



# CEDAMAZ

Julio - Diciembre 2021

CEDAMAZ 11(2) 87 - 151

[revistas.unl.edu.ec/index.php/cedamaz](http://revistas.unl.edu.ec/index.php/cedamaz)

e-ISSN: 1390-5902



1859

**unl**

Universidad  
Nacional  
de Loja



**Julio - Diciembre 2021**

CEDAMAZ 11(2) 87 - 151  
[revistas.unl.edu.ec/index.php/cedamaz](http://revistas.unl.edu.ec/index.php/cedamaz)  
e-ISSN: 1390-5902



**unl**

Universidad  
Nacional  
de Loja



## AUTORIDADES

**Nikolay Aguirre, Ph.D.**  
Rector

**Mónica Pozo, Ph. D.**  
Vicerrectora

## COMITÉ EDITORIAL

**Paúl Eguiguren, M.Sc.**  
Director General  
paul.eguiguren@unl.edu.ec

**Zhofre Aguirre, Ph.D.**  
Editor Ejecutivo  
zhofre.aguirre@unl.edu.ec

**Marina Mazón Morales, Ph.D.**  
Editora en Ciencias forestales, biodiversidad y medio ambiente  
marina.mazon@unl.edu.ec

**Rodrigo Abad Guamán, Ph.D.**  
Editor en Ciencias agropecuarias  
rodrigo.abad@unl.edu.ec

**Amable Bermeo, M.Sc.**  
Editor en Ciencias de la salud y biotecnología  
bermeoa@unl.edu.ec

**Oscar Cumbicus Pineda, M.Sc.**  
Editor en Ciencias exactas e ingenierías  
oscar.cumbicus@unl.edu.ec

## COMITÉ CIENTÍFICO

**Nikolay Aguirre, Ph.D.**  
Universidad Nacional de Loja (Ecuador)

**Juan Maita, M.Sc.**  
Universidad Nacional de Loja (Ecuador)

**Natalia Samaniego, M.Sc.**  
Universidad Nacional de Loja (Ecuador)

**Tatiana Ojeda, M.Sc.**  
Universidad Nacional de Loja (Ecuador)

**Aura Paucar-Cabrera, Ph.D.**  
Universidad Nacional de Loja (Ecuador)

**Helena España, Ph.D.**  
Escuela Politécnica Nacional (Ecuador)

**James Aronson Ph.D.**  
Centro de Ecología Evolutiva (Francia)

**Pablo Lozano, Ph.D.**  
Universidad Estatal Amazónica (Ecuador)

**Selene Báez Ph.D.**  
CONDESAN (Ecuador)

**Ximena Palomeque, Ph.D.**  
Universidad de Cuenca (Ecuador)

**Dennis Denis, Ph.D.**  
Universidad de La Habana (Cuba)

**John Lattke, Ph.D.**  
Universidade Federal do Paraná (Brasil)

**Jerónimo Torres, Ph.D.**  
Universidad de Córdoba (España)

**Dan Cogalniceanu, Ph.D.**  
Universidad de Bucarest (Rumanía)

**Pablo Cuenca, Ph.D.**  
IKIAM (Ecuador)

**Gretel Geada López, Ph.D.**  
Universidad del Pinar del Río (Cuba)

**Luis Ordoñez, M.Sc.**  
Corporación ECOPAR (Ecuador)

**Marlon Cobos, M.Sc.**  
Universidad de Kansas (Estados Unidos)

**Bolier Tores, Ph.D.**  
Universidad Estatal Amazónica (Ecuador)

**Fernando Gordillo, M.Sc.**  
Instituto Thünen (Alemania)

**Max Gonzáles, M.Sc.**  
Sociedad Ecuatoriana de Salud Pública (Ecuador)

**Diego Moya, M.Sc.**  
Grantham Institute SSCP-DTP (Reino Unido)

**Mario Heredia, Ph.D.**  
Humboldt Universität zu Berlin (Alemania)

**Aitor Soroa Echave, Ph.D.**  
Universidad del País Vasco (España)

**Itziar González-Dios, Ph.D.**  
Universidad del País Vasco (España)

**Lisset A. Neyra-Romero, M. Sc.**  
Universidad Técnica Particular de Loja (Ecuador)

La Revista Científica **CEDAMAZ**, es una revista multidisciplinaria, con revisión por pares (peer-review process) y de acceso abierto (open access license), dirigida a profesores, estudiantes, profesionistas e investigadores. Tiene como objetivo fomentar la comunicación científica y la colaboración entre personas y organizaciones involucradas en investigación y el desarrollo a nivel local, regional e internacional. La revista fomenta la transferencia del conocimiento científico de manera gratuita tanto para las y los autores, como para las y los lectores, a través de la divulgación de resultados de trabajos científicos originales, en un amplio rango de disciplinas que incluyen las siguientes áreas de investigación:

- Ciencias forestales, biodiversidad y medio ambiente.
- Ciencias agropecuarias.
- Ciencias de la salud y biotecnología.
- Ciencias exactas e ingenierías.

**CEDAMAZ** presenta información actualizada y pertinente a nivel regional e internacional destacando temáticas en experiencias forestales, biodiversidad, medio ambiente, veterinarias, agropecuarias, salud humana, biotecnología, ciencias exactas e ingenierías.

Los trabajos o revisiones de literatura presentadas a **CEDAMAZ** no deben haberse publicado previamente en libros de memorias de un congreso o revistas

científicas arbitradas. Las presentaciones previas en un evento científico pueden publicarse en la revista **CEDAMAZ**, pero también estarán sujetos a un proceso de revisión por pares.

**CEDAMAZ** se publica en español o en inglés, desde el año 2019 dos veces al año, en un solo volumen. Las opiniones expresadas en documentos publicados en **CEDAMAZ** representan la opinión de los autores y no reflejan necesariamente la política oficial de **CEDAMAZ** o de sus Editores.

#### **Publicada por**

Universidad Nacional de Loja

#### **Oficina Editorial**

Universidad Nacional de Loja. Av. Pío Jaramillo Alvarado y Reinaldo Espinosa, La Argelia, 110150 Loja - Ecuador. <https://unl.edu.ec>

#### **Diseño de logotipo**

Lcda. Sara Jaramillo Carrión

#### **Edición**

Econ. Karen Yaguana

---

#### **CEDAMAZ**

E-ISSN: 1390-5902

PBX: (593) 07 - 2545100

<https://revistas.unl.edu.ec/index.php/cedamaz>

Esta obra esta sujeta a la licencia internacional CC-BY-SA 4.0   

# ÍNDICE

## ARTÍCULOS

### *CIENCIAS FORESTALES, BIODIVERSIDAD Y MEDIO AMBIENTE*

Caracterización agrosocioeconómica y biofísica del área de influencia del sistema de riego Aguarongo – Zañe (Loja – Ecuador)  
María Chamba-Ontaneda 87

Arbolado urbano de la zona metropolitana de Asunción (Paraguay) y hongos descomponedores asociados  
Esteban Israel Moreira-Rivas y Maura Isabel Díaz-Lezcano 93

Situación actual y predicción del ruido vehicular en la zona urbana de la ciudad de Loja (Ecuador)  
Raquel Verónica Hernández-Ocampo, Carlos Guillermo Chunchu-Morocho, Santiago Rafael García-Matailo, Christian Fernando León-Celi, Jackeline Andrea Castillo-Villalta, Ana Catalina Puertas-Azanza, Denny Caridad Ayora-Apolo y Yovany Augusto Cabrera-Sinche 99

La gobernanza y la gestión integrada de los recursos hídricos: un desafío para las comunidades indígenas  
Victor Cartuche, David Cartuche, Cesar Neira y Lourdes González 107

### *CIENCIAS DE LA SALUD Y BIOTECNOLOGÍA*

Prevalencia de chagas en la parroquia Moromoro del cantón Piñas  
Gabriela Pineda, Fabiola Barba y María Romero 115

Infecciones vaginales y complicaciones durante el embarazo en usuarias del Centro de Salud Universitario de Motupe – Loja  
María de los Ángeles Sánchez Tapia y Viviana Yomary González Armijos 119

### *CIENCIAS EXACTAS E INGENIERÍAS*

Minería de datos para determinar los factores más influyentes en la ocurrencia de siniestros de tránsito en Ecuador en el año 2020  
Yulissa Torres-Quezada 124

Análisis comparativo para la evaluación de frameworks usados en el desarrollo de aplicaciones web  
Raquel Espinosa-Hurtado 133

## ARTÍCULOS DE REVISIÓN

Revisión sistemática de literatura: análisis de viabilidad para la detección y diagnóstico de Covid-19, aplicando modelos de Inteligencia Artificial (IA)  
Jonathan Ricardo Tillaguango Jiménez 142

# INDEX

## ARTICLES

### *FOREST, BIODIVERSITY AND ENVIRONMENTAL SCIENCES*

- Agrosocioeconomic and biophysical characterization of the area of influence of the irrigation system Aguarongo - Zañe (Loja - Ecuador)  
María Chamba-Ontaneda 87
- Urban trees in the metropolitan area of Asunción (Paraguay) and associated decomposing fungi  
Esteban Israel Moreira-Rivas and Maura Isabel Díaz-Lezcano 93
- Current situation and prediction of vehicular noise in the urban area of Loja city (Ecuador)  
Raquel Verónica Hernández-Ocampo, Carlos Guillermo Chuncho-Morocho, Santiago Rafael García-Matailo, Christian Fernando León-Celi, Jackelinne Andrea Castillo-Villalta, Ana Catalina Puertas-Azanza, Denny Caridad Ayora-Apolo and Yovany Augusto Cabrera-Sinche 99
- Governance and integrated management of water resources: a challenge for indigenous communities  
Victor Cartuche, David Cartuche, Cesar Neira and Lourdes González 107

### *HEALTH SCIENCES AND BIOTECHNOLOGY*

- Chagas prevalence in the Moromoro parish of Piñas canton  
Gabriela Pineda, Fabiola Barba and María Romero 115
- Vaginal infections and complications during pregnancy in users of Motupe University Health Center – Loja  
María de los Ángeles Sánchez Tapia and Viviana Yomary González Armijos 119

### *EXACT SCIENCES AND ENGINEERING*

- Data mining to determine the most influential factors in the occurrence of traffic accidents in Ecuador in the year 2020  
Yulissa Torres-Quezada 124
- Comparative analysis for the evaluation of frameworks Used in web development applications  
Raquel Espinosa-Hurtado 133

## REVIEW ARTICLES

- Systematic literature review: feasibility analysis for the detection and diagnosis of Covid-19, applying Artificial Intelligence (AI) models  
Jonathan Ricardo Tillaguango Jiménez 142

# Caracterización agrosocioeconómica y biofísica del área de influencia del sistema de riego Aguarongo – Zañe (Loja – Ecuador)

## *Agrosocioeconomic and biophysical characterization of the area of influence of the irrigation system Aguarongo - Zañe (Loja - Ecuador)*

María Chamba-Ontaneda<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup> Universidad Nacional de Loja, Loja, Ecuador

\* Autor para correspondencia: merys15@gmail.com

Fecha de recepción del manuscrito: 29/06/2021

Fecha de aceptación del manuscrito: 23/11/2021

Fecha de publicación: 24/12/2021

**Resumen**—La caracterización de los factores biofísicos y socioeconómicos es fundamental en la planificación del desarrollo sostenible de la población. En la investigación se determinaron los aspectos biofísicos y agrosocioeconómicos del área de influencia del sistema de riego Aguarongo-Zañe. Las variables analizadas fueron factores climáticos, geología regional y local, características físico-químicas del suelo, uso actual del suelo y los aspectos agrosocioeconómicos. Los resultados obtenidos indican que el área de estudio posee un clima semihúmedo y geológicamente se ubica en la formación Sacapalca. Dentro de los aspectos socioeconómicos, las principales actividades económicas son la agricultura y ganadería no tecnificada, y los factores que impiden el desarrollo de la comunidad son los bajos precios que reciben por la venta de la producción agropecuaria. El estudio de los aspectos biofísicos y socioeconómicos permite contar con fundamentos para el diseño y planificación de proyectos de desarrollo para el bienestar comunitario.

**Palabras clave**—Producción, Agricultura, Proyectos de desarrollo.

**Abstract**—The characterization of the biophysical and socioeconomic factors is fundamental in planning the sustainable development of the population. This research determined the biophysical and agrosocioeconomic aspects of the area of influence of the Aguarongo-Zañe irrigation system. The variables analyzed were climatic factors, regional and local geology, physical-chemical characteristics of the soil, current use of the soil and agrosocioeconomic aspects. The results obtained indicate that the study area has a semi-humid climate and is geologically located in the Sacapalca formation. Within the socioeconomic aspects, the main economic activities are agriculture and non-technical livestock, and the factors that impede the development of the community are the low prices they receive for the sale of agricultural production. The study of the biophysical and socioeconomic aspects allows to have foundations for the design and planning of development projects for community well-being.

**Keywords**—Production, Agriculture, Development projects.

## INTRODUCCIÓN

Un estudio biofísico y agrosocioeconómico es fundamental a la hora de planificar e implementar proyectos de desarrollo para la comunidad encaminados a mejorar el progreso en los diferentes ámbitos de desarrollo agrícola y pecuario (Flores Jibaja, 2019), en donde la sostenibilidad integra diversos componentes tales como tecnología, innovación de productos, sistemas producto-servicio e innovaciones sociales (González Insua et al., 2020) orientados a la protección y uso correcto de los recursos naturales garantizando la prevalencia en el tiempo sin alterar los ambientes para futuras generaciones (Wong Martínez, 2019).

Al hablar de sostenibilidad se hace referencia al equilibrio en función de los recursos del entorno (Zúñiga, 2011), por

ende, la sostenibilidad económica se logra con una economía productiva que maneje los recursos naturales renovables a una tasa que equivale a su propia tasa de recuperación en armonía con las políticas del crecimiento económico, favoreciendo el balance entre las necesidades actuales y las futuras (Barrios et al., 2007).

La sostenibilidad del medio ambiente se fundamenta en la pluralidad cultural y en el potencial de la naturaleza en diferentes contextos de la ecología, la identidad de los pueblos y la conservación; este enfoque prioriza las prácticas agrícolas de protección, preservación de la erosión y manejo integral de los suelos (mantenimiento y fertilización), conservación de las especies e invención en los sistemas agroecológicos de elevada producción (Leff et al., 2002), es decir, fomenta una minimización de los elementos de perturbación a la

naturaleza y mantiene un equilibrio entre los productos e insumos materiales de la población a nivel local, regional y global (Gallopín, 2003).

El desarrollo sostenible guarda una estrecha relación entre el bienestar social y el ambiente; rescata la diversidad cultural y prioriza los escenarios biofísicos como un eje integrador (Leffet al., 2002). Por tanto, el desarrollo sostenible se considera como un proceso que permuta en diversas formas de producción y consumo que permite garantizar la interacción armoniosa con la naturaleza y los seres humanos. Entre las variables que permiten cuantificar el mayor o menor desarrollo se encuentran los aspectos económicos, políticos y ambientales (Mora, 2013).

El desarrollo sostenible de cada país depende de la política y gestión integral del ambiente en coordinación del sector público, privado y la población en general. Para lograr el desarrollo sostenible, los proyectos a ejecutarse en la comunidad deben comprender aspectos ambientales, sociales y económicos encaminados a cambiar la forma de producción, distribución y consumo de los recursos naturales (Flores, 2008).

La provincia de Loja se caracteriza por ser una zona eminentemente agrícola y ganadera. En la agricultura destaca el cultivo de café, maíz, fréjol, frutas y hortalizas. La superficie dedicada a los cultivos a través del tiempo ha perdido los macros y micronutrientes esenciales para la producción, tales como el nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y boro. Por tanto, la productividad ha disminuido notablemente lo que incide en el incremento de necesidades básicas insatisfechas. La producción agrícola y ganadera son actividades importantes dentro de la economía del área de estudio.

No obstante, la falta de información, las políticas de desarrollo y las técnicas de explotación de los recursos en los últimos años, han demostrado ser inadecuados por no considerar las características biofísicas del entorno, lo que da como resultado problemas de erosión. Considerando que la población se dedica en mayor porcentaje a la agricultura y depende directamente de los recursos naturales se enfatiza la necesidad de diagnosticar el estado actual de los recursos para orientar las actividades económicas que permitirán un manejo integral.

A través de esta investigación se pretende contribuir con un diagnóstico de los aspectos biofísicos y económicos que permitan conocer detalladamente las características específicamente de los suelos y en función de los resultados establecer planes de manejo y fertilización de los mismos como estrategia de desarrollo sostenible para mejorar su calidad de vida en relación a un manejo adecuado del entorno natural.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

El área de influencia del sistema de riego está formada por los barrios Simón Bolívar, El Calvario, San Antonio, La Dolorosa, Huiñacapac y San Vicente, parroquia Chuquiribamba, cantón Loja (Figura 1). Se ubica en la Zona 17 Sur, a una altitud de 2 657 msnm, en las coordenadas 0683993 E, 9514036 N. Existe un total de 99 usuarios del sistema de riego en una superficie de 98,30 ha de las cuales solamente el 81,7% (80,35 ha) se encuentran bajo riego y el 19,65 % no tiene riego.

## Aspectos físicos

### Factores climáticos

Para la determinación de los factores climáticos del área de estudio se utilizó información secundaria obtenida del INAMHI de las estaciones La Argelia, Catamayo, San Lucas y El Cisne, sobre temperatura, humedad relativa y precipitación (INAMHI, 2013).

### Geología regional y local

La geología regional fue determinada mediante el uso de la Hoja geológica (Instituto Nacional de Investigación Geológica Minero Metalúrgico, 2017) a una escala de 1:500000 y las coordenadas obtenidas con el GPS. Para determinar la geología local se construyeron 6 calicatas de 1,20 m de ancho por 1,50 m de largo, con una profundidad de 1,20 m. Se obtuvieron muestras in situ que fueron llevadas al Laboratorio de Petrografía de la Universidad Nacional de Loja para su posterior análisis.

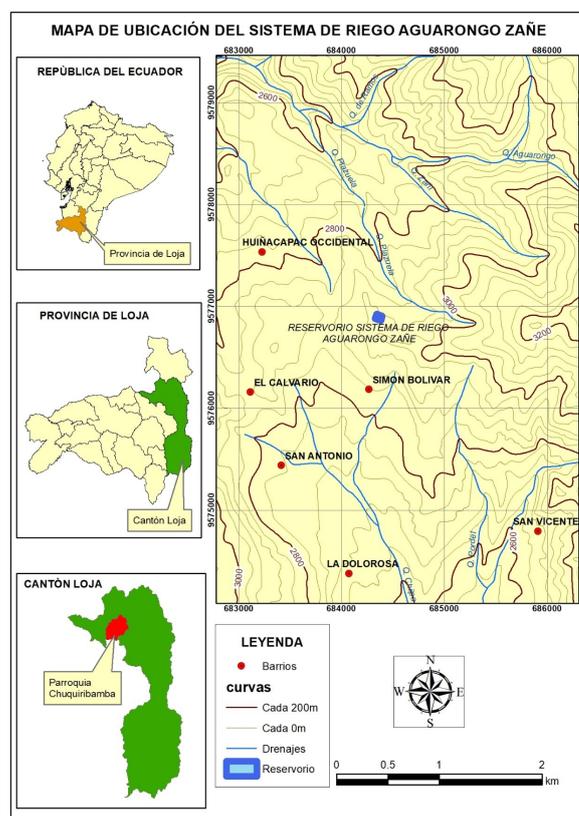


Fig. 1: Área de estudio: ubicación del Sistema de Riego Aguarongo – Zañe.

### Características físico-químicas del suelo

Para determinar las características físicoquímicas del suelo, en el mes de enero de 2020 se tomaron 6 muestras de suelo de 1 kg cada una, es decir, una muestra por cada sector. Los procesos que se aplicaron están en función de la Guía para la descripción de suelos de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) (Vargas Rojas, 2009).

- Características físicas del suelo: En cada muestra se evaluó el color y la textura. El color se evaluó por el método de observación con la ayuda de la tabla Munsell (Domínguez Soto et al. 2012), mientras que la textura se midió mediante el método de Bouyoucos o método del hidrómetro (Beretta et al. 2014).
- Características químicas del suelo: En las mismas muestras se evaluó el contenido de macronutrientes, el pH, la capacidad de intercambio catiónico y el contenido en materia orgánica. El contenido de los macronutrientes Nitrógeno, Fósforo y Potasio se determinó a través del método de absorción atómica (Ruales Torres, 2019), el pH por el método del potenciómetro (Ruiz Román, 2018), la capacidad de intercambio catiónico por el método de Formaldehído (Guerrero Lázaro, 2019) y el contenido de materia orgánica mediante el método de Walkley Black (Méndez Valdiviezo, 2016).

### Uso actual del suelo

La información se obtuvo del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia Chuquiribamba 2014 – 2019 y a través de la aplicación de 99 encuestas a los usuarios del Sistema de riego Aguarongo-Zañe.

### Aspecto socioeconómico

El trabajo investigativo se realizó a través de etapas, que van desde la revisión de información secundaria, elaboración de los instrumentos de recolección de información de campo (encuestas, entrevistas estructuradas, etc.) y aplicación de los instrumentos para la recolección de información de campo.

1. Revisión de información secundaria. En un primer momento se revisaron documentos y datos estadísticos de diversas fuentes como: Censos de Población y Vivienda (Instituto Nacional de Estadística y Censos, 2010) para la obtención de crecimiento poblacional, distribución de la población por edades y género y población económicamente activa, así como Planes de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Provincia de Loja, cantón Loja y parroquia Chuquiribamba (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial [GADP] Chuquiribamba y Constructora Consultora Inka Pirka, 2015), con el fin de conocer la organización y distribución de la población en el área de estudio.
2. Elaboración de instrumentos de información. Después de haber realizado las visitas respectivas a los barrios Simón Bolívar, El Calvario, San Antonio, La Dolorosa, Huñacpac y San Vicente, se procedió a elaborar los instrumentos de recolección de información, es decir, las encuestas; los parámetros considerados en la redacción de las encuestas fueron composición familiar, actividad económica, vivienda, migración, organización social, división sexual del trabajo, salud, estructura agraria, nivel tecnológico de los procesos productivos agrícolas, pecuarios, agroindustriales y/o artesanales y factores que impiden el desarrollo agropecuario y forestal.
3. Trabajo de campo. Se aplicaron los instrumentos de información a los 99 jefes de familia usuarios del sistema

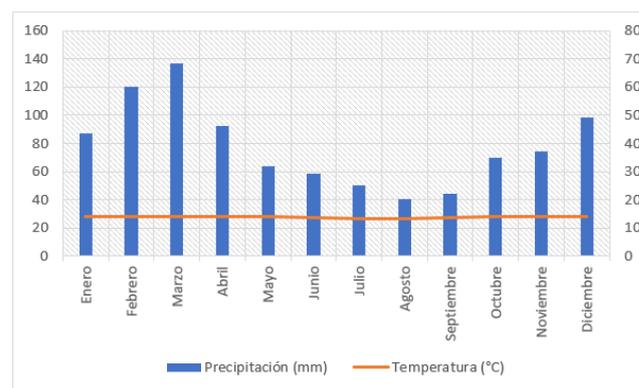
de riego Aguarongo-Zañe en el mes de enero de 2020 a través de entrevista personal.

## RESULTADOS

### Aspectos físicos

#### Factores climáticos

La parroquia de Chuquiribamba posee un clima semihúmedo; tiene una precipitación que se encuentra entre 800 mm a 1300 mm, en donde los cuatro primeros meses del año son los menos húmedos (Figura 2); la temperatura oscila entre 10°C a 20°C y la velocidad de viento es de 8 km/h.



