la obra. Para las personas de bajos recursos, mejoraría su calidad de vida, teniendo acceso a una vivienda digna, donde tendrían acceso a los usos de servicios que generaría la vivienda para el ser humano. Se generaría una cultura sostenible amigable con el medio ambiente por el bajo consumo energético y aprovechamiento de aguas residuales. De esta manera se aprovecharían muchos recursos y estas personas serian beneficiadas.

Referencias

Blaitt González, R. (2010). La estructura social de comunidad y su aporte en la búsqueda de sostenibilidad. El caso de las ecoaldeas. *Cuaderno de Investigación Urbanística*, (69), 14-32. Recuperado de <https://bit.ly/3ep5fnf>

Building Smart Spain. (s.f.). ¿Qué es BIM? Recuperado de <https://bit.ly/3j3G256>

- Builes Morales, D. E., Céspedes Restrepo, J. D., León Calderón, M. C. y Jiménez García, W. G. (2013). Déficit cualitativo de la vivienda en Colombia, una reflexión desde el hábitat residencial urbano. Estudio de caso: municipios La Dorada y Norcasia, Caldas, Colombia. Recuperado de <https://bit.ly/3j1lwC6>
- Caamaño, E., Neila, J., Jiménez, F., Egido, M., Uzquiano, M., Gómez, J., ... y García, A. (2004). Self-sufficient solar houses: participation of the Universidad Politécnica de Madrid in the design “Solar Decathlon”. *Informes de la Construcción*, 56(494), 35-46. doi: <https://doi.org/10.3989/ic.2004.v56.i494.447>
- Countakeshi, K. (2012). Planisferio del mundo en blanco. Recuperado de <https://www.saberespractico.com/curiosidades/que-paises-atravesala-linea-del-ecuador/>
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística –DANE. (2018). Censo nacional de población y vivienda 2018. Recuperado de <https://bit.ly/3fwF1Ak>
- Instituto de Tecnologías Educativas de España. (2013). Grandes cinturones de vientos. Recuperado de <https://bit.ly/2ZtnF1M>
- Mariano, A. (2013). La versátil arquitectura modular. Recuperado de <https://breathingarchitecture.wordpress.com/2013/04/07/la-versatil-arquitectura-modular/>
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (1997). Reglamento colombiano de construcción sismo resistente NSR-10. Recuperado de <https://bit.ly/39056Fx>
- Ovacen. (2017). La forma de la arquitectura incentivada por el viento y sol. Recuperado de https://ovacen.com/forma-de-la-arquitectura-incentivada-por-la-eficiencia-energetica/#Ventilacion_natural_y_cargas_solares
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo - PNUD. (2019). Objetivos de desarrollo sostenible. Recuperado de <https://bit.ly/2ZtGu5a>

Promateriales. (2018). Construcciones modulares: una respuesta rápida, versátil y fiable. Retrieved from <https://bit.ly/3fA099a>

Salas Serrano, J. (2002). Latinoamérica: hambre de vivienda. *INVI*, 17(45), 58-69.

Secretaría Seccional de Salud y Protección Social de Antioquia. (2016). Población. Recuperado de <https://www.dssa.gov.co/index.php/estadisticas/poblacion>

Capítulo 8

Beneficios del uso de combustibles limpios en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá (AMVA)

Ángel Aristides Vargas Velásquez¹

Resumen

En el Área Metropolitana del Valle de Aburrá (AMVA) la contaminación ambiental es una problemática que se presenta por diversos factores como: condiciones geográficas, el rápido crecimiento en el parque automotor y el uso de combustibles fósiles, entre otros. La contaminación ambiental genera altos costos tanto sociales como ambientales, retrasos en procesos productivos, problemas de salud pública debido a emisiones de gases y material particulado, encarecimiento y degradación las condiciones de vida de sus habitantes. Pese a que se debe garantizar el derecho a una vida digna y a un ambiente sano de todas las personas, de acuerdo a lo establecido en los artículos 79 y 80 de la Constitución Política de Colombia y con el ánimo de proponer más uso de combustibles limpios, se procede a estudiar la calidad y características de dichos combustibles, para que se procure su posible implementación en las fuentes de contaminación más relevantes del aire en el AMVA como lo es el sector transporte. Sobre este sector contaminante, se realizó una investigación comparativa de combustibles limpios con fósiles para determinar cuál se asemeja más a las necesidades de reducir los contaminantes emitidos por las fuentes móviles como: óxidos de nitrógeno (NO_x), óxidos de azufre (SO_x), monóxido de carbono (CO), el ozono (O_3) y el material particulado suspendido total (TSP). Los biocombustibles son importantes porque ellos sustituyen combustibles fósiles, teniendo un número significativo de ventajas ambientales y económicas, si se tiene el compromiso del Estado, para crear normas y consciencia en las personas tanto individual y colectivamente, que contribuyan con alternativas de transporte e inversión en tecnologías que adopten combustibles limpios, repercutirá en una mejor calidad de aire y de vida.

¹ Ingeniero electromecánico, estudiante de Maestría en Ingeniería énfasis en Sistemas Sostenibles Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid. Correo: angel_vargas54181@elpoli.edu.co

Palabras clave: Área Metropolitana del Valle de Aburrá, reducción de emisiones, material particulado, biomasa, bioetanol.

Introducción

La contaminación en el AMVA obliga a proponer uso de combustibles limpios, evaluando biocombustibles como alternativa sobre combustibles fósiles. Los biocombustibles son productos que poseen la capacidad energética de sustituir los derivados del petróleo, tal como ocurre con el alcohol (Anhidro) carburante o etanol. Los beneficios asociados a los biocombustibles se han reflejado en un creciente número de países que han introducido o planean introducir políticas para incrementar la proporción de los biocombustibles dentro de su matriz energética.

El biocombustible es generalmente usado para combustible líquido en el sector de transporte. El empleo de biocombustibles contribuye a la mitigación de emisiones de gas invernadero, proporciona una fuente de energía limpia y por lo tanto sostenible, aumenta el ingreso a los agricultores en países en vía de desarrollo. Hoy, los biocombustibles son producidos de recursos de biomasa. La biomasa, de acuerdo con Mustafa Balat y Havva Balat (2009), es un recurso renovable que de manera duradera podría ser desarrollado en el futuro, tiene propiedades tremendamente positivas ambientales, no causan ningunas liberaciones netas de dióxido de carbono y el contenido muy bajo de azufre, es más económico en proporción al aumento de precios de combustible fósil del futuro. Para Gómez *et al.* “las pérdidas anuales en el país por la contaminación atmosférica ascienden a los 1,5 billones de pesos, donde se incluye las afectaciones por cáncer, asma, bronquitis, desórdenes respiratorios, entre otros” (Toro Gómez, Molina Vásquez, Serna Patiño, Fernández Gómez y Ramírez Casas, 2010). La industria petrolera colombiana ha estado en el ojo del huracán por la calidad del medio ambiente en ciudades importantes como Bogotá y Medellín, afectados por las emisiones de gases de efecto invernadero de los automóviles que usan combustibles fósiles como la gasolina y diésel (León, 2007).

En el Valle de Aburrá, según Gómez *et al.*, el material particulado menor a 2,5 micrómetros (PM 2,5) y el ozono (O₃) son los contaminantes más críticos, responsables de la calidad del aire inadecuado que persiste durante todo

el año, impactando más en los meses de febrero a marzo y en octubre donde se pasa de un clima seco a clima de lluvias y debido a la geografía del AMVA los gases contaminantes se asientan sin poder atravesar las montañas (Toro Gómez, Molina Vásquez, Serna Patiño, Fernández Gómez y Ramírez Casas, 2010) frente a esta problemática, el AMVA, autoridad ambiental urbana, viene trabajando en el desarrollo de acciones para el mejoramiento de la calidad del aire a través del fortalecimiento al seguimiento y control de los contaminantes atmosféricos, velando así por la protección de la salud pública y la calidad de vida de los habitantes.

En los combustibles limpios que se quieran implementar en el AMVA, es muy importante hacer un reconocimiento de las condiciones geográficas y climáticas de dicho lugar, además de tener en cuenta el comportamiento en par de torque, velocidad, entre otros factores de sus vehículos en las condiciones anteriormente mencionadas y así determinar la viabilidad de los combustibles para el problema planteado. “La Agencia Internacional de Energía (AIE) divulgó un informe donde propone que, para limitar el calentamiento del planeta y mejorar la calidad del aire, es necesario mejorar el acceso a una energía generada principalmente por fuentes renovables” (Combustibles Fósiles limpios, 2017), en el AMVA se han tomado medidas paliativas para afrontar las crisis que generan la presencia de más de material particulado 2,5 (PM 2,5) por metro cúbico que en cantidades altas de más de 55,5 microgramos genera la declaratoria de la alerta roja ambiental según Restrepo (2017). Potenciar la fortaleza como EPM es un gran generador de energía eléctrica, una de las soluciones es aprovechar al máximo este recurso, tanto para la movilidad, hay que pensar en medidas a mediano y largo plazo, en un fondo de renovación vehicular particular e incentivos para vehículos de carga eléctrica. La idea es tener un plan piloto en el Valle de Aburrá, en el que estén involucrados los entes territoriales, EPM, el Gobierno Nacional y los particulares, y avanzar hacia la movilidad eléctrica, dentro del Plan Metropolitano de Gestión de la Demanda se incluyeron puntos como las ciclorrutas y la movilidad eléctrica, uno de los problemas encontrados (Restrepo, 2017). “Teniendo en cuenta que para llegar a la movilidad eléctrica es un plan a largo plazo se debe de evaluar la calidad de los combustibles en Colombia” (Baraya Rubiano, 2017). La implementación de programas que permitan la producción de combustibles más limpios ha contribuido en parte a bajar la contaminación ambiental en las ciudades. No obstante, el más reciente informe del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), *Informe del estado de calidad del*

aire en Colombia 2011-2015, advierte que las mayores zonas de concentración de material particulado fino en el aire (asociado a las emisiones generadas por procesos de combustión de combustibles fósiles) son Bogotá y los municipios del Área Metropolitana del Valle de Aburrá. El país sigue en la búsqueda de combustibles limpios (Baraya Rubiano, 2017). Colombia no ha sido indiferente a la calidad de los combustibles. En 1991 Ecopetrol diseñó un programa de mejoramiento de calidad de las gasolinas de motor, conocido como *gasolina verde*, con el cual se eliminó el plomo, desde el 2005 en el país comenzaron a usarse biocombustibles con el objetivo de bajar las emisiones contaminantes de los combustibles fósiles (gasolina y Acpm) mediante el uso del bioetanol, proveniente de la caña de azúcar, y el biodiésel, extraído del aceite de palma. En la actualidad la gasolina debe tener entre un 8 y 10 por ciento de bioetanol, mientras que el Acpm tiene un 10 por ciento en biodiésel. Sin embargo, debido a los cambios climáticos que se dan en la región, especialmente entre los meses de febrero, marzo y octubre, noviembre, los cuales generan que los contaminantes no asciendan lo suficiente y tampoco sean arrastrados por los vientos, causando que las partículas se concentren en el aire que se respira, se analizó la calidad de combustible que llega al AMVA encontrando que las cuotas de bioetanol en la gasolina eran del 6 por ciento, por lo cual el Ministerio de Minas y Energía, mediante la Resolución 40277 del 4 de abril del 2017, aumentó la oferta de bioetanol en la gasolina del 6 al 8 por ciento en Antioquia. Esta cuota sigue siendo baja independiente de capacidad de generar biocombustibles en el país (Baraya Rubiano, 2017).

La razón de que dicha cuota sea baja, según la Federación Nacional de Biocombustibles es “debido a que hubo una coyuntura de baja cosecha de caña de azúcar debido al fenómeno de El Niño, lo cual coincidió con una detención de algunas plantas por mantenimiento, actualmente los cultivos se están recuperando y con la entrada en operación de la planta de BioEnergy (Ecopetrol) se espera que la oferta aumente en el país”. Las mezclas de bioetanol y biodiésel en los combustibles varían en el país por disposición del Ministerio de Minas, dependiendo de la demanda de cada ciudad y la cantidad de biocombustible disponible. Esto son muestras de falta de compromiso y gestión política. La Constitución Política de 1991 como preámbulo a una vida digna desarrolla varios artículos como:

Artículo 49. La atención de la salud y el saneamiento ambiental son servicios públicos a cargo del Estado. Se garantiza a todas las perso-

nas el acceso a los servicios de promoción, protección y recuperación de la salud. Corresponde al Estado organizar, dirigir y reglamentar la prestación de servicios de salud a los habitantes y de saneamiento ambiental conforme a los principios de eficiencia, universalidad y solidaridad. También, establecer las políticas para la prestación de servicios de salud por entidades privadas, y ejercer su vigilancia y control. Así mismo, establecer las competencias de la Nación, las entidades territoriales y los particulares, y determinar los aportes a su cargo en los términos y condiciones señalados en la ley. Los servicios de salud se organizarán en forma descentralizada, por niveles de atención y con participación de la comunidad. La ley señalará los términos en los cuales la atención básica para todos los habitantes será gratuita y obligatoria. Toda persona tiene el deber de procurar el cuidado integral de su salud y la de su comunidad.

Artículo 79. Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. La ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo. Es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines.

Artículo 80. El Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución. Además, deberá prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, imponer las sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados. Así mismo, cooperará con otras naciones en la protección de los ecosistemas situados en las zonas fronterizas.

Artículo 334. La dirección general de la economía estará a cargo del Estado. Este intervendrá, por mandato de la ley, en la explotación de los recursos naturales, en el uso del suelo, en la producción, distribución, utilización y consumo de los bienes, y en los servicios públicos y privados, para racionalizar la economía con el fin de conseguir en el plano nacional y territorial, en un marco de sostenibilidad fiscal, el mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes, la distribución

equitativa de las oportunidades y los beneficios del desarrollo y la preservación de un ambiente sano. Dicho marco de sostenibilidad fiscal deberá fungir como instrumento para alcanzar de manera progresiva los objetivos del Estado Social de Derecho. En cualquier caso, el gasto público social será prioritario. Entre otros.

Estos artículos son una utopía para garantizar balances en las emisiones y generar condiciones más favorables en índices de contaminación. Estos esfuerzos por mejores condiciones ambientales impactan los combustibles buscando alternativas limpias las cuales deben de complementarse con vehículos que los adopten (Baraya Rubiano, 2017). Néstor Rojas, profesor asociado del departamento de Ingeniería Química y Ambiental de la Universidad Nacional de Colombia, afirma que:

Es necesario hacer un mejor control para que los ingresos de vehículos cumplan con estándares exigentes de emisión con los combustibles esto se lograría con el establecimiento de un centro de control y certificación vehicular similar al 3CV de Chile, que certifica que todos los vehículos importados cumplen con las normas de emisiones.

El objetivo del país es hacer vigente la norma Euro VI para que haya menos afectaciones a la salud de la población con un aire más limpio. El pasado 18 de julio, el presidente, Iván Duque, sancionó la Ley 1972, que fijó el derrotero del país en cuanto a la reducción de emisiones contaminantes provenientes de motocicletas y automotores con motores diésel, para lo cual se requieren combustibles y motores ‘más limpios’ Esto significa, según la norma, que para el combustible diésel, a partir del 1° de enero de 2023, el contenido de azufre en el ACPM (Aceite combustible para motores) se permitirá entre 15 y 10 partes por millón (ppm), y desde el 1° de enero de 2025 estos niveles no podrán superar las 10 p Ecopetrol ya produce Diésel Euro VI. El estándar Euro VI es tener menos de 10 partes por millón (ppm) de azufre. Ecopetrol hoy produce esa calidad en sus dos refinerías (Barrancabermeja y Cartagena)”, dijo Jorge Mauricio Téllez, gerente de Comunicaciones Corporativas de la compañía. En cuanto a la gasolina la ley impone 300 ppm de azufre. “Estamos en menos de 150 ppm este año y en julio ya llegamos a menos de 100 ppm, que es el estándar que exigen los mejores mercados”, precisó. “Si bien se han hecho esfuerzos también hay que ser conscientes que ha faltado compromiso por parte del

gobierno para avanzar en tecnologías de motores y combustibles más limpios” (Baraya, 2017).

La política ambiental actual sigue desactualizada y se limita a las marcas automotrices la posibilidad de traer vehículos que cumplan con normas más modernas y amigables con el medio ambiente. El Ministerio de Minas afirma que “se viene ejecutando un plan de mediano y largo plazo que dé respuesta a las necesidades del país, que sea coherente con las capacidades de producción, abastecimiento y uso de la gasolina y el diésel”, sin embargo, queda en el tintero la duda si ese ‘Plan’ es una política ambiental de Estado que pueda seguir avanzando a futuro y de la garantía de vehículos que ofrecen motores con tecnologías modernas sin temer por la calidad de los combustibles de hoy. Las políticas que se establecen se deben de enfocar a políticas mundiales donde todo parece indicar que el año 2040 será el año en que se prohíba la venta de vehículos de combustión interna (gasolina y diésel) en Europa.

Metodología

Se plantea una investigación de enfoque cualitativo de nivel descriptivo-comparativo del LCA de combustible limpio vs. combustible fósil para determinar los beneficios desde su extracción hasta su disposición final. Esta última parte es la más influyente en la calidad del aire en el AMVA y así determinar los beneficios en la reducción de los contaminantes emitidos por las fuentes móviles.

Resultados

Evaluación de la gasolina frente al bioetanol

Los biocombustibles son el líquido o combustibles gaseosos hechos de la materia de planta y residuos, como cosechas agrícolas, desechos municipales y agrícolas y subproductos de silvicultura. Mustafá Balat y Havva Balat, sugieren que los biocombustibles líquidos pueden ser usados como un combustible alternativo para el transporte, estos podrían reducir considerablemente las emisiones generadas por los vehículos de combustión interna si se adoptan como principales fuentes de energía. Pueden reducir emisiones de carbón y

pueden ayudar a aumentar la seguridad de energía. Hay muchos tipos de biocombustibles, que son producidos de varias cosechas y diferentes procesos. Los biocombustibles pueden ser clasificados ampliamente como el biodiésel y el bioetanol, y luego subdivididos en combustibles convencionales o avanzados (Balat y Balat, 2009).

Teniendo en cuenta el objetivo principal de la reducción de emisiones de gases contaminantes. El bioetanol de acuerdo con Gómez *et al.*, es una alternativa válida desde su producción limpia.

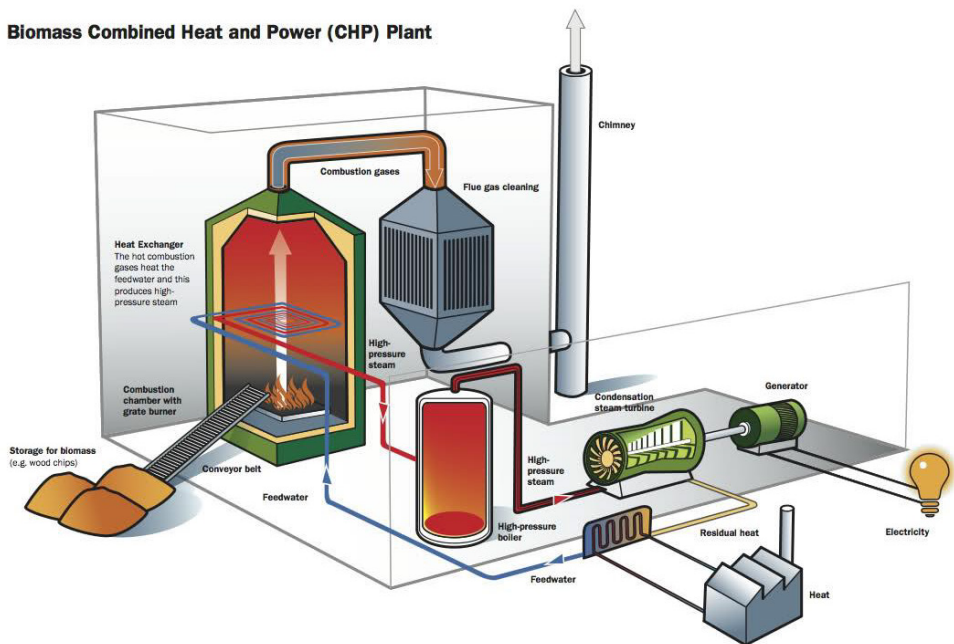


Figura 83. Diagrama de flujo de extracción de biomasa

Fuente: seai.

Se produce de las diferentes clases de materias primas. Estas materias primas son clasificadas en tres categorías de agrícolas: azúcares simples, almidón y lignocelulosa. El bioetanol de la caña de azúcar, producido en las condiciones apropiadas, es esencialmente un combustible limpio y tiene varias ventajas claras frente a los combustibles fósiles, Las tendencias y proyecciones al uso del bioetanol, el desarrollo de materias primas de biomasa y conversión

mejorada de tecnologías. La gasolina es el combustible más consumido en el mundo, un alto porcentaje del consumo total se lo lleva sector del transporte. Lo que exponen Restianti, Gheewala, “es que este consumo acrecienta la preocupación con respecto a los problemas ambientales, particularmente la calidad del aire urbano” (Restianti y Gheewala, 2012). Esto genera analizar la utilización de la gasolina en el transporte como aspecto crucial. Sin embargo, además de las emisiones del tubo de escape, hay muchos procesos en la extracción y producción de la materia prima de la gasolina que deben ser evaluados en términos de impactos ambientales. Ya que consume recursos además de un alto impacto a la salud humana, los impactos generados por la utilización de gasolina en el sector del transporte, incluida la extracción de petróleo crudo, la refinación y el uso de gasolina en el automóvil. Como lo muestra la figura 84.

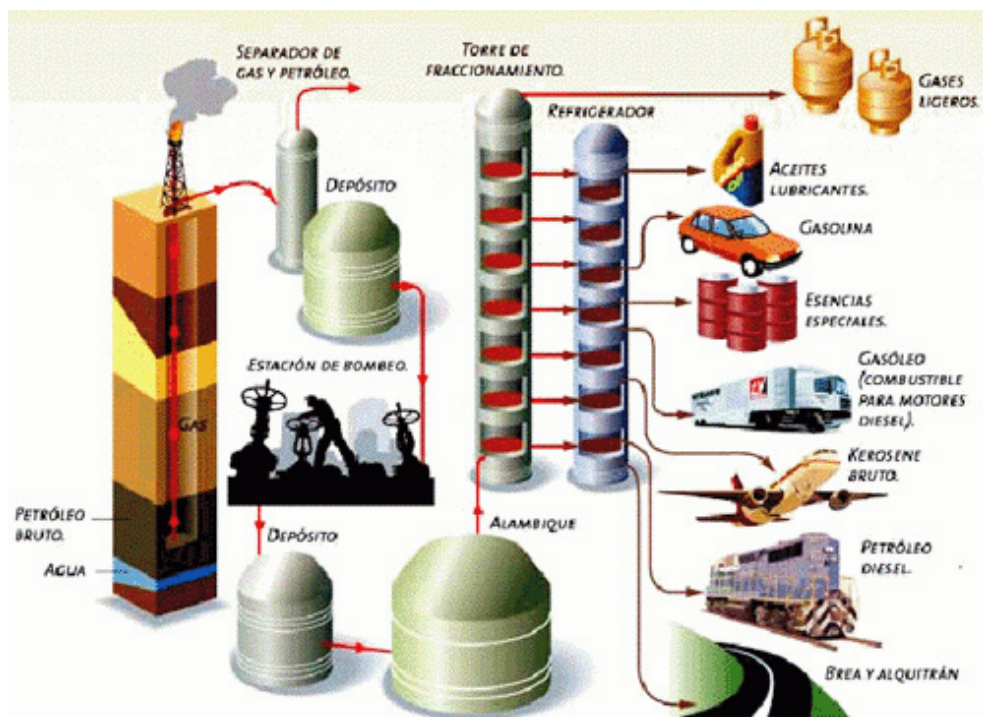


Figura 84. Diagrama de flujo de extracción de la gasolina
Fuente: Refinerías en México. Propuestas para el sexenio 2018-2024.

Son demasiado negativos en términos ambientales, de salud pública y de consumo de recursos naturales.

Unidad funcional

En la tabla 14A comparamos las propiedades de energía, calor, presión, densidad entre otras. De la gasolina y el etanol.

Tabla 14A. Propiedades de la gasolina y el etanol

Parámetro	Unidad	Gasolina	Etanol
Poder calorífico inferior	kJ/kg	43500	28225
	kJ/l	32180	22350
Densidad	Kg/l	0.72-0.78	0.794
Octanaje RON (Research Octane Number)	-	90-100	102-130
Octanaje MON (Motor Octane Number)	-	80-92	89-96
Calor latente vaporización	kJ/kg	330-400	842-930
Relación aire/combustible estequiométrica		14,5	9,0
Presión de vapor	kPa	40-65	115-17
Temperatura de ignición	°C	220	420
Solubilidad	% en volumen	0	100

Fuente: Herrera, de la Rúa y Lechón, 2015.

En la tabla 14B tenemos la comparación de cada tipo de combustible y la cantidad de combustible expresada en MJ que es necesaria para recorrer un km en un vehículo de combustible flexible (Ford Focus 1.6i 16V Zetec Flexi-fuel) en un ciclo de conducción determinado (Lechón, y otros, 2005).

Tabla 14B. Tabla comparativa

	Poder calorífico del combustible (MJ/l)	Consumo del combustible (l/km)	Unidad funcional (MJ/km)
E85	22,9	00980	2,24
Gasolina	32,26	0,0730	2,36

Fuente: CIEMAT.

En las figuras 85 y 86 podemos observar el rendimiento en km de la gasolina y del bioetanol por cada 3,78 lt de combustible.

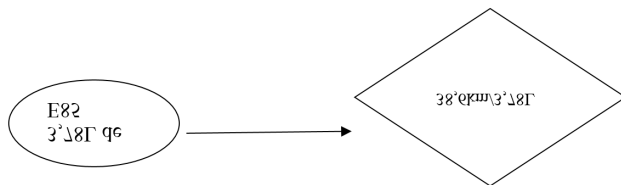


Figura 85. Rendimiento del Bioetanol en km por 3,78 L de bioetanol
Fuente: CIEMAT.

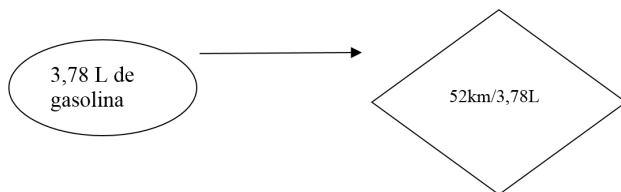


Figura 86. Rendimiento de la gasolina en km por 3,78 L de gasolina
Fuente: CIEMAT.

Para la gasolina las emisiones de CO₂ de un galón de octano son:

$$=3,78 \text{ L} \times 0,699 \text{ kg/L} \times (96/114) \times (44/12) = 8,16 \text{ kg.}$$

Aunque la tecnología vehicular de hoy es mucho mejor: se cuenta con automóviles de 80 y 100 kilómetros por 3,78 L de gasolina, es decir, los rendimientos han mejorado (León, 2007).

Análisis del ciclo de vida de la gasolina frente al bioetanol

El análisis del ciclo de vida (LCA) constituye hoy en día una de las principales herramientas para valorar el desarrollo sostenible de las distintas producciones y servicios, evalúa los impactos ambientales de un producto de un proceso natural, e interpreta los resultados de las fases de inventario e impacto en relación con los objetivos del estudio (Según Norma ISO 14040) de acuerdo a procesos implicados como los muestra la figura 87. Donde evaluamos las

cuatro etapas de extracción, manufactura, transporte y uso. Para este caso se hace el análisis de (LCA) a la gasolina y al bioetanol.

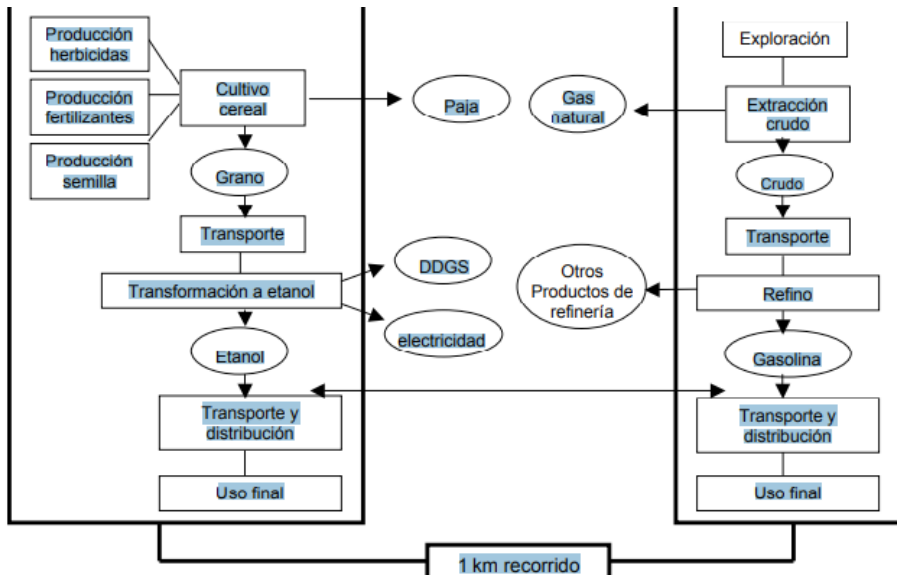


Figura 87. Comparativa LCA del E85 y la gasolina
Fuente: CIEMAT.

Análisis de ciclo de vida del bioetanol por etapas

Análisis de ciclo de vida del bioetanol por etapas, los resultados que se muestran en la tabla 15 y esquematizado en la gráfica de la figura 88, muestran que en su etapa de extracción el resultado de

contaminación total es 19, de manufactura es de 20, con más alto impacto en entrega 16, uso 19, disposición final 17, siendo muy buena alternativa en combustibles; sus resultados son debido a que su materia prima es biomasa que son fuentes de energía renovable en su etapa de extracción y manufactura, impacta en la etapa de entrega el hecho que se hace en camiones que probablemente solo tengan como combustible el diésel.

Tabla 15. Ponderación del LCA del bioetanol

Bioetanol	M	VE	RS	RL	RG	total
Extracción	4	4	4	3	4	19
Manufactura	4	4	4	4	4	20
Entrega	4	2	4	4	2	16
Uso	4	4	4	4	3	19
Disposición final	4	3	4	4	2	17
Total	20	17	20	19	15	91
2,5	0,625					Total
	2,5	2,5	2,5	1,875	2,5	11,875
	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	12,5
	10	5	10	10	5	40
	2,5	2,5	2,5	2,5	1,875	11,875
	2,5	1,875	2,5	2,5	1,25	10,625
						86,875
	Max.					total
	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	12,5
	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	12,5
	10	10	10	10	10	50
	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	12,5
	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	12,5
						100
	Delta					
	0	0	0	0,625	0	
	0	0	0	0	0	
	0	5	0	0	5	
	0	0	0	0	0,625	
	0	0,625	0	0	1,25	

Fuente: elaboración propia.

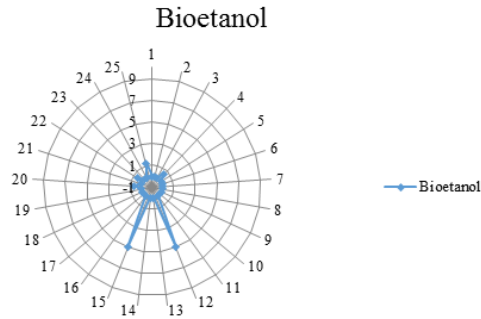


Figura 88. Gráfica del LCA del bioetanol
Fuente: elaboración propia.

Análisis de ciclo de vida de la gasolina por etapas

Los resultados que se muestran en la tabla 16 y esquematizado en la gráfica de la figura 89 muestran que en su etapa de extracción el resultado de contaminación total es de 11 y de manufactura es de 9, esto debido a que contribuyen con la contaminación en el calentamiento global, potencial (AP), potencial de eutroficación (EP), en modo moderado y en abiótico potencial de agotamiento de recursos (ADP), potencial de toxicidad para el ser humano (HTP) y potencial de ecotoxicidad (ETP), con un alto impacto. En entrega 16, uso 10, disposición final 10 debido a que tienen un alto impacto con la contaminación de gases en el calentamiento global, potencial (AP), potencial de eutroficación (EP).

Tabla 16. Ponderación del LCA de la gasolina

Gasolina	M	VE	RS	RL	RG	Total
Extracción	1	2	3	1	4	11
Manufactura	2	2	2	2	1	9
Entrega	4	2	4	4	2	16
Uso	4	1	1	4	0	10
Disposición Final	4	1	1	4	0	10
Total	15	8	11	15	7	56
2,5	0,625					total

	0,625	1,25	1,875	0,625	2,5	6,875
	5	5	5	5	2,5	22,5
	2,5	1,25	2,5	2,5	1,25	10
	2,5	0,625	0,625	2,5	0	6,25
	2,5	0,625	0,625	2,5	0	6,25
						51,875
	Max.					Total
	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	12,5
	10	10	10	10	10	50
	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	12,5
	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	12,5
	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	12,5
						100
	Delta					
	1,875	1,25	0,625	1,875	0	
	5	5	5	5	7,5	
	0	1,25	0	0	1,25	
	0	1,875	1,875	0	2,5	
	0	1,875	1,875	0	2,5	

Fuente: elaboración propia.

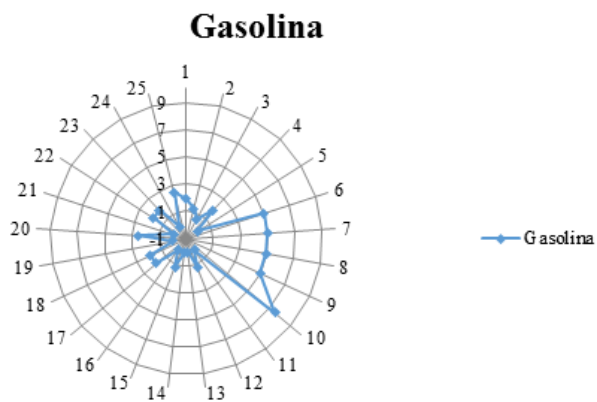


Figura 89. Gráfica del LCA de la gasolina

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo a los resultados mostrados por las figuras 88 y 89 se evidencia la ventaja que tiene el bioetanol sobre la gasolina en el impacto ambiental, ambos con más impactos en los residuos gaseosos, además de que las etapas más contaminantes en los procesos son, para el bioetanol en la entrega, y para la gasolina en la manufactura. La utilización de la gasolina en el transporte es un aspecto crucial a analizar. Sin embargo, además de las emisiones del tubo de escape, hay muchos procesos aguas arriba cuando se produce gasolina que deben ser evaluados en términos de impactos al medio ambiente (Restianti y Gheewala, 2012).