**Fig. 2:** Climograma del área de estudio - Sistema de Riego Aguarongo – Zañe (modificada de Gobierno Provincial de Loja – Riego y Gestión Ambiental 2018).

### Geología regional y local

Regionalmente, el área de estudio corresponde a la formación Sacapalca y predominan depósitos de avalanchas y “debris slope” que presentan cantos y guijarros de rocas metamórficas en matriz arenosa. Las características de la formación de acuerdo a la carta geológica indican la presencia de un depósito coluvial y en los sectores de Pichic, Zañi y Palta se identificaron bloques de material de toba andesíticas y riolíticas. Localmente, debido a la profundidad de la calicata no se encontró material rocoso de ningún tipo, y solo se pudo identificar materia orgánica.

### Características físico-químicas del suelo

En función de los valores identificados en laboratorio y en función de la Pirámide Textural, al horizonte Ap le corresponde la clase textural Franco Arenoso. El valor del pH indica que los suelos son ligeramente ácidos (Tabla 1). Mediante el Carbono Orgánico se pudo determinar el porcentaje de materia orgánica presente en el suelo, en donde se pudo estimar que en el Perfil Ap se encuentra un bajo contenido de materia orgánica.

### Uso actual del suelo

El área de estudio presenta 2,38% de uso agrícola, 31,68% pecuario, 1,60% agropecuario, 59,84% conservación (bosque nativo, chaparral, luzara, bosque primario, pajonal, eucaliptos, bosque seco, ciprés y pino), 4,17% protección, 0,12% antrópico y 0,21% improductivo. Se

observaron tres tipos de vegetación: pastos tales como pasto azul (*Poa pratensis*) y pastos verdes (*Brachiaria prizanta*), cultivos de hortalizas, legumbres y árboles frutales y bosque.

**Tabla 1:** Características físicas y químicas del suelo en el área de influencia del sistema de riego Aguarongo. CO = carbono orgánico; MO = materia orgánica; Al = aluminio

Parámetros	Horizonte Ap
pH	5,81
CO %	2,67
MO %	4,62
Al meq/100 ml suelo	1,18
Al + H+ meq/100 ml suelo	1,34
P ppm	36,5
K meq/100 g suelo	1,37
N %	0,23

### Aspecto socioeconómico

La principal actividad económica que se realiza en la parroquia Chuquiribamba es la ganadería y agricultura como medio de ingresos económicos, la tasa de analfabetismo se incrementa al 10,81 %, por tanto, la población opta por realizar actividades pecuarias y labranza de la tierra desde muy temprana edad. En cuanto a la vivienda el 100 % de los encuestados tiene una vivienda propia, en la mayoría (54 %) de los casos de tierra, mientras que el resto son de ladrillo (31 %) y tapia (15 %).

En la tenencia de tierra se debe indicar que las superficies cultivables fueron adquiridas a través de la compra y por medio de herencias familiares y se caracterizan por su superficie menor a una hectárea.

Las actividades productivas en su mayoría (70 %) son realizadas por el hombre, considerando que mayor fuerza física la presenta el hombre, mientras que el 30 % de las actividades y la participación comunitaria, económica, social, administrativa y de capacitación son realizadas por la mujer.

La agricultura que se practica en el sector es tradicional, la labranza del suelo se realiza con implementos manuales tales como lampa, azadón, pico, machete, hoz, barreta, etc. La tecnología agrícola que se utiliza en el sector hace referencia al sistema de riego: el 90 % utiliza el método de riego por aspersión y el 10 % por goteo. La dotación del recurso hídrico para riego se realiza a través de la Junta de regantes del Sistema de Riego Aguarongo – Zañe. La fertilización del suelo se realiza en un 95 % a través de abono orgánico y el 5 % emplea otros tipos de fertilizantes. La preparación del suelo se realiza en un 90 % con tractor y el 10 % lo realiza con yunta de bueyes. Las principales plagas presentes en los cultivos son los gusanos cogolleros (*Spodoptera frugiperda*) y babosas (*Deroceras reticulatum*).

En los procesos productivos pecuarios, el 65 % de los encuestados se dedican a la crianza de ganado bovino, el 15 % tiene ganado porcino, el 10 % ganado ovino y el 10 % restante se dedica al ganado equino. Así también, la producción de animales menores la realizan el 80 % de los encuestados y está dividida en 60 % cuyes y el 40 % de aves de corral.

En el manejo del ganado bovino, el 70 % utiliza el sogueo, 20 % libre y el 10 % utiliza otros métodos. En cuanto a la ali-

mentación, el 75 % del ganado bovino se alimenta de pasto azul (*Poa pratensis*), el 15 % con raigrás (*Lolium perenne*) y el 10 % con kikuyo (*Pennisetum clandestinum*). En cuanto a la reproducción del ganado bovino, el 80 % lo realiza sin mejoramiento y el 20 % es mejorada, es decir con el uso de pajuelas de ganado de mayor producción de leche o carne a través de la inseminación artificial. La sanidad animal que se realiza en el sector consiste en la aplicación de vitaminas y antiparasitarios. La comercialización de los productos agrícolas y pecuarios se realiza en el mercado local (parroquia) en el 80 % de los encuestados, el 10 % a mercados cantonales y el 10 % a centros de acopio (mercados nacionales).

### DISCUSIÓN

Los resultados coinciden con la literatura citada sobre los aspectos físicos presentes en Chuquiribamba, donde resalta el relieve colinado y las elevadas pendientes que van del 20 al 100 % (Álvarez-Hernández, 2020).

Al analizar el suelo y relacionarlo con la producción agrícola cabe resaltar que existe una limitada productividad asociada al bajo contenido de macronutrientes (N, P, K) (Cárdenas-Navarro et al., 2004) presentes en el suelo y al inapropiado manejo de fertilizantes (orgánicos e inorgánico), por tanto, el uso del suelo agrícola se reduce día a día.

Nuestros resultados acerca del uso del suelo coinciden con la información presentada por el Gobierno Autónomo Descentralizado de Chuquiribamba el cual menciona que el mayor uso de suelo es pecuario y las actividades realizadas están en función de las características del suelo y el relieve (GADP Chuquiribamba y Constructora Consultora Inka Pirka, 2015).

Los productos obtenidos en las actividades económicas hacen posible que la zona de estudio sea considerada como fuente abastecedora de plantas aromáticas, hortalizas, legumbres y ganado a los mercados de Loja, Zamora y El Oro (Álvarez-Hernández, 2020). Sin embargo, la producción agropecuaria se ve afectada por escasa organización para la producción y/o comercialización y la parcelación de la tierra, este último causado por las herencias familiares que convierten a los terrenos en superficies cada vez más pequeñas para la siembra (Montaño, 2011) y al no incorporar los nutrientes al suelo hace que la producción vaya disminuyendo (Ciampitti García 2008).

En el desarrollo de las actividades productivas se cuenta con el sistema de Riego Aguarongo-Zañe, el mismo que se considera como la fuente de abastecimiento para el riego en el sector. A pesar de lo dicho, algunas formas de riego el riego por aspersión encontrado mayoritariamente en este trabajo o el riego por gravedad que se practica en otras zonas de pendiente, conjuntamente con la inadecuada utilización del agua, genera problemas de lavado de suelos y déficit hídrico, la reducción del volumen de agua se agudiza notablemente en el período de verano (Flores Gallardo et al., 2014).

La población del área realiza actividades productivas que fueron transmitidas por sus ancestros; en regiones rurales, la pericia en la producción responde a los factores ambientales y a factores bióticos, y evidencia diferentes habilidades de respuesta a la situación económica (Viquez, 1994), razón por la cual, tanto la producción agrícola y ganadera se considera indispensable para la supervivencia de la comunidad. La

tenencia de tierra en el área de influencia refleja la inequidad en el acceso a la tierra, lo cual se ha visto en otros estudios que puede ser un factor limitante a la hora de producir (Alvarado Vandecandelaere, 2011), ya que la producción termina siendo a pequeña escala.

Las actividades productivas son realizadas por el hombre, sin embargo, la presencia de la mujer es evidente en la toma de decisiones relacionadas con las mismas. Las mujeres suelen estar inmersas en los espacios comunitarios a través del desarrollo de actividades sociales, administrativas y de formación (Quijano Correa, 2003), lo cual supone un menor trabajo en campo pero una mayor implicación activa de la mujer en la comunidad.

El presente estudio presenta la caracterización agrosocio-económica y biofísica del sistema de riego Aguarongo-Zañe, quedando pendiente futuros estudios de las diferentes formas de manejo del suelo con fines de producción agrícola y pecuaria que permita elevar la productividad del área de estudio.

## CONCLUSIONES

Las características biofísicas del área de estudio hacen posible la realización de actividades pecuarias y en menor cantidad actividades agrícolas, estas últimas se ven afectadas por el deficiente manejo del entorno natural, especialmente de los suelos y por ende la producción decrece día a día.

## AGRADECIMIENTOS

Al presidente de la Junta de Riego del Sistema de Riego Aguarongo – Zañe y a todos los 99 socios por su colaboración en el desarrollo de la investigación. A la Universidad Nacional de Loja por su interés en el desarrollo de la región Sur del Ecuador.

## FINANCIAMIENTO

El presente estudio fue financiado por una entidad no oficial.

## REFERENCIAS

Alvarado, M. y Vandecandelaere, A. (2011). Tenencia de la tierra e inequidad en el acceso a la tierra. *Tierra urgente*, 51-79.

Álvarez-Hernández, O. (2020). Agroclimate potential for the use of irrigation in Chuquiribamba parish, Loja, Ecuador. *Revista Cubana de Meteorología*, 26(3).

Barrios N., Castro A., Coria, L., González A., Martínez V. y Taddey D. (2007). La relación global-local. Sus implicancias prácticas para el diseño de estrategias de desarrollo. *Red Académica Iberoamericana Local-Global-EUMEDNET*. Recuperado de [www.eumed.net/libros/2007a/259/index.htm](http://www.eumed.net/libros/2007a/259/index.htm).

Beretta, A., Silbermann, A., Paladino, L., Torres, D., Bassahun, D., Musselli, R., García-Lamohte, A. (2014). Análisis de textura del suelo con hidrómetro: modificaciones al método de Bouyoucus. *Ciencia e investigación agraria*, 41(2), 263-271.

Cárdenas-Navarro, R., Sánchez-Yáñez, J., Farías-Rodríguez, R., Peña-Cabriales, J. (2004). Los aportes de nitrógeno en la agricultura. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 10(2), 173-178.

Ciampitti, I., García, F. (2008). Balance y eficiencia de uso de los nutrientes en sistemas agrícolas. *Revista Horizonte A*, 4(18), 22-28.

Domínguez Soto, J., Román Gutiérrez, A., Prieto García, F., Acevedo Sandoval, O. (2012). Sistema de Notación Munsell y CIELab como herramienta para evaluación de color en suelos. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 3(1), 141-155.

Flores B., T. (2008) ¿Desarrollo sostenible o sustentable? *Asociación Boliviana Pro defensa de la Naturaleza*.

Flores-Gallardo, H., Sifuentes-Ibarra, E., Flores Magdaleno, H., Ojeda-Bustamante, W., Ramos-García, C. (2014) 91 Sistema De Riego Aguarongo – Zañe Chamba-Ontaneda C. R. Técnicas de conservación del agua en riego por gravedad a nivel parcelario. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 5(2), 241-252.

Flores-Gallardo, H., Sifuentes-Ibarra, E., Flores-Magdaleno, H., Ojeda-Bustamante, W., y Ramos-García, C. R. (2014). Técnicas de conservación del agua en riego por gravedad a nivel parcelario. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 5(2), 241-252.

Flores Jibaja, A. (2019). Diagnostico agrosocioeconómico del caserío “Sabanas” del distrito de Huarango provincia de San Ignacio, departamento de Cajamarca-Perú 2016.

Gallopín, G. (2003). Sostenibilidad y desarrollo sostenible: un enfoque sistémico. En: *Serie Medio Ambiente y Desarrollo*, No. 64. División de desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos. Naciones Unidas-Cepal-ECLAC, Santiago de Chile.

Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Chuquiribamba y Constructora Consultora Inka Pirka Cia. Ltda. 2015. “Plan de desarrollo y ordenamiento territorial de la parroquia Chuquiribamba, cantón y provincia de Loja. Chuquiribamba”. Mayo 2015. Loja - Ecuador. <http://chuquiribamba.gob.ec/index.php/parroquia/productos>.

Gobierno Provincial de Loja (2018). Proyecto: “Rehabilitación de las redes de distribución del sistema de riego Aguarongo-Zañe”.

Gonzalez Insua, M., Battista, E., y Justianovich, S. H. (2020). Diseño para la Sustentabilidad y Sistema Producto Servicio Sustentable. Aportes para el desarrollo de competencias en el contexto Argentino. (Spanish). *Cuadernos Del Centro de Estudios de Diseño y Comunicación*, 24(115), 57–70.

- Guerrero Lázaro, J. M. (2019). Determinación de la capacidad de intercambio catiónico por el método del formaldehído.
- Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2010). Censo de población y vivienda. Censo de población y vivienda.
- Instituto Nacional de Investigación Geológico Minero Metalúrgico. (2017). Hoja geológica 56.
- Instituto Nacional de Meteorología E Hidrología (INAMHI). (2013). Anuarios Meteorológicos 1990-2013. (Ed.). Quito: In I. N. d. M. e. Hidrología, Ecuador .
- Leff, E., Argueta, A., Boegue, E. y Porto, C (2002). “Más allá del desarrollo sostenible: la construcción de una racionalidad ambiental para la sustentabilidad: una visión desde América”.En: La transición hacia el desarrollo sustentable. Perspectivas de América Latina y el Caribe. Universidad Autónoma latinoamericana: México: 477-576.
- Martínez, M. (2019). Relación entre el nivel de crecimiento económico de Guatemala y el flujo de materia a partir de la información disponible para el período de 2010 a 2015. (Spanish). ECO Revista Académica, 21, 1.
- Méndez Valdiviezo, E. (2016). Validación del método analítico walkley y black de materia orgánica en suelos arcillosos, francos y arenosos del Ecuador (Bachelor's thesis, Quito: UCE).
- Montaño J. 2011. “Plan de desarrollo y ordenamiento territorial de la parroquia Chuquiribamba perteneciente al cantón Loja”. Tesis de grado previa a la obtención del título de ingeniero en geología ambiental y ordenamiento territorial. Universidad Nacional de Loja, 237 p. <http://192.188.49.17/jspui/handle/123456789/14796>.
- Mora, L. (2013, August). Dimensión ambiental, desarrollo sostenible y sostenibilidad ambiental del desarrollo. In Eleventh LACCEI Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology (LACCEI'2013)“Innovation in Engineering, Technology and Education for Competitiveness and Prosperity” August (pp. 14-16).
- Quijano, M. y Correa, E. (2003). Mujeres rurales y nueva ruralidad en Colombia. Cuadernos de desarrollo rural, (51).
- Ruales Torres, F. (2019). Determinación de la capacidad de intercambio catiónico del suelo y su correlación con el contenido de cationes intercambiables de las plantas del género Siparuna (Bachelor's thesis).
- Ruiz Román, L. (2018). Validación de métodos de ensayo para determinación de pH, conductividad, sólidos sedimentables, sólidos suspendidos y sólidos disueltos en aguas en el Laboratorio Ambiental Environoalab (Bachelor's thesis, Quito: UCE).
- Vargas Rojas, R. (2009). Guía para la descripción de suelos (No. FAO 631.44 G943 2009). FAO, Roma (Italia).
- Viquez, E. 1994. Caracterización del huerto mixto tropical “La Asunción”, Masatepe, Nicaragua. En: Agroforestería en las Américas. Vol. 1, N° 2. p 5- 9.
- Zúñiga, M. Y. (2011). Sostenibilidad y Sustentabilidad como estrategias para crear valor en las viviendas actuales. Tesis de Especialidad en Ingeniería Civil (Construcción). Facultad de Ingeniería. Ciudad de México: UNAM.

# Arbolado urbano de la zona metropolitana de Asunción (Paraguay) y hongos descomponedores asociados

## *Urban trees in the metropolitan area of Asunción (Paraguay) and associated decomposing fungi*

Esteban Isrrael Moreira-Rivas<sup>1,\*</sup> y Maura Isabel Díaz-Lezcano<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Carrera de Ingeniería Agronómica, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Asunción, Asunción, Paraguay

<sup>2</sup> Carrera de Ingeniería Forestal, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Asunción, Asunción Paraguay

\* Autor para correspondencia: [moreiraesteban80@gmail.com](mailto:moreiraesteban80@gmail.com)

Fecha de recepción del manuscrito: 25/06/2021

Fecha de aceptación del manuscrito: 11/11/2021

Fecha de publicación: 24/12/2021

**Resumen**—La madera puede presentar una riqueza de organismos que puedan asociarse a la pudrición, específicamente organismos fúngicos del Phylum Basidiomycota. Este trabajo tuvo la finalidad de identificar cuáles son los principales géneros de hongos descomponedores de la madera que afectan a las diversas especies forestales en el Área Metropolitana de Asunción, en los lugares: Paseo Central de la Avenida Mariscal López, el Parque Carlos Antonio López, las Plazas de Las Américas, Infante Rivarola, Plaza Italia y Uruguaya, de la ciudad de Asunción, Paraguay, teniendo en cuenta la diversidad arbórea urbana. Se realizó un inventario forestal procediendo a la identificación de los árboles que se encuentran en el área de estudio. Se realizó la colecta y caracterización histológica de los hongos que afectan a los árboles inventariados para que fueran identificados a nivel de género. Las especies forestales de mayor abundancia registradas fueron las pertenecientes a la familia Fabaceae. Las especies de hongos descomponedores de la madera encontrados son: *Ganoderma australe*, *Ganoderma* sp., *Fomitiporia* sp. y *Hydnopolyporus fimbriatus*.

**Palabras clave**—Arbolado urbano, Basidiomycota, Área Metropolitana de Asunción.

**Abstract**—Wood might have a richness of organisms that can be associated with rot, specifically fungal organisms of the Phylum Basidiomycota. The purpose of this work was to identify the main types of wood decomposing fungi that affect the various forest species in the Metropolitan Area of Asunción, in the following places: Paseo Central de Avenida Mariscal López, Parque Carlos Antonio López, the Plazas de Las Américas, Infante Rivarola, Plaza Italia and Uruguaya, in the city of Asunción, Paraguay, taking into account the urban tree diversity. A forest inventory was carried out, proceeding to the identification of the trees found in the study area. The collection and histological characterization of the fungi that affect the inventoried trees were carried out so that they were identified at the genus level. The most abundant forest species recorded were those belonging to the Fabaceae family. The species of wood decomposing fungi found are: *Ganoderma australe*, *Ganoderma* sp., *Fomitiporia* sp. and *Hydnopolyporus fimbriatus*.

**Keywords**—Urban trees, Basidiomycota, Metropolitan Area of Asunción.

## INTRODUCCIÓN

El reemplazo de áreas naturales por zonas urbanizadas afecta la composición de las comunidades arbóreas, generalmente favoreciendo la ocurrencia de especies vegetales exóticas. Esto tendría implicancias directas en la estructuración de las comunidades de hongos patógenos que hospedan estas especies arbóreas (Heredia et al. 2014).

El estado sanitario de los árboles afecta significativamente la dinámica de los espacios verdes urbanos. En este sentido, la enfermedad ocurre cuando una o más funciones de la planta se ven afectadas o alteradas por los organismos patógenos o condiciones del medio. Los procesos específicos de las en-

fermedades varían considerablemente según el agente causal y a veces según la planta misma (Agris 2005). Los organismos causales de enfermedades pueden pertenecer a varios grupos; dentro de los grupos micológicos de importancia se encuentra Phylum Basidiomycota, que son causadores de la pudrición y degradación de la madera.

Según González (2012), el proceso de descomposición de la madera desarrollado por los hongos es complejo y responde a interpretaciones físico-químicas y bioquímicas. El hongo al establecerse en la madera, sea en el estado de rollozo, astilla o madera en servicio, desarrolla hifas de 1 a 2 µm de diámetro, colonizando rápidamente las paredes y lúmenes celulares, produciendo una transformación bioquímica con

proyección física. Esto causa un menor porcentaje de lignina en el tronco, una lignina que es modificada cualitativamente y una madera más porosa.

Dentro del grupo de agentes descomponedores de la madera, los Basidiomycetos producen pérdidas graves a las plantas al atacar principalmente raíces y parte del tallo. Entre ellos se mencionan a *Armillaria*, algunas especies de *Heterobasidium*, *Poria* y *Polyporus* que atacan sólo a las raíces y parte inferior del tallo de las plantas leñosas, principalmente árboles forestales y algunos árboles frutales (Agris 2005). En particular la familia Poliporaceae tiene muchos ejemplos de hongos causantes de enfermedades en los árboles, los cuales atacan y destruyen la madera (Alexopoulos, 1986).

Por ello surge la necesidad de realizar estudios relacionados con la protección forestal orientada a la realización de tratamientos silviculturales tendientes a la prevención y/o corrección de daños causados por hongos descomponedores de la madera del arbolado urbano. Este trabajo tuvo la finalidad de identificar los principales géneros micológicos descomponedores que afectan a las diversas especies forestales en la zona metropolitana de Asunción para lo que fue necesario identificar las especies forestales presentes en el área.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### *Localización de la Investigación*

El estudio se realizó en la zona del Paseo Central de la Avenida Mariscal López, el Parque Carlos Antonio López, las Plazas de las Américas, Infante Rivarola, Italia y Uruguay, de la ciudad de Asunción, Paraguay.

A finales del mes de enero del 2021 se realizó un recorrido para la identificación de la composición florística del arbolado urbano de la zona metropolitana con base en las claves taxonómicas propuestas por López et al (2002), Pérez de Molas (2016) y Francis et al (2000). Para las identificaciones se observó el porte del árbol, tipo de corteza del fuste, tipo y forma de hojas, presencia de lenticelas, tipo de inflorescencias y fructificación. En la ciudad de Asunción se registró una precipitación total durante el mes de enero de 300 mm y la temperatura promedio del mes fue de 26°C.

Se hicieron observaciones directas del estado fitosanitario de los árboles. A partir de lo mencionado, si el árbol se encontraba enfermo, se buscaron los posibles cuerpos fructíferos de los hongos descomponedores de la madera.

Los cuerpos fructíferos encontrados fueron recolectados, etiquetados en bolsas y llevados al Laboratorio de Biología de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Asunción (UNA). Una vez colectadas, siguiendo los lineamientos propuestos por Miller y Miller (1988) se procedió al secado, luego conservadas en herbarios para su posterior observación microscópica para la identificación de los géneros de hongos, utilizando el microscopio de marca Boeco Germany, montadas con Azul de Lactofenol e Hidróxido de Potasio (KOH). Las fotografías fueron tomadas con una cámara CANON PowerShot Sx – 410.

La identificación de especies de hongos macroscópicos se hizo utilizando las claves taxonómicas mencionadas en el Atlas de hongos de la UNA (Campi et al. 2018), el libro “Hongos de la madera en el arbolado urbano de Córdoba” (Urcelay et al. 2012) y las indicadas por Wright Albertó

(2006), además de otras investigaciones que contribuyeron al mejor reconocimiento (Suárez-Medellín 2012).

## RESULTADOS

### *Diversidad de especies forestales en la zona de estudio*

Fueron registradas 28 especies forestales en la Zona Metropolitana de Asunción. La familia de mayor abundancia de especies fue la Fabaceae, con 11 especies. Del resto, tres especies pertenecieron a la Familia Arecaceae, tres especies a la familia Bignoniaceae, y el resto de especies a las siguientes familias (una especie en cada familia): Myrtaceae, Moraceae, Combretaceae, Sapindaceae, Meliaceae, Salicaceae, Proteaceae, Boraginaceae, Lamiaceae, Anarcadiaceae y Polygonaceae. Las especies identificadas están enlistadas en la Tabla 1.