Esquema del LCA (análisis de ciclo de vida)

En las tablas 17 y 18 se muestra el esquema del LCA donde se tiene en cuenta el área de protección que es el calentamiento global que lo afecta las emisiones de CO₂ teniendo en cuenta que ambos combustibles impactan esta área de protección con la emisión de gases; de acuerdo a los resultados mostrados por la figura 90, se evidencia la contaminación más alta en emisiones de CO₂ de la gasolina sobre el bioetanol.

Tabla 17. Análisis del esquema LCA del bioetanol

Bioetanol			
Potenciales			
Área de protección	Emisiones de inventario (gCO ₂ eq/ km)	Factor de caracterización (FC, kgCO ₂ eq/kg)	Puntaje de impacto (S, kgCO ₂ eq/UF)
Calentamiento global			
CO ₂	61,000	1	61
		TOTAL	61
Caracterización del daño Daly			
Área de protección	Puntaje de impacto (S, kg-CO ₂ eq/UF o kgPM _{2.5} eq/UF)	Factor de daño (DALY/kg eq)	Puntaje de caracterización del daño (Sd, DALY/UF)
calentamiento global	61	8,30E-07	5,06E-05
		TOTAL	5,06E-05
Normalización Person-Year			
Área de protección	Puntaje de caracterización del daño (Sd, DALY/UF)	DALY/person-year	Normalización (Sd, person-year/UF)
salud humana	5,06E-05	0,22	2,30E-04

Fuentes: elaboración propia

Tabla 18. Análisis del esquema LCA de la gasolina

Gasolina			
Potenciales			
Área de protección	Emisiones de inventario (gCO ₂ eq/ km)	Factor de caracterización (FC, kgCO ₂ eq/kg)	Puntaje de impacto (S, kgCO ₂ eq/UF)
calentamiento global			
CO ₂	206,000	1	206
		TOTAL	206
Área de protección	Puntaje de impacto (S, kgCO ₂ eq/UF o kgPM _{2.5} eq/UF)	Factor de daño (DALY/kg eq)	Puntaje de caracterización del daño (Sd, DALY/UF)
calentamiento global	206	8,30E-07	1,71E-04
		TOTAL	1,71E-04
Normalización Person-Year			
Área de protección	Puntaje de caracterización del daño (Sd, DALY/UF)	DALY/person-year	Normalización (Sd, person-year/UF)
salud humana	1,71E-04	0,22	7,77E-04

Fuente: elaboración propia

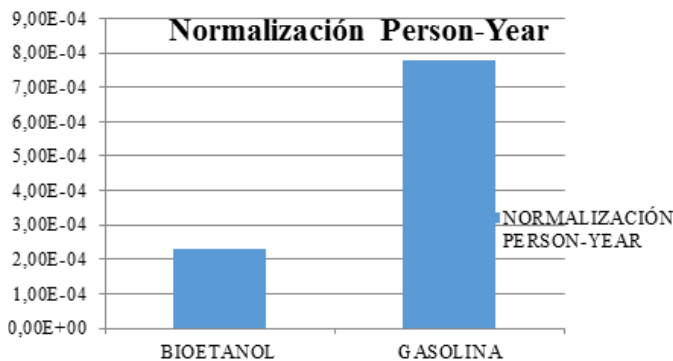


Figura 90. Gráfica de esquema del LCA del bioetanol vs. la gasolina

Fuente: elaboración propia

Así ambos impacten más en los residuos gaseosos, los biocombustibles son mucho menos contaminantes en el proceso de extracción y de manufactura, su impacto biótico como abiótico es nulo, los biocombustibles son generados ya sea desde grasas animales, combustibles por algas, por células de combustible de orina, por lodo de alcantarillado ricos en lípidos, maíz, aceite de palma entre otros. Los biocombustibles son, de lejos, mejor alternativa que los com-

bustibles fósiles debido a que dichos combustibles desde el análisis del ciclo de vida, contribuyen a la contaminación del calentamiento global, potencial (AP), potencial de eutroficación (EP), en modo moderado y en abiótico potencial de agotamiento de recursos (ADP), potencial de toxicidad para el ser humano (HTP) y potencial de ecotoxicidad (ETP), con un alto impacto. La utilización de los combustibles fósiles en el transporte es un aspecto crucial a analizar. La utilización de los biocombustibles mezclados con los combustibles fósiles reduce considerablemente el empleo de petróleo y se reducen las emisiones de GEI (gases de efecto invernadero).

Conclusiones

El balance energético de la producción de los combustibles estudiados muestra que el bioetanol es mejor para el medio ambiente en todas las etapas del LCA. Que con un combustible generado desde la biomasa se permite ahorrar energía fósil y emitir menos gases de efecto invernadero, respectivamente. La combustión de gasolina es predominantemente responsable para GWP, AP y EP, mientras que el agotamiento abiótico está dominado por la extracción de petróleo crudo y el contribuyente dominante para humanos el potencial de toxicidad y el potencial de ecotoxicidad es la etapa de la refinería. Este estudio comparó la gasolina con el bioetanol como combustible alternativo, así los diferentes el gobiernos pueden reducir la dependencia del petróleo usando otros combustibles alternativos que resultan en un mejor medio ambiente y rendimiento en comparación con la gasolina.

De acuerdo a resultados, la contaminación de CO₂ generada por año por persona evaluado con el recorrido en 1 km en un vehículo de combustible flexible (Ford Focus 1.6i 16V Zetec Flexifuel) en un ciclo de conducción determinado para el E85 es del 23 % que comparada con el 77 % de la gasolina es mucho mejor en materia de impacto al medio ambiente, cabe anotar que para el AMVA se debe de mirar la complementariedad debido a la geografía y que se requiere un par de potencia más elevado para los vehículos.

Es necesario hacer un mejor control para que los ingresos de vehículos cumplan con estándares exigentes de emisión con los combustibles esto se lograría con el establecimiento de un centro de control y certificación vehicu-

lar similar al 3CV de Chile, que certifica que todos los vehículos importados cumplen con las normas de emisiones.

Se deben generar políticas de seguridad alimenticia y energética claras para la producción de biocombustibles, se deben de exigir flotas con tecnologías modernas y amigables con el medio ambiente, que el Área Metropolitana del Valle de Aburrá a través del Plan de Gestión Integral de la Calidad del aire está implementando diversas acciones dirigidas a gestionar la movilidad de manera sostenible, segura y amable, contribuyendo así a la reducción de las emisiones contaminantes generadas por los vehículos automotores, al igual que otros beneficios que contribuyen a la mitigación del cambio climático, reducción de la congestión vial y disminución de accidentes, a través de la implementación del Sistema Integrado de Transporte Público del Valle de Aburrá, la promoción del uso de la bicicleta y el sistema de bicicleta pública Encicla.

Así mismo está desarrollando una Estrategia Ambiental Integrada de Movilidad Sostenible que incluye medidas para lograr una mejor cobertura del transporte público colectivo, desarrollar alternativas de movilidad peatonal y en bicicleta, planeación del uso del suelo, gestión de la demanda de transporte, gestión integral del transporte de carga y mejora tecnológica y de combustibles, para reducir la contaminación atmosférica, proteger la salud y elevar la productividad, entre otros beneficios importantes.

Referencias

- Balat, M. y Balat, H. (2009). Recent trends in global production and utilization of bio-ethanol fuel. *Applied Energy*, 86(11), 2273-2282.
- Baraya Rubiano, A. (7 de mayo de 2017). ¿Qué tan limpios son los combustibles en Colombia? El Tiempo. Recuperado de <https://bit.ly/3epPBbf>
- Baraya Rubiano, A. (2017). Colombia, cerca y lejos de Euro V. El Tiempo. Recuperado de <https://bit.ly/3fFs5rS>
- Combustibles Fósiles Limpios. (2017). *uid. Mater*, 1196–1204.

- Herrera, I., de la Rúa, C. y Lechón, Y. (2015). Análisis de ciclo de vida del proceso de transformación de la caña de azúcar para la producción de bioetanol en la planta de Bella Unión de la empresa Alcoholes del Uruguay (ALUR). Recuperado de <https://bit.ly/2OpXeUl>
- Lechón, Y., Cabal, H., Lago, C., de la Rúa, C., Sáez, R. y Fernández, M. (2005). Análisis del ciclo de vida de combustibles alternativos para el transporte. Recuperado de <https://bit.ly/3j4hZDi>
- León, J. G. (2007). Petroleum industry situation and opportunities for biofuels in Colombia. *Palmas*, 28, 43-52.
- Restianti, Y. Y. y Gheewala, S. (2012). Life cycle assessment of gasoline in Indonesia. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, (17), 402-408.
- Restrepo, C. O. (2017). Sí existen ideas para cambiarle la cara al aire en el Aburrá. *El Colombiano*. Recuperado de <https://bit.ly/3iWXx7j>
- Toro Gómez, M. V., Molina Vásquez, E., Serna Patiño, J., Fernández Gómez, M. y Ramírez Casas, G. E. (2010). Plan de descontaminación del aire en la región metropolitana del Valle de Aburrá. *Producción+Limpia*, 5(1), 10-26.

Capítulo 9

Diseño de comunicación de internet inalámbrico, con enlaces de radio para zonas rurales, caso de estudio vereda la Frisola (Palmitas, Medellín)

Andrés Felipe Montoya Rivera¹, David Alberto García Arango²,
César Felipe Henao Villa³

Resumen

Se presenta una solución a través de enlaces de radio inalámbrico de largo alcance, para brindar servicios de internet a zonas rurales o comunidades dispersas que no cuentan con estos servicios por los diferentes proveedores de comunicaciones del país. Esta solución, a través de una observación de campo y de las entrevistas, permite conocer la percepción que tienen las personas y la necesidad presente en conectividad. Para lograr este proceso, se realizó un diseño e implementación de una troncal de servicios en la vereda La Frisola en el corregimiento de Palmitas, que permite brindar un servicio de internet a más de 90 personas de la comunidad.

Palabras clave: internet, radio frecuencia, redes, inalámbrica, servicios.

Introducción

La presente investigación, se llevó a cabo a través de una verificación y diagnóstico, en el corregimiento de Palmitas (Medellín, Antioquia) y sus veredas cercanas, donde se logró identificar la falta de infraestructura de redes de comunicaciones. Las personas de la comunidad solo tienen acceso a servicios

1 Ingeniero de sistemas. Corporación Universitaria de Sabaneta, Facultad de Ingeniería, Colombia. Correo: andresmontoya.docente@unisabaneta.edu.co

2 Licenciado en matemáticas y física. Corporación Universitaria Americana, Facultad de Ingeniería, Colombia. Correo: dagarcia@coruniamericana.edu.co

3 Ingeniero de sistemas. Corporación Universitaria Americana. Facultad de Ingeniería, Colombia. Correo: chenao@americana.edu.co

de conectividad a través de las redes de telefonía celular comprando paquetes de datos a los proveedores de servicios en líneas telefónicas prepago o pospago, estos paquetes de datos tienen la desventaja de que la conectividad es muy lenta en la zona y la descarga de archivos consume el servicio adquirido rápidamente por el usuario. Este diagnóstico proporcionó la información para el diseño de una red troncal inalámbrica de comunicaciones de servicio de internet para la zona rural.

Las comunicaciones se han vuelto parte esencial de la sociedad, actualmente la gran mayoría de las personas buscan los servicios de conexión para obtener información en medios digitales como periódicos y noticieros. Se utilizan como opción de trabajo en la venta de productos o servicios y también el teletrabajo. Otros lo utilizan como entretenimiento en redes sociales y servidores de alojamiento de videos y películas. Pero también se utiliza como una herramienta de aprendizaje a través de la educación que nos acerca al conocimiento, esto se logra con las plataformas virtuales educativas y la consulta en bases de datos de información. Estos servicios de información digital se consiguen a través del soporte de infraestructura en las comunicaciones, el acceso a los servicios de internet se logra al implementar equipos electrónicos que permitan enlazar las comunicaciones, interconectando a la red diversos usuarios garantizando recursos y servicios digitales.

La investigación de esta problemática, se realizó por el interés de dar una solución tecnológica a la comunidad rural, que permita garantizar la equidad en esta población. Para lograrlo, se efectuó un trabajo de campo que consistió en el recorrido y observación de la necesidad presente y hablar con la comunidad sobre las dificultades del servicio de internet a través de encuestas y entrevistas. Durante este proceso se evidenció la inconformidad que tiene la comunidad frente a la no prestación de los servicios de internet por parte de los diferentes proveedores.

En una etapa inicial se presenta la contextualización del servicio de internet en el país y más específicamente las deficiencias que se tienen a nivel rural, después se presenta la solución diseñada y los beneficios que se han generado para la comunidad impactada.

Contextualización

Muchos son los enfoques relacionados con la conectividad a internet en zonas rurales. Algunos enfoques se relacionan con tecnologías TDT (DVB-RCT2), o telefonía móvil (4G-LTE). En el artículo propuesto en Radicelli-García, Pomboza-Floril y Cepeda-Astudillo (2017), se presenta para este caso que es mejor la tecnología TDT en la cual:

El estándar DVB-RCT2 propuesto es más rápido que la tecnología 4G LTE, y en segundo lugar que el equipamiento que el usuario necesita, en el caso de la tecnología celular de cuarta generación, es más costoso, mientras que en el caso de la tecnología DVB-RCT2, bastaría con tener una televisión que tenga incorporado el decodificador de TDT con canal de retorno, o en su defecto que a un televisor convencional se le conecte a dicho decodificador (Radicelli-García, Pomboza-Floril y Cepeda-Astudillo, 2017, p. 323).

De lo anterior se identifica la posibilidad de implementar soluciones en entornos rurales mediante la reutilización de infraestructura de la televisión analógica o digital (Casañola, 2007), esta solución es más económica que la que se sirve de la red 4G LTE. En línea con lo anterior, es posible considerar canal de retorno inalámbrico. Se presenta por ejemplo en Radicelli-García y Cardona-Marcet. Las capacidades de DVB-RCT2 sobre DVB-RCT en tanto que:

Al estar basado en DVB-RCT, el estándar de TDT propuesto DVB-RCT2, seguirá los mismos principios que su predecesor, sin embargo al utilizar características de DVBT2 y combinarlas con DVB-RCT, se logra que este nuevo estándar tenga capacidades superiores en cuanto a transmisión utilizando una CNR pequeña, así como a nivel de capa física y MAC, contando por ejemplo con 27 modos de operación definidos por el máximo número de portadoras usadas, en comparación con los 6 modos con lo que trabaja DVB-RCT (2016, p. 24).

Es interesante en este sentido considerar la notable posibilidad de reutilización de infraestructura para la integración de tecnologías que posibiliten el acercamiento de las comunidades rurales al uso de internet.

El país cuenta con varias empresas que brindan servicios de comunicaciones de internet, estas han tendido expansión de distribución de servicios en el país, pero no han llegado a todas las zonas de cobertura para la comunidad, esto se presenta porque existen zonas de difícil acceso por condiciones del terreno o porque es costosa la implementación de distribución de las redes de comunicaciones, ya sea por las grandes distancias de recorrido o porque no se tiene una compensación económica del servicio, ya que la comunidad impactada es pequeña con referencia a la inversión tecnológica a realizar, lo que trae dificultades de retorno en la inversión por parte de los proveedores de servicio de internet (Tamayo Gómez, Delgado y Penagos, 2009). Como un esfuerzo para llevar el internet a la ruralidad, se presentan los denominados “Kioscos Vive Digital”, este tipo de estrategias hacen parte de la apuesta del gobierno central para recuperar el tejido social y la acción del Estado en las áreas más remotas del país (Corredor, 2017). El acceso a internet se constituye de esta forma en una forma de integración y reconocimiento de la población “ofreciendo a las personas múltiples alternativas para la configuración de identidades y promoviendo estilos de vida saludables desde un contexto digital ventajoso” (Builes Beltrán, 2016, p. 130).

Colombia tiene un bajo porcentaje de conectividad en internet en zonas rurales, al respecto dentro de las veinte metas propuestas por el presidente de la república de Colombia, Iván Duque, dentro del plan de desarrollo 2018–2022, se presenta el dato estadístico que se tiene de infraestructura de redes en el país, donde se indica que 7,4 millones de hogares tienen conectividad de internet lo que equivale al 50 % y la meta es llegar a más de 11 millones de hogares (DNP, 2018). Este dato demuestra la baja cobertura y necesidad que tiene el país en servicios de internet, especialmente en zonas rurales donde no llega este servicio.

Según datos del Ministerio de las TIC, Colombia ha tenido un bajo servicio de conectividad para los hogares y esto se ve reflejado en la necesidad presente para las zonas de cobertura rurales, al respecto MINTIC indica que en Colombia hace falta la conexión de internet para 20 millones de colombianos, esta falta de cobertura se encuentra principalmente en zonas rurales y dispersas donde no se concentra un flujo grande de población, afectando a la comunidad en la inmersión de conectividad y nuevas tecnologías, que permitan el desarrollo de la población en temas agrícolas, educativos, tecnológicos y de servicios de información entre otras posibilidades y beneficios que brinda

la conectividad (MINTIC, 2019). Entre los servicios asociados a la conectividad, pueden encontrarse los relacionados con la inclusión de opciones de conectividad, elaboración de procesos para el mejoramiento de gestión de la información y el conocimiento ancestral, así como la gestión de modelos de negocio que de otra forma no podrían desarrollarse y que impactan significativamente en el desarrollo de la región (Ferro, González, Cuartas y Díaz, 2017). Otra ventaja de la conectividad es por ejemplo la posibilidad de generar aprendizaje de forma ubicua (García Arango y Bendeck Soto, 2015).

Esta necesidad presente en el país, demuestra que los planes del gobierno y planes de desarrollo departamental y municipal, están encaminados a brindar necesidades a la solución tecnológica que tiene estas comunidades dispersas. El DANE presenta una estadística para el año 2018 en la que muestra los indicadores del uso de internet en los hogares de Colombia, incluyendo las áreas de cobertura en el país.