### *Identificación de hongos descomponedores*

Fueron identificados los siguientes hongos descomponedores de la madera en el área de estudio: *Ganoderma australe*, *Ganoderma lucidum*, *Fomitiporia* sp. e *Hydnopolyporus fimbriatus*. En la Tabla 2 están enlistadas las especies de hongos descomponedores de la madera encontrados y el hospedero en el que se encontró un ejemplar de cada hongo descomponedor en cada localización.

#### *Ganoderma australe*

*Ganoderma australe* fue encontrado asociado a *Peltophorum dubium*, y reconocido por presentar un píleo negro a café oscuro, opaco, himenóforo poroide color blanco-crema a gris, con líneas resinosas visibles. Este hongo se encontraba alojado en el fuste de *P. dubium* degradando su madera, con el característico cuerpo de fructificación formando una plataforma en los lados del tronco.

#### *Ganoderma lucidum*

Fueron identificados hongos xilófagos de la especie de *Ganoderma lucidum* (Figura 1) incrustados en el tronco de *P. dubium*. Fotografías del género *Ganoderma* pueden ser observadas en la Figura 1, en donde se aprecian las basidiosporas, detalles de los poros, corte transversal para la identificación del género y cuerpo de fructificación de la especie.

#### *Fomitiporia* sp.

En la Figura 2 se pueden apreciar el cuerpo fructífero y corte del mismo, además de las setas e hifas, encontrados sobre un tronco muerto de *Melia azederach*. Este cuerpo fructífero se caracteriza por ser de color marrón, leñoso y de gran tamaño.

#### *Hydnopolyporus fimbriatus*

Este hongo posee basidioma anual, pileado, cespitoso, en disposición de roseta, irregulares, flabeliformes a fimbriados, contexto del himenio blanquecino, tal como se puede observar en la Figura 3. Margen blanquecino, ondulado, con poros irregulares. Este hongo fue encontrado próximo a la base del tronco y las raíces de *Tipuana tipu*.

**Tabla 1:** Especies forestales registradas en el área metropolitana de Asunción, Paraguay.

Nombre común	Nombre científico	Familia
Mango	<i>Mangifera indica</i>	Anacardiaceae
Palmera real	<i>Roystonea regia</i>	Areaceae
Pindó	<i>Syagrus romanzoffiana</i>	Areaceae
Mbokajá	<i>Acrocomia aculeata</i>	Areaceae
Lapacho negro	<i>Handroanthus heptaphyllus</i>	Bignoniaceae
Jacarandá	<i>Jacaranda mimosifolia</i>	Bignoniaceae
Lapacho Rosado	<i>Handroanthus impetiginosus</i>	Bignoniaceae
Guajaibi	<i>Cordia americana</i>	Boraginaceae
Sombrilla de playa	<i>Terminalia katappa</i>	Combretaceae
Yvyrapyta	<i>Peltophorum dohium</i>	Fabaceae
Kurupa ´y kuru	<i>Parapiptadenia rigida</i>	Fabaceae
Yvyra ju	<i>Albizia niopoides</i>	Fabaceae
Leucaena	<i>Leucaena leucocephala</i>	Fabaceae
Tipa	<i>Tipuana tipu</i>	Fabaceae
Yvyraro	<i>Pterogyne nitens</i>	Fabaceae
Ingá	<i>Inga sp.</i>	Fabaceae
Sibipiruna	<i>Caesalpinia pluviosa</i>	Fabaceae
Timbo	<i>Enterolobium contortisiliquum</i>	Fabaceae
Lluvia de Orquídea	<i>Bauhinia variegata</i>	Fabaceae
Chivato	<i>Delonix regia</i>	Fabaceae
Taruma	<i>Vitex cymosa</i>	Lamiaceae
Paraíso	<i>Melia azedarach</i>	Meliaceae
Ficus	<i>Ficus enormes</i>	Moraceae
Mirto	<i>Myrtus sp.</i>	Myrtaceae
Villetana	<i>Triplaris gardneriana</i>	Polygonaceae
Grevillea	<i>Grevillea robusta</i>	Proteaceae
Sauce llorón	<i>Salix sp.</i>	Salicaceae
Kurupika ´y	<i>Sapium haematospermum</i>	Sapindaceae

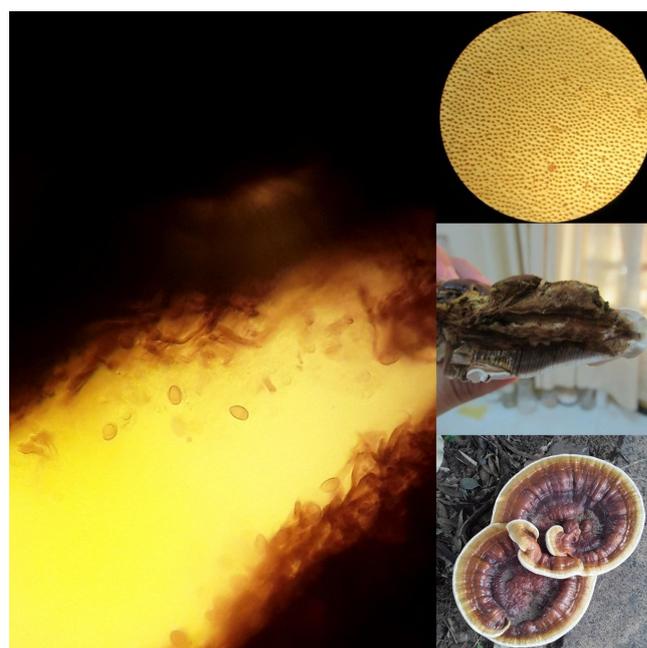
## DISCUSIÓN

La Guía de Arborización Urbana para el Área Metropolitana de Asunción (MADES/PNUD/FMAM 2019) menciona que algunas especies exóticas como las identificadas en la investigación, es decir, *Tipuana tipu*, *Mangifera indica*, *Delonix regia*, *Bauhinia variegata* y *Terminalia katappa*, se adaptan muy bien como árboles viales y principalmente en las veredas angostas, vías céntricas o en áreas con un alto grado de contaminación ambiental y los espacios con cableado público limitante. Sin embargo, la misma guía recomienda el uso de especies nativas, como otras también reportadas en el presente estudio: *Vitex cymosa*, *Inga sp.*, *Handroanthus impetiginosus* y *Jacaranda mimosifolia*.

**Tabla 2:**

Hongos descomponedores de la madera encontrados en el área metropolitana de Asunción (Paraguay), sus hospederos y las coordenadas del lugar específico donde se encontraron.

Género/especie de hongo	Hospedero	Lugar
<i>Ganoderma australe</i>	<i>Peltophorum dubium</i>	-25.291071, -57.586860
<i>Ganoderma lucidum s.l.</i>	<i>Peltophorum dubium</i>	-25.293998, -57.581347
<i>Fomitiporia sp.</i>	<i>Melia azedarach</i>	-25.294429, -57.577576
<i>Hydnopolyporus fimbriatus</i>	<i>Tipuana tipu</i>	-25.306776, -57.554517



**Fig. 1:** *Ganoderma lucidum* s.l. a) Basidiosporas observables en aumento de 40x, b) poros del basidiocarpo vista en estereoscopia 4x, c) Corte transversal del basidiocarpo, d) Basidiocarpos creciendo en campo.

Por otra parte, la hemiepífita estranguladora *Ficus enormes* (identificada en plazas y avenidas inventariadas) es una especie pionera con crecimiento rápido y colonización muy agresiva (Martinez Voght, 2017), la cual pone en peligro las arborizaciones con especies nativas en las áreas verdes del Área Metropolitana de Asunción. Por esta razón se recomienda ejercer un control continuo de las arborizaciones y una extirpación de hemiepífitas en estadios iniciales de crecimiento. De esta forma se podría controlar el desarrollo y aumento poblacional de las mismas y evitar daños severos en arborizaciones en parques, jardines, plazas y avenidas.

En lo que respecta a los hongos xilófagos, Deschamps Wright (2001) afirman que estos están principalmente representados por las familias Hymenochaetaceae, Polyporaceae y Agaricales pertenecientes a los basidiomicetes y un pequeño grupo dentro de los ascomicetes (familia Xylaraceae). Según Shortle Dudzik (2012) estos pueden diferenciarse a simple vista a partir de sus fructificaciones, tal como fue realizado en esta investigación.

Así, las características morfológicas macroscópicas de los



**Fig. 2:** *Fomitiporia* sp. a) Fotografía del cuerpo fructífero del hongo colectado en la zona de estudio, b) Corte del cuerpo fructífero, c) Setas del himenio de coloración marrón-negruzca en KOH observadas en 40x, d) Hifas del himenio observadas con un lente de 40x.



**Fig. 3:** *Hydno-polyporus fimbriatus*. A, B. Detalles del basidiocarpo visto en *Melia azedarach*. C. Basidiocarpo detallado observado en estereoscopio 4x.

especímenes de *Ganoderma australe* colectados en el Área Metropolitana de Asunción coinciden con las reportadas por Urcelay et al. (2012) y por Pinzón-Ozorío Pinzón-Ozorío (2016), ya que los hongos identificados presentan basidioma sésil, pileado a efuso-reflejo, perenne, aplanado, con una capa de laca castaña a grisácea, células de la cutícula con ramificaciones cortas de paredes finas, superficie de poros blanca a crema cuando el basidioma se presenta en fresco, marrón oscuro cuando es viejo, himenóforo poroide, circulares 3-4 mm, con bordes enteros, con 1 cm de grosor.

El tipo de daño que este hongo ocasiona se asocia a la pudrición blanca, comúnmente la especie puede llegar a colonizar raíces hasta fustes, tal como pudo ser observado en varios individuos de *P. dubium*. Esta especie micológica es considerada parásita, causante de la caída de diversas especies forestales (Urcelay et al. 2012).

Los síntomas presentados en los árboles de *P. dubium* ocasionados por *Ganoderma lucidum* son similares a los identificados por Moreno-Rico et al. (2010), asociados a pudrición clara del duramen y con mayor ataque a la albura, presentando canchales en la base del fuste; que podría propiciar el ingreso de otros patógenos que puedan afectar negativamente al árbol. Esta especie, según Campi et al. (2018), presenta basidioma de 2 a 5 cm, lateral o con centro estipitado, con una superficie del píleo lacado rojiza, con basidiosporas longitudinales de entre 9 a 13  $\mu$ m, coincidiendo con las características observadas en los hongos en la presente investigación. Este hongo afecta principalmente a leguminosas (Hawkeswood et al., 2020), tal y como se encontró en este estudio.

Bidegain et al. (2019) sostienen que *G. lucidum* s.l. está ampliamente distribuido en el mundo, desde el Amazonas a regiones del sur de Norteamérica y gran parte de Asia, encontrándose menos frecuentemente en regiones templadas que en las subtropicales.

De acuerdo a lo descrito por Decock et al. (2007) *Fomitiporia* sp. se caracteriza por presentar un basidioma efuso fuertemente adherido al árbol, perenne, resupinado con tubos. y contexto color marrón, con sistema hifal dimítico con las setas himeniales con esporas globosas a sub-globosas. Las especies de este género crecen sobre madera de árboles vivos o muertos en gimnospermas y angiospermas, se distribuyen en regiones templadas y tropicales de todo el mundo y ocasionan una pudrición blanca (Raymundo et al. 2012). *Fomitiporia* sp. fue encontrada sobre un tronco muerto de *Melia azedarach*, con las mismas características descritas por los citados investigadores.

El género *Hydnopolyporus*, que se encontró parasitando *Tipuana tipu*, presenta una amplia distribución, habiendo sido reportado en distintos países, desde México (Heredia, 1989; Landeros et al. 2006) hasta Perú (Mori del Águila et al. 2011), y se ha observado que provoca daños a nivel radicular en diferentes especies arbóreas, con hábito saprofítico sobre madera (Campi et al. 2018).

Mediante esta investigación se logró relacionar los hongos patógenos responsables de la pudrición de la madera y los hospederos arbóreos que coexisten en el ecosistema urbano del Área Metropolitana de Asunción, en la cual se registró preferencia por la familia de Fabaceae.

## CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Conceptualización, metodología, análisis formal, investigación, recursos, curación de datos, EIMR y MIDL; redacción y preparación del borrador original, EIMR; redacción, revisión y edición, MIDL.

## FINANCIAMIENTO

Las actividades relacionadas a los trabajos de laboratorio en lo concerniente a equipos, instrumentos y reactivos han sido financiadas por la Facultad de Ciencias Agrarias de la

Universidad Nacional de Asunción, y los desplazamientos para recolección de muestras con recursos propios de los autores.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el apoyo constante del Dr. Daniel Rivaldi de la FCQ UNA a sus investigaciones.

A Katerin Luján Ayala Méndez, Martín Ruíz Díaz y Ailim Deoli Araújo, quienes ayudaron en la colecta de hongos desinteresadamente.

## REFERENCIAS

Agrios, G.N. (2005). Fitopatología. Ed. Limusa. México. 838 p. Alexopoulos, C. (1985). Introducción a la Micología. Buenos Aires, AR.EUDEBA. 615p.

Bidegain, MA, Cubitto, M. y Postemsky, P. (2019). Informe sobre *Ganoderma lucidum*. (en línea). Disponible en: Informe\_sobre\_Ganoderma\_lucidum\_CONICET\_BAHIA\_BLANCA\_UNIVERSIDAD\_NACIO.pdf (conal.gob.ar)

Campi, M., De Madriagnac, B., Flecha, A. (2018). Hongos del Campus Universitario U.N.A. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, UNA. San Lorenzo, Paraguay. 252 p.

Decock, C., S Herrera., G Robledo. (2007). Fomitiporia punctata (Basidiomycota, Hymenochaetales) and its presumed taxonomic synonyms in America: taxonomy and phylogeny of some species from tropical/ subtropical area. Mycologia 99: 733-752.

Deschamps, R., Wright, E. (2001). Micosis de importancia forestal en el Cono Sur de América. Boletín de Sociedad Micologica 25, 127–244.

Francis, John K., Lowe, Carol A., Trabanino, S. (2000). Silvics of Native and Exotic Trees of Puerto Rico and the Caribbean Islands. General Technical Report IITF-GTR-15 U.S. Department of Agriculture, Forest Service International Institute of Tropical Forestry

González, G. (2012). Patologías Bióticas de la Madera de los Bosques Templados de Chile, a la Selva Atlántica de Misiones. (En línea). Disponible en: <https://arquitectologicofau.files.wordpress.com/2011/12/patolog3ada-biotica-madera-capitulo-6-2012.pdf>

Hawkeswood, J., Sommung, B., Sommung, A. (2020). First record of the bracket fungus, *Ganoderma lucidum* (Curtis) P. Karsten (1881) (Basidiomycota: Ganodermataceae) from Sisaket Province, Thailand. Calodema, 714: 1-5.

Heredia, F, Morera, G. y Robledo. G. (2014). Interacciones entre hongos de la madera (Agaricomycete) y árboles nativos y exóticos de un ecosistema urbano (Córdoba, Argentina). BOSQUE 35(3): 391-398, 2014 (en línea). Disponible en: (conicyt.cl)

Heredia, G. (1989). Estudio de los hongos de la Reserva de la Biósfera El Cielo, Tamaulipas. Consideraciones sobre la distribución y ecología de algunas especies. Acta Botánica Mexicana 7: 1-18

Landeros F., Castillo, J., Guzmán, G. (2006). Los hongos (macromicetos) conocidos en el Cerro el Zamorano (Querétaro-Guanajuato), México. Revista Mexicana de Micología 22: 25-31

López, A., Litle, E., Ritz, G., Rombold, J., Hahn, W. (2002). Árboles Comunes del Paraguay. Cuerpo de Paz: PY. 458 p.

MADES/PNUD/FMAM. (2019). Guía de Arborización Urbana para el Área Metropolitana de Asunción. Proyecto "Asunción Ciudad Verde de las Américas – Vías a la Sustentabilidad". Asunción, Paraguay. 114 p.

Martínez, L. y Vogt, C. (2017). Frecuencia y ecología de la hemiepífita estranguladora *Ficus enormis* (Mart. ex Miq.) Miq. (Moraceae) en dos áreas verdes del Área Metropolitana de Asunción, Paraguay. Steviana, 9(2), 3–14.

Miller Junior, K.; Miller, . (1988): Morphology and Developmental Features. Eureka, Mac River.

Moreno-Rico, O., Velásquez-Valle, R., Sánchez-Martínez, G. et al. (2010). Diagnóstico fitopatológico de las principales enfermedades en diversas especies de encinos y su distribución en la Sierra Fría de Aguascalientes, México. Polibotánica 29: 165-189.

Mori del Águila, T, Bendayán-Acosta, A Tresierra-Ayala. A. (2011). Ascomycetes y Basidiomycetes macroscópios en bosques del Puerto Almendras (Loreto, Perú). Revista de Divulgación 20 (1-2): 7 - 14.

Pérez de Molas, L. (2016). Manual de familias y géneros de árboles del Paraguay. San Lorenzo, PY. FAO. Pp. 216.

Pinzón-Ozorío A. y Pinzón-Ozorío J. (2016). Ampliación de la distribución geográfica de *Ganoderma australe* (Patouillard, 1889).

(Aphyllophorales-Basidiomycota), para el departamento de Cundinamarca, Colombia. Rev. Biodivers. Neotrop. 6 (1): 7-11 ISSN 2027-8918 e-ISSN 2256-5426 DOI: 10.18636/bioneotropical.v6i1.180.

Raymundo, T., Decock, C. y Valenzuela R. (2012). New records of the genus *Fomitiporia* (Hymenochaetales, Basidiomycota) in Mexico. Revista Mexicana de Biodiversidad 83: 313-328.

Shortle, W.C. y Dudzik, K.R. (2012). Wood decay in living and dead trees: a pictorial overview. United States Department of Agriculture 1-26.

Suárez-Medellín, J. (2012). Morphologic and molecular characterization of a Mexican wild strain belonging to

Ganoderma genus. Revista Mexicana de Micología 36: 33-39.

Urcelay, C., Robledo G. y Heredia F. (2012). Hongos de la Madera en el arbolado urbano de Córdoba. 1a ed. - Córdoba: Instituto Multidisciplinario de Biología Vegetal. Pp. 102.

Wright, J. y Albertó, E. (2006). Hongos. "Guía de la Región Pampeana", Tomo I. Hongos con laminillas. Editorial L.O.L.A. Buenos Aires, Argentina. Pp. 279.

# Situación actual y predicción del ruido vehicular en la zona urbana de la ciudad de Loja (Ecuador)

## *Current situation and prediction of vehicular noise in the urban area of Loja city (Ecuador)*

Raquel Verónica Hernández-Ocampo<sup>1,\*</sup>, Carlos Guillermo Chunchu-Morocho<sup>1</sup>, Santiago Rafael García-Matailo<sup>1</sup>, Christian Fernando León-Celi<sup>1</sup>, Jackelinne Andrea Castillo-Villalta<sup>1</sup>, Ana Catalina Puertas-Azanza<sup>2</sup>, Denny Caridad Ayora-Apolo<sup>3</sup> y Yovany Augusto Cabrera-Sinche<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Carrera de Ingeniería Ambiental, Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables, Universidad Nacional de Loja. Loja, Ecuador

<sup>2</sup> Carrera de Psicología Clínica, Facultad de la Salud Humana, Universidad Nacional de Loja. Loja, Ecuador

<sup>3</sup> Carrera de Enfermería, Facultad de la Salud Humana, Universidad Nacional de Loja. Loja, Ecuador

<sup>4</sup> Carrera de Ingeniería en Manejo y Conservación del Medio Ambiente, Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables, Universidad Nacional de Loja. Loja, Ecuador

\* Autor para correspondencia: raquel.hernandez@unl.edu.ec

Fecha de recepción del manuscrito: 23/04/2021

Fecha de aceptación del manuscrito: 22/07/2021

Fecha de publicación: 24/12/2021

---

**Resumen**—La ciudad de Loja está siendo afectada por el incremento de su parque automotor, y como consecuencia de ello, por un mayor ruido. Este estudio tuvo como objetivo analizar la situación actual y futura del ruido generada por el parque automotor de la zona urbana de la ciudad de Loja. Para ello, se recopilieron datos de presión sonora de investigaciones previas y mediciones en distintas avenidas y calles de la ciudad, desde el año 2007 al 2019 y en tres horarios: 07:00-09:00, 11:00-13:00 y 17:00-19:00. La situación actual del ruido se determinó a través de medidas de tendencia central, de dispersión, series de tiempo y la función de densidad de probabilidad por el método de densidad de Kernel, mientras que la predicción futura del ruido del periodo 2019 – 2023 se realizó a través del modelo ARIMA y el modelo francés NMPB Routes-08 en QGIS. Los resultados obtenidos mostraron un incremento del nivel de ruido en el periodo 2007 – 2019, el promedio en los tres horarios analizados fue de 70,58 dB, valor que supera los límites establecidos por la OMS. El modelo predictivo para el periodo 2019 – 2023 reveló un incremento de 1,5 dB por año, por tanto, es necesario implementar medidas que disminuyan los niveles de ruido en la ciudad, con el fin de mejorar la calidad de vida de los habitantes y prevenir los daños que pueda provocar en la salud.

**Palabras clave**—Nivel de ruido, Modelo ARIMA, Predicción, Parque automotor.

---

**Abstract**—The city of Loja is being affected by the increase in its vehicle fleet, and as result of this, by greater noise. The aim of this study was to analyze the current and future situation of noise generated by the automobile fleet in the urban area of Loja city. To do this, sound pressure data from previous research and measurements were collected in different avenues and streets of the city, from 2007 to 2019, at three times: 07:00-09:00, 11:00-13:00 and 17:00-19:00. The current noise situation was determined through measures of central tendency, dispersion, time series and the probability density function by Kernel density method. On the other hand, the future noise prediction for the period 2019-2023 was done through the ARIMA model and the French NMPB Routes-08 model in QGIS. The results obtained showed an increase in the noise level in the period 2007-2019, the average in the three times analyzed was 70.58 dB, a value that exceeds the limits established by the WHO. The predictive model for the period 2019-2023 revealed an increase of 1.5 dB per year, therefore, it is necessary to implement measures that reduce noise levels in the city, in order to improve the quality of life of the inhabitants and prevent the damage it may cause to health.

**Keywords**—Noise level, ARIMA model, Prediction, Vehicle fleet.

---

## INTRODUCCIÓN

El ruido se define como el conjunto de sonidos que ocasiona una sensación desagradable, molesta e indesea-

ble, la cual puede causar daños en la salud de la población (WHO, 2017). Además de ser considerado un contaminante, también constituye la causa principal de deterioro ambiental y estrés de las ciudades al producir alteraciones fisiológicas

y psicológicas en la población (Moser y Robin 2005). Entre las principales alteraciones están el incremento de la presión sanguínea, cambios en la respiración e hipertensión, así como desórdenes psicológicos como molestia, ansiedad, estrés, agresividad, náuseas y dolor de cabeza, entre otros (Ramírez Domínguez 2011). También genera impedimentos de desempeño, interferencia en la comunicación, dificultad para dormir y reducción de las capacidades de atención (WHO, 2017).

Entre las fuentes de ruido existentes, el 80 % del ruido ambiental es provocado principalmente por el parque automotor (OSMAN, 2009), por ello la necesidad de establecer modelos de cálculo del ruido para comprender el ruido del tráfico vehicular (Steele, 2001). Los métodos incluyen modelos tradicionales que se basan en la recopilación de datos, ecuaciones empíricas, modelos probabilísticos innovadores y algoritmos neuronales (Li et al., 2016).