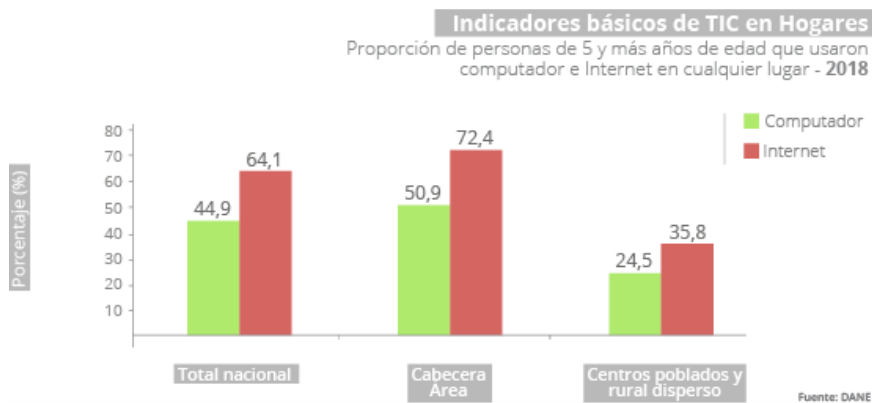


Figura 91. Indicadores de servicio de conectividad de hogares
Fuente: Dane (2018).

De la figura 91, se observa que para el año 2018, en Colombia se presentó la conexión del 64,1 % en el servicio de internet, en los cascos urbanos y concentración de la población se utilizó el 72,4 % de conexiones, mientras que se presenta un dato muy bajo del servicio de internet en zonas rurales y comunidades dispersas con solo el 35,8 % de conexiones en el servicio de internet.

Al respecto, el corregimiento de Palmitas junto con sus veredas tiene un perfil demográfico alto entre el año 2016-2020, como lo presenta la figura 92.

Año 2020				
Grupo de Edad	TOTAL	Hombres	Mujeres	%
Total	8.194	3.856	4.338	100,00
0-4	545	277	268	6,65
5-9	499	253	246	6,09
10-14	611	310	301	7,46
15-19	696	352	344	8,49
20-24	764	375	389	9,32
25-29	751	366	385	9,17
30-34	603	288	315	7,36
35-39	533	252	281	6,50
40-44	721	338	383	8,80
45-49	717	332	385	8,75
50-54	596	270	326	7,27
55-59	420	181	239	5,13
60-64	269	108	161	3,28
65-69	214	79	135	2,61
70-74	125	41	84	1,53
75-79	96	28	68	1,17
80 y más	34	6	28	0,41

Figura 92. Perfil demográfico 2016–2020 Palmitas y sus alrededores
Fuente: Alcaldía de Medellín (2020).

Este dato demuestra el crecimiento de la población en este sector y sin contar con servicios de internet. La única conexión en la zona es el punto *Vive Digital* del plan de gobierno, que brinda un servicio de internet en las instituciones educativas, pero no se brinda servicio de internet para la comunidad en sus hogares. Con el objetivo de dar un salto hacia la equidad a través de la conectividad digital y el uso productivo del internet, se buscó implementar una troncal de servicio de comunicación en esta comunidad.

Metodología

Se utilizó una metodología cualitativa de observación de campo, durante una semana se realizó el recorrido en las veredas, especialmente centramos el proceso en la vereda La Frisola, como punto estratégico de conexión del

servicio. Para identificar la necesidad, se habló con la comunidad sobre lo que ellos requerían y el servicio de internet. Los datos, necesarios para la implementación del servicio, se obtuvieron a partir de la observación directa, las entrevistas y el análisis de la zona. Se generó un procedimiento interpretativo y analítico para el abordaje del objeto de estudio. Este proceso llevó a la investigación aplicada como objetivo práctico de dar solución a la necesidad específica del servicio de internet, para la vereda La Frisola. Par lograrlo se llevaron a cabo un conjunto de etapas:

1. Reconocimiento de la zona
2. Entrevistas y encuestas a la comunidad
3. Análisis de la solución tecnológica
4. Diseño de la red de comunicaciones
5. Implementación del servicio.

Resultados o desarrollos

En el año 2018 se implementó una troncal de servicios de internet en la vereda La Frisola, desde ese momento se han realizado pruebas e integración con la tecnología de comunicación de radioenlaces. Inicialmente se tenía el acceso de servicio para diez personas y en el transcurso de estos dos años se han realizado actualizaciones en la red que han permitido la expansión del servicio. La figura 93, muestra el punto de ubicación de la vereda La Frisola.



Figura 93. Ubicación de la vereda La Frisola
Fuente: elaboración propia.

Actualmente se está garantizando un funcionamiento de una troncal de servicios de comunicación con más de noventa usuarios, lo que ha permitido estabilizar y validar la tecnología y el servicio de internet óptimo, garantizando para la población de la vereda una equidad digital y uso productivo de internet. El diseño del servicio de internet se presenta, como lo muestra la figura 94.

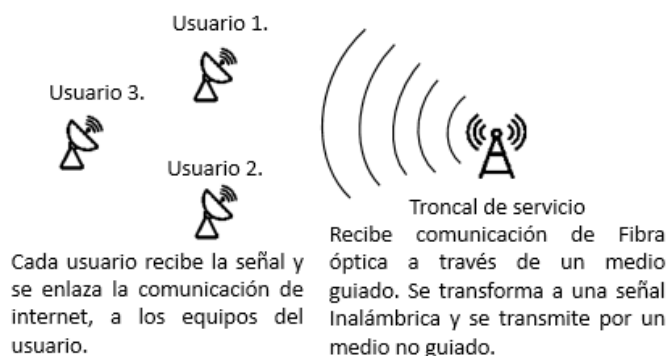


Figura 94. Esquema de servicio

Fuente: elaboración propia.

Respecto a la implementación, pueden observarse los resultados obtenidos de la ubicación de una troncal de servicio de internet en la figura 95.



Figura 95. Resultado de ubicar una torra de transmisión

Fuente: elaboración propia.

En la figura 96, se puede observar la conexión de servicio para el usuario.

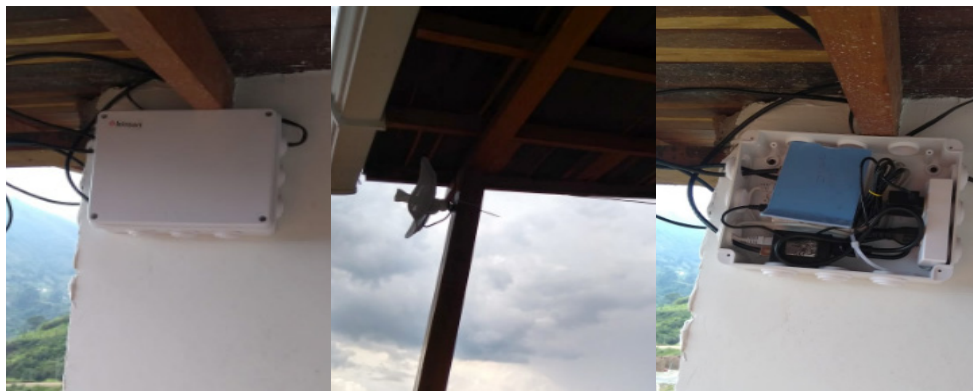


Figura 96. Instalación de dispositivo de conexión al hogar
Fuente: elaboración propia.

De las figuras 95 y 96 se puede identificar una propuesta que en sus componentes no requiere demasiada infraestructura y conlleva un gran impacto en las comunidades.

Conclusiones

Es necesario movilizar una visión más holística de las posibilidades de acceso a internet. Las políticas de difusión tecnológica deberán ampliarse con el objetivo de lograr una mejor conectividad para impulsar la productividad, el conocimiento y el bienestar social. Todo esto está conexo con políticas de innovación, políticas industriales, entrenamiento de recurso humanos y la promoción de aplicaciones de negocios. Todo lo anterior aunado a una mejor conectividad a internet.

Como beneficios del desarrollo del proyecto, se generó crecimiento y avance en la educación a través de la conectividad al conocimiento, se eliminó la barrera de equidad digital mediante el uso productivo de internet para una zona rural, con lo cual se propende por un acceso universal sostenible a servicios de conectividad que redunde finalmente en una mejora de las condiciones de vida de los habitantes.

Los aspectos metodológicos utilizados, permiten proveer un servicio de internet accesible y factible de ser replicado a otras comunidades rurales, lo cual conlleva a un aporte a la construcción colectiva de país en el marco de los objetivos de desarrollo sostenible.

Referencias

- Builes Beltrán, C. Y. (2016). “Kioscos Vive Digital”: una estrategia digital y de conectividad para promover la inclusión social en comunidades rurales en Colombia. *International Journal of Psychological Research*, 9(1), 126-130.
- Casañola Geadá, F. (2007). *Propuesta de soluciones de banda ancha para entornos rurales en Cuba* (Tesis de doctorado). Universidad Central Marta Abreu de Las Villas, Santa Clara.
- Corredor, J. P. (2017). *Influencia de los kioscos Vive Digital Bogotá en la calidad de vida de los adultos mayores* (Tesis de pregrado). Universidad de la Salle, Bogotá.
- Dirección Nacional de Planeación -DNP. (2018). Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022: pacto por Colombia, pacto por la equidad. Recuperado de <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Prensa/Resumen-PND2018-2022-final.pdf>
- Ferro, R., González, R., Cuartas, K. y Díaz, Y. (2017). Designing of a Radio Link to Improve Web 2.0 and Internet Access in Rural Zones in Colombia. Case Study: E-Learning to the Indigenous Community of “Santander de Quilichao and Toribio Cauca”. En L. Uden, D. Liberona y Y. Lui (Eds.), *Learning Technology for Education Challenges* (pp. 15-26). Pekín: Springer.
- García Arango, D. A. y Bendeck Soto, J. H. (2015). Aprendizaje ubicuo en los programas de ingeniería: aproximaciones iniciales. *Journal of Engineering and Technology*, 4(1), 94-107.

- Ministerio de Tecnologías de la Información y Comunicaciones -MINTIC. (11 de abril de 2019). Internet satelital, opción para conectar el campo y mejorar la competitividad. Recuperado de <https://bit.ly/2Omd6as>
- Radicelli-García, C. D. y Cardona-Marcet, N. (2016). Parámetros configurables de capa física y MAC de un nuevo estándar de TDT con canal de retorno inalámbrico para proporcionar conectividad a Internet en zonas rurales de Latinoamérica. *DYNA*, 83(198), 16-26.
- Radicelli-García, C. D., Pomboza-Floril, M. y Cepeda-Astudillo, L. (2017). Conectividad a Internet en zonas rurales mediante tecnologías de TDT (DVB-RCT2), o telefonía móvil (4G-LTE). *DYNA*, 85(204), 319-324.
- Tamayo Gómez, C. A., Delgado, J. D. y Penagos, J. E. (2009). Génesis del campo de Internet en Colombia. *Signo y Pensamiento*, 28(54), 238-264.

Capítulo 10

Aprovechamiento del subproducto del café como alternativa para la producción de nuevos materiales

Daniel Alberto García Pérez¹, Hanleidy Ibargüen Zúñiga² y Alex Aparicio Alvarado Díaz³

Resumen

En este documento, se presenta una metodología para la creación sostenible de productos de tipo MDF basados en borra de café. Este tipo de producción debe ser rentable, sostenible y ecológicamente viable. Por lo tanto, se determina la relación entre el contenido de biomasa y la temperatura de secado de los aglomerados de densidad media, el objetivo es trazar el proceso idóneo y la formulación de la biomasa basado en sus características fisicoquímicas, en cuanto a tamaño de partícula y nivel de celulosa, similares a las que presenta el aserrín de madera, permitiendo que sean tratados de manera similar en la creación de material de densidad media. Las características que posee este material le permiten generar enlaces con aglomerantes naturales para la creación de biomasa, para este propósito, se lleva a cabo un experimento a nivel de laboratorio para determinar la relación entre la biomasa en diferentes niveles de aglomerantes en forma de porcentaje con respecto a la borra de café, en muestras de tamaño ya determinado para experimentación. Este proceso permite determinar posibles diferencias en los niveles de similitud con respecto a un patrón de MDF de madera logrando caracterizar la biomasa de borra de café en cuanto a densidad, porosidad y permeabilidad del prototipo final dando como resultados un producto totalmente impermeable y de alta durabilidad en el tiempo, la caracterización de humedad ha permitido modificar la formulación en pro de dureza y rigidez, proporcionando una característica totalmente nueva al producto terminado, aun mayor que la presentada por el patrón de MDF de madera, superando las expectativas en estos dos análisis.

1 Ingeniero industrial. Corporación Universitaria Americana, Antioquia, Colombia. Correo: garciadaniel2788@coruniamericana.edu.co

2 Ingeniera industrial. Corporación Universitaria Americana, Antioquia, Colombia. Correo: ibarguenhanleidy2651@coruniamericana.edu.co

3 Ingeniero industrial. Corporación Universitaria Americana, Antioquia, Colombia. Correo: alvaradoalex3724@coruniamericana.edu.co

Palabras clave: aglomerado, biomasa, borra de café, productos funcionales, sostenibilidad.

Introducción

En Colombia existen informes sobre los niveles de producción de café instantáneo, en los cuales la abundancia de esta materia prima resulta notoria. Siendo un desperdicio, se busca el uso para generar un subproducto; Hoy en día, tanto en los hogares, como en los centros de concentración masiva, y especialmente en las plantas de procesamiento industrial (es decir, las plantas de café instantáneo), están notando que la borra de café es un inconveniente al generar un desecho más en los procesos y no como un valor agregado. Para Colombia, tanto la producción de material de densidad media como de café instantáneo hacen parte de la exportación y negocios atractivos, en el momento tanto el consumo de productos instantáneos sin químicos y la idea de reciclar madera para evitar el consumo de bosques tropicales mejoran cada día. Colombia tiene una producción de 1.000 kilos mensuales de café instantáneo que corresponde al 2 % de la producción mundial y con esto se puede estar fabricando alrededor de dos toneladas de material de densidad media con aglomerantes naturales. El país es un productor pequeño de café instantáneo, tiene un gran potencial de crecimiento y está dando a conocer su grano en mercados europeos como el español y el holandés con las tiendas de Juan Valdéz (Norton y Dann, 2013), en el proceso de transformación del café, solo el 5 % se utiliza en la realización de la bebida y el 95 % restante ya es desperdicio (borra de café) (Rodríguez Valencia y Zambrano Franco, 2010).

Los residuos de procesos productivos como la borra de café puede ser re-manufacturados, logrando la utilización de un material orgánico catalogado como “cosa inútil y sin sustancia” (Puertas-Mejía, 2013) dándole un uso práctico y que contribuya al sostenimiento ambiental (Berenguer y Corraliza, 2000). El propósito es presentar de manera clara y concisa una de las posibles estrategias para reducir el impacto ambiental en la producción industrial, a través del desarrollo de productos alternativos a partir de la borra de café, en la actualidad se emplea la borra de café para la producción de avellanas y otras especies de hongos comestibles, o se queman en calderas de carbono mineral (Marston, 2017), cuando no es depositado en basureros o aguas residuales; por estas razones se ha motivado la investigación sobre la creación de nuevos

productos que tengan como base la borra de café conservando su textura, color y, si es posible, su aroma.

Con el fin de prevenir y aportar a la mitigación del impacto ambiental de los desechos en la producción de la bebida de café, se ha creado una propuesta de producción más limpia destinada a desarrollar nuevos productos. Para su realización se empleó una metodología de aglomeración en caliente similar a la empleada para crear MDF (placas de madera de densidad media), las cuales por medio de extrusora, planchas de presión y temperatura con molde de plástico se transforma en producto terminado aglomerado de borra de café. Al desarrollar la formulación, se propuso de tal manera que se generó el menor impacto ambiental posible al buscar alternativas de producción más limpia.

En el mercado existe un espacio para un nuevo producto que cumpla con las características de los materiales de densidad media, por lo tanto, es necesario realizar estudios para conocer cuáles son los niveles de producción que se puede tener de MDF a base de borra de café a nivel de laboratorio, determinando qué variables son las que condicionan la disponibilidad o no de dicho material con los aglomerantes y el secado que afectan la calidad, para poder tomar correctivos a tiempo con respecto a la relación de borra en la biomasa para las placas y determinar si es requerida la extrucción o el prensado en el secado, este proceso se realizará bajo presión y tiempos controlados, a fin de evitar variables no controladas que puedan afectar la investigación.

Durante cuatro años de investigación previa se han logrado notorios avances y los resultados que se pretenden obtener serán el producto de varias mezclas para los diferentes formatos de producto terminado, del cual se dará evidencia en este documento. En el desarrollo de los prototipos, se han utilizado los moldes diseñados por el grupo de investigación, de manera que se adaptaran de forma idónea a la biomasa de borra de café y al proceso y así permitan al producto terminado una resistencia ideal para ser considerado duradero en el tiempo. El material ha sufrido diferentes procesos de vida útil, como diferentes temperaturas y niveles de humedad relativa, así como aire caliente sin humedad, en la búsqueda de un punto de equilibrio ambiental y productivo, se han utilizado varios aglomerantes y metodologías en la preparación del material final basado en las normas técnicas colombianas (206-2, 2018) para el manejo y medición directa de la MDF.

Material de estudio

La borra de café es un residuo generado en la torrefacción del café soluble y corresponde a los sólidos insolubles del grano de café ya tostado (Rodríguez Valencia y Zambrano Franco, 2010). Esto ocurre durante el proceso de extracción por arrastre de vapor que se lleva a cabo en las plantas, de la misma manera que se produce en la preparación de un café tostado y molido, ya sea por prensa francesa, americana o cualquiera de los métodos extracción conocidos. Para la preparación de una taza de café en hogares, plataformas como Starbucks, Juan Valdéz o Tostao por nombrar algunas, el proceso de extracción consiste en un sistema de corriente de vapor, obteniendo una solución acuosa de aproximadamente 20 °B (grados Brix) el desecho que se genera en la etapa de la extracción se clasifica como residuo orgánico y se busca proporcionar una disposición final rápida y de bajo costo. Al igual que todos los vegetales, la borra de café está compuesta de celulosa, proteínas, lípidos, elementos menores, bases, nitrógeno y agua, normalmente la celulosa es la característica que nos preocupa principalmente en este estudio corresponde al 38 %, la lignina 27 %, en otras palabras tiene un contenido de fibra de hasta el 71 % que facilita la producción de biopolímeros de celulosa y teniendo en cuenta que en Colombia en 1999 había alrededor de 22,000 toneladas de borra café producidas por la extracción de sólidos solubles para la producción de café en *spray* en cinco fábricas, esto se usa en el combustible de calderas en un 13 % hasta el 27 % se incinera sin ningún uso y el resto se envía a los rellenos sanitarios, esto a pesar de las características y propiedades químicas del café en polvo degradado que puede ser comercializado (García-Muñoz y Riaño-Luna, 1999).

La porosidad de las partículas de borra de café presenta una estructura similar a la que tiene el aserrín de madera, al igual que su contenido de celulosa y la capacidad calórica, de modo que cuando la partícula es menor, su capacidad de retención de agua es mayor, esto corresponde a tamaños de partículas menores a 600 micras y los tamaños de partícula de la borra comercial de 2 mm de diámetro y para el café instantáneo son superiores a 2 mm siendo este el tamaño mínimo aceptable para la extracción, al ser un material lignocelulósico rico en azúcar y al tener altos niveles de fibra insoluble, presenta propiedades interesantes para su uso en emulsiones tales como los polímeros naturales ya que su porosidad y capacidad de absorción de aceites y líquidos en general dan una mayor estabilidad estructural para fines industriales de aprovechamiento de la borra de café.

También es digno mencionar que al tener capacidad termoestable en un amplio rango de temperatura, si se usa en placas de densidad media, puede proporcionar un control de temperatura ambiental, la implementación de la borra de café en la industria presenta grandes desafíos, para ser utilizado como aditivo en la producción de placas fibrocelulosas o biopolímeros, ladrillos de café a base de arcilla para la construcción de viviendas y reducir en un 20 % el uso de arcillas naturales utilizando proporciones peso a peso de 1 a 5, al quemarlas a temperaturas de más de 900 °C, demuestra que las partículas de borra de café tienen la capacidad de generar poros en la arcilla y disminuir su densidad y peso, mejorando las características acústicas de las estructuras (Eliche-Quesada *et al.*, 2011).

Esto en las relaciones de 3 a 5 % donde la densidad aparente presenta una disminución con respecto al patrón de 6 % y su capacidad de compresión mejoro, a pesar de que este producto solo consume entre el 3 y el 5% en borra de café (Eliche-Quesada *et al.*, 2011). Esta investigación busca obtener un producto con más del 30 % de borra en su estructura donde exista la posibilidad de tener una forma distinta de aglomerar celulosa a la que ya se conoce comúnmente, que es a partir de astillas de madera de diferentes tipos (Oliveira *et al.*, 2016), texturas y densidades, según lo expresado por los diferentes productores e investigadores de este tipo de material, con base en sus teorías, lo que se busca son similitudes con la borra de café.

La borra de café se considera un material de desecho, sin ningún otro servicio que no sea el compost para el cultivo de hongos (Mitri, 2016) como las avellanas o la preparación de fertilizantes orgánicos, generados en los suelos y el aumento de la absorción de bases químicas como el potasio, sodio, magnesio que son absorbidas más fácilmente por las plantas que dejan al suelo sin nutrientes. En el proceso de café instantáneo se estima que menos del 5 % de la biomasa generada se usa en la producción de la bebida, el subproducto del proceso de extracción en torres de vapor en el contraflujo se expulsa a la zona de residuos con una humedad aproximada de 60 % y se envía a los rellenos sanitarios. La borra de café es suministrada por cafeterías, es la materia prima para producir los prototipos utilizados en esta etapa de la investigación (Job, 2004), es un material de características fisicoquímicas como las del aserrín de madera. El café es uno de los alimentos que generalmente consume la sociedad tanto en Colombia como en el mundo en sus diferentes presentaciones,

tanto molido como instantáneo, lo que genera grandes producciones de borra de café. La partícula de borra de café es insoluble y se puede utilizar en diferentes aplicaciones, como la producción de ladrillos con arcilla natural o en la producción de material de densidad media para aplicaciones en interiores, tanto la producción de material de densidad media como el café instantáneo son parte de los negocios de exportación atractivos para Colombia, dado que actualmente el consumo de productos instantáneos sin químicos como el café instantáneo, y la idea de reciclar madera para evitar la deforestación de bosques tropicales, ha generado en el mercado un espacio para un nuevo producto que cumpla con las características de los materiales de densidad media con grandes productores de materia prima como subproducto del café y no como desecho insoluble, este material se produce en grandes cantidades. Dada la alta demanda de café instantáneo en el país y los niveles de exportación y expansión de empresas nacionales como Colcafé S. A. y Descafeol S. A. en los mercados mundiales y locales debido al consumo de productos instantáneos, permite tener una producción continua de borra de café como residuos o como subproducto en la producción de café instantáneo. Para Colombia es una buena oportunidad para generar negocios, es por esto que se deben estudiar las variables que son fuente de problemas en su transformación en material de densidad media y en la comercialización de dicho material como producto terminado, se pueden crear estrategias que ayuden a controlar las variables que pueden afectar la vida útil y las características fisicoquímicas, con un trabajo de evaluación comparativo o remediando las fuentes que contribuyen a deteriorar la calidad de los productos obtenidos, esto incluye problemas de fractura, maleabilidad, dureza, color, aroma, porosidad, así como posibles hongos e insectos (Oliveira *et al.*, 2016).

Metodología

Se realiza un perfil descriptivo del aglomerado de borra de café netamente experimental. Cada ensayo tuvo treinta réplicas incluido el testigo (MDF); el resultado de los análisis se evaluó con un margen de error para la estimación del 0,03. Se emplearon cámaras de temperatura controlada; la muestra fue de treinta unidades del patrón y de cada uno de los tres ensayos como se puede observar en la figura 97.



Figura 97. Diagrama de calidad de la biomasa
Fuente: elaboración propia.

Se realizó en los laboratorios de análisis fisicoquímico de suelos de la Universidad Nacional Colombia, Medellín, se recibió la borra de café bajo las siguientes condiciones: un tamaño de partícula de 2 mm, una humedad del 83 %, un pH de 4,7; la borra se sometió a proceso de secado de manera controlada en hornos de recirculación de aire a una temperatura promedio de 95 °C hasta obtener un resultado final de 6 % de humedad, la acidez se analizó tomando (5 g) con (6 % de humedad) en 200 ml de agua; se llevó a ebullición y se dejó reposar a temperatura ambiente, para la determinación de la acidez mediante titulación por viraje de color con fenolftaleína cuantificada con hidróxido de sodio de grado 1N, suministrada por los laboratorios de suelo de la Universidad Nacional.

Entre las pruebas realizadas, está la prueba de absorción de agua que consiste en sumergir la biomasa durante 24 horas en una cubeta con agua para obtener un valor de peso final y cuantificar la tasa de absorción de la muestra, esta prueba se realizó a tres prototipos, como se puede observar en la figura 98.

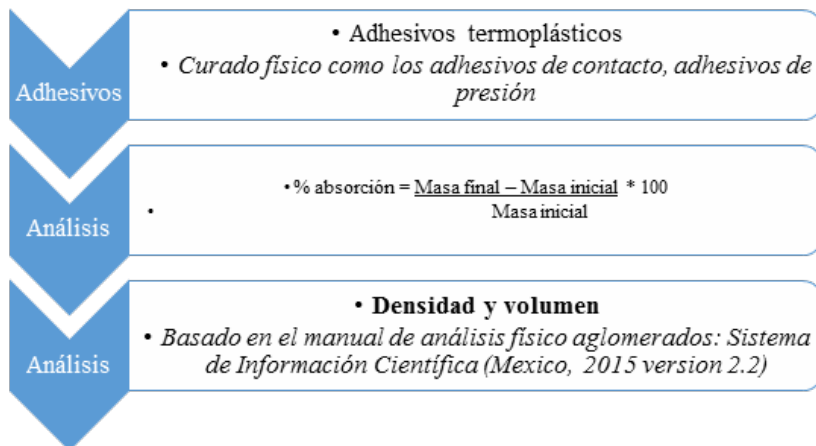


Figura 98. Prueba de absorción
Fuente: elaboración propia.

Se realizó un análisis organoléptico, de manera visual se realizaron los análisis de grietas.

$$\% \text{ absorción} = \frac{\text{Masa final} - \text{Masa inicial}}{\text{Masa inicial}} * 100$$

En este ensayo se encontró que, dependiendo de la temperatura de secado se generan grietas en los tres tipos de estructura propuesta, recordemos que estos tres estilos solo dependen del aglomerante pues siguen siendo borra de café. La biomasa se secó a temperatura ambiente generando grietas y hongos por su porosidad y lento proceso de secado, otro grupo de muestras fueron expuestas al sol y al viento para el proceso de secado, no generaron hongos, pero su dureza era muy baja, pues se doblaron y quebraron con un mínimo esfuerzo de la mano, las muestra que se secaron en el horno con temperatura controlada de 95 °C presentaron una estructura firme y sin grietas, conservando la forma inicial del molde en su totalidad, como se puede observar en la figura 99, es totalmente importante tomar como un conjunto la borra de café, el

aglomerante y las condiciones de secado para la obtención de la biomasa y posterior diseño de prototipos.

Se lleva a cabo un proyecto de investigación comparativo de tipo experimental, basado en hipótesis, se presenta manipulando una variable experimental no probada, bajo condiciones rigurosamente controladas, de manera tal que las condiciones permitan determinar si es posible crear un material duradero en el tiempo, amigable con el medio ambiente y capaz de ser moldeado y cumpla con parámetros de impermeabilidad para ser empleados de manera cotidiana. Para esto se desarrolló un diseño de investigación con un enfoque cuantitativo.

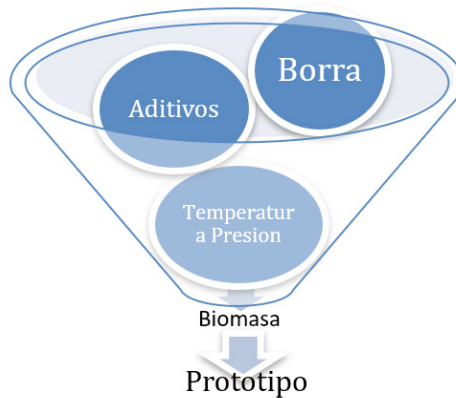


Figura 99. Proceso biomasa
Fuente: elaboración propia.

Esto permitirá que sea dada la respuesta a la hipótesis basada en el aprovechamiento de la borra como subproducto de la transformación del café para mitigar el impacto ambiental de la industria mediante la creación de un material de densidad media impermeable y moldeable y contar con avances para una nueva investigación. Se producirán dos tipos de materiales finales con el fin de dar diferentes características fisicoquímicas, al material final y garantizar que se cumpla con las especificaciones de calidad y estándares de venta de los productos planteados desde el diseño de los moldes.

Diseño experimental. Experimentos puros: se emplearon dos tipos de mezclas entre aglomerante y biomasa de café y se realizaron tres repeticiones,

para obtener un tratamiento de datos de 3x2x2 con una hipótesis. Se produjeron dos tipos de biomasa según los aglomerantes y cada uno de estos se dejaron secar al ambiente durante 48 horas, tres unidades de cada uno, buscando un contenido de aglomerante del 40 %, 50 % y 60 % se empleó un tipo de prensado con rodillo para la eliminación del exceso de resina, para este tratamiento se realizó el aglomerado con una temperatura de entre 120 y 160 °C, se trabajó con una presión constante (Oliveira *et al.*, 2016), permitiendo la interpretación del comportamiento de los aglomerantes de la biomasa al modificar los porcentajes de la borra de café, los efectos medibles en las variables dependientes se presentan con los análisis físicos y mecánicos de las probetas, la validez interna es claramente confiable, se han realizados pruebas preliminares donde se muestra que los tratamientos mencionados son los que permiten obtener resultados que permitan una evaluación del proceso.

La validez interna es claramente confiable, al haber realizados análisis y pruebas previas del material que muestran que los tratamientos mencionados son aquellos que permiten obtener resultados para la evaluación del proceso, este se ha controlado para evitar variaciones no planificadas, para esto se usaron las instalaciones del laboratorio de física y conservación de suelos así como el laboratorio de química de suelos, ambos de la Universidad Nacional de Colombia la cual prestó las instalaciones para esta investigación.

Los efectos medibles en las variables dependientes se presentan con el análisis físico y mecánico de las muestras (tabla 19). La validez interna es claramente confiable, se han realizado pruebas preliminares que muestran que los tratamientos mencionados son aquellos que permiten obtener resultados que permiten una evaluación del proceso. Las variables dependientes e independientes se controlan, el proceso se ha controlado para evitar variaciones no planificadas. En la prueba posterior se realiza la evaluación mecánica y física de las muestras.

Tabla 19. Variable control y manipulación

	Porcentaje borra	Temperatura	Presión	Tiempo de proceso	Porcentaje de aglomerante
Manipulación de variables	○	○	○	○	○
Control de variables		○	○	○	

Fuente: elaboración propia.

Se trabajó con 46 unidades experimentales que llamaremos la muestra. Se realizaron muestras para determinar las características físicas y mecánicas.

Procedimientos: se seleccionaron tres unidades experimentales de cada tratamiento. El tipo de muestreo será completamente aleatorio (aleatorio simple). El muestreo y la distribución aleatoria en hornos de secado para el proceso experimental se llevarán a cabo sistemáticamente (*statgraphics*). Los factores son: porcentaje de biomasa de granos de café, porcentaje de aglutinante T1, p de aglutinante T2, delta de temperaturas. Finalmente, en la tabla 20 es posible ver algunos valores estadísticos para unidades MDF.

Tabla 20. Valores estadísticos para unidades de MDF

Calibre	Densidad (kg/m)	Humedad (%)	Elasticidad (kg/cm ²)	Peso (kg)	Tracción (libras)
9	700	8+/-3	23.000	966	6.0
12	690	8+/-3	23.000	1.075	6.0
15	670	8+/-3	23.000		5.5
18	670	8+/-3	23.000	1.145	5.5
25	660	8+/-3	21.000	747	5.0
30	660	8+/-3	21.000	897	5.0

Fuente: elaboración propia.

Resultados

Clase de muestra: probabilística: se realizaron muestreos para la determinación de las características físicas y mecánicas.

Procedimientos: tres unidades experimentales de cada tratamiento serán seleccionadas. El tipo de muestreo será totalmente al azar (aleatorio simple). El muestreo y la distribución aleatoria en los hornos de secado para el proceso experimental se realizarán de manera sistemática (*statgraphics*).

Factores:

- Porcentaje de biomasa de borra de café
- Porcentaje de aglomerante T1 porcentaje de aglomerante T2

- Delta de temperaturas.

Se trabajará con dos niveles en cada uno de los factores. Cm de aplastamiento será nuestra V.R.

Con el fin de encontrar la relación porcentual de biomasa de borra de café y aglomerante T1 y aglomerante T2. Tabla 21 temperatura, aglomerante t1 y t 2 y biomasa

Tabla 21. Temperatura, aglomerante t1 y t 2 y biomasa

Número de muestra	Bloque	Temperatura	Aglomerante T1	Aglomerante T2	BIOMASA	numero de muestra	Bloque	Temperatura	Aglomerante T1	Aglomerante T2	BIOMASA
		°c	%		g			°C	%		g
1	1	140	50	50	70	25	2	140	33	50	70
2	1	140	33	50	70	26	2	140	50	50	70
3	1	140	50	50	70	27	2	140	50	50	70
4	1	140	50	50	70	28	2	106	50	50	70
5	1	106	50	50	70	29	2	120	60	60	90
6	1	120	60	60	90	30	2	140	50	50	70
7	1	140	50	50	70	31	2	160	60	40	50
8	1	160	60	40	50	32	2	140	66	50	70
9	1	140	66	50	70	33	2	160	40	40	50
10	1	160	60	60	50	34	2	160	40	40	90
11	1	160	40	60	90	35	2	140	50	50	70
12	1	140	50	50	70	36	2	140	50	50	103
13	1	140	50	50	183	37	2	120	60	40	90
14	1	120	60	40	90	38	2	160	50	50	70
15	1	140	50	50	70	39	2	120	40	60	50
16	1	120	40	60	50	40	2	140	50	33	70
17	1	140	50	33	70	41	2	140	50	50	70
18	1	140	50	50	70	42	2	140	50	66	70
19	1	140	50	66	70	43	2	120	40	40	50

Número de muestra	Bloque	Temperatura	Aglomerante T1	Aglomerante T2	BIOMASA	numero de muestra	Bloque	Temperatura	Aglomerante T1	Aglomerante T2	BIOMASA
		°c	%		g			°C	%		g
20	1	120	40	40	50	44	2	160	40	40	90
21	1	160	40	40	90	45	2	173	50	50	70
22	1	174	50	50	70	46	2	160	50	50	36
23	1	140	50	50	36						
24	1	140	50	50	70						

Fuente: elaboración propia.