En Ecuador, el índice de contaminación sonora es superior en las ciudades consideradas como punto clave de comercio, turismo o industria, como lo son Guayaquil, Quito y Cuenca (Guijarro et al., 2015). Particularmente, la ciudad de Loja con una población de 180.617 habitantes, según el último censo (INEC, 2010), atraviesa distintos problemas ambientales, tales como: contaminación del aire y ruido. Estudios previos concluyen que el incremento de las concentraciones del material particulado (MP2.5) y los altos niveles de ruido que posee la ciudad han superado lo estimado por la OMS, siendo de 50 dB el límite superior deseable en lo referente al ruido (Hernández et al., 2018).

Por su parte, el número de vehículos matriculados en la ciudad de Loja se ha incrementado: en el 2006 contaba con 19.869 vehículos matriculados y para el año 2017 se registraron 36.190, es decir, hubo un incremento del 54,90 % (Hernández et al., 2018; Centro de Matriculación Vehicular, 2018). Debido a esto, la investigación surge como una necesidad para conocer los niveles de ruido que la ciudad de Loja tendrá en un futuro, a partir de modelos estandarizados de predicción, que permitan adoptar medidas tanto técnicas como administrativas para disminuir los niveles de presión sonora, sobre todo en zonas sensibles como: áreas residenciales, establecimientos educativos y de salud.

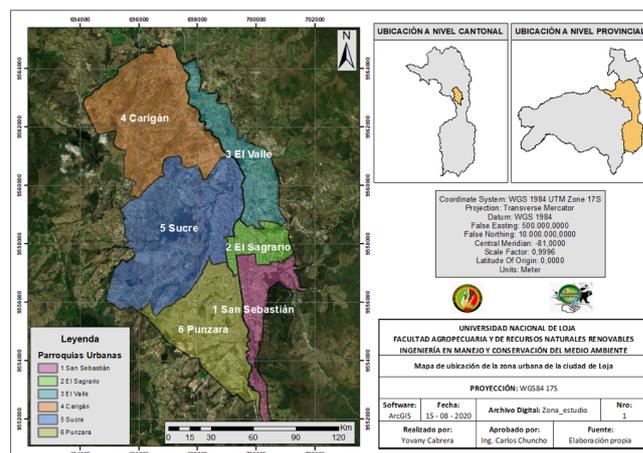
## MATERIALES Y MÉTODOS

### *Determinación de las variaciones de los niveles de ruido vehicular, periodo 2007-2019*

#### *Recopilación de datos*

Los datos de la presión sonora que corresponden al periodo enero del 2007 hasta agosto del 2019 fueron obtenidos de investigaciones previas realizadas por estudiantes de la carrera de Ingeniería en Manejo y Conservación del Medio Ambiente de la Universidad Nacional de Loja (Hernández, Quizhpe, 2007; Aguirre Iñiguez, 2010; Bustamante Ruilova, 2010; Salinas Vicente, 2010; Samaniego, 2019; Regalado, 2019; Castro, 2019). Los datos de presión sonora y el número de vehículos registrados en el periodo septiembre-diciembre del año 2019 fueron tomados y contados en distintas calles de la ciudad de Loja (Figura 1). Estos datos se tomaron utilizando el Sonómetro Integrador con Analizador Portátil de Precisión OHM 2010, previamente calibrado, el cual se colocó en un

trípode a una altura de 1,50 metros del nivel del suelo, direccionando el micrófono hacia la fuente con una inclinación de 45 a 90 grados sobre un plano horizontal, lejos de obstáculos y teniendo en cuenta que el viento sea igual o menor a 5m/s y que no existan precipitaciones (TULSMA, 2015), en tres horarios distintos: 07:00-09:00, 11:00-13:00 y 17:00-19:00, con intervalos de 10 minutos y con tres repeticiones por punto, cada 100 metros. Con la información obtenida se creó la base de datos correspondiente al periodo 2007-2019.



**Fig. 1:** Mapa de la zona de estudio conformada por las parroquias urbanas de la ciudad de Loja.

**Tabla 1:** Rangos de los niveles de presión sonora, según TULSMA (2015).

	Nivel bajo (verde): Rango de 55 – 59 dB
	Nivel medio bajo (amarillo): Rango de 60 a 64 dB
	Nivel medio (naranja): Rango de 65 a 69 dB
	Nivel medio alto (rojo claro): Rango de 70 a 74 dB
	Nivel alto (rojo intenso): Rango de 75 a 79 dB
	Nivel muy alto (Rojo púrpura): > a 80 dB

### *Sistematización de datos con aplicación de SIG (Sistemas de Información Geográfica)*

Se realizó un análisis estadístico descriptivo, series de tiempo y función de densidad de Kernel con la base de datos del ruido en el periodo 2007-2019. De este periodo se realizaron mapas de ruido, con la finalidad de representar los sitios con mayor cantidad de ruido. Además, se consideraron las parroquias urbanas de la ciudad de Loja, con calles y edificios, y se interpolaron datos con IDW donde correspondía. Se adicionaron los valores de presión sonora, relacionándolos con los colores según la reclasificación de los niveles de ruido. Para esto se tomó en cuenta lo estipulado en el Libro VI, Anexo 5 del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Medio Ambiente (TULSMA, 2017), referente a los límites permisibles de ruido ambiente para fuentes fijas móviles y para vibraciones. Los mapas de ruido se representaron con

la delimitación de los rangos y colores indicados en la Tabla 1. Los mapas fueron realizados en ArcGIS ® versión 10.3.

### Predicción de la variación de los niveles de ruido vehicular, desde el año 2019 hasta el 2023

Para la predicción de los niveles de ruido del parque automotor se utilizó el modelo matemático ARIMA y para la dispersión de este ruido en los mapas se utilizó el modelo de propagación del NMPB Routes-08. El mismo modelo ARIMA se utilizó para la predicción del número de vehículos.

#### Modelo matemático (ARIMA)

Previo a la aplicación del modelo ARIMA se analizaron series de tiempo de forma mensual del periodo 2007-2019. Su análisis permitió conocer la tendencia o patrones de la presión sonora y su estacionalidad en dicho periodo. Se recalca que, para predecir el ruido (2019-2023), sobre la base del modelo ARIMA únicamente se tomó la presión sonora provocada por el parque automotor del periodo 2007-2019. Se consideró la predicción desde el año 2019, para tomarlo como base, relacionándolo con información de vías y edificios o manzanas, variables que fueron consideradas en el modelo de propagación física. Para cumplir este objetivo se aplicaron las siguientes pruebas:

- Dickey-Fuller: permite conocer si hay presencia significativa de tendencia en las series temporales de las variables, eliminar la autocorrelación y establecer si los datos poseen estacionalidad. Hipótesis utilizada y nivel de significancia del 0,05:

$$H_0 = \text{noestacionaria}$$

$$H_1 = \text{estacionaria}$$

- Ljung-Box: permite comprobar si la serie de tiempo analizada en el periodo de tiempo estudiado es aleatoria e independiente.

$$H_0 = \text{noestacionaria}$$

El modelo matemático ARIMA (Ecuación 1) aplicado es autorregresivo integrado de promedio móvil, de predicción, y utiliza las variaciones y regresiones para encontrar los patrones en el futuro de la presión sonora (Findley et al., 2016).

$$Y_t = -(\Delta^d Y_t - Y_t) + (\rho_0 + \sum_{i=1}^p \rho_i \Delta^d Y_{t-i} - \sum_{i=1}^q \theta_i \varepsilon_{t-i} + \varepsilon_t \quad (1)$$

Donde:

$d$  = Diferencias (conversión de la serie de tiempo en estacionaria)

$\rho_1, \dots, \rho_p$  = Parámetros pertenecientes a la autoregresión del modelo

$\theta_1, \dots, \theta_q$  = Parámetros pertenecientes a las medias móviles del modelo

$\rho_0$  = Constante

$\varepsilon_t$  = Perturbación estocástica

Una vez cumplidos estos prerrequisitos se agregó la base de datos con los niveles de ruido, el parque automotor por mes y año, el algoritmo y el modelo matemático correspondiente al programa R versión 3.2.2 para obtener las figuras que indiquen la tendencia que tendrá el nivel de ruido en el periodo 2019-2023 (60 meses).

#### Modelo de propagación física (NMPB Routes-08)

Este modelo se usa con el fin de obtener mapas que demuestren la dispersión que tendrá el ruido en la ciudad de Loja, para esto se usa el modelo francés NMPB Routes-08 (Zefreh Torok, 2021), disponible dentro del complemento OpeNoise del programa QGIS. Para la aplicación de este modelo se consideró tráfico vehicular liviano y pesado, velocidad promedio, pendiente y superficie de las carreteras (Calderrón et al., 2016). Para la ejecución del modelo se tomaron en consideración los pasos descritos en la Figura 2.

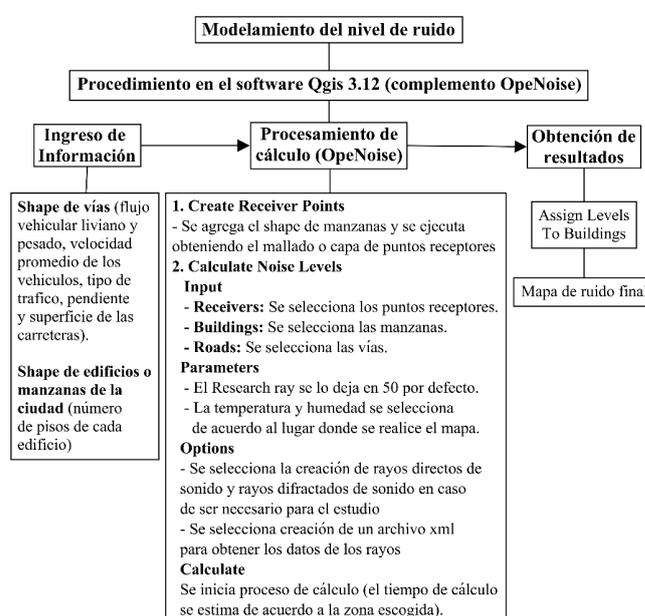


Fig. 2: Flujograma para la modelación de los niveles de ruido con Qgis 3.12. (OpeNoise).

Una vez concluido el proceso de modelamiento se obtuvieron los mapas finales correspondientes al periodo 2019-2023, los cuales indicaron el nivel de ruido que contiene cada manzana de la ciudad.

## RESULTADOS

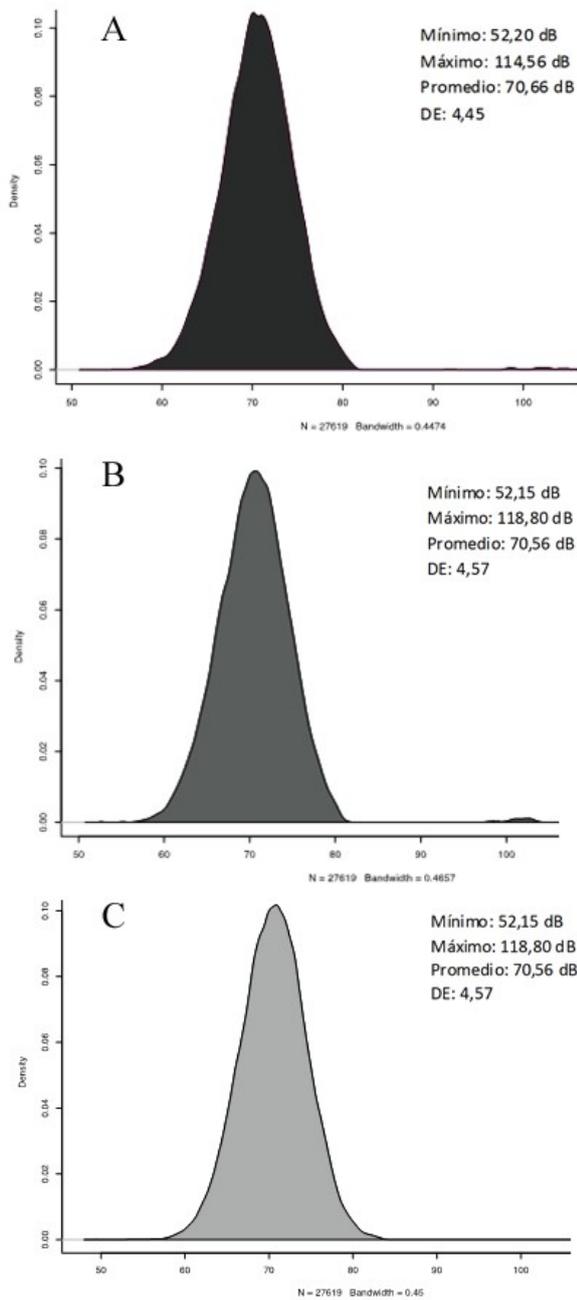
Por medio de la presente investigación se obtuvieron los siguientes resultados para cada uno de los objetivos planteados.

### Determinación de las variaciones de los niveles de ruido vehicular, periodo 2007-2019

#### Distribución de Kernel

Para el periodo 2007-2019, la presión sonora, en los tres horarios estudiados, presentaron un promedio de 70,58 dB (Figura 3). En el horario de 07:00-09:00, el 88,90% del ruido estuvo entre 64,67 y 77,14 dB, el porcentaje restante se distribuyó entre 52,2 y 64,67 dB (6,81%), y en un 4,29% entre

77,14 y 114,56 dB. Por su parte, en el horario de 11:00-13:00 y de 17:00-19:00 el porcentaje más alto representó el 87,09 % (65,48-78,81dB) y el 84 % (61,97-74,6dB) respectivamente.

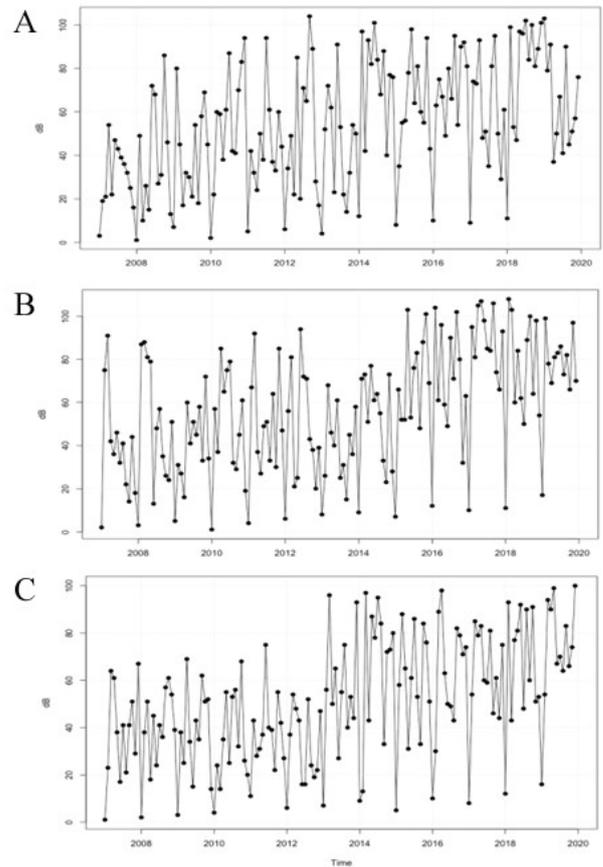


**Fig. 3:** Distribución de Kernel para la presión sonora en los tres horarios evaluados, 07:00-09:00 (A), 11:00-13:00 (B) y 17:00-19:00 (C) del periodo 2007-2019 en la ciudad de Loja.

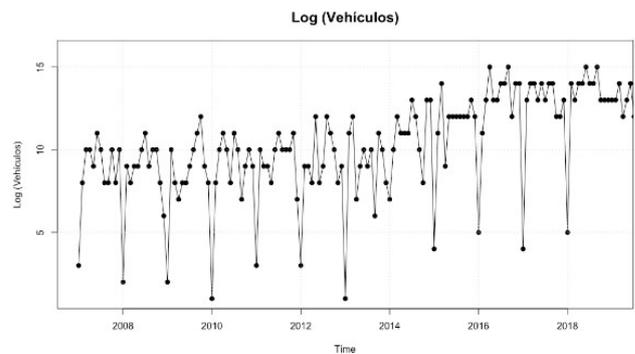
### Series de tiempo

De acuerdo a los resultados obtenidos, las series de tiempo (Figura 4) realizadas para los tres horarios (07:00-09:00, 11:00-13:00, 17:00-19:00) demostraron un incremento en el nivel de presión sonora provocada por el parque automotor, especialmente desde el año 2015.

En la Figura 5 se puede observar el incremento del número de vehículos en la ciudad de Loja. Este incremento es reflejado principalmente desde el año 2015 debido a que a partir de ese año se superaron los 40.000 vehículos en la ciudad.



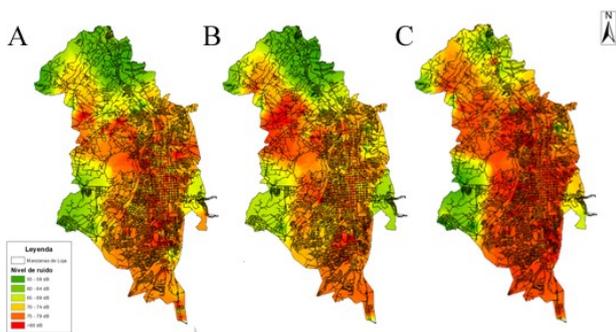
**Fig. 4:** Serie de tiempo de la presión sonora correspondiente a los horarios de 07:00-09:00 (A), 11:00-13:00 (B) y 17:00-19:00 (C) en la ciudad de Loja.



**Fig. 5:** Serie de tiempo de los vehículos de la ciudad de Loja del periodo 2007-2019.

### Mapas de ruido periodo 2007-2019

Los resultados que observan en la Figura 6, indican que entre el año 2007 y el año 2013 existe una tendencia de crecimiento en el nivel de ruido y un crecimiento más prolongado entre el año 2007 y 2019. Igualmente, se evidencia que los niveles de ruido mayores a 80 dB (tonalidad roja) en los mapas se incrementa en el año 2019 en relación al año 2007. Además, los mapas han permitido identificar los barrios con altos niveles de ruido en la ciudad, los cuales se indican en la Tabla 2.



**Fig. 6:** Promedio del nivel de ruido (dB) de los tres horarios de los años 2007 (A), 2013 (B) y 2019 (C).

**Tabla 2:** Barrios con valores mayores a 65 dB de ruido correspondientes a las parroquias urbanas de la ciudad de Loja.

<b>San Sebastián</b>	Pucará, Pradera, Yaguarcuna, Máximo Agustín Rodríguez
<b>El Sagrario</b>	24 de Mayo, Ramón Pinto, Perpetuo Socorro, 18 de Noviembre
<b>El Valle</b>	San Juan del Valle, Las Palmas, Santiago Fernández, Jipiro
<b>Carigán</b>	Pitas, La Banda
<b>Sucre</b>	San José, Celi Román, El Pedestal, San Vicente, Belén Miraflores
<b>Punzara</b>	San Pedro, La Tebaida, Isidro Ayora, La Argelia, San Isidro, Daniel Álvarez

### **Predicción de las variaciones de los niveles de ruido vehicular, periodo 2019-2023**

#### *Predicción de los niveles de ruido*

De acuerdo al resultado obtenido en la Figura 7, se puede observar que, a partir del año 2019, la línea de tendencia (marcada de color azul) indica un incremento del nivel de ruido en los tres horarios del periodo 2019-2023 (60 meses), aproximadamente 1,5 dB por año.

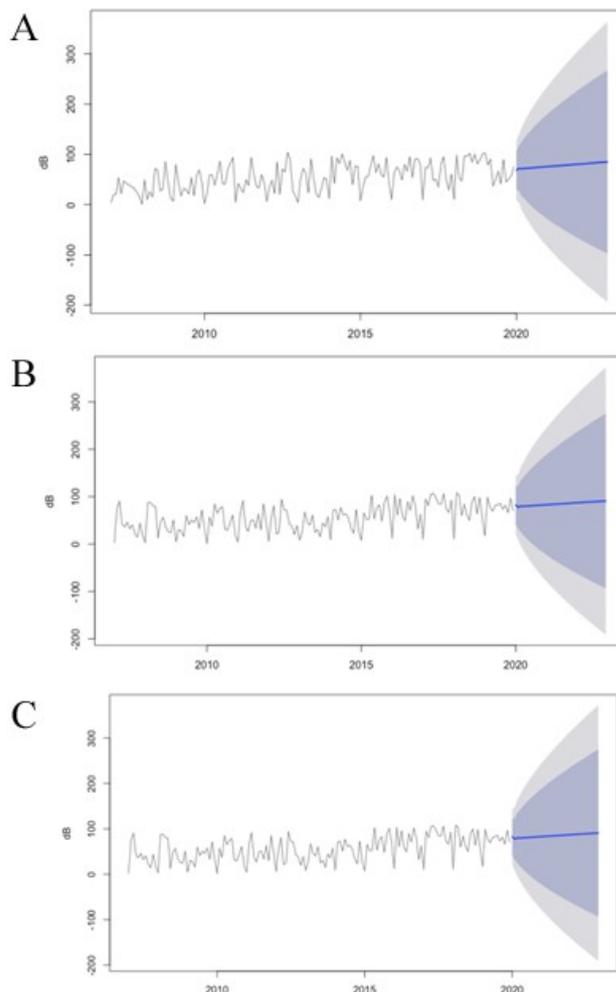
#### *Mapas de predicción de ruido*

En la Figura 8 se evidencian los mapas de ruido correspondientes al periodo 2019-2023. El ruido observado en cada mapa corresponde al ruido promedio de los tres horarios planificados a medir (07:00-09:00, 11:00-13:00, 17:00-19:00). Además, en la Tabla 3 se observa el aumento del nivel de ruido, de vehículos livianos y pesados y las calles con mayor cantidad de tráfico con base en la predicción obtenida.

De acuerdo al resultado obtenido (Figura 8) para el año 2019, 2020, 2021, 2022 y 2023 el nivel promedio de ruido esta entre 63,99 y 67,14 dB. Además, se puede observar que los niveles de ruido entre 65 y 69 dB son los que predomina en los sectores como La Tebaida, San Pedro, El Valle y San José.

De la misma forma, se observa que los niveles de ruido entre 70 y 75 dB se dan en las calles 18 de Noviembre, Ramón Pinto, 24 de Mayo y Juan de Salinas y sectores como el Perpetuo Socorro, Máximo Agustín Rodríguez, Celi Román, Gran Colombia y Las Pitas, sitios donde circulan gran cantidad de vehículos. Además, se puede observar que los niveles de ruido se incrementan cada año: para el 2019 predominan

valores entre 65 y 69 dB, y para el año 2023 superarán los 80 dB, por lo tanto se estima que este incremento se dará en las seis parroquias urbanas de la ciudad de Loja.



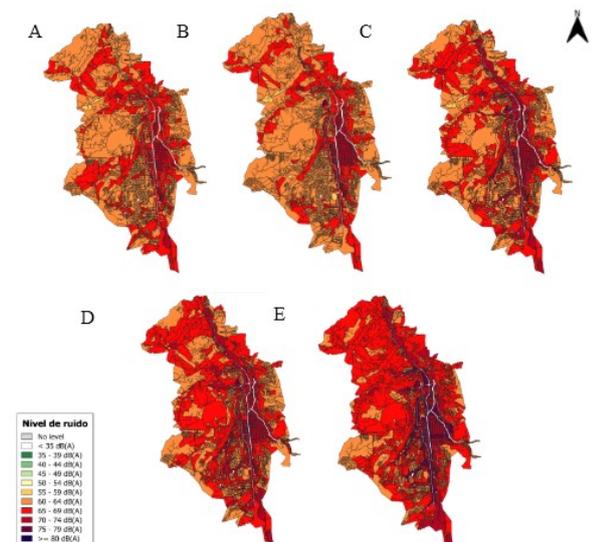
**Fig. 7:** Aplicación del modelo de predicción ARIMA en los datos de presión sonora de los horarios de 07:00-09:00 (A), 11:00-13:00 (B) y 17:00-19:00 (C) del periodo 2019-2023 en la ciudad de Loja, Ecuador.