El proceso de adaptación de la fórmula ha demostrado que la temperatura influye en el secado del MDF, se trabajó con la temperatura más baja y se planteó de la siguiente manera. Dos tipos de adhesivos Cotalan GTF y Cotalan GT10 en iguales proporciones, con el porcentaje correspondiente de borra de café para satisfacer el volumen de los moldes secados el ambiente con tres tiempos de desmolde diferentes.

- **Atributos de la superficie de respuesta**

Clase de diseño: superficie de respuesta

Nombre del diseño: compuesto reducido de Draper-y-Lin

Características del diseño: rotable y ortogonal

Nombre del archivo: <Sin Titulo>.

- **Diseño base**

Número de factores experimentales: 4

Número de bloques: 2

Número de respuestas: 1

Número de corridas: 46, incluyendo 7 puntos centrales por bloque

Grados de libertad para el error: 30

Aleatorizar: Sí.

Tabla 22. Atributos de superficie de repuesta

Factores	Bajo	Alto	Unidades	Continuo
Temperatura	120	160	°C	Sí
Aglomerante T1	40	60	%	Sí
Aglomerante T2	40	60		Sí
Biomasa de Borra	50	90	Gr	Sí

Respuesta	Unidades
Aplastamiento	Cm

Fuente: elaboración propia.

El Statadvisor

Ha creado un diseño compuesto reducido de Draper- y-Lin el cual estudiará los efectos de cuatro factores en 46 corridas. El diseño deberá ser ejecutado en dos bloques. El orden de los experimentos ha sido completamente aleatorizado. Esto aportará protección contra el efecto de variables ocultas.

La densidad de los MDF es el objetivo de la prueba, se toma como base de respuesta una densidad de 1,0 g/cm³ (Rojo Pérez, 2003) con medida de 20cm * 10 cm * 0,5 cm.

La biomasa de borra de café se sumerge en soluciones de adhesivo en exceso para garantizar la impregnación de todo el material; basado en experimentos ya realizados demostrados por rayos X y colorantes en los adhesivos, se encontró que es la mejor manera de garantizar una homogeneidad (Rojo Pérez, 2003).

- Tiempo de secado (se determina en horas de secado)
- 40 % aglomerante y 60 % biomasa (MDF)
- Variable respuesta densidad del MDF de biomasa de borra de café
- Material objetivo MDF.

H0 los diferentes tiempos de secado no afectan la densidad final del producto
 hipótesis para
 los tipos
 de secado *Hi los diferentes tiempos de secado si afectan la densidad final del producto*

Figura 100. Hipótesis para los tipos de secado

Fuente: elaboración propia.

Clase de diseño: de cribado

Nombre del diseño: factorial de niveles mixtos 3*2

- **Diseño base**

Número de factores experimentales: 2

Número de bloques: 3

Número de respuestas: 1

Número de corridas: 18

Grados de libertad para el error: 12

Aleatorizar: sí.

Tabla 23. Atributos del diseño de cribado

Factores	Bajo	Alto	Unidades	Continuo
Tiempo de secado	12	24	Horas	Sí
Tipo de aglomerante	T1	T2		No

Respuestas	Unidades
Densidad mdf	G/l

Fuente: elaboración propia.

- **El Statadvisor**

Ha creado un diseño factorial de niveles mixtos el cual estudiará los efectos de 2 factores en 18 corridas. El diseño deberá ser ejecutado en 3 bloques. El orden de los experimentos ha sido completamente aleatorizado. Esto aportará protección contra el efecto de variable ocultas.

Nota: si utilizó aumentar diseño para generar una fracción a un diseño factorial fraccionado, deberá verificar el patrón alias usando las opciones tabulares. Si existe una confusión inusual, el número de grados de libertad para estimar el error experimental puede ser más grande de lo que se muestra en el resumen.

Tabla 24. Tiempo de secado para los bloques de estudios

	Bloque	Tiempo de horas	Tipo de aglomerante	Densidad MDF g/ L
1	1	12	T2	
2	1	18	T2	
3	1	24	T2	
4	1	12	T1	
5	1	24	T1	
6	1	18	T1	
7	2	12	T2	
8	2	18	T2	
9	2	24	T2	
10	2	12	T1	
11	2	24	T1	
12	2	18	T1	
13	3	12	T2	
14	3	18	T2	
15	3	24	T2	
16	3	12	T1	
17	3	24	T1	
18	3	18	T1	

Fuente: elaboración propia.

Con los resultados de las hipótesis planteadas para determinar los tiempos de trabajo y optimizar el valor de Z, en función del tiempo y la productividad sujeto a las restricciones que se derivan de los resultados de este análisis experimental del MDF con respecto a los tiempos mínimos que debe tener cada uno de los aglomerantes y su beneficio con respecto al costo de este.

$$Z = \$T_1 + \$T_2$$

S. a.

*el tiempo de cada uno $T_1, ST_2 \geq$ tiempo mínimo de secado
 el tiempo de cada uno $T_1, ST_2 \leq$ a 24 horas de secado
 la dureza de los diferentes aglomerantes $T_1, ST_2 \geq$ NTC.*

Esta última no se puede obtener con estos resultados.

Siguiendo el protocolo de formulación (aglomerante-biomasa) los materiales se mezclaron en recipientes cilíndricos con un agitador de espas, hasta encontrar un color homogéneo en la mezcla, el tiempo de agitación fue de dos

minutos. Se moldeó sin prensa y se emplearon moldes de zinc y PVC previamente diseñada. Las medidas de moldes de zinc fueron 20*10*1 cm y las del molde de PVC fueron 10,5 *10,5 * 1,5 cm, para evitar que el material se pegue, se realizó un pretratamiento con desmoldante de alta temperatura el cual será removido una vez termine el secado.

El diseño de experimento se realizó según Kuehl (2001), una vez terminado el proceso se llevaron a cabo las pruebas mencionadas en la tabla 25. Donde se pueden apreciar de manera clara los resultados de las muestras probetas arrojando unos resultados homogéneos y con diferencias significativas entre procesos, es decir se aprecia claramente que el material tres tiene una mejor evaporación de la humedad, lo que lo convierte en el material idóneo para la continuidad del proyecto.

Tabla 25. Absorción de agua (permeabilidad)

Material	Peso inicial	Peso final	Diferencia	Porcentaje de humedad adquirido
1	20,3	22,1	1,8	8,14 %
1	20,5	22,4	1,9	8,48 %
1	21	24,4	3,4	13,93 %
2	33	36,1	3,1	8,59 %
2	34,3	36,8	2,5	6,79 %
2	35	38,8	3,8	9,79 %
3	40	41,1	1,1	2,68 %
3	40,5	41,6	1,1	2,64 %
3	42	42,9	0,9	2,10 %

Fuente: elaboración propia.

La permeabilidad de las muestras del ensayo tres presentan una mayor eficiencia y se asemeja a la muestra testigo de MDF con absorción de 2,15%.

Tabla 26. Densidad volumen

Volumen		Materia	Prima		Densidad
M1	M1	M1 Masa	M3 G	M3	G/ml
68,32	23,64	22,67	22,97	22,65	0,336
68,32	23,28	23,11	22,89	22,4	0,335
68,32	23,58	22,94	22,67	22,53	0,336
68,32	23,21	22,87	22,71	22,73	0,335

Fuente: elaboración propia.

Los dos ensayos con menor permeabilidad se sometieron a análisis de densidad y presentaron gran similitud dando mayor claridad sobre la calidad de la formulación 3.

Tabla 27. Humedad

Materia sin procesar	Prima procesada	Prototipo
81,2	6,1	2,1
82,2	6,2	2,5
80,5	6,1	1,8
88,4	6,3	2,4

Fuente: elaboración propia.

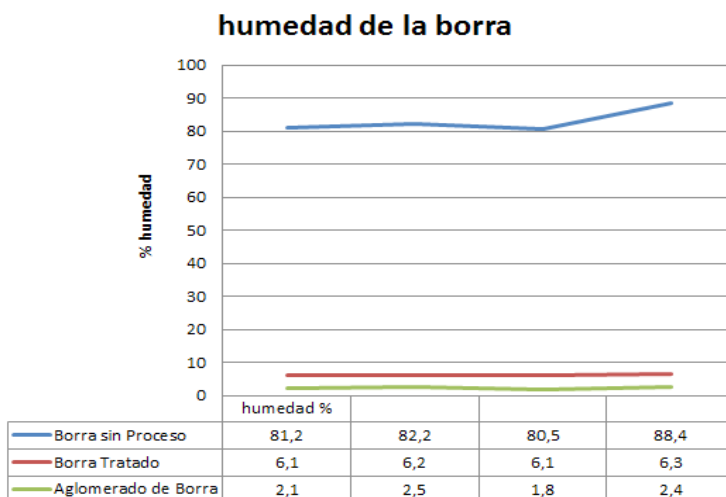


Figura 101. Humedad de la borra

Fuente: elaboración propia.

La humedad final del prototipo permite una vida útil de doce meses, esta aún es alta para lo que se desea en el producto final. La elaboración del proceso se puede ver en la figura 102.

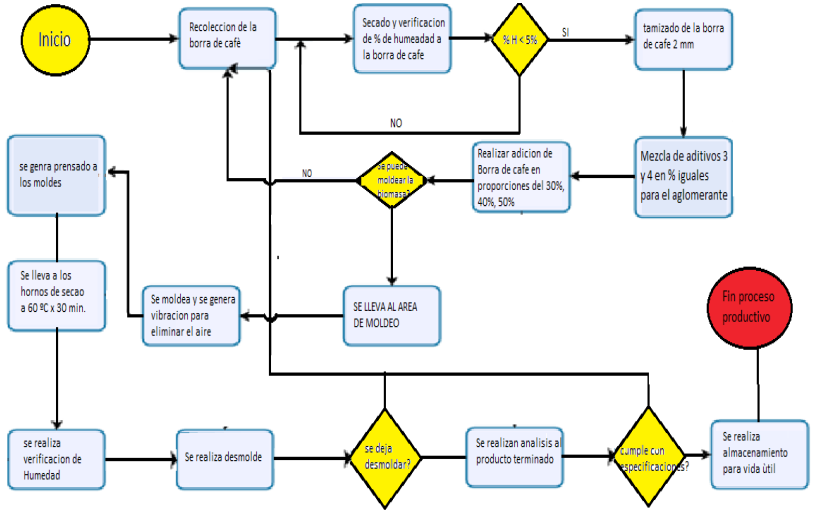
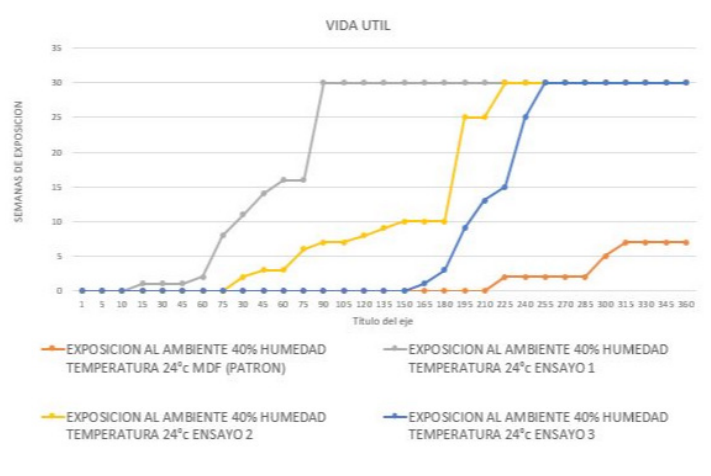


Figura 102. Proceso productivo
Fuente: elaboración propia.

Se logró encontrar una disminución en la fractura de los aglomerados en exposición al agua, la generación de hongos desapareció, como se puede apreciar en la siguiente imagen tomada un año después de producida.



SE TOMAN 30 UNIDADES DE 2"2"1Y SE SOMETEN A UN AMBIENTE SEMICONTROLADO PARA DETERMINAR EL MOMENTO EN EL QUE LAS MUESTRAS PRESENTAN HONGOS (ESPORAS)

Figura 103. Vida útil
Fuente: elaboración propia.

En el proceso se han obtenido resultados que satisfacen a plenitud las hipótesis planteadas al iniciar la investigación como se puede observar en las imágenes 1 y 2, la biomasa después de terminar su proceso de templado ha logrado tener la capacidad de corte, es decir permite que sea sometida a cortes sin afectar su dureza, en la imagen de la derecha se observan los cortes realizados a la probeta con disco de pulidora, en dos de los tres ambientes en análisis, la densidad mejora y hace más rígido el material permitiendo cortes finos como se puede . Como resultado



Figura 104. Lamina seca de biomasa con corte de esmeril

Fuente: elaboración propia.

Una vez se realizaron los análisis a las láminas de MDF con biomasa de borra de café, se inició con el proceso de moldeo bajo los mismos procesos de producción que se especificaron anteriormente, empleando moldes comerciales que pretenden entregar un producto de uso diario para mejorar el comercio de la biomasa en la que se puede tener un mayor campo de acción y brindando en comienzo para una futura investigación de productos para el consumo masivo de utensilios a partir de la borra de café, como se puede ver en la figura 105, donde se puede observar un vaso y un plato en tamaño de vasos de icopor comerciales empleados en las tiendas de venta de café tales como Juan Valdéz o Tostao.



Figura 105. Producto útil

Fuente: elaboración propia.

Conclusiones

Se logró caracterizar la biomasa de borra de café en cuanto a densidad, porosidad y permeabilidad del prototipo final dando como resultados un producto totalmente impermeable y de alta durabilidad en el tiempo, la caracterización de humedad ha permitido modificar la formulación en pro de dureza y rigidez, proporcionando una característica totalmente nueva al producto terminado, aun mayor que la presentada por el patrón de MDF de madera, superando las expectativas en estos dos análisis.

A lo largo el desarrollo de esta investigación se han realizado pruebas continuas con el fin de determinar las falencias, “pruebas bajo presión y exposición a diferentes temperaturas de calor por un largo periodo de tiempo”, las investigaciones realizadas permiten tener mayor claridad al encontrar una metodología sin prensas mecánicas que otorgan las dos características que se requieren, para ser caracterizado como MDF y se observó un gran avance en el desarrollo del aprovechamiento de los subproductos del café como una alternativa para la producción de nuevos materiales, en una investigación adicional a esta.

La borra de café es un residuo que por lo general no se le da muchos usos, los resultados obtenidos permiten mostrar que de esta se puede generar una biomasa a través de un proceso para la producción de placas, con base a esto y las características de similitud con la muestra patrón, se logró fijar la formulación ideal, con respecto a la relación de biomasa temperatura y biomasa tiempo de secado a los prototipos obtenidos presentando características particulares y similares.

Los prototipos (placas), aun cuando tienen estabilidad en el tiempo, siguen en análisis; su vida útil hasta el momento es de doce meses en cabinas controladas de simulación de ambientes extremos baja agua y sol, no presentan hongos en su superficie ni malos olores, se recomienda continuar con la investigación y lograr disminuir su densidad y su peso estructural, en el mercado existe un espacio para un nuevo producto que cumpla con las características de los materiales de densidad media a base de madera y UF y con grandes productores de materia prima como subproducto del café y no como desperdicios insolubles se puede participar en un nicho de mercado ya definido y consumidores de productos similares, pero no con las características de este proyecto,

los próximos pasos de la investigación permitirán llegar a la creación de productos útiles a base de borra de café que reemplacen los aglomerados de MDF.

Referencias

- Berenguer, J. M. y Corraliza, J. A. (2000). Preocupación ambiental y comportamientos ecológicos. *Psicothema*, 12(3), 325-329.
- Eliche-Quesada, D., Pérez-Villarejo, L., Iglesias-Godino, F. J., Martínez-García, C. y Corpas-Iglesias, F. A. (2011). Incorporation of coffee grounds into clay brick production. *Advances in Applied Ceramics*, 110(4), 225-232. doi: <https://doi.org/10.1179/1743676111Y.0000000006>
- García-Muñoz, A. F. y Riaño-Luna, C. E. (1999). Extracción de celulosa a partir de la borra de café. *Cenicafé*, 50(3), 205-214.
- Job, D. (2004). La utilización de la borra del café como sustrato de base para el cultivo de *Pleurotus ostreatus* (Jacq.:Fr.) Kummer. *Revista Iberoamericana de Micología*, 21(4), 195-197.
- Marston, P. L. (2017). Comment on “Radiation forces and torque on a rigid elliptical cylinder in acoustical plane progressive and (quasi)standing waves with arbitrary incidence”. *Physics of Fluids*, 29(2), 195-197. doi: <https://bit.ly/38Tm1K2>
- Mitri, F. G. (2016). Radiation forces and torque on a rigid elliptical cylinder in acoustical plane progressive and (quasi)standing waves with arbitrary incidence. *Physics of Fluids*, 28(7), 1-18. doi: <https://doi.org/10.1063/1.4959071>
- Norton, M. I. y Dann, J. (2013). Juan Valdez : innovación en cafetización. Recuperado de <http://ignaciogil.eu/textos/textos/HBS-Juan-Valdez.pdf>
- Oliveira, L., Rêgo, R., Frutuoso, M. y Rodrigues, S. (2016). Simulação computacional da eficiência energética para uma arquitetura sustentável. *Holos*, 4. Recuperado de <https://bit.ly/309mZOd>

Rodríguez Valencia, N. y Zambrano Franco, D. (2010). Los subproductos del café: fuente de energía renovable. Recuperado de <https://bit.ly/3j6ahbw>

Rojo Pérez, F. J. (2003). *Aplicación de la mecánica de la fractura a la rotura frágil de fibras de sémola* (Tesis de doctorado). Universidad Politécnica de Madrid, Madrid.

Capítulo 11

Soluciones biotecnológicas como resultados en procesos de investigación basados en el modelo de atención en salud MASPROCA para el corregimiento de San Cristóbal

Willington Bejarano Sánchez¹, Andrés Felipe Montoya Rivera²,
David Alberto García Arango³, César Felipe Henao Villa⁴

Resumen

El texto tiene como objetivo identificar la problemática de salud relacionada con la falta de caracterización de la población, afiliación y prestación de servicios de salud dentro del SGSSS en el Municipio de Medellín, e igualmente la definición de estrategias de rescate de conocimientos y prácticas de medicina tradicional ancestral afrocolombiana y de atención con enfoque diferencial para las comunidades negras habitantes del sector de nuevo occidente corregimiento de San Cristóbal. La población de este corregimiento en su mayoría fue objeto de desplazamiento, de ahí que se pretende presentar los avances o soluciones basadas en biotecnología tomando como referencia el marco del Covid-19. En primer lugar, se creó un dispositivo electrónico como apoyo a las personas con enfermedades cardiovasculares para obtener información veraz y oportuna sobre su condición médica, ayudando con el diagnóstico, la prevención y el tratamiento de los pacientes, en segundo lugar se desarrolló un respirador a bajo costo que esté al alcance de la comunidad, el cual preten-

1 Ingeniero de sistemas, doctor en Ciencias con mención en Sistemas de Información en Salud, especializaciones en Desarrollo de Software y Auditoría en Sistemas. Representante legal. Fundación de Comunidades Negras, Afrocolombianas, Raizales y Palanqueras ETNOSALUD AFRO, Medellín, Colombia. Correo: etnosaludafro@gmail.com. Enlace ORCID id: <https://orcid.org/0000-0002-4206-7567>

2 Ingeniero de sistemas, Facultad de Ingeniería, Corporación Universitaria de Sabaneta Unisabaneta, Sabaneta, Colombia. Correo: andres.motoya.docente@unisabaneta.edu.co. Enlace ORCID id: <https://orcid.org/0000-0002-3592-1649>

3 Licenciado en matemáticas y física, magíster en Matemáticas Aplicadas. Docente investigador de la Facultad de Ingeniería de la Corporación Universitaria Americana. Medellín, Colombia. Correo: dagarcia@coruniamericana.edu.co. Enlace ORCID id: <https://orcid.org/0000-0002-0031-4275>.

4 Ingeniero de sistemas, magíster en Entornos Virtuales de Aprendizaje. Docente de la Facultad de Ingeniería de la Corporación Universitaria Americana. Medellín, Colombia. Correo: chenao@coruniamericana.edu.co. Enlace ORCID id: <https://orcid.org/0000-0001-7426-2589>.

de ser utilizado en comunidades dispersas y vulnerables respectivamente teniendo como función principal servir de herramienta de apoyo y complementario a la prestación de servicios salud que personal afectado por efectos del Covid-19 en sus territorios. Los resultados más relevantes de la investigación evidencian que los datos de HTA que son fluctuantes en la comunidad negra, y requieren dispositivos a bajo costo como el Dispositivo Lectura el Ritmo Cardíaco a Bajo Costo (DILECAR) basado en el Modelo de Atención en Salud Propio y Complementario de la Comunidad Afrocolombiana (MASPROCA). Se permitió realizar los análisis, evaluación e impresión de los resultados de conformidad con la utilización de la herramienta tecnológica y su posterior responsabilidad de socialización a la comunidad mediante la implementación de la metodología de investigación acción participativa (IAP).

Palabras clave: MASPROCA, conocimiento, salud diferencial, biotecnología, comunidad dispersa, Covid19.

Introducción

En aspectos asociados a comunidades negras, es clara la existencia de dificultades para el acceso, permanencia y calidad en el ciclo educativo a los sistemas de salud, la falta de prestación de servicios de salud con enfoque diferenciales (Rodríguez, 2008). Dada la baja asistencia de estas comunidades a las consultas de medicina general por primera vez, lo que hace pensar en una aplicación de los autocuidados aplicados al rescate de conocimientos y prácticas de medicina tradicional a ancestral afro en esos territorios (Quintana Arias, 2016), falta de caracterización de estas iniciativas y la falta de vinculación de sus líderes en procesos de investigación que involucren el etnodesarrollo respectivamente. Lo anterior limita el acceso a empleos de calidad, y opciones de emprendimiento, reduciendo las oportunidades de superación de la pobreza.

La metodología utilizada en el proceso se fundamenta en una investigación acción participativa IAP. Para lograr sus objetivos el proyecto se apoya en los principios de la gestión social del conocimiento entendida como el conjunto de acciones y actividades que permiten a los agentes sociales, y en especial a las comunidades y grupos humanos más desprotegidos, generar, valorar, validar, legitimar y aplicar los diferentes saberes y conocimientos con el propósito

de cualificar y optimizar la toma de decisiones en beneficio de los intereses públicos, y mejorar la calidad de vida de la población, finalmente se obtuvieron conclusiones relacionadas con los aspectos clave para las comunidades negras en el marco del Covid-19. Es claro que en época de la pandemia los estudios apuntan a que las comunidades dispersas se van a ver muy afectadas dado el estado de marginalidad, la debilidad de los sistemas de salud, la falta de afiliación de la comunidad al sistema de salud en Colombia, dada la situación de desplazamiento de la comunidad negra en estos sectores. De ahí que el desarrollo del presente escrito de cuenta de algunas soluciones orientadas a paliar esta problemática.

Contextualización

Con el ánimo de presentar el marco regional bajo el cual se justifica el desarrollo de los prototipos que se presentan en el marco del modelo de atención diferencial en salud MASPROCA, se presentan modelos de atención a comunidades dispersas y minorías étnicas a nivel latinoamericano.

- **Guatemala**

Modelo de Salud Familiar y Comunitario MOSAFC: Este modelo, se sustenta en la estrategia de atención primaria en salud, que consiste en establecer el primer nivel de contacto de los individuos, la familia y la comunidad con el sistema nacional de salud, mediante su plena participación, con un espíritu de autorresponsabilidad y autodeterminación, llevando lo más cerca posible la atención de salud al lugar donde residen y trabajan las personas, constituyéndose en primer elemento de un proceso permanente de asistencia sanitaria, función central del desarrollo social y económico global de la comunidad. Así mismo, orienta la organización de los establecimientos de salud en redes articuladas para brindar los servicios integralmente. El modelo de gestión está dirigido a descentralizar la atención de salud. El Modelo de Salud Familiar y Comunitario tiene un enfoque holístico que trasciende la Atención a la familia hasta la comunidad cuya base de actuaciones es el sector (Poder Ciudadano, 2007)

- **Nicaragua**

El MASIRAAN: es el instrumento operativo del Modelo de Salud de la RAAAN, a través del cual las autoridades autónomas y el MINSA, aseguran servicios de salud interculturales, integrales, universales, continuos, complementarios y de calidad a las comunidades, familias, mujeres y hombres de diversos grupos de edad de los pueblos indígenas Miskitus y Sumu-Mayangnas, así como a las comunidades étnicas krioles y mestizas, que habitan en la región, con el objetivo de mejorar sus condiciones de vida.

- **México**

Modelo Intercultural de Atención de la Salud de los Pueblos Indígenas y Afrodescendientes ASPIA: es un modelo que se desarrolla la estrategia del desarrollo y ejecución de los ejes de política pública sobre los que se articula el MASPIA, establecen acciones transversales que comprenden los ámbitos institucionales, de derechos humanos, políticos y sociales, y que componen un proyecto integral en virtud del cual cada acción contribuye a sustentar las condiciones bajo las cuales se logran los objetivos planteados. Cada eje establece el camino para actuar considerando en todo momento que es responsabilidad del Gobierno el promover la participación de la sociedad en las tareas que implican estos ejes de política pública.

- **Chile**

Programa Mapuche: busca lograr que la población indígena localizada en zonas rurales y urbanas mejore su situación de salud a través de estrategias que faciliten el acceso a una atención de salud adecuada, oportuna y de calidad, respetando, reconociendo y protegiendo los sistemas de salud de los pueblos indígenas. Esto son sistemas médicos e interculturalidad en la región de la Araucanía. El concepto de bienestar en el mundo mapuche se expresa en los conceptos de *küme mongen*, que significa buena vida, o *kümelkalen*: estar bien. En la cosmovisión mapuche el *kümelkalen* (estar bien) no es opuesto sino complementario a *weza felen* (estar mal). El *kümelkalen* consiste en que el individuo como tal, esté en equilibrio consigo mismo y además con sus pares, su familia, sus seres más cercanos y queridos, así como con el ambiente

que lo sustenta en la vida. El equilibrio de la persona, también se refleja en la armonía con su *lof* (comunidad), su entorno social, productivo, cultural, político, ambiental, territorial, religioso y cósmico. Si ese equilibrio se trastoca entonces se llega a un estado de *weza felen* (Oyarce, Sánchez Curihuentro y Huircan, 2010)

- **Bolivia**

Política de salud intercultural-SAFCI: es la política de salud del Estado Plurinacional de Bolivia, se constituye en la nueva forma de sentir, pensar, comprender y hacer la salud; complementa y articula recíprocamente al personal de salud y médicos tradicionales de las Naciones y Pueblos Indígena Originario Campesino con la persona, familia, comunidad, Madre Tierra y cosmos, en base a sus organizaciones en la gestión participativa y control social y la atención integral intercultural de la salud.

- **Ecuador**

Manual del Modelo de Atención Integral de Salud. MAIS: en su componente Modelo de Atención Integral del Sistema Nacional de Salud Familiar Comunitario e Intercultural (MAIS-FCI). Orienta el accionar integrado de los actores del Sistema Nacional de Salud hacia la garantía de los derechos en salud y el cumplimiento de las metas del Plan Nacional de Desarrollo para el Buen Vivir al mejorar las condiciones de vida y salud de la población ecuatoriana a través de la implementación del Modelo Integral de Salud Familiar Comunitario e Intercultural (MAIS-FCI) bajo los principios de la Estrategia de Atención Primaria de Salud Renovada, y transformar el enfoque médico biologista, hacia un enfoque integral en salud centrado en el cuidado y recuperación de la salud individual, familiar, comunitaria como un derecho humano. Integrar y consolidar la estrategia de Atención Primaria de Salud Renovada (APS-R) en los tres niveles de atención, reorientando los servicios de salud hacia la promoción de la salud y prevención de la enfermedad, fortalecer el proceso de la recuperación, rehabilitación de la salud y cuidados paliativos para brindar una atención integral, de calidad y de profundo respeto a las personas en su diversidad y su entorno, con énfasis en la participación organizada de los sujetos sociales (Ministerio de Salud Pública, 2012).

- **Colombia**

El Sistema Indígena de Salud Propio Intercultural (SISPI): es el conjunto de políticas, normas, principios, recursos, instituciones y procedimientos que se sustentan a partir de una concepción de vida colectiva, donde la sabiduría ancestral es fundamental para orientar dicho sistema, en armonía con la madre tierra y según la cosmovisión de cada pueblo. El SISPI se articula, coordina y complementa con el Sistema General de Seguridad Social en Salud (SGSSS), y es un compromiso del Plan Nacional de Desarrollo 2010-2014 (Congreso de la República, 2011), donde se establece que el Ministerio de Salud y Protección Social concertará con las autoridades y organizaciones indígenas la estructuración, desarrollo e implementación de un sistema de salud.

MASPROCA: Modelo de Atención en Salud Propio y Complementario Afrocolombiano, es un modelo de cogestión que lo que hace es rescatar los conocimientos de medicina tradicional ancestral afrocolombiano mediante acciones de promoción, prevención, rehabilitación y curación con la finalidad de articularse con el modelo convencional o científico. Este modelo apunta a promover acciones de etnodesarrollo en los territorios fundamentados desde el contexto de la etnosalud, realizar acciones de investigación, capacitación, prestación de servicios de salud y capacitación y formación en aspectos de su cultura propia, en aras de mejorar la calidad de vida y la salud de las comunidades en sus territorios.

Modelo de Atención Integral en Salud. MIAS: la Política de Atención Integral en Salud requiere un modelo operacional que, a partir de las estrategias definidas, adopte herramientas para orientar la intervención de los diferentes agentes del sistema, de forma que induzcan a la transformación de la atención con miras lograr los resultados en salud a partir del mejoramiento del acceso a los servicios, de manera oportuna, eficaz y con calidad. Lo anterior exige la interacción coordinada de las entidades territoriales, los aseguradores, los prestadores y las demás entidades, que, sin ser del sector, realicen acciones sobre los determinantes y riesgos relacionados con la salud. No obstante, esta integralidad no implica unicidad ya que las características de las poblaciones y de los territorios tienen diferencias (Ministerio de Salud y Protección Social, 2016)

Problemáticas

Las problemáticas que presentan las comunidades negras en Colombia y en general la población afro en corregimientos como san Cristóbal en los sectores de Las Flores, Aurora, Veletas, El Piro, entre otros.

- Racismo y discriminación racial.
- Baja participación y representación de la población afro en espacios políticos e institucionales de decisión.
- Débil capacidad institucional de los procesos organizativos de la población afrocolombiana, palenquera y raizal.
- Mayores dificultades para el acceso, permanencia y calidad en el ciclo educativo, lo cual limita el acceso a empleos de calidad, y opciones de emprendimiento, reduciendo las oportunidades de superación de la pobreza.
- Desigualdad en el acceso al mercado laboral y vinculación a trabajos de baja especialización y remuneración (empleos de baja calidad).
- Escaso reconocimiento y valoración social de la diversidad étnica y cultural como uno de los factores que definen la identidad nacional.
- Deficiencias en materia de seguridad jurídica de los derechos de propiedad de los territorios colectivos.
- Insuficiencia en la incorporación e implementación de las iniciativas y propuestas que surgen de la población afrocolombiana, palenquera y raizal.
- Baja disponibilidad de información sobre población afro, que amplíe la cuantificación y focalización de los beneficiarios, y que alimente una política pública adecuada a las particularidades étnicas y territoriales.
- El desplazamiento producto de la violencia o por la búsqueda de oportunidades.
- Se manifiesta debilidad en el proceso organizativo en los consejos comunitarios.

- Hay debilidad en estrategias basadas en procesos de rescate de conocimientos y prácticas ancestrales.
- Es necesario fortalecer procesos de etnoeducación e identidad cultural en los diferentes procesos en la educación en el municipio.
- Existe debilidad en los procesos y derechos de las comunidades negras en el municipio.
- Falta fomento de su desarrollo económico social de manera que aumentan las desigualdades y determinan la falta de oportunidades para la comunidad en la rural y urbana.
- Existe un bajo nivel de escolaridad y de ingresos económicos de la comunidad.

Metodología

La metodología aplicada para ese sector se ha fundamentado en una investigación acción participativa, IAP. Para lograr sus objetivos el proyecto se apoya en los principios de la gestión social del conocimiento entendida como:

El conjunto de acciones y actividades que permiten a los agentes sociales, y en especial a las comunidades y grupos humanos más desprotegidos, generar, valorar, validar, legitimar y aplicar los diferentes saberes y conocimientos con el propósito de cualificar y optimizar la toma de decisiones en beneficio de los intereses públicos, y mejorar la calidad de vida de la población. La Gestión Social del Conocimiento no se refiere solo a la investigación, sino también a la administración de otros saberes que pudieran contribuir al desarrollo social, entre ellos los saberes populares y las ideologías (Bejarano Sánchez, 2019).

Específicamente se aplicarán dos estrategias metodológicas complementarias: la investigación acción participativa y la investigación de implementación (Bru Martín y Basagoiti, 2015) , estas han permitido llegar a desarrollar de forma contundente un conocimiento sobre las problemáticas de salud, educación, desarrollo económico de la población afro del corregimiento de San Cristóbal en especial el sector de Las Flores, Veletas, La Aurora y El Pirol re-

spectivamente. De lo anterior, se profundiza en los siguientes aspectos metodológicos.

La investigación acción participativa, es un proceso de producción de conocimientos nuevos generados por comunidades que pretenden caracterizar su situación, con el firme propósito de transformarla en su provecho, y con el apoyo de agentes externos claramente interesados en el bienestar del grupo. Este enfoque tiene una amplia tradición que se remonta a los años 40 en Europa en los planteamientos de Kurt Lewin y posteriormente en la escuela de Frankfurt. En América Latina se apoya en los trabajos del brasilero Paulo Freire y del colombiano Orlando Fals Borda. La IAP no es realmente una técnica, sino un enfoque de gestión del conocimiento que exige el cumplimiento de los siguientes principios esenciales:

- a. La participación consciente y activa de las comunidades afectadas en el proceso de investigación.
- b. La finalidad eminentemente práctica del conocimiento (la teoría se produce para aplicarla al cambio).
- c. El compromiso de los agentes sociales en las acciones de transformación. Los intelectuales de apoyo juegan un papel importante en las diferentes etapas del proceso, pero no son los autores protagónicos, ni responsables del mismo, en forma diferente a como lo son los demás miembros del grupo.
- d. La definición de los alcances del proyecto en función de las necesidades e intereses endógenos predominantes en el grupo.
- e. La legitimación del conocimiento por la vía de la deliberación y del consenso básico que recoja los intereses diferentes del grupo.
- f. **La planificación inmediata:** en cada momento de la investigación se deben generar acciones o praxis para transformar la situación; dichas acciones están a cargo de los diferentes miembros del grupo.