**Tabla 3:** Barrios con valores mayores a 65 dB de ruido correspondientes a las parroquias urbanas de la ciudad de Loja.

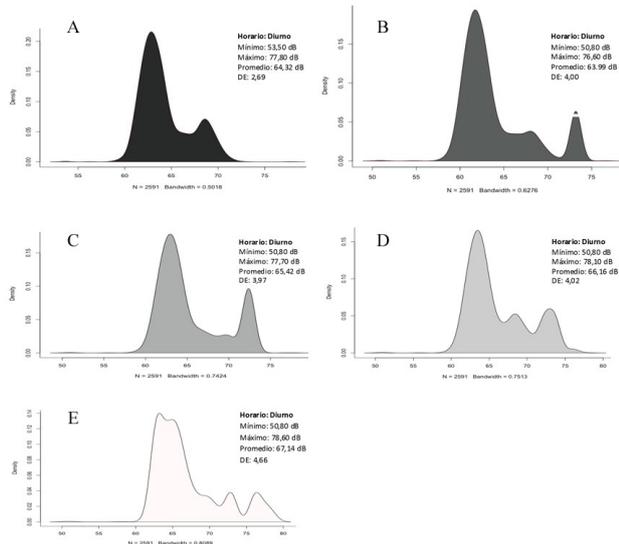
<b>San Sebastián</b>	Pucará, Pradera, Yaguarcuna, Máximo Agustín Rodríguez
<b>El Sagrario</b>	24 de Mayo, Ramón Pinto, Perpetuo Socorro, 18 de Noviembre
<b>El Valle</b>	San Juan del Valle, Las Palmas, Santiago Fernández, Jipiro
<b>Carigán</b>	Pitas, La Banda
<b>Sucre</b>	San José, Celi Román, El Pedestal, San Vicente, Belén Miraflores
<b>Punzara</b>	San Pedro, La Tebaida, Isidro Ayora, La Argelia, San Isidro, Daniel Álvarez

#### *Distribución de Kernel*

En la Figura 9 se muestra el promedio de los niveles de ruido entre los años 2019 al 2023, registrándose un incremento cada año que va desde 64,32 dB en el año 2019 a 67,14 dB en el año 2023.



**Fig. 8:** Nivel de ruido correspondiente a la zona urbana de la ciudad de Loja del año 2019 (A), 2020 (B), 2021 (C), 2022 (D), 2023 (E).



**Fig. 9:** Distribución Kernel del nivel de ruido de los años 2019 (A), 2020 (B), 2021 (C), 2022 (D) y 2023 (E) para la ciudad de Loja, Ecuador.

## DISCUSIÓN

### *Determinación de las variaciones de los niveles de ruido vehicular, periodo 2007-2019*

De acuerdo a los resultados obtenidos, los niveles de ruido de la zona urbana de la ciudad de Loja sobrepasan los límites máximos permisibles (65 dB) en el horario diurno de acuerdo a lo establecido en la normativa ambiental del Ecuador, la cual se indica en el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente – TULSMA (2015), donde se establecen los límites permisibles de niveles de ruido para fuentes fijas y móviles. Estos niveles se deben principalmente al incremento del número de vehículos de 8.000 a 39.933 desde el año 2000 al 2014, es decir un incremento del 79,96 % (Centro de Matriculación Vehicular del Municipio de Loja, 2018).

El incremento de vehículos en la ciudad de Loja y el au-

mento del ruido son problemas que también se reflejan en otras ciudades. En Cuenca se encontró que el número de vehículos matriculados en 2016 fue de 85.961, incrementándose para el 2018 a 93.000 vehículos, lo cual se tradujo en niveles de ruido que superaban los límites permisibles de la zona (+70 dB), debido a la gran afluencia de tráfico que circula por el lugar (Delgado Martínez, 2015). Este gran crecimiento vehicular se debe no solo al incremento poblacional y la expansión urbana, sino también al aumento de propietarios de vehículos privados (Ramírez Domínguez, 2011).

Los niveles de ruido determinados en la ciudad de Loja (similares a los encontrados en la ciudad de Cuenca) han aumentado con el pasar de los años en los tres horarios del periodo 2007-2019, especialmente en las calles principales y secundarias de los sectores centro, norte y sur de la ciudad. Estos resultados se relacionan con los encontrados por Hernández et al. (2018), donde menciona que en el año 2018 algunos sectores de la ciudad presentan puntos críticos que alcanzan los 82,1 dB en horas pico, debido a la gran cantidad de flujo vehicular existente en la zona. Del mismo modo, estudios realizados por Martínez Delgado (2017) en ciudades con características similares a Loja, encontraron incrementos del ruido en un 7 % de un año a otro (2014 a 2015), especialmente en el horario de 13:00 y 18:00 y en zonas de mayor tráfico vehicular.

En relación al congestionamiento vehicular, Ramírez Domínguez (2011) menciona que el diseño vial juega un papel importante en el ruido urbano, dado que ciudades como Beijing lograron reducir los niveles de ruido mediante la implementación de anillos viales, aumentando los niveles de ruido en la periferia y reduciéndolos en el centro de la ciudad, considerando que esta ciudad posee una tasa anual de 11 % en el crecimiento de automóviles. En cambio, en el caso de Loja la infraestructura vial es limitada, con poco acceso del espacio público (Torres y Maldonado, 2020), por lo que no ayuda a descongestionar el tráfico vehicular.

Por otra parte, el estudio realizado por Rubio (2012) indica que la infraestructura de los edificios juega un papel importante en la disminución de ruido y menciona que gracias a las innovaciones tecnológicas se podrá experimentar una mejoría en los niveles de ruido: los sistemas de aislamiento basados en las propiedades geométricas de los materiales, el estudio de nuevos compuestos, junto con los nuevos sistemas de colocación de los antiguos y nuevos materiales acústicos, representan una alternativa para disminuir el nivel de ruido de las personas que conviven cada día con esta situación.

Otras causas del aumento de ruido vehicular provocado en la ciudad de Loja son el uso excesivo del claxon, la falta de conciencia ambiental de los conductores, el congestionamiento vehicular en horas pico y al estado de conservación de los vehículos (Ruilova Bustamante, 2010; Salinas Vicente, 2010)

### *Predicción de las variaciones de los niveles de ruido vehicular, periodo 2019-2023*

Los resultados obtenidos del modelo ARIMA señalan una tendencia de crecimiento en el nivel de ruido de la zona urbana de la ciudad. El modelo de propagación indica que desde el año 2019 hasta el 2023 el nivel de ruido se incrementará 1,5 dB por año, llegando a niveles superiores a los 85

dB. Este incremento se debe principalmente al crecimiento del parque automotor de la ciudad. Los estudios revelan que existe una relación directa entre el incremento del parque automotor y el ruido (Henríquez et al., 2018). Además, estos resultados se relacionan con los reportados por Calderón et al. (2016), quien determinó el nivel de ruido que existe en la calle Mariscal Lamar de la ciudad de Cuenca, encontrando valores superiores a los 75 dB, valores que superan los límites permisibles señalados en el TULSMA.

Otros resultados similares al presente estudio se encontraron en la ciudad de Quito, donde se concluye que el 25,2 % de la población quiteña está expuesta a ruido de tráfico superior a los 65 dB, aumentándose aún más en las calles secundarias y en tramos con pendientes. Estos niveles representan umbrales peligrosos para la salud pública de acuerdo a la OMS (Bravo et al., 2019).

Las calles céntricas de la ciudad de Loja, por ejemplo las avenidas Manuel Agustín Aguirre, Universitaria, 8 de Diciembre e Isidro Ayora, y las calles céntricas secundarias son las que tendrán mayor cantidad y variabilidad explicada de tráfico vehicular. Investigaciones previas señalan que, considerando el nivel de ruido y las condiciones del flujo de vehículos, las variaciones de ruido en las calles céntricas de una ciudad son mayores debido al flujo intermitente y a las paradas obligadas debido a la presencia de semáforos, mientras que en las autopistas las variaciones del ruido son menores (Bravo et al., 2019).

De esta manera se determina que es necesario incluir medidas que permitan la reducción de niveles de ruido en el futuro, las cuales pueden plantearse como lo señala Mendoza et al. (2012), el cual indica que se deben elaborar o modificar las normativas de tal manera que obligue a conductores a reducir niveles de ruido (uso adecuado del claxon, mantenimiento de vehículos, uso de silenciadores), además, mejorar el diseño de las vías y los materiales que se usan para su construcción.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Municipio de Loja por brindar información y a los estudiantes de la carrera de Ingeniería de Manejo y Conservación del Medio Ambiente, quienes participaron en el levantamiento y generación de información, los cuales completaron el desarrollo de un indicador como parte del proyecto de Investigación “Calidad Ambiental de la ciudad de Loja y su relación con la salud de sus habitantes” (04-DI-FARNR-2019).

## CONTRIBUCIÓN DE AUTORES

Conceptualización, RVH-O; Curación de datos: CGC-M; Análisis formal: CGC-M; Investigación: SRG-M y CFL-C; Metodología: SRG-M; Administración del proyecto: RVH-O; Software: CGC-M; Supervisión: RVH-O; Visualización: CFL-C; Redacción - borrador original: JAC-V, ACP-A y DCA-A; Redacción - revisión y edición: JAC-V, ACP-A, DCA-A y RVH-O. Todos los autores han leído y aceptado la versión del manuscrito.

## FINANCIAMIENTO

Esta investigación fue financiada por la Universidad Nacional de Loja a través de la Dirección de Investigación.

## REFERENCIAS

Aguirre, F. y Iñiguez, P. (2010). Estudio de la contaminación acústica derivada del parque automotor en la zona Sur-Oriente de la ciudad de Loja. Tesis Ing. Manejo y Conservación del Medio Ambiente. Universidad Nacional de Loja. Ecuador. 136 pp.

Alit, P. (2015). Modelling road traffic noise for collector road ( case study of Denpasar City ). *Procedia Engineering*, 125, 467–473. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.11.125>

Bravo, L., Naranjo, J., Chávez, M., Pavón, I., Garzon C. (2019). A machine learning approach for traffic-noise annoyance assessment. *Applied Acoustics*. Volume 156, December 2019, Pages 262-270. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2019.07.010>

Bustamante, M. A. Ruilova (2010). Contaminación acústica derivada del parque automotor en el sector norte de la ciudad de Loja. Tesis Ing. Manejo y Conservación del Medio Ambiente. Universidad Nacional de Loja. Ecuador. Pp. 89.

Calderón, F., Tacuri, C., Sellers, C. (2016). Modelación del ruido por tráfico vehicular en la calle Mariscal Lamar en la ciudad de Cuenca. *Avances En Ciencias e Ingenierías*, 8(1), 88–94. <https://doi.org/10.18272/aci.v8i1.303>

Castro, D. (2019). Contaminación sonora por ruido vehicular y sus efectos en la zona céntrica oriental regenerada de la ciudad de Loja. Tesis Ing. Manejo y Conservación del Medio Ambiente. Universidad Nacional de Loja. Ecuador. 79 pp

Centro de Matriculación Vehicular. (2018). Reporte anual de matriculación vehicular (Vol. 93, Issue 1).

Delgado, O., Martínez, J. (2015). Elaboración del mapa de ruido del área urbana de la Ciudad de Cuenca – Ecuador, empleando la técnica de interpolación geoestadística Kriging ordinario. *Ciencias Espaciales*, 8(1), 411–440. <https://doi.org/10.5377/ce.v8i1.2059>

Findley, D., Lytras, D., y Maravall, A. 2016. Illuminating ARIMA model-based seasonal adjustment with three fundamental seasonal models. *Journal of the Spanish Economic Association*. DOI 10.1007/s13209-016-0139-4

González, A., Dominguez, E. (2015). Contaminación acústica de origen vehicular en la localidad de Chapinero. *Gestión y Ambiente*, 18(1), 17–28.

Gujjarro-Peralta, J., Terán-Narváez, I. y Valdez-González, M. M. (2015). Determinación de la contaminación acústica de fuentes fijas y móviles en la vía a Sam-

- borondón en Ecuador. *Ambiente y Desarrollo*, 20(38), 41-51. <http://dx.doi.org/10.11144/Javeriana.ayd20-38.dcaf>  
doi:10.11144/Javeriana.ayd20-38.dcaf
- Henríquez, F., Quintero, J., De Frias, E. (2019). Uso de modelos matemáticos para el cálculo de ruido en las principales avenidas de Panamá. *Revista de Iniciación Científica*, 4(2), 49–56. <https://doi.org/10.33412/rev-ric.v4.2.2156>
- Hernández, R., García, S., Hernández, F., Chunchu, G., Alvarado, V. (2018). El ruido vehicular: un problema de contaminación en la ciudad de Loja, Ecuador. 08, 9–14.
- Hernández R. M. Quizhpe (2007). El ruido vehicular como causa de trastornos psicosomáticos en los habitantes del centro de la ciudad de Loja. Tesis Ing. Manejo y Conservación del Medio Ambiente. Universidad Nacional de Loja. Ecuador. Pp. 141.
- Lenton, T. M., Crouch, M., Johnson, M., Pires, N., Dolan, L. (2012). First plants cooled the Ordovician. *Nature Geoscience*, 5, 86.
- Li, F., Liao, S.S., Cai, M., 2016. A new probability statistical model for traffic noise prediction on free flow roads and control flow roads. *Transport. Res. Part D: Transp. Environ.* 49, 313–322. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2016.10.019>.
- Martínez, J., Delgado, O. (2017). Evaluación del ruido en Cuenca en 2015. *ACI Avances En Ciencias e Ingenierías*, 9(15). <https://doi.org/10.18272/aci.v9i15.711>
- Mendoza, J., Torras, S., Flores, M., Téllez, R., Rascón, O. (2012). El impacto ambiental del ruido generado por el transporte terrestre y su valoración hacia un transporte sustentable. In Instituto Mexicano del Transporte (IMT) Pp. 1–11.
- Moser, G., y Robin, M. (2006). Environmental annoyances: An urban-specific threat to quality of life? [Nuisances environnementales: Une menace spécifiquement urbaine pour la qualité de vie?]. *European Review of Applied Psychology / Revue Européenne de Psychologie Appliquée*
- OSMAN. (2009). Ruido y Salud. Junta de Andalucía, 68. [http://www.osman.es/contenido/profesionales/ruido\\_alud\\_osman.pdf](http://www.osman.es/contenido/profesionales/ruido_alud_osman.pdf)
- Ramírez, A. y Domínguez, E. (2011). El ruido vehicular urbano: problemática agobiante de los países en vías de desarrollo. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*.
- Regalado, A. (2019). Contaminación Acústica Generada por el Parque Automotor en la Zona sur Regenerada de la Ciudad de Loja. Tesis Ing. Manejo y Conservación del Medio Ambiente. Universidad Nacional de Loja. Ecuador. Pp 96.
- Rubio, M. (2012). Ruidos sin control. In *Técnica Industrial*. 299, 12.
- Ruilova, A., Bustamante, R. (2010). Contaminación acústica derivada del parque automotor en el sector norte de la ciudad de Loja. Tesis Ing. Manejo y Conservación del Medio Ambiente. Universidad Nacional de Loja. Ecuador. Pp. 145.
- Salinas, P., Vicente, D. (2010). Estudio de la contaminación acústica producida por el parque automotor en la zona occidental de la ciudad de Loja. Tesis Ing. Manejo y Conservación del Medio Ambiente. Universidad Nacional de Loja. Ecuador. 145 pp.
- Samaniego, L. (2019). Contaminación sonora por ruido vehicular y sus efectos en la salud humana en la zona céntrica regenerada de la ciudad de Loja. Tesis Ing. Manejo y Conservación del Medio Ambiente. Universidad Nacional de Loja. Ecuador. Pp 88.
- Steele, C., 2001. A critical review of some traffic noise prediction models. *Appl. Acoust.* 62 (3), 271–287. [https://doi.org/10.1016/S0003-682X\(00\)00030-X](https://doi.org/10.1016/S0003-682X(00)00030-X).
- Torres, M. y Maldonado, J. (2020). Diagnóstico del uso de la bicicleta como alternativa de movilidad sostenible en la ciudad de Loja, año 2020. Tesis Ingeniera en Administración Pública. Universidad Nacional de Loja.
- TULSMA (Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente). (2015). Libro VI, Anexo V.
- WHO. (2017). Atlas on children's health and the environment.
- Zefreh, M. y Torok, A. (2021). Theoretical Comparison of the Effects of Different Traffic Conditions on Urban Road Environmental External Costs. *Sustainability*, 22.

# La gobernanza y la gestión integrada de los recursos hídricos: un desafío para las comunidades indígenas

## *Governance and integrated management of water resources: a challenge for indigenous communities*

Victor Cartuche<sup>1,\*</sup>, David Cartuche<sup>2</sup>, Cesar Neira<sup>3</sup> y Lourdes González<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Centro de Investigaciones Tropicales del Ambiente y Biodiversidad (CITIAB), Universidad Nacional de Loja, Ecuador

<sup>2</sup> Carrera de Turismo, Universidad Nacional de Loja, Ecuador

<sup>3</sup> Carrera de Administración de Empresas, Universidad Nacional de Loja, Ecuador

<sup>4</sup> Centro de Investigaciones Ambientales y de Desarrollo Sostenible (CIADES), Ecuador

\* Autor para correspondencia: victor.cartuche@unl.edu.ec

Fecha de recepción del manuscrito: 23/09/2021

Fecha de aceptación del manuscrito: 13/12/2021

Fecha de publicación: 24/12/2021

---

**Resumen**—En Ecuador, los sistemas comunitarios para el manejo del agua, están plenamente reconocidos y apegados al marco jurídico, de ahí la importancia de fortalecer las organizaciones locales para la gestión del agua mediante la mejora de sus capacidades de organización y operación. Los 6.727 sistemas comunitarios proveen 24% de la población del Ecuador, demostrando que especialmente en zonas rurales y periféricas el problema no es la ausencia de agua, sino una crisis de gobernabilidad. Se llevó a cabo un estudio en la microcuenca del río Paquizhapa, sur de Ecuador, con el propósito de plantear estrategias de gestión integral del agua bajo un enfoque de gobernanza efectiva. Aplicamos técnicas de investigación bibliográfica, para recopilar y analizar experiencias exitosas de gestión del agua en América Latina. Se analizaron aspectos jurídicos y políticas vinculadas a la gestión social del agua. Fue necesaria una caracterización socioeconómica y ambiental de la microcuenca así como información relacionada con problemas de abastecimiento y cobertura de agua para consumo y regadío. Los resultados revelaron que, en la microcuenca las normativas para la administración del agua son débiles y carentes de criterios que generen corresponsabilidad entre los usuarios. La presencia de conflictos socio-ambientales, escasos impactos de inversiones de ONGs y organismos públicos, ausencia de liderazgo, débil articulación entre actores, genera una crisis en la gestión del agua siendo necesario impulsar estrategias basadas en la gestión por cuenca hidrográfica, las realidades locales y experiencias exitosas. Se plantea por lo tanto estrategias como: Gobernanza, ordenación del territorio, gestión de la demanda, gestión de ecosistemas acuáticos y gestión de la cooperación.

**Palabras clave**—Microcuenca, Gestión integral del agua, Gobernanza, Cuenca hidrográfica.

---

**Abstract**—In Ecuador, community water management systems are fully recognized and comply with the legal framework, hence the importance of strengthening local water management organizations by improving their organizational and operational capacities. The 6727 community systems provide water to 24% of the population, demonstrating that especially in rural and peripheral areas the problem is not the water absence, but a crisis of governance. A study was carried out in the micro-watershed of Paquizhapa river, southern Ecuador, with the purpose of proposing strategies for integrated water management under an effective governance approach. We applied bibliographic research techniques to compile and analyze successful water management experiences in Latin America. Legal aspects and policies related to social water management were analyzed. A socioeconomic and environmental characterization of the micro-watershed was required, as well as information related to problems of water supply and water coverage for consumption and irrigation. The results revealed that, although regulations exist in the micro-watershed, they are weak and lack criteria that generate responsibility among users. The presence of socio-environmental conflicts, scarce impacts of investments by NGOs and public agencies, lack of leadership, weak articulation between actors, generates a crisis in water management, making it necessary to promote strategies based on river basin management, local realities and successful experiences. Therefore, strategies such as: Governance, spatial planning, demand management, management of aquatic ecosystems and cooperation management were proposed.

**Keywords**—Microbasin, Integrated water management, Governance, Hydrographic basin.

---

## INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso natural imprescindible para el desarrollo social y económico de los pueblos. Este recurso estratégico, aunque domina la superficie de nuestro planeta sólo el 1% es agua dulce (Pardo, 2004), de manera que es un recurso sumamente escaso además que sus condiciones de calidad disminuyen drásticamente por la intervención del hombre. En la región de América Latina 77 millones de personas carecen de servicios de agua potable (Blanco et al., 2012) y entre una de las principales causas de mortalidad infantil se debe a problemas asociadas con la calidad del agua, (Alleyne, 2002) y se presentan más de 200 muertes diarias de niños menores a 5 años.

La gestión del agua en Sudamérica en la mayoría de casos se encuentra sectorizada y ciertos países ya la han privatizado como en caso de Chile a través de los mercados del agua (Larraín, 2006). En el Ecuador desde 2008, la gestión del agua se alinea a nuevas políticas y leyes que plantean mecanismos de gestión colectiva y, acuerdo a la (Constitución política del Ecuador, 2008), se reconoce el derecho de las comunidades, pueblos y nacionalidades ancestrales a usar, administrar y beneficiarse de los recursos naturales renovables existentes en sus tierras, siendo el agua uno de estos recursos; además promueve políticas sociales para la administración del agua reconociendo y garantizando a las organizaciones comunitarias de agua, comunas, comunidades, pueblos y nacionalidades indígenas. La misma constitución garantiza que la gestión del agua será sólo pública y comunitaria, con lo cual serán reconocidas y fortalecidas las iniciativas comunitarias en torno a la gestión del agua y la prestación de los servicios públicos.

La microcuenca del río Paquizhapa ubicada al sur del Ecuador dentro de la cuenca hidrográfica del río Jubones con una superficie de 12.258,77 hectáreas, abastece con agua para consumo y riego para una población directa de unos 7.150 habitantes e indirectamente a una población 138212 habitantes aproximadamente. Un análisis en cuanto a los aspectos biofísicos de la microcuenca determina que es un territorio mayormente cubierto por páramos, aunque también hay gran abundancia de pastos, bosques, cultivos de maíz, vegetación arbustiva y cultivos de ciclo corto. La microcuenca enfrenta importantes amenazas debido a las intervenciones humanas tales como la ganadería, agricultura, concesiones mineras y proyectos de vialidad lo que ponen en riesgo el estado de conservación especialmente de las zonas de recarga hídrica tales como páramo y bosque nativo factores que han disminuido la cantidad y calidad de agua.