En el ámbito metodológico, la IAP acoge un conjunto de estrategias y alternativas para analizar y transformar la situación del grupo, entre las cuales se destacan:

- a. El desarrollo de actividades educativas de carácter crítico que favorezcan la introspección, la solidaridad, y la autogestión de los grupos.
- b. Las acciones para promover y consolidar las redes sociales de apoyo y empoderamiento.
- c. La instrumentación técnica de los análisis, los debates y la planificación comunitaria.

Aunque cada proceso social reviste su propia identidad, la IAP puede organizarse en las siguientes fases que se traslapan a lo largo del tiempo:

- a. **Primera fase:** organización del grupo. Dirigida a asegurar un grado mínimo de organización social que constituya el punto de partida del proceso. El grupo de apoyo deberá considerar que la organización social no se realiza por generación espontánea, es en cambio un proceso conflictivo y complejo donde se van revelando, integrando y diferenciando las fuerzas sociales que actúan sobre el grupo y determinan su “conciencia y saber social”. Durante esta primera fase el grupo se aglutina alrededor de las fuerzas sociales predominantes; otras fuerzas sociales pueden integrarse momentáneamente o separarse definitivamente del grupo. El éxito de esta fase consiste en asegurar que el proceso sea asumido por una fuerza social lo suficientemente poderosa para enfrentarse con éxito a un problema colectivo.
- b. **Segunda fase:** educación del grupo. La educación se entiende como el proceso social que realiza el mismo grupo para mejorar su nivel de conciencia sobre su propia situación y sobre la manera de controlarla para su beneficio. El grupo de apoyo debe ser consciente que no se trata de dar conferencias sino de promover la reflexión crítica y sistemática. La fase de educación comprende tres momentos:
 - El momento investigativo dirigido a precisar el alcance del proyecto social y caracterizar la situación con base en la información disponible.
 - El momento de tematización dirigido a lograr un consenso básico que recoja la posición del grupo frente a la situación analizada, en

términos de su legitimidad social y de su necesidad de cambio.

- El momento de programación social dirigido a construir un plan de acción que comprometa la participación colectiva y que ofrezca la posibilidad de transformar con éxito la situación identificada. Este momento comprende también la previsión de los recursos internos y externos, requeridos para enfrentar el problema. A este respecto se cuenta con diferentes herramientas de gestión de proyectos sociales que recogen elemento de marco lógico y ZOPP.
- c. **Tercera fase:** práctica social. Comprende la puesta en marcha de las acciones programadas por el grupo. El poder de la práctica social que constituye el criterio de validación del modelo depende también en gran parte del nivel de organización e integración de las fuerzas sociales alrededor del consenso básico y de la formulación del discurso. Durante esta tercera fase el grupo continúa su discusión sobre el éxito de la práctica y evalúa su validez, igualmente por consenso.

Resultados

Relacionados con dispositivo para la presión arterial

Es evidente la implementación y aplicación del dispositivo en cada uno de los pacientes atendidos en su momento y a la comunidad en general. Se promovió la metodología para aplicar el dispositivo en la atención de comunidad dispersa en este caso el sector de nuevo occidente con la telemedicina como medio fundamental. Se realizaron los análisis, evaluación e impresión de los resultados de conformidad con la utilización de la herramienta tecnológica y su posterior responsabilidad de socialización a la comunidad.

El dispositivo tiene un sensor que mide el nivel pulsaciones las cuales se envían a un circuito de control que a su vez las envía a través de una comunicación *Bluetooth* y las muestra simultáneamente a través de una comunicación serial en un *display*. El sensor de pulsaciones las envía y a través de un *software* almacenado en el circuito de control las recibe y procesa para comunicarlas, Utiliza el lenguaje de programación en C, Y la interfaz de comunicación del dispositivo es serial a 9600 baudios, su tamaño esta 5 cm x 5 cm y una altura

de 3 cm. Su finalidad contempla una lectura en general de las pulsaciones del paciente.

Características del sensor: el costo total del dispositivo es de 100 mil pesos, incluye la comunicación *Bluetooth*, la pantalla LCD, el sensor y el circuito de control y comunicación. Su diseño esquemático se obtiene a continuación.

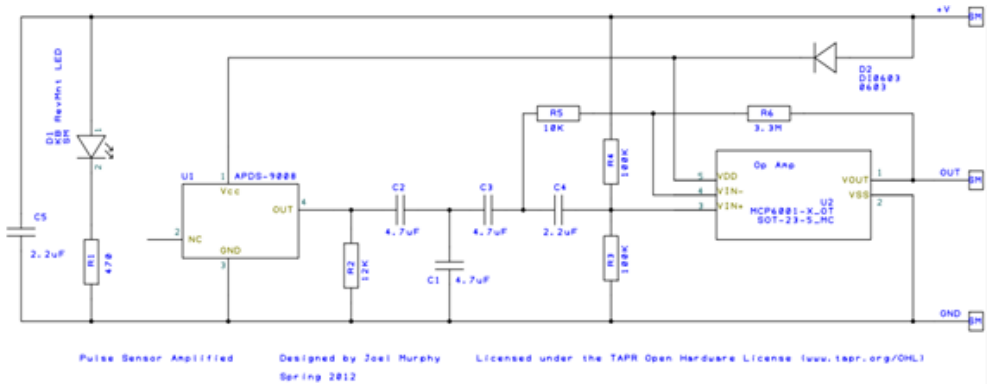


Figura 106. Diseño esquemático de sensor de pulso amplificado
Fuente: Tomado de Murphy (2012).

Como primera etapa del sistema se implementa con diferentes personas el sensor del ritmo cardiaco, esto con el fin de conocer las señales eléctricas que proporciona y así encontrar patrones y defereencias.

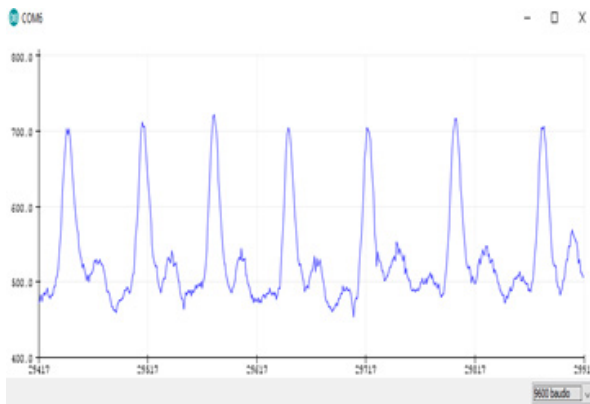


Figura 107. Señal proporcionada por el sensor de ritmo cardiaco en una persona
Fuente: elaboración propia.

Resultados clínicos

A continuación, se presentan los resultados de aplicación del sensor de pulso amplificado, la información de nombres de los pacientes ha sido anónima para efectos de la presente publicación.

Paciente 1. Motivo de la consulta: preocupada por no tener trabajo, con muchos problemas para pagar el arriendo y la alimentación, última citología 8 años. Problema: falta de afiliación al sistema. Peso 74 kg, talla 1,58 **TA 160/90** FC: 834 So2 96 %. Mucosas húmedas, ruidos cardiacos rítmicos no soplo.

Paciente 2. Motivo de la consulta: paciente de 64 años con antecedente de diabetes tipo 2.

Problemas: no mareos, no vómitos, dolor cervical ocasional. Peso 57 kg FC: 85xl So2 96 % **TA: 110/80mmhg**. Mucosa: húmeda, ruidos cardiacos rítmicos no soplo, pulmones ventilados.

Paciente 3. Motivo de la consulta: paciente de 50 años con antecedentes de HTA crónica hipertensional con captopril, alodipiro. Problemas: sin tratamiento para las tiroides Su: **TA 120/70 mmHg** FC: 84x FR: 164l So2 94 %. Peso: 57,9 kg con bocio tiroideo.

Paciente 4. Motivo de la consulta: problemas relacionados con el colon. Problemas: Ap.: HTA arrítmica TSU- cefalea crónica, colon irritable RGE, depresión. Peso: 62,7 kg, talla: 155 cm. **TA: 120/80 mmHg**, FC: 58 So2 98 %. Mucosas húmedas, ruidos cardiacos rítmicos, sin soplo.

Paciente 5. Motivo de la consulta: dolor lumbar paciente de 27 años con antecedente de dolor lumbar ocasional con múltiples tratamientos. Problema: dolor lumbar ocasional SIU **TA: 100/70mmHg** FC: 57xl So2 96 % con dolor a la presión muscular para vertebral lumbar bilateral.

Relacionados con el respirador

Se generaron las partes del respirador en los siguientes esquemas y diseños.

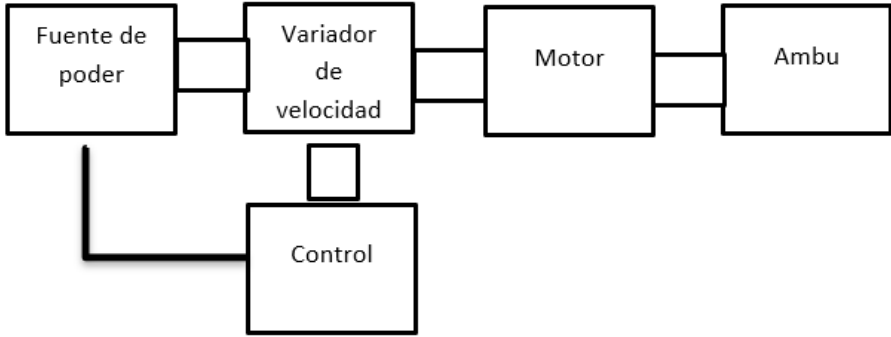


Figura 108. Esquema del dispositivo respirador
Fuente: elaboración propia.

Los componentes respectivos, se pueden identificar en la figura 109.

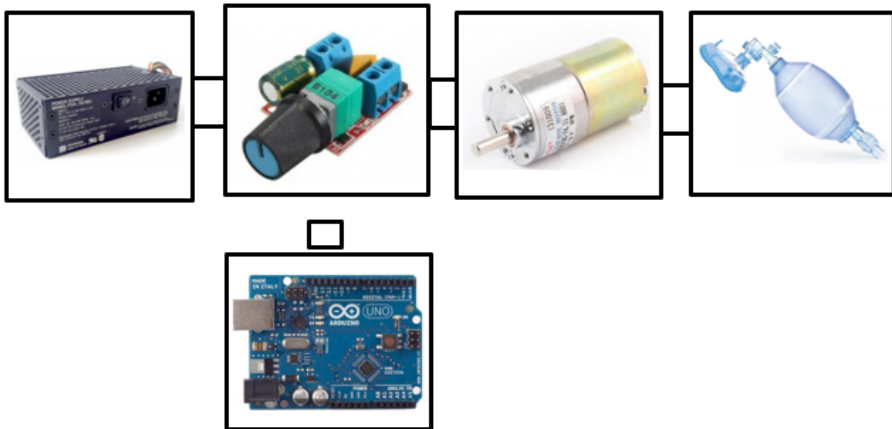


Figura 109. Componentes del respirador
Fuente: elaboración propia.

La descripción de cada uno de los componentes, se identifica en la tabla 28.

Tabla 28. Descripción de los componentes del respirador

Variador de velocidad	
 <p>A DC speed controller module with a black potentiometer, a green potentiometer, and blue terminal blocks on a red PCB.</p>	<p>Variador de velocidad DC 90W</p> <p>Variador de velocidad para motor DC. Características: voltaje de funcionamiento: DC 3V - 35V. Corriente máxima: 5A control de energía: 90W (máximo). Corriente en reposo: 0.015 A (en espera). Ciclo de trabajo de PWM: 1 %-100 %. Frecuencia PWM: 10 khz. Nota: se puede escoger voltaje de entrada 3-15V o 5-35V.</p>
Fuente de voltaje	
 <p>A black rectangular switching power supply with a power switch and a DC output connector.</p>	<p>Fuente suicheada 5V / 12V / -12V</p> <p>Fuente suicheada o de alimentación conmutada con salida de voltaje triple, recomendada para aplicaciones con sistemas de microcontroladores, arduino, actuadores y sensores. Características: Modelo:PSA-523B. Fuente de voltaje con triple salida. Salida: (+5V 5A) (+12V 2A) (-12V 0.5A). Color: negro. Medidas: alto: 50 mm, largo:145 mm, ancho:80 mm.</p>
Motorreductor	
 <p>A small metal gear motor with a brass shaft and a yellow/gold body.</p>	<p>Motorreductor 12 36RPM 10Kg</p> <p>Motor-reductor de piñones metálicos</p> <p>Características:</p> <p>Voltaje de funcionamiento: 12V DC</p> <p>Corriente de consumo en vacío: 900 mA</p> <p>Corriente de consumo con carga:1300 mA</p> <p>Dimensión motor: L:33.3 mm, diámetro: 36 mm</p> <p>Longitud caja reductora:26 mm</p> <p>Longitud eje:14 mm</p> <p>Diámetro del eje= 6 mm,</p> <p>Velocidad: 36 RPM</p> <p>Torque: 10 kg/cm</p>

Fuente: elaboración propia.

El respirador cuenta con las siguientes características:

Tamaño del dispositivo 20 x 20 x 20 cm. El circuito variador de velocidad permite manejar un rango de velocidad para personas que tengan el Covid-19. Entre 0 y 25 presiones por minuto se genera para brindar el oxígeno al paciente. Permite controlar la administración del oxígeno del paciente, dependiendo de las condiciones que determine el médico. Es portable, a través de una batería de 12 voltios que le brinda una alimentación de energía al respirador por un tiempo de seis horas sin estar conectado a la energía eléctrica. Una representación del dispositivo se puede identificar en la figura 110.

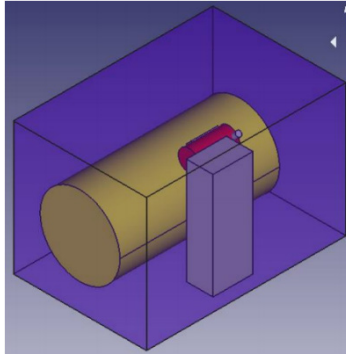


Figura 110. Representación gráfica del dispositivo
Fuente: elaboración propia

Conclusiones

Es evidente la implementación y aplicación del dispositivo en cada uno de los pacientes atendidos en su momento y a la comunidad en general. En el tema de la problemática del Covid-19 para los territorios afro, en especial en las comunidades dispersas relativamente, es pertinente poder hacer parte de estudios de investigación como el respirador con las características que nosotros planteamos, como un dispositivo a bajo costo.

Es claro que en época de la pandemia los estudios apuntan a que las comunidades dispersas se van a ver muy afectadas dado el estado de marginalidad, la debilidad de los sistemas de salud, la falta de afiliación de la comunidad al

sistema de salud en Colombia y la situación de desplazamiento de la comunidad negra en estos sectores.

Es claro que en el contexto de la pandemia no está contemplado para las comunidades dispersas en relación con si el Covid-19 llega a estos territorios donde se encuentra la comunidad más desprotegida de Colombia y en este caso de la comunidad negra de Medellín, a estas indicaciones se suman los actos de indisciplina de las comunidades en estos territorios.

Las comunidades negras en el territorio de San Cristóbal en la ciudad de Medellín en especial del sector de nuevo occidente son personas que sufren de la presión arterial ocasionada por los malos hábitos alimenticios, comidas condimentadas, entre otras causas y no consultan al médico tradicional o científico, lo que permite desarrollar propuestas de biotecnología las cuales permiten evaluar, verificar y controlar esta información ante las comunidades.

Es pertinente realizar acciones que permitan generar los diálogos con las comunidades, las cuales permita rescatar los conocimientos y prácticas de medicina tradicional ancestral afrocolombiana, con todos los actores en el proceso de prestación de servicios de salud convencionales respectivamente. Es claro que en estos territorios son aplicados modelos propios de salud intercultural, como los establece el Modelo de Atención en Salud Propio y Complementario Afrocolombiano MASPROCA.

En muchos países de Latinoamérica los modelos de atención en salud no contemplan la fuerza que deben tener, dado que son lugares donde son representativo las comunidades negras e indígenas reactivamente.

Referencias

- Bejarano Sánchez, W. (2019). *Masproca: la ruta de atención en salud con enfoque diferencial étnico para comunidades dispersas*. Medellín: Masproca.
- Bru Martín, P. y Basagoiti R., M. (2015). La investigación-acción participativa como metodología de mediación e integración socio-comunitaria. Recuperado de <https://bit.ly/3iWzeWW>

- Congreso de la República de Colombia. (2011). Ley 1450 de junio 16 por la cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo, 2010-2014. Diario Oficial 48102 de junio 16 de 2011.
- Ministerio de Salud Pública de Ecuador. (2012). *Manual del Modelo de Atención Integral de Salud - MAIS*. Quito: Ministerio de Salud.
- Ministerio de Salud y Protección Social de Colombia. (2016). *Política de atención integral en salud*. Bogotá: República de Colombia.
- Murphy, J. (2012). Pulse Sensor Amplified. Recuperado de <https://theorycircuit.com/pulse-sensor-arduino/>
- Oyarce, A. M., Sánchez Curihuentro, R. y Huircan, A. (2010). *Desarrollo de un sistema de información integral de salud intercultural. Rakin Mongen Filu Lawen Pu Che*. Santiago de Chile: ONU.
- Poder Ciudadano. (2007). *Modelo de salud familiar y comunitario (Mosafc)*. Managua: Mosafc.
- Quintana Arias, R. F. (2016). Medicina tradicional en la comunidad de San Basilio de Palenque. *Nova*, 14(25), 67-93.
- Rodríguez, G. A. (2008). Continúa la exclusión y la marginación de las comunidades negras colombianas. *Diálogos de Saberes*, (29), 215-238.