Un diagnóstico socio-organizacional basado en un análisis DAFO y la determinación de la problemática indican que, la gestión del agua dentro de la microcuenca se lleva a cabo mediante sistemas de organización comunitaria a través de la conformación de Juntas o Comités de agua, las mismas que son encargadas del mantenimiento y manejo de los sistemas de agua. Este sistema de organización para la gestión del agua está reconocido dentro de la constitución ecuatoriana sin embargo, el estado no cumple su rol de apoyo para el fortalecimiento de las capacidades de estas organizaciones en términos del mejoramiento de su desempeño para una eficiente provisión de servicios de agua.

Además, es evidente la ausencia de mecanismos de coordinación entre instancias competentes presentándose por lo

tanto una deficiente gobernanza de los recursos hídricos en el territorio. Tanto las intervenciones antrópicas como los deficientes mecanismos de gestión del agua en el territorio finalmente terminan afectando a las posibilidades de acceso al recurso hídrico en términos de calidad y en cantidades suficientes.

En este contexto, con esta investigación nos proponemos levantar una línea base en cuanto a las realidades en materia de gestión del agua en la microcuenca como herramienta para proponer medidas y estrategias que fortalezcan el desempeño de las Juntas o Comités de agua de las comunidades de cara a implementar una efectiva gobernanza de los recursos hídricos bajo criterios de gestión colectiva en el marco de los derechos planteados en la constitución. Nos planteamos, por lo tanto, definir estrategias vinculadas con: la gobernanza del agua, ordenación del territorio, la gestión de la demanda, la gestión de los ecosistemas acuáticos y la cooperación, todas propuestas de acuerdo a las realidades ambientales, socio-organizativas de la microcuenca establecidas en la fase de diagnóstico, pero además bajo la transversalización de los postulados de la nueva cultura del agua y la gestión integrada de recursos hídricos.

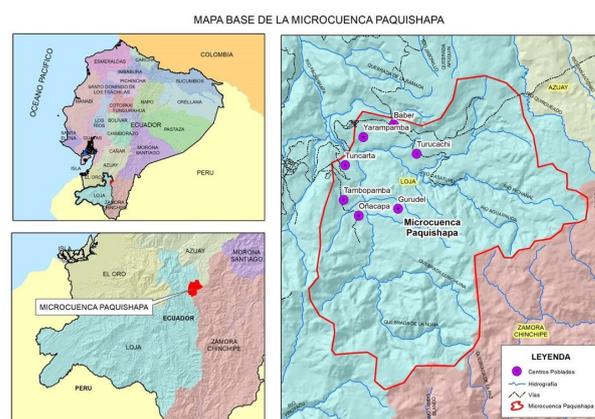


Fig. 1: Mapa de ubicación de la microcuenca Paquizhapa

La investigación abordó en una primera fase, la elaboración del estado del arte mediante la revisión bibliográfica e investigación sobre experiencias exitosas en gestión comunitaria del agua en territorios con similitudes sociales y naturales. Esta información permitió conocer estrategias, modelos implementados, resultados y experiencias alcanzadas que posibilitó reunir elementos como para determinar líneas estratégicas a implementarse en la microcuenca en estudio.

La siguiente fase, consistió en un diagnóstico a nivel de país relacionada a la gestión del agua. Situación análoga se efectuó para el cantón Saraguro. A nivel de microcuenca se realizó una caracterización de los aspectos socio-organizativos, ambientales y económico-productivos vinculados con ciclo integral del agua. Este diagnóstico consistió en un análisis DAFO cuya información se obtuvo de fuentes bibliográficas secundarias, así como de entrevistas mantenidas con personas líderes de las comunidades. No se llevaron a cabo talleres insitu debido a que este trabajo fue realizado fuera del país.

La fase final consistió en la formulación de estrategias vinculadas con el manejo integral del agua en la microcuenca. Del estado del arte se obtuvo información sobre las meto-

dologías, estrategias, modelos y mecanismos exitosos implementados en varias regiones. El planteamiento de estrategias abordó ejes orientados con la organización de los actores para una efectiva gobernanza del agua, la gestión de la demanda, ordenación del territorio, gestión de ecosistemas acuáticos y de la cooperación, los mismos que fueron trabajados bajo un enfoque de cuenca fluvial y de la nueva cultura del agua.

## RESULTADOS

### *Situación del agua en Ecuador*

Ecuador dispone de 43.500 m<sup>3</sup> de agua por persona al año (2,5 veces superior al promedio mundial), sin embargo, es el país con más retraso en la región andina en cuanto a cobertura de servicios de agua y alcantarillado (tabla1), (Cabrera et al., 2012). Según (ENEMDU, 2016), el 76,51 % de los hogares a nivel nacional tiene acceso al servicio de agua potable, siendo el área urbana la que más acceso tiene con 9,7 % de los hogares (Tabla 1).

Más del 28 % de la población ecuatoriana carece de acceso a agua por red pública y más del 22 % no tiene una instalación de saneamiento adecuado (alcantarillado o pozo séptico) y alrededor de cuatro millones de personas se proveen de agua a través de pozos, ríos, vertientes, carros repartidores y agua lluvia (Córdova Guerrero, 2015).

En Ecuador solo 5 de cada 100 litros de aguas son tratadas antes de ser vertidos a los ríos y de los 218 Ayuntamientos que existen, solo 3 depuran su agua antes de verter a los ríos, (Córdova Guerrero, 2015).

Respecto a la gestión del agua y para efectos de mejorar su acceso, la inclusión y la participación social, el Ecuador en 2014 institucionalizó la Secretaría Nacional del Agua “SE-NAGUA” (Registro Oficial Suplemento 305, 2014), aunque desde 2021 pasó a ser una subsecretaría adscrita al Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica. Esta Subsecretaría tiene el rol de liderar y conducir la gestión de los recursos hídricos de forma integrada y sustentable en los ámbitos de cuencas, subcuencas, microcuencas o demarcaciones hidrográficas e hidrogeológicas de acuerdo a la normativa vigente. En el contexto de los mecanismos de administración del agua, la Constitución política del Ecuador(2008), reconoce la forma pública y la comunitaria o la combinación de ambas como estrategias viables para le gestión del agua.

### *La situación del agua en el cantón Saraguro*

El cantón de Saraguro se encuentra ubicado al norte de la provincia de Loja y su cabecera cantonal se halla a 2.525 msnm. Respecto al agua potable, según Senplades(2014), el acceso a agua entubada por red pública corresponde al 52,8 %; mientras que el porcentaje de viviendas sin alcantarillado en Saraguro es del 78 %, con lo cual se deduce que el saneamiento ambiental en el territorio es muy preocupante.

### *La situación actual del agua en la microcuenca del río Paquizhapa*

La microcuenca del río Paquizhapa se ubica al sur del Ecuador, al norte de la provincia de Loja, en el cantón Saraguro, cubre una extensión de 12.258,77 hectáreas. Hidrográficamente se encuentra ubicada dentro de la cuenca del

río Jubones, territorio que posee una superficie de 436.170 ha siendo la sexta cuenca más grande de la vertiente Occidental y la doceava a nivel nacional (Fajardo, 2010). Existe un clima frío durante casi todo el año, con temperaturas que oscilan entre los 12°C y 15 °C, durante el día, llegando en la noche hasta los 2°C a 3°C. Predomina una topografía irregular de pendientes y medianas planicies.

Esta microcuenca abastece de agua para consumo y riego de manera directa a una población aproximada de 7.150 habitantes y de manera indirecta a una población de unas 138.212 personas aproximadamente (Cantones de la provincia del Oro) de la cuenca baja del Jubones. En cuanto a la cobertura vegetal, el mayor porcentaje de área se encuentra cubierto por páramos, aunque también hay gran abundancia de pastos, bosques y el resto de superficie cubierto por cultivos de maíz, vegetación arbustiva y cultivos de ciclo corto. La situación actual indica que en la microcuenca las intervenciones humanas (incendios, tala, pastoreo, agricultura), constituyen la amenaza principal para la destrucción de la cobertura vegetal provocando cambios en el uso del suelo. El páramo tiene una extensión de 3.401,94 ha, donde se encuentran humedales y sistemas lacustres, ecosistemas muy importantes en el almacenamiento y regulación hídrica. Sus vertientes de agua dan origen a la red hídrica de la cuenca del río Jubones y consecuentemente al aprovisionamiento de agua consumo humano para las poblaciones cuenca abajo.

### *Acceso a agua y saneamiento*

Para este apartado, cabe la pena mencionar que, se carece de información oficial en torno a cifras y proyecciones y, en este contexto, lo que continuación se anota es producto del conocimiento personal adquirido por la experiencia al ser un miembro activo de una comunidad indígena de Saraguro. La situación actual indica que solo la comunidad Oñakapak cuenta con acceso al agua de tipo clorada demostrando que la cobertura de servicios de agua en las ciudades y cabeceras cantonales es superior a la cobertura de las áreas rurales. Ante esta situación las familias se abastecen de agua mediante una tubería desde las vertientes y zonas de recarga hídrica a través de tanques de captación. El agua llega a los surtidores de los domicilios donde debe ser hervida para su consumo, práctica que solo un porcentaje muy reducido de la población realiza.

En general, la infraestructura para la captación, conducción, almacenamiento y distribución del agua, se encuentra en malas condiciones y en casos esporádicos las comunidades organizan trabajos de mejoramiento y mantenimiento de los sistemas. En los sistemas comunitarios de agua el problema se presenta principalmente en las zonas de captación y recarga hídrica en donde se encuentran animales (pastoreo) alrededor de fuentes y captaciones de agua. Producto de aquello, los residuos orgánicos de los animales y por sedimentación son conducidos a los tanques de captación provocando contaminación orgánica, cambiando las características físicas y químicas del agua.

En cuanto al saneamiento, el 95 % de la población carece de sistemas de alcantarillado y red de saneamiento. De este porcentaje únicamente un 90 % de las familias cuentan con letrinas y pozos sépticos. Estas condiciones de insalubridad generan un problema serio de salud pública. Tan solo la co-

**Tabla 1:** Cobertura de servicios de agua y alcantarillado por países (Cabrera et al., 2012)

País	Cobertura de agua potable			Cobertura de alcantarillado		
	Total	Urbana	Rural	Total	Urbana	Rural
Bolivia	73,5	93,1	44	63,5	82,3	35,3
Colombia	90,6	98	73	83,4	97	51
>—> Ecuador	70,3	81,5	51,4	58,0	70,5	37
Perú	75,4	86,8	50,6	73,7	89,5	39,5

unidad Tambopamba cuenta con un proyecto de alcantarillado mixto implementado en 2017. Sin embargo, sus aguas no tratadas son vertidas hacia el río Paquizhapa.

### La organización para la gestión del agua

Cada una de las comunidades cuentan con un Comité de Agua, quienes llevan a cabo actividades de mantenimiento y operación de los sistemas para consumo y riego. Estas comisiones que la componen en promedio dos personas, en muy pocas ocasiones reciben un reconocimiento mensual o un salario por su servicio, como es el caso de Oñakapak y Tuncarta. Este aspecto genera que no se dediquen 100% a su trabajo encomendado con lo cual la administración del agua carece de un sistema de gestión responsable que asegure la calidad del servicio. Un aspecto importante es la baja participación de mujeres en espacios de dirección y gestión de los Comités de agua y en otras formas de organización comunitaria. En general cerca de un 80% de los puestos de dirección de los Gobiernos Comunitarios son asumidos por varones, perpetuando y consolidando la discriminación hacia la mujer.

En cuanto a las tarifas del agua, las comunidades: Tambopamba, Zhadan Pampa y Bahín Turukachi no establecen una tarifa por el consumo de agua, mientras que Oñakapak, Tuncarta, Gurudel y Baber si lo hacen. Este sistema de no pagar por el servicio de agua surge como un sistema arraigado a lo cultural, pues históricamente el servicio de agua ha sido catalogado como un patrimonio comunitario, donde los trabajos de mantenimiento y cuidado son totalmente de carácter comunitario bajo criterios de la solidaridad y reciprocidad. Sin embargo, en la actualidad se presentan problemas de desabastecimiento de agua, en gran medida generada por la ausencia de conciencia de ahorro, así como debido a las actividades antropogénicas que contaminan y destruyen cuerpos de agua y los efectos del cambio climático concretamente la presencia de periodos prolongados de sequía. Por ello varias de las comunidades han acordado establecer un pago de un valor monetario simbólico por el servicio de agua. De las siete comunidades, cuatro tienen establecido sistemas de cobro por consumo de agua (tabla 2). En algunos casos, las tarifas se pagan por consumo mensual/ $m^3$  y en otros un pago mensual independientemente del consumo.

Un análisis de las debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades (DAFO) en la microcuenca reflejó que las principales fortalezas están relacionadas con la presencia de organizaciones de base como los cabildos y los Comités de agua que responden a un sistema ancestral de organización en donde prevalecen los criterios de solidaridad y reciprocidad para la administración del agua. Se destacan además aspectos como la voluntad y conciencia ambiental de la población.

Con respecto a las oportunidades se identificó a organis-

**Tabla 2:** Pago de tarifas por consumo de agua

Comunidad	Tarifa/Tipo	Observaciones
Oñakapak	\$ 0,13/ $m^3$	
Tambopamba	No paga	Se encuentra en organización planificación.
Tuncarta	\$ 1/mes	No se establece una tarifa por $m^3$ . Solo es un pago mensual.
Shadanpamba	No paga	
Bahín-Turukachi	No paga	
Gurudel	\$ 1,16/ $m^3$	
Baber	\$ 1/mes	No se establece una tarifa por $m^3$ .

mos como el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica “MAATE”, quien reconoce a los sistemas comunitarios como mecanismo válido de administración del agua, aspecto que garantiza el establecimiento de nuevos mecanismos comunitarios para la gestión, además de su fortalecimiento y la articulación de tareas con éstos en la prestación de servicios de agua potable y saneamiento, convirtiéndole en actor estratégico desde el punto de vista de la cooperación técnica y financiera. La microcuenca al estar ubicada dentro área de reserva de Biosfera Podocarpus el Cóndor (Serrano, 2008), adquiere un medio favorable para la gestión e implementación de proyectos de conservación de diversidad natural y cultural, donde agencias nacionales e internacionales han puesto un marcado interés. Además, el Ministerio del Ambiente y Transición Ecológica “MAATE” promueve políticas, proyectos y presupuestos para garantizar el estado de conservación de ecosistemas como bosque nativo y páramos. Igualmente, ONGs y Universidades podrían participar con inversiones e investigación, para monitorear el estado de conservación ecológica de ecosistemas acuáticos.

Entre las debilidades se identifican aspectos como la ausencia de liderazgo, capacidades locales y criterios de planificación limitados para la gestión del agua, carencia de criterios normativos que regulen y reglamenten el uso racional del agua, presencia de conflictos socioambientales, actividades antropogénicas que destruyen y contaminan fuentes de agua. Además, se evidencia un bajo nivel de participación y empoderamiento de los procesos de administración del agua por parte de los usuarios. La realidad es que la gran mayoría de la población carece de una cultura del ahorro, del cuidado y manejo responsable. La débil situación socio-organizativa ha generado problemas en cuanto a la gestión, articulación y coordinación con entidades públicas competentes, por lo

que no se logra contar con recursos económicos y técnicos suficientes para satisfacer las necesidades de infraestructura hidráulica.

En cuanto a las amenazas, es una realidad que, las concesiones mineras en el territorio, preocupan a las comunidades y su área de influencia pues, los procesos que el Gobierno Central debía poner en marcha para promover la participación y el establecimiento de acuerdos con las comunidades han sido nulos. Si bien es cierto hasta la actualidad no se llevan a cabo procesos de extracción de minerales el hecho de solo existir concesiones mineras se convierte en una latente amenaza.

### Planteamiento de estrategias de gestión

#### Identificación de problemas principales y estrategias de intervención

A raíz del análisis DAFO, se trabajó árbol de problemas (Tabla 3) bajo un enfoque de causa-efecto, que permitió identificar el principal problema dentro de la microcuenca, siendo este: la ausencia de un sistema de gestión sostenible del agua basada en estrategias que promuevan una efectiva gobernanza y gobernabilidad del agua.

En este escenario, se plantea una metodología de implementación de estrategias que integren a los actores del territorio bajo un enfoque de mancomunamiento, donde la diversidad de criterios permita tomar decisiones de forma colectiva (figura 2). Interesa, además, promover un manejo técnico adecuado de las áreas naturales de recarga hídrica. Adicionalmente, se plantean estrategias que incluyan medidas de ahorro y uso adecuado del agua. La cooperación efectiva entre actores comunitarios, públicos y privados en el marco de sus competencias y el desarrollo de programas de investigación científica y el diálogo de saberes, son también aspectos importantes planteados en las estrategias. Como eje transversal planteamos el diseño de un sistema de organización y gestión multinivel, donde instituciones de procedencia estatal y privada puedan articular sus objetivos a los ejes/estrategias planteadas. La meta es llegar a una efectiva coordinación y gestión interinstitucional.

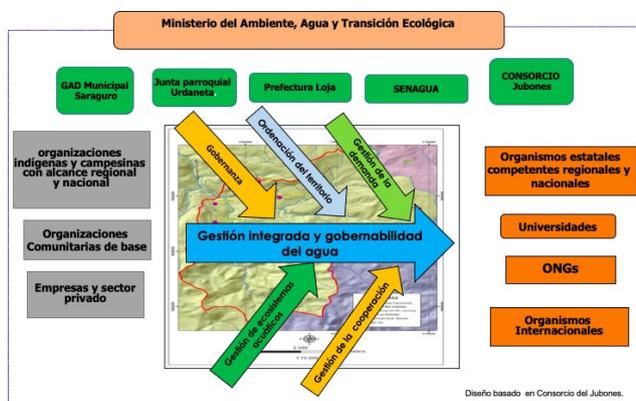


Fig. 2: Estrategias para la gestión del agua

#### Primera estrategia: gobernanza del agua

Se basa en la participación de los actores sociales, públicos y privados dentro de la microcuenca, quienes podrían gene-

rar capacidades de articulación buscando resolver problemas comunes. Por ello, la estrategia promueve una asociación voluntaria de organizaciones comunitarias, instituciones públicas competentes y organismos privados que trabajen en torno al agua para resolver problemas comunes y satisfacer sus necesidades territoriales dejando de lado límites geográficos. Se conformaría por lo tanto un Comité de Gestión con autonomía jurídica, roles y funciones específica en torno al agua y sus ámbitos de influencia directa. Este Comité de Gestión, se encargaría de promover la articulación con otras instancias públicas competentes como: El Municipio de Saraguro, la Junta Parroquial de Urdaneta, Gobierno Provincial de Loja, Universidades y el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica “MAATE”.

#### Segunda estrategia: ordenación del territorio

Esta estrategia constituye un instrumento de carácter netamente técnico, con una proyección de planificación a mediano y largo plazo. La planificación para el uso adecuado del suelo con énfasis en los territorios de cabecera de cordilleras será uno de los ejes de trabajo más importantes para el Comité de Gestión. La formulación de las políticas, objetivos, así como la visión y misión serán construidas mediante la participación y concertación de actores sociales e institucionales de tal forma que el plan promueva la gestión del territorio de acuerdo con sus potencialidades y de manera especial la gestión de las áreas naturales de recarga hídrica.

#### Tercera estrategia: gestión de la demanda

La nueva cultura del agua, entre sus postulados propone un cambio que conduzca a que los procesos de gestión del agua se fundamenten en gestión de la demanda y de conservación de los ecosistemas acuáticos mediante el uso racional de los recursos hídricos (Agudo et al., 2009). En este ámbito, la estrategia propone un grupo de actuaciones que permitan la mejora de la gestión de los recursos hídricos disponibles, que ha de coordinarse estrechamente con los usos del suelo mediante los siguientes instrumentos:

1. Gestión técnica de los recursos hídricos, para optimizar los sistemas de regulación del agua de uso domiciliario y de regadío, para poder establecer un balance hídrico.
2. Estudios económicos para conocer los verdaderos costes de gestión del agua, desde su captación hasta el usuario final. La finalidad es construir mecanismos de asignación de agua basados en criterios de equilibrio, equidad y productividad.
3. Mecanismos que fomenten la participación de los usuarios y usuarias en la planificación y en la toma de decisiones, aspecto transversal en la gestión del agua basada en la demanda.

Con esta estrategia se pretende incluir un enfoque económico y técnico, como mecanismo que garantizar su gestión, uso y aprovechamiento de forma eficiente. Por lo tanto, la estrategia plantea medidas de ahorro y medidas de optimización, aterrizando finalmente en el criterio de “hacer más con menos”, es decir menos uso del agua y mayor productividad.

### ***Cuarta estrategia: gestión de ecosistemas acuáticos***

En la microcuenca, la crisis del agua y el desequilibrio en su ciclo natural se vinculan con las amenazas de las prácticas antropogénicas que destruyen los frágiles ecosistemas acuáticos. Estas amenazas tienen que ser disminuidas mediante propuestas direccionadas a la conservación de sus servicios ecosistémicos especialmente vinculados con la regulación y provisión de agua. El reto del sistema de organización dentro de la microcuenca es promover iniciativas para regular garantizar y generar programas para el uso eficiente del agua con responsabilidad ambiental con lo cual se podría garantizar el buen estado ecológico de estos ecosistemas acuáticos y con ello proveer agua de calidad y en cantidades suficientes. Por lo señalado, la estrategia que se propone se fundamenta en dos factores:

1. La consideración de que, en la microcuenca, los ríos, lagunas y páramos tienen un alto valor ecológico, puesto que almacenan una reserva importante de biodiversidad que son fundamentales en el mantenimiento del equilibrio ecológico (regulación hídrica y climática) y riqueza de fauna, flora y microorganismos.
2. La consideración de que estos ecosistemas acuáticos frágiles sufren actualmente una fuerte amenaza de destrucción y desaparición debido a presiones físicas, problemas ambientales globales y por razones socioeconómicas y culturales.

Al respecto de ejecutar cualquier acción de conservación y manejo integrado de los cuerpos de agua, la propuesta es llevar a cabo investigaciones de estos ecosistemas, que permitiría conocer información de su funcionalidad, su estado ecológico, etc., como insumos que permitan planificar para su manejo, conservación y restauración. Otro de los ejes importantes para perpetuar los objetivos de conservación es dedicar los esfuerzos para lograr la declaratoria de áreas protegidas a los territorios de importancia hídrica de la microcuenca.

Otro de los aspectos importantes que se debe considerar es el programa de educación ambiental que deberá propiciar la participación activa de diferentes públicos de la microcuenca mediante el uso de metodologías acordes a las realidades sociales, culturales y ambientales.

### ***Quinta estrategia: gestión para la cooperación***

La propuesta de cooperación interinstitucional y multinivel se constituirá en uno de los ejes estratégicos para alcanzar la gestión integrada del agua y garantizar con ello su acceso adecuado para la población. De acuerdo a la información obtenida del DAFO, entre las oportunidades más destacadas se encuentra la presencia de organizaciones de cooperación especializadas en materia de agua y saneamiento, aspecto que abre la posibilidad para proponer mecanismos de trabajo coordinado.

Existen, además posibilidades para que la propuesta cuente con apoyo por parte de la cooperación internacional; por ello la idea es incluir a todas aquellas instancias que deseen ser parte de esta propuesta, siempre y cuando se vinculen a las políticas y a los mecanismos de cogestión que se plantea desde las comunidades. Será crucial, además, impulsar y participar activamente de la propuesta que el Municipio de

Saraguro actualmente promueve y lidera para la creación de áreas de conservación y uso sustentable "ACUS" una estrategia de conservación de carácter colectivo. En este contexto, hay que promover alianzas entre actores locales de la microcuenca que permitan articular herramientas comunes de gestión como es el caso de los planes de desarrollo y ordenamiento territorial Provinciales, cantonales y parroquiales como una estrategia que promueva la planificación y participación colectiva para la resolución de problemas comunes en torno al agua.

### ***El enfoque de género y la igualdad de oportunidades***

Será importante que todas las estrategias planteadas transverzalicen en enfoque de igualdad de género y oportunidades. Precisamente en la fase de diagnóstico, se identificó que hay diferencias en los derechos y deberes que se asignan a mujeres y hombres; aunque sabiendo que las mujeres están permanentemente presentes en diversas actividades económicas y sociales de las comunidades, sus aportes han sido invisibilizados.

En las comunidades que conforman la microcuenca, las mujeres son las que en la mayoría de casos se encargan del cuidado de la familia y el uso del agua para sustento familiar y en muchos casos para el regadío de cultivos, de manera que son ellas quienes conocen en profundidad las realidades en cuanto a la calidad y cantidad de agua y todo lo que aquello implica. Se propone que el Comité de Gestión de la microcuenca, deberán contar con un reglamento donde se estipule la participación de la mujer en igualdad de condiciones en cargos estratégicos y de responsabilidad compartida. Los objetivos, reglamentos y estatutos se direccionarán en fortalecer políticas acertadas para promover la igualdad entre los géneros y el empoderamiento de las mujeres en todos los procesos de gestión y decisión.

## **DISCUSIÓN**

Los resultados obtenidos nos permiten demostrar que en la microcuenca Pakizhapa es posible implementar un modelo comunitario de gestión del agua basado en los postulados de la gestión integrada de recursos hídricos y la nueva cultura del agua, estrategias que permitirían tomar decisiones y gestionar el uso de los recursos hídricos superficiales desde el punto de vista de las necesidades bajo una perspectiva multidisciplinaria (Hantke, 2011) y además concebir al agua como un activo ecosocial (Aguilera, 2006) y que su gestión no es exclusivamente de carácter ingenieril si no de política social (Klink, 2018).

De acuerdo al diagnóstico, se presentan oportunidades y fortalezas principalmente vinculados con las competencias institucionales en materia de gestión del agua, un marco jurídico favorable que reconoce a los sistemas comunitarios de manejo del agua como mecanismos válidos para su gestión y además por los niveles importantes de organización de las comunidades para el manejo del agua, aspectos que posibilitan alcanzar una efectiva gobernanza y gobernabilidad del agua (Victoria, 2018).

Según los resultados, los sistemas comunitarios para la administración del agua con o sin reconocimiento jurídico, son organizaciones de base fundamentales para la provisión de

agua en Latinoamérica (García Solís, 2011) de manera que la propuesta para la implementación de estrategias en la microcuenca está en completo apego a la constitución, misma que manifiesta claramente que la gestión del agua será exclusivamente de carácter público o comunitario, garantizando al mismo tiempo los medios para establecer alianzas de tipo público-comunitario de cara a proponer modelos de gestión sostenible del agua. Desde una perspectiva tanto desde el lado institucional en el marco de las competencias en materia de gestión del agua como de las dinámicas y fortalezas sociales que se presentan dentro de la microcuenca, es posible implementar actuaciones conjuntas para resolver problemas complejos en torno al acceso al agua con responsabilidad, democracia, eficiencia y transparencia, así, las Organizaciones Comunitarias de servicios de agua y saneamiento “OC-SAS” son un ejemplo evidente de esta experiencia exitosa en la región latinoamericana debido a que alrededor de 80000 organizaciones a través de estatutos de autogobierno, trabajo mancomunado y elección de líderes de manera abierta, sencilla y democrática, dirigen sus esfuerzos a establecer un sistema de captación, potabilización, distribución y pago por el agua (Avina, 2011).

Experiencias positivas de gestión del agua a través de Comités de agua potable y saneamiento “CAPS”, desarrolladas en Nicaragua (Umaña, 2016), eventualmente podrían extrapolarse a la propuesta de cogestión en la microcuenca Paquizhapa, pues son modelos que se fundamentan en la participación activa de sus miembros para lograr acuerdos colectivos en cuanto a la administración del agua y servicios de saneamiento, destacando además estrategias como la capacitación a los Comités para generar conocimiento local en búsqueda de gestionar técnicamente no sólo los acueductos, sino el suelo y el bosque, construyendo obras sencillas de retención de escorrentías, muros de contención para proteger las áreas de influencia y afectaciones de las fuentes de agua, así como para evitar los desastres por inundación que afectan a las comunidades y sus bienes dentro de las microcuencas (Paz, 2013). Caso similar sucede con experiencias en Guatemala donde el éxito en la gestión comunitaria del agua se debe en al establecimiento y/o fortalecimiento de las relaciones de asociación con entidades gubernamentales, gobiernos locales, ONGs locales e internacionales que han brindado el soporte para complementar las actividades de las organizaciones comunitarias (Fundación Ipade, 2011).

En razón de la existencia de los medios y oportunidades para establecer acuerdos con organizaciones estatales que intervienen en la microcuenca Paquizhapa mediante acuerdos/convenios, sería viable la propuesta de una alianza público-comunitaria entre el Comité de Gestión, el Gobierno Local de Saraguro y el Gobierno Provincial de Loja, pues la constitución reconoce solo dos formas de gestión del agua: la pública y la comunitaria, de manera que un mecanismo de cogestión del agua sería a través de una alianza público-comunitaria. Así lo refleja la experiencia exitosa del Centro de apoyo a la gestión rural del agua potable, CENAGRAP en Cañar, quienes desde 2002 trabajan a través de un modelo de alianza público-comunitaria en donde el Gobierno Municipal del cantón Cañar y 95 Juntas administradoras de agua potable (JAAPs) trabajan de manera articulada cuyo objetivo común es la sostenibilidad de éstas organizaciones y garantizar la dotación de agua en condiciones de calidad y en cantidades

suficientes así como los servicios de saneamiento, (Medina, 2013).

## CONCLUSIONES

Los resultados del análisis determinan que, en la microcuenca, a pesar de existir normativas comunitarias para la administración del agua, éstas carecen de criterios que generen responsabilidad en el manejo y gestión compartida entre los usuarios de agua, y, si tenemos en cuenta realidades como la presencia de conflictos socio-ambientales, escasos impactos de inversiones de ONGs y organismos públicos, ausencia de liderazgo local, débil articulación entre actores, nos encontramos ante una realidad de crisis de gobernanza de los recursos hídricos.

Además, aunque la población demuestra un marcado interés para proteger y conservar los recursos hídricos, aún es necesario plantear, impulsar e implementar estrategias innovadoras para la gestión del agua que, por un lado tomen en cuenta las potencialidades locales en el contexto de su autodeterminación para la administración de los recursos naturales y, por otro lado, las oportunidades que la constitución determina en términos del reconocimiento legal a los Comités de agua de agua con atribuciones de administrar y dotar del servicio de agua. Adicionalmente, la presencia de Gobiernos Autónomos Descentralizados, instancias públicas como el MAATE y ONGs se constituyen en aliados estratégicos que, bajo instrumentos de cooperación, eventualmente serían parte de un Comité de Gestión de la microcuenca cuyo fin sería la implementación de un modelo de gestión que ponga en práctica las estrategias planteadas bajo la premisa de participación proactiva de los usuarios de agua y dirigentes de las comunidades.

## CONTRIBUCIONES DE LOS AUTORES

Conceptualización: AC, DC y CN; metodología: AC; análisis formal: AC; investigación: AC, DC, LG y CN; redacción — preparación del borrador original: AC, DC y CN; redacción — revisión y edición: AC y DC. Todos los autores han leído y aceptado la versión publicada del manuscrito. Alonso Cartuche: AC. David Cartuche: DC. Lourdes González: LG. Cesar Neira: CN

## REFERENCIAS

- Agudo, P. A., Sánchez, V. P., y Colomina, G. B. (2009). *Hacia una gestión sostenible del agua en Álava* (Vol. 21). Fundación Nueva Cultura del Agua.
- Aguilera, F. (2006). *Hacia una nueva economía del agua: Cuestiones fundamentales*. Polis. Revista Latinoamericana, 14.
- Alleyne, O. (2002). *Charting a future for health in the Americas: Quadrennial report of the director, 1994-1997*. Charting a future for health in the Americas: quadrennial report of the director, 1994-1997.
- Avina, F. (2011). *Modelos de gobernabilidad democrática para el acceso al agua en América Latina*. Córdoba. Tomado de <http://sabersocial.virtual.avina.net/DownloadProxy>.

- aspx. Blanco, A., Fretels, V., Boruchowicz, C., Herrera, K., Medellín, N., Muñoz, A., Azevedo, V., y Bouillon, C. (2012). Un espacio para el desarrollo: Los mercados de vivienda en América Latina y el Caribe.
- Cabrera, H., Garcés, M., Paredes, P. (2012). Proyecto de desarrollo de capacidades para el uso seguro de aguas servidas en agricultura. Producción de Aguas Servidas, Tratamiento y Uso en el Ecuador. Pp 45-49.
- Constitucional, T. (2008). Constitución de la República del Ecuador. Quito-Ecuador: Registro Oficial, 449, Pp. 20-10.
- Córdova, L. A., Guerrero, L. (2015). La evacuación de las aguas servidas y su incidencia en la salubridad de los habitantes del barrio La Merced de la parroquia Juan Benigno Vela del cantón Ambato. Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica
- ENEMDU, INEC. (2016). Indicadores ODS de saneamiento, agua e higiene en Ecuador.
- Fajardo, J. R. (2010). Desarrollo de una propuesta de gerenciamiento del recurso hídrico en la cuenca del Jubones.
- Fundación IPADE. (2011). Guía de herramientas para la integración del enfoque de género en proyectos de agua y saneamiento. <http://www.siagua.org/sites/default/files/documentos/documentos/guia-genero-agua-guatemala.pdf>
- García, D., y Solis, H. (2011). Yakukamay. Alianza público-comunitaria: Un modelo de gestión del agua. La experiencia desde el CENAGRAP. Cenagrap/Protos-Cedir, Cañar, Ecuador.
- Hantke, M. (2011). Avances legislativos en gestión sostenible y descentralizada del agua en América Latina.
- Klink, F. A. (2018). Hacia una nueva economía del agua: Cuestiones fundamentales. Polis Revista Latinoamericana, 14.
- Larraín, S. (2006). El agua en Chile: Entre los derechos humanos y las reglas del mercado. Polis. Revista Latinoamericana, 14.
- Medina, G. (2013). La gestión comunitaria del agua mediante la alianza público-comunitaria.
- Pardo, C. F. (2004). Agua y desarrollo humano. Ars Medica, 1, 12-30.
- Paz, T. (2013). CAPS: Cuando la comunidad trabaja por el acceso al agua potable. <https://aida-americas.org/es/blog/caps-cuando-la-comunidad-trabaja-por-el-acceso-al-agua-potable>
- Registro Oficial Suplemento 305. (2014). Ley organica de recursos hidricos usos y aprovechamiento del agua.
- Senplades. (2014). Agua potable y alcantarillado para erradicar la pobreza en el Ecuador. <https://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/09/FOLLETO-Agua-SENPLADES.pdf>
- Serrano, F. (2008). RESERVA DE BIOSFERA PODOCARPUS – EL CÓNDOR: REFLEXIONES DEL PRIMER AÑO DE GESTIÓN. <https://www.portalces.org/sites/default/files/utpl-jornadas-nacionales-biologia-2008-serranofelipe.pdf>
- Umaña, E. M. (2016). Estrategia organizativa para el fortalecimiento a la gestión de los Comités de Agua Potable y Saneamiento en comunidades rurales del municipio de Estelí. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua.
- Victoria, M. A. (2018). Gobernabilidad y gobernanza del agua como bien común de la naturaleza. CAMPO JURÍDICO, 6(1), 1-20.

# Prevalencia de chagas en la parroquia Moromoro del cantón Piñas

## *Chagas prevalence in the Moromoro parish of Piñas canton*

Gabriela Pineda<sup>1,\*</sup>, Fabiola Barba<sup>1</sup> y María Romero<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Carrera de Medicina Humana, Universidad Nacional de Loja, Loja, Ecuador

<sup>2</sup> Laboratorio de Vigilancia del Hospital Isidro Ayora de Loja, Loja, Ecuador

\* Autor para correspondencia: gabriela.pineda@unl.edu.ec

Fecha de recepción del manuscrito: 20/07/2021

Fecha de aceptación del manuscrito: 12/12/2021

Fecha de publicación: 24/12/2021

**Resumen**—La enfermedad de Chagas es una infección parasitaria compleja y de alta mortalidad. La Organización Mundial de la Salud señala que las estadísticas no reflejan la verdadera magnitud del problema. La Coordinación Zonal 7 de Salud, no cuenta con epidemiología establecida, lo que justifica la realización de este trabajo. Los objetivos de la presente investigación son identificar anticuerpos *Trypanosoma cruzi* mediante técnica serológica ELISA; realizar prueba confirmatoria mediante hemaglutinación indirecta; determinar variables epidemiológicas y factores de riesgo que inciden en la presencia de la enfermedad de Chagas en pacientes con diagnóstico definitivo; reportar a los pacientes al Ministerio de Salud Pública para su posterior tratamiento. Se trata de un estudio cualitativo, longitudinal exploratorio, se tomó un universo de 1371 habitantes y se valoró a 200 de ellos. En los resultados el 17% de los pacientes resultó positivo para los dos estudios, de los grupos etarios más afectados 80 a más años, con un 32%, seguido por el grupo de 70 a 79 con el 29,4% en todos ellos dominancia femenina. Finalmente, los pacientes fueron reportados al Ministerio de Salud, actualmente se encuentran en control y tratamiento. Concluyendo que el estudio tiene un alto impacto epidemiológico, considerando la baja prevalencia reportada.

**Palabras clave**—ELISA, Hemaglutinación indirecta, Edad, Sexo.

**Abstract**—Chagas disease, a complex parasitic infection with high mortality. The World Health Organization points out that statistics do not reflect the true magnitude of the problem. Zonal Health Coordination 7 does not have an established epidemiology, which justifies this investigation. The objectives were: To identify *Trypanosoma cruzi* antibodies by ELISA serological technique; to perform confirmatory testing by indirect hemagglutination; to determine epidemiological variables and risk factors that influence the presence of Chagas Disease in patients with a definitive diagnosis; to report patients with a definitive diagnosis to the Ministerio de Salud Pública for further treatment. This is a study qualitative, cross-sectional exploratory study, a universe of 1371 inhabitants was taken and 200 of them were assessed. In the results, 17% of the patients were positive for the two studies, the most affected age groups were 80 years and older, with 32%, followed by the 70-79 age group with 29.4%, all of them female-dominated. Finally, the patients were reported to the Ministerio de Salud Pública and are currently being monitored and treated. Concluding that the study has a high impact at epidemiological level, considering that it is a rare disease.

**Keywords**—ELISA, Indirect hemagglutination, Age, Sex.

## INTRODUCCIÓN

Según el Ministerio de Salud Pública del Ecuador (MSP), la tripanosomiasis americana es conocida como la enfermedad de Chagas, incluida dentro de las llamadas enfermedades olvidadas o enfermedades de la pobreza y actualmente considerada a nivel mundial como enfermedad infecciosa desatendida. Es causada por el parásito protozoo *Trypanosoma cruzi* y se transmite a los seres humanos principalmente por heces fecales de vectores infectados (MSP, 2017).

Se calcula por parte de la Organización Panamericana de la Salud (OPS), que la mayoría de las personas infectadas se encuentran en América Latina, con una incidencia anual de 30 000 casos vectoriales con 14 000 muertes (OPS, 2017).

Un año más tarde la OPS (2018) indica que la endemidad de la enfermedad de Chagas incluye a 21 países; las estadísticas no reflejan la verdadera magnitud del problema, debido a que la mayoría de ellas corresponden a estudios serológicos aislados y/o a aproximaciones estadísticas que no siempre dan cuenta la dimensión real de una región geográfica o de un país (Ameiva, 2014).

Una descripción precisa de la situación de la enfermedad de Chagas en Ecuador debe mencionar que el acceso al diagnóstico en todo el país es limitado. En Ecuador, se estima que 170 000 personas son seropositivas por *Trypanosoma cruzi*, y 4 400 adquieren la infección cada año, lo que resulta en 300 muertes por causas directamente relacionadas con la

enfermedad de Chagas. La mayoría de los estudios sobre la enfermedad de Chagas en Ecuador se han centrado en algunas provincias como Loja, Manabí, Guayas y El Oro, donde existen mayores tasas de prevalencia para *Trypanosoma cruzi* (Moreno-Venegas, 2016).

A nivel nacional la mortalidad reportada en el año 2013 por el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) es de 13 casos, los mismos que están en la provincia de El Oro, repartidos de la siguiente manera: 3 casos en Machala, 3 en Piñas, 3 en Zaruma, 2 en Portovelo, 1 en Marcabellí y 1 en Santa Rosa (INEC, 2013). En cuanto a morbilidad en la ciudad de Piñas, desde el 2014 se han reportado 14 casos con diagnóstico definitivo y 11 presuntivos; de estos 6 se registraron en la parroquia Moromoro (Cordinación Zonal 7 de Salud - MSP, 2018).

Cuando decimos que la enfermedad de Chagas es una enfermedad silenciosa, solo constatamos un hecho objetivo, en la mayoría de los casos se presenta sin signos y síntomas que hagan sospechar su presencia durante varios años. A pesar de estas limitaciones, se consideró importante utilizar las estadísticas disponibles por el impacto cuantitativo de las mismas y porque ayudan a dimensionar la magnitud de esta problemática.

Por lo antes mencionado, se buscó con la presente investigación aportar datos sobre prevalencia de la enfermedad que a su vez permitan instaurar medidas preventivas y de control dando pie a investigaciones futuras que nos lleven en un momento no muy lejano a formar parte de los países que han conseguido erradicar Chagas.

Teniendo como objetivos específicos: identificar anticuerpos *Trypanosoma cruzi* mediante técnica serológica ELISA, realizar prueba confirmatoria mediante hemaglutinación indirecta, determinar variables epidemiológicas y factores de riesgo que inciden en la presencia de la enfermedad de Chagas en pacientes con diagnóstico definitivo, reportar a los pacientes con diagnóstico definitivo para Chagas al Ministerio de Salud Pública para su posterior tratamiento.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se trata de un estudio cualitativo longitudinal exploratorio, este estudio se llevó a cabo en la Provincia de el Oro, Cantón Piñas, Parroquia Moromoro en el periodo abril 2019 hasta abril 2020. Con este propósito se seleccionó a los participantes de manera aleatoria, con un tamaño de muestra calculado por el programa estadístico Epi Info con un nivel de confianza del 90% y error máximo aceptable del 5% que correspondió a 205 participantes de un universo de 1371 habitantes, en el que se incluyó a la población de 40 a más años, que no tengan diagnóstico previo de Enfermedad de Chagas.

El proyecto de investigación fue socializado con autoridades y población del sector, realizando visitas domiciliarias en donde además se brindó información sobre mal de Chagas y se determinó la población incluida para el estudio.

Posteriormente y previa difusión de información sobre lugar, hora y fecha se procedió a la toma de muestra sanguínea por venopunción periférica a cada participante con firma de consentimiento informado y revisión de registro previo. Estas muestras fueron procesadas mediante serología ELISA con kit comercial Chagas Test ELISA recombinante, 3ra generación.

A todos los participantes que resultaron positivos para esta primera técnica, se les realizó una segunda toma de muestra para Hemaglutinación Indirecta. Aquellos con resultado positivo para estas dos técnicas, fueron reportados al Ministerio de Salud Pública con diagnóstico definitivo de enfermedad de Chagas. Cada participante fue notificado mediante el aplicativo Sive alerta y EPI-1 respectivamente, instrumentos de donde se recolecto la información epidemiológica necesaria para esta investigación.

## RESULTADOS

No se consideró a cinco de los 205 participantes de esta investigación, porque en su desarrollo tres fallecieron y dos decidieron abandonar el estudio, por lo tanto, el resultado de los 200 participantes de la investigación a quienes se les realizó técnica serológica ELISA en primer momento fueron: el 83% negativo y el 17% positivo. A los casos positivos para ELISA, se realizó hemaglutinación indirecta siendo positivo para esta el 100% de los casos. Constatando de esta manera una prevalencia de 17%.

El 32% de los pacientes Chagas positivos correspondió a la edad de 80 a más años, el 29,4% de 70 a 79 años, el 26,4% de 60 a 69 años y finalmente con el 11,7% de 50 a 59 años. El 41,17% de la población afectada fueron de sexo masculino y el 58,82% femeninos. Las construcciones en las que residían estos pacientes en su infancia fueron de adobe en 97,05%, el 76,46% de madera, 8,82% de bareque y 11,76% de ladrillo. Actualmente viven en construcciones que aún tienen adobe en el 8,82%, de madera el 38,23%, bareque el 0%, ladrillo el 20,58% y hormigón armado un 91,17%. Además, el 97,05% manifestó haber tenido gallineros cerca o al lado de su domicilio, frente al 64,70% que aún los continúa teniendo, el 85,29% tuvo lugares de almacén de leña cerca, al lado o bajo sus domicilios en la infancia y el 35,29% de ellos aún mantienen esta costumbre, el 82,35% tuvo cultivos de caña de azúcar, moliendas o ramadas cerca o al lado de su domicilio y de ellos el 17,64% aún las continúan teniendo.

Los pacientes con diagnóstico positivo a su vez tienen familiares con el mismo diagnóstico y en el 11,76% corresponde al padre, el 2,94% a la madre, el 5,88% al esposo, el 26,47% a los hermanos, abuelos el 2,94% y otros familiares el 8,82%. De todos el 61,76% de los pacientes presentan sintomatología chagásica que corresponde el 57,17% a estreñimiento crónico, el 33,33% hipertensión arterial y el 9,52% cardiomegalia. Los pacientes fueron reportados al Ministerio de Salud Pública y actualmente están siendo valorados respectivamente por cardiólogo y gastroenterólogo.

## DISCUSIÓN

El mal o enfermedad de Chagas declarada mundialmente como enfermedad infecciosa desatendida, es propia de países en vías de desarrollo y considerada enfermedad de la pobreza. Es transmitida por el parásito protozoario *Trypanosoma cruzi*, mediante inoculación de heces fecales o ingestión de las mismas por alimentos contaminados (MSP, 2017). El Ecuador es considerada zona endémica y se reportan casos en 10 provincias que incluyen Guayas, Manabí, El Oro, Loja, Napo, Sucumbíos, Orellana, Pastaza, Esmeraldas y Morona Santiago y de ellas la provincia que confirma más casos

según la Dirección Nacional de Vigilancia Epidemiológica para el 2013 al 2015 es El Oro, por lo que se proyecta que en el país alrededor de 2.3 y 3.5 millones de habitantes están en riesgo de contraer la enfermedad (MSP, 2017).

En esta investigación realizada en la Parroquia Moromoro del Cantón Piñas, se pudo determinar que existen casos positivos para la enfermedad de Chagas, esto quiere decir que de un total de 200 participantes tomando como representativo de la población, el 17%, es decir 34 de ellos resultaron serológicamente positivos para enfermedad de Chagas mediante la aplicación de dos pruebas distintas. Frente a lo expuesto se acepta la hipótesis de investigación que constata la existencia de Enfermedad de Chagas en los habitantes de este sector.

Este resultado se coteja con el reporte por parte del Ministerio de Salud Pública del Ecuador, quien indica en los últimos 5 años un total de 14 casos en todo el cantón Piñas (Cordinación Zonal 7 de Salud - MSP, 2018). El único estudio que hasta el momento se evidencia en la parte alta de El Oro, es en el Cantón Portovelo, Parroquia Rural Lourdes, en el que se utilizó gota gruesa y se mostró ausencia de parásito, adicionalmente se realizó ELISA, con una positividad del 6%, de un total de 102 participantes (Jiménez- Loyola, 2012). En otros países se han llevado a cabo estudios similares, tenemos así los muestreos en 2008 y 2009 en viviendas seleccionadas al azar de áreas rurales del Departamento San Luis del Palmar, Provincia de Corrientes, Argentina.

El diagnóstico de la infección Chagásica se realizó a voluntarios mediante las pruebas de hemaglutinación indirecta, inmunofluorescencia indirecta y ensayo inmunoenzimático, la prevalencia global de los 163 voluntarios fue 11,7% (19/163) (Bar, et al. 2010). Otro estudio se llevó a cabo en Venezuela, se estudiaron 115 pacientes, distribuidos en 36 viviendas, a los que se les aplicó una encuesta epidemiológica, tres pruebas serológicas (ELISA, hemoaglutinación indirecta e inmunofluorescencia indirecta), se obtuvo una prevalencia general de 6,09% (Salazar et al., 2014).

Resultados similares fueron encontrados por Ríos et al., (2011) en el que se realizó un estudio descriptivo, aquí se evaluaron 156 personas, y se identificaron 11 casos agudos de enfermedad de Chagas, 10 con títulos de anticuerpos IgM e IgG contra *Trypanosoma cruzi* por inmunofluorescencia y ELISA. A las muestras positivas para IFI-IgM se les practicó gota gruesa extendido y se observó una elevada prevalencia de enfermedad de Chagas y anticuerpos contra *Trypanosoma cruzi* en este estudio (Ríos et al., 2011). Por los datos mencionados se propone la necesidad de realizar estudios de tamizaje en poblaciones con características propias para que se desarrolle el vector (vinchuca, chinchorro o chinche), en este estudio se consideró el diagnóstico únicamente para patología crónica dada la edad propuesta de los participantes de acuerdo a los datos ya existentes, para obtener así una aproximación a la magnitud de la patología, pero, sería importante considerar todos los grupos estadios y determinaciones en etapa aguda y crónica.

En este estudio, los pacientes con diagnóstico positivo definitivo, el grupo etario de 80 a más años es el más afectado con el 32%, por 11 casos, el grupo de 70 a 79 años con el 29,4% por 10 casos, seguido del grupo entre 60 y 69 años con el 26,4% por 9 casos y finalmente 11,7% con 4 casos al grupo de 40 a 49 años y en cuenta al sexo femenino, corresponde al 58,82% por 20 casos, mientras masculino constitu-

ye el 41,17% por 14 casos. Salazar et al., (2014) reporta en su investigación realizada a personas mayores a 40 años que predomina el sexo masculino (71%). Por otro lado, resultados encontrados en un estudio realizado en la población rural de Miraflores, estado Monagas en el que participaron 62 individuos del sexo masculino (58,5%) y 44 del sexo femenino (41,5%). El diagnóstico serológico fue realizado mediante la prueba de ELISA utilizando antígenos fijados de las formas epimastigotes de *T. cruzi*. De los 106 individuos evaluados, sólo tres resultaron seropositivos para anticuerpos tipo IgG anti-*T. cruzi*, representando un 2,8% de seropositividad, de estos individuos, dos fueron del sexo femenino y 1 del sexo masculino (Berrizbeitia, et al., 2010).

No se reportan estudios que muestren resultados por grupos etarios, pero, de los propuestos se discrepa la predominancia del sexo más afectado en relación al de esta investigación, mientras que en el segundo estudio los resultados no son representativos. Probablemente el hecho de que haya mayor número de casos positivos en el sexo femenino de esta investigación se deba a que cuando se realizó la socialización se encontraron en las viviendas en su mayoría amas de casa y por su parte los habitantes del sexo masculino en una proporción considerable se negaron participar en la investigación. En cuanto a la caracterización de las viviendas actuales de los pacientes con diagnóstico positivo para Chagas el 91,17% corresponde a construcciones de hormigón armado, seguido de construcciones de madera (tabla) con el 38,23%, de ladrillo el 20,58% y adobe el 0%, pero, antiguamente el 97,05% de los pacientes vivía en construcciones de adobe, el 76,46% en construcciones de madera, 11,76% construcciones de ladrillo y bareque 8,82%. En el estudio ya mencionado realizado en Venezuela con 115 pacientes, distribuidos en 36 viviendas y con prevalencia general de 6,09%, se reporta que la vivienda más frecuente de los pacientes seropositivos correspondió al rancho de zinc (71,43%) (Salazar et al., 2014). En el presente estudio, la gran mayoría de los pacientes positivos tienen en común construcciones de adobe, mismo que es considerado como el habitad más frecuente del vector portador del *Trypanosoma cruzi* y también explicaría de alguna manera que los pacientes sean portadores crónicos al probablemente adquirir la enfermedad en estas viviendas de su infancia.

Asimismo, de los pacientes positivos de este estudio el 97,05% manifestó haber tenido gallineros cerca de su vivienda y el 64,7% aún los tiene. En lo referente a lugares de almacén de leña al lado o bajo sus domicilios el 85,29% los tuvo y el 35,29% aún mantiene esta costumbre; además, 82,35% comentó haber tenido cultivos de caña de azúcar, moliendas o ramadas cerca de su domicilio y el 17,64% aun las mantienen. En contraste con el estudio realizado en Venezuela en el que el 85,71% presentó anexos (gallinero, depósito de leña y cochinería) (Salazar et al., 2014). Lo mencionado pone en evidencia al igual que lo descrito en la literatura el lugar en donde se almacenan los vectores y explicaría posiblemente la prevalencia de Chagas en el sector en donde se desarrolló la investigación, ya que sus construcciones en su mayoría corresponden a viviendas mixtas entre adobe, madera y ladrillo.

Otro aspecto que valoró esta investigación fueron los familiares con diagnósticos positivo ya conocido de los pacientes al momento diagnosticados, se obtuvo los siguientes re-

sultados: de 11,76% de ellos su padre tuvo la enfermedad, el 2,94% de pacientes tuvieron a su madre con diagnóstico positivo, el 5,88% a su esposo, el 26,47% a los hermanos, 2,94% a los abuelos y 8,82% a otros familiares. No se dispone de estudios que nos permitan realizar un contraste con lo descrito, pero, con lo detallado podemos saber que los familiares de primer grado de los pacientes tienen una alta posibilidad de estar infectados y la necesidad de que se realicen tamizaje.

Finalmente, se describe en este estudio las comorbilidades ya diagnosticadas en los pacientes ahora Chagas positivos que corresponde al 61,76% es decir 21 de 34 casos. De estos el 57,17% corresponde a estreñimiento crónico, el 33,33% hipertensión arterial y el 9,92% cardiomegalia. De igual manera no tenemos estudios que pongan en manifiesto esta caracterización, pero lo descrito evidencia sintomatología de Chagas crónico que va de la mano con la edad de los pacientes y una probable infección adquirida en su juventud. Todos los pacientes positivos de este estudio, en total 34 fueron reportados el Ministerio de Salud Pública y mediante el mismo sistema se consiguió valoraciones respectivas por Gastroenterología y Cardiología, para su control y seguimiento.

## CONCLUSIONES

De los participantes evaluados, quienes resultaron positivos para la técnica serológica ELISA también lo resultaron para hemaglutinación indirecta, viéndose mayoritariamente afectado el grupo etario de 80 a más años, de predominio femenino y al momento sintomáticos; la mayoría de ellos habitó en construcciones de adobe y junto a sus viviendas se encontraban gallineros y cultivos de caña de azúcar.

## CONTRIBUCIONES DE LOS AUTORES

Conceptualización: GPB y FBT; metodología: GPB y FBT ; análisis formal: GPB y FBT ; investigación: GPB, FBT y MR ; recursos: GPB ; curación de datos: GPB y FBT ; redacción — preparación del borrador original: GPB y FBT ; redacción — revisión y edición: GPB y FBT ; visualización: GPB y FBT ; supervisión: GPB y FBT ; administración de proyecto: GPB y FBT ; adquisición de financiamiento para la investigación: GPB. Todos los autores han leído y aceptado la versión publicada del manuscrito.

## REFERENCIAS

Amieva C. (2014). El chagas en la actualidad de Latinoamérica: Viejos y nuevos problemas, grandes desafíos. *Aposta: Revista de ciencias sociales*, 62, 6-19.

Bar, E., Oscherov, B., Pieri Damborsky, M., Borda, M. (2010). Estudio transversal de la Enfermedad de Chagas en un área endémica de la Provincia de Corrientes, Argentina. *Boletín de Malariología y Salud Ambiental*, 50(2), 219-232.

Berrizbeitia, M., Aguilera, G., Ward, B., Rodríguez, J., Jorquera, A., Ndao, M. (2010). Seroprevalencia de la infección por *Trypanosoma cruzi* en la población rural de Miraflores, estado Monagas: Estabilidad y diferencia de reactividad de epimastigotes fijados. *Revista de la Sociedad Venezolana de Microbiología*, 30(1), 55-60.

Coordinación Zonal 7 de Salud., Ministerio de Salud Pública. (2018). *Morbilidad de Chagas*. Loja. Ecuador.

Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. (2013). *Morbilidad de Chagas*. Quito, Ecuador.

Jiménez- Loyola, E. (2016). Identificación de *Trypanosoma cruzi* en los habitantes del Sector Lourdes del cantón Portovelo. Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Loja. Repositorio Institucional - Universidad Nacional de Loja.

Ministerio de Salud Pública. (2017). Manejo etiológico de la enfermedad de Chagas. Protocolo. Dirección Nacional de Normatización.

Moreno-Venegas, C. P. (2016). Prevalencia de Chagas en donantes del banco de sangre del Hospital Carlos Andrade Marín. Tesis de pregrado, Universidad Central del Ecuador. Repositorio Institucional - Universidad Central del Ecuador.

Organización Panamericana de la Salud. (2017). Enfermedad de Chagas en las Américas - Hoja informativa para los trabajadores de salud: Enfermedades infecciosas desatendidas. [www.paho.org/chagas](http://www.paho.org/chagas).

Organización Panamericana de la Salud. (2018). Enfermedad de Chagas en las Américas: una revisión de la situación actual de salud pública y su visión para el futuro. Informe: Conclusiones y Recomendaciones Washington D.C.

Ríos, J. F., Arboleda, M., Montoya, A. N., Alarcón, E. P., Parra-Henao, G. J. (2011). Probable outbreak of oral transmission of Chagas disease in Turbo, Antioquia. *Biomédica*, 31(2), 185-195.

Salazar, J., Gallego, L., Suárez B. (2014). Estudio seroepidemiológico de la enfermedad de Chagas en la comunidad Copey-El Guayabillo, Estado Carabobo, Venezuela. *Revista cubana de medicina Tropical*. Vol. 66, No. 1.

# Infecciones vaginales y complicaciones durante el embarazo en usuarias del Centro de Salud Universitario de Motupe - Loja

## *Vaginal infections and complications during pregnancy in users of Motupe University Health Center – Loja*

María de los Ángeles Sánchez Tapia<sup>1,\*</sup> y Viviana Yomary González Armijos<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Carrera de Medicina Humana, Universidad Nacional de Loja, Loja, Ecuador

\* Autor para correspondencia: maria.a.sanchez@unl.edu.ec

Fecha de recepción del manuscrito: 15/07/2021    Fecha de aceptación del manuscrito: 12/12/2021    Fecha de publicación: 24/12/2021

**Resumen**—Las infecciones vaginales son corresponsables de un importante porcentaje de morbilidad materna y perinatal, presentando complicaciones como amenaza de aborto, ruptura de membranas, parto pretérmino y enfermedad pélvica inflamatoria, permitiendo con este trabajo investigativo la elaboración de un perfil clínico-epidemiológico, favoreciendo al personal médico y usuarias gestantes, contribuyendo a la detección oportuna desde el primer nivel de atención, disminuyendo sus complicaciones y mejorando su calidad de vida; cuyos objetivos fueron: Determinar las infecciones vaginales y complicaciones durante el embarazo, conocer las infecciones vaginales más frecuentes, identificar las complicaciones y establecer la relación entre estas ; siendo un estudio descriptivo, con enfoque cualitativo y cuantitativo desarrollado en el Centro de Salud Universitario de Motupe en el período Octubre 2020 – Marzo 2021, cuyo universo constituyó 127 usuarias y una muestra de 52 gestantes que cumplieron con los criterios de inclusión plasmándose en una hoja de recolección de datos realizada por la autora; determinando que la Vaginosis Bacteriana se presenta en el 15 % entre los 26 - 30 años, 13 % 21 - 35 años, 8 % 36 - 40 años y 6 % 16 - 20 y 31 - 35 años, tricomoniasis 6 % 21 - 35 años, el 2 % 26 - 35 años, candidiasis 13 % en 26 - 30 años, 9 % 21 - 35 años, el 8 % 16-20 años, 6 % 31 - 40 años, como complicación el 4 %, amenaza de aborto y el 96 % sin complicaciones. Las infecciones vaginales, vaginosis bacteriana y candidiasis fueron las que presentaron complicaciones de amenaza de aborto en un 4,38 %, evidenciándose que las pacientes que presentan infecciones vaginales no muestran complicaciones en alto porcentaje.

**Palabras clave**—Complicaciones, Embarazo, Infección vaginal.

**Abstract**—Vaginal infections are co-responsible for a significant percentage of maternal and perinatal morbidity due to complications such as threatened abortion, ruptured membranes, preterm delivery and pelvic inflammatory disease. This research paper resulted in the creation of clinical-epidemiological profiles, favoring medical staff and pregnant users. They contributed to the timely detection from the very first level of care, thus reducing complications and improving their quality of life. The objectives of this study were: to determine vaginal infections and complications during pregnancy; to recognize the most frequent vaginal infections; to identify complications and to establish the relationship between them. This report is a descriptive, ambispective, correlational and cross-sectional study, employing both a qualitative and quantitative approach. This was carried out at the Motupe University Health Center during the period October 2020 - March 2021. The sample consisted of 127 users and a sample of 52 pregnant women who met the inclusion criteria. Details were inputted into a data collection sheet created by the author. Results showed that Bacterial Vaginosis occurred in 15 % of women between 26-30 years of age, 13 % in women between 21-35 years of age, 8 % in women between 36-40 years of age and 6 % in women between 16-20 years of age and women aged between 31-35 years old. Tricomoniasis occurred in 6 % of women aged 21-35 years of age, 2 % in those aged 26-35 and Candidiasis occurred in 13 % of women aged 26-30 years, 9 % in women aged 21-35, 8 % in those aged 16-20 and 6 % in those aged 31-40. With respect to complications the study showed 4 % suffered from the threat of abortion and 96 % did not manifest any complications as a result of these infections. From bacterial vaginosis and candidiasis infections 4.38 % presented complications with respect to the threat of abortion thus demonstrating that patients with vaginal infections do not display complications in high percentages.

**Keywords**—Complications, Pregnancy, Vaginal infection.

## INTRODUCCIÓN

Las infecciones vaginales constituyen una de las razones más frecuentes de consultas prenatales y son res-

ponsables de un importante porcentaje de morbilidad materna y morbilidad y mortalidad perinatal, sobre todo en lugares de escasos recursos. Las mujeres embarazadas desarrollan de manera fácil infecciones vaginales debido a cambios funcio-

nales y hormonales (MSP, 2014).

En la práctica médica las infecciones vaginales constituyen un problema de salud frecuente, con una incidencia mundial del 7% al 20% de las mujeres por año. La vaginitis se encuentra dentro de los diez motivos de consulta más comunes en medicina general y constituyen el 15% - 20% de consultas en la práctica ginecológica. Aproximadamente el 75% de todas las mujeres tendrán una infección vaginal fúngica al menos una vez en la vida, de las cuales, el 40% - 50% son recurrentes (Milhet, et al., 2016).

Según la OMS (Organización Mundial de la Salud), la vaginosis bacteriana es relativamente común. La prevalencia informada en embarazadas oscila entre el 14% y el 21% en países occidentales. En Asia, la prevalencia informada de vaginosis bacteriana durante el embarazo es del 13,6% en mujeres japonesas, del 15,9% en las tailandesas y del 18% en las de Indonesia.

En Ecuador, en el 2016 de acuerdo con el reporte anual realizado por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos la infección de las vías genitourinarias en el embarazo figura dentro de las diez principales causas de morbilidad femenina. (INEC, 2016). En un estudio realizado en el servicio de Gineco-Obstetricia del Hospital Isidro Ayora de la Ciudad de Loja la prevalencia de Vulvovaginitis corresponde al 6,17%, de las cuales el 62,66% correspondieron a Candidiasis vulvovaginal, el 27,92% a Vaginosis bacteriana y el 9,42% a Tricomonomiasis vaginal (Jumbo, 2017).

Por consiguiente, las infecciones vaginales y complicaciones, establecen un problema de salud para la gestante, para el personal de salud y para las instituciones sanitarias, en este sentido se planteó la siguiente pregunta de investigación: ¿Cuáles son las infecciones vaginales y complicaciones más frecuentes en el embarazo en usuarias del Centro de Salud Universitario de Motupe?

La importancia de este trabajo de investigación radica en el hecho de que existe poca información estadística sobre esta patología a nivel local, por lo tanto los resultados obtenidos de este trabajo servirán de apoyo al personal médico así como a sus usuarias en estado de gestación que acuden al Centro de Salud Universitario de Motupe, contribuyendo así a la detección oportuna desde el primer nivel de atención, además de disminuir la frecuencia de complicaciones lo que ayudará a mejorar su calidad de vida.

La factibilidad del presente trabajo investigativo se sustentó por la autorización de las autoridades del Centro de Salud Universitario de Motupe para la recolección de la información necesaria que aseguró el cumplimiento de los objetivos planteados como: Determinar las infecciones vaginales y complicaciones durante el embarazo y cuyos objetivos específicos son: Conocer las infecciones vaginales más frecuentes durante el embarazo de acuerdo a su edad, identificar las complicaciones y relacionar tanto infecciones como complicaciones durante el embarazo en usuarias con infecciones vaginales del Centro de Salud Universitario de Motupe-Loja.

Este estudio se vinculó además a las áreas de investigación de la Universidad Nacional de Loja de la Facultad de Salud Humana, línea de investigación N° 1 que trata sobre la Salud Enfermedad materno-infantil en Loja y la Zona 7 del país.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se realizó en el del Centro de Salud Universitario de Motupe que se encuentra ubicado en el Barrio Motupe Bajo que pertenece a la Parroquia San Juan del Valle en el período octubre 2020 marzo 2021. Con un enfoque cualitativo y cuantitativo, utilizando un tipo de diseño descriptivo. La unidad de estudio y universo fueron 127 usuarias en estado gestante que acudieron a consulta externa de Gineco-Obstetricia del Centro de Salud Universitario de Motupe de la Ciudad de Loja, con diagnóstico de Infecciones Vaginales mientras que la muestra figuró 52 pacientes embarazadas que cumplieron con los criterios de inclusión que fueron los siguientes: pacientes con diagnóstico confirmado por laboratorio de algún tipo de infección vaginal, pacientes que hayan iniciado tratamiento para infecciones vaginales y pacientes gestantes de toda edad.

La técnica que se utilizó fue una encuesta elaborada por las autoras, además de una revisión y análisis de historias clínicas donde se recolectaron datos que fueron plasmados en la hoja de recolección para el desarrollo de la presente investigación con previa autorización por parte de las autoridades del Centro de Salud Universitario. Luego de la recolección de datos estos fueron analizados y tabulados con sus respectivas tablas estadísticas mediante la ayuda del programa Microsoft EXCEL 2013, de esta manera se planteó las respectivas conclusiones y recomendaciones.

## RESULTADOS

La vaginosis bacteriana se presentó en el 15% (n=8) entre los 26-30 años y en un 13% (n=7) entre los 21-25 años. En tricomoniasis 6% (n=3) 21-35 años, el 2% (n=1) 26-35 años. Candidiasis 13% (n=7) en 26-30 años y en un 9% (n=5) entre 21-35 años (Tabla 1).

**Tabla 1:** Infecciones vaginales más frecuentes durante el embarazo de acuerdo a su edad en usuarias del Centro de Salud Universitario de Motupe –Loja

Infecciones Vaginales	Edad	Nro de Casos	%
Vaginosis Bacteriana	nov-15	0	0
	16-20	3	6
	21-25	7	13
	26-30	8	15
	31-35	3	6
	36-40	4	8
Tricomonomiasis	nov-15	0	0
	16-20	0	0
	21-35	3	6
	26-30	1	2
	31-35	1	2
	36-40	0	0
Candidiasis	nov-15	0	0
	16-20	4	8
	21-35	5	9
	26-30	7	13
	31-35	3	6
	36-40	3	6
Total		52	100

En la Tabla 2 se presentan los principales resultados de las complicaciones durante el embarazo en usuarias con infecciones vaginales del Centro de Salud Universitario de Motupe – Loja, del 100 % (n=52) de las embarazadas que presentaron infecciones vaginales, el 4 % (n=2) amenaza de aborto y el 96 % (n=50) sin complicaciones.

**Tabla 2:** Complicaciones durante el embarazo en usuarias con infecciones vaginales del Centro de Salud Universitario de Motupe – Loja.

	Nro de Casos	%	Complicaciones	Nro. de Casos	%
			Amenaza de aborto	2	4
Infecciones Vaginales	52	100	Sin complicaciones	50	96
	Total			52	100

En lo referente a la relación entre infecciones vaginales y complicaciones durante el embarazo, del 100 % (n=52) el 48,07 % (n=25) presentaron vaginosis bacteriana y el 42,30 % candidiasis, presentando complicaciones amenaza de aborto el 2,08 % (n=1) y 2,3 % (n=1) respectivamente (Tabla 3).

**Tabla 3:** Relación entre infecciones vaginales y complicaciones durante el embarazo en usuarias del Centro de Salud Universitario de Motupe –Loja.

Infecciones Vaginales	Nro de Casos	%	Complicaciones	Nro. de casos	%
Vaginosis Bacteriana	25	48,07	Amenaza de Aborto	1	2,1
Candidiasis	22	42,3	Amenaza de Aborto	1	2,3
Tricomoniasis	5	9,61			
Total	52	100		2	4,4

## DISCUSIÓN

En el orden de lo mencionado, el presente trabajo pudo constatar que la vaginosis bacteriana en usuarias del Centro de Salud Universitario de Motupe en Loja se presentó en el 15 % entre los 26 - 30 años, de manera muy similar a un estudio realizado en pacientes embarazadas en la Clínica de los Condes en Chile en donde el 16 % se presentó en una edad promedio de 26,5 años (Velázquez, 2016). Santana (2018) encontró un porcentaje más elevado en su investigación realizada en mujeres embarazadas atendidas en el servicio de ginecología del Hospital General del Puyo donde el 35 % se encontraron entre 20 y 30 años de edad, así mismo el 13 % de pacientes con vaginosis bacteriana se encontró en la edad de 21 - 25 años un porcentaje mayor en los resultados realizados en un estudio transversal, descriptivo en pacientes gestantes de una Clínica de alta complejidad de la Ciudad de Medellín y en Colombia el 24,1 % en una mediana de edad de 23 años (Rojas, 2016), se pudo evidenciar que en otras investigaciones como en la realizada en Perú que tiene como tema “Influencia de las características maternas sobre las infeccio-

nes vaginales en el Embarazo en Pacientes Atendidas en el Centro de Salud Santa Adriana” el 35 % presentó vaginosis bacteriana en mayores de 35 años (Tapia, 2020).

Las infecciones vaginales como la tricomoniasis se mostró en el 6 % entre los 21-35 años, que tiene similitud con los estudios realizados en el Hospital del Carmen en Manabí donde el 3 % se presentó entre los 19-30 años de edad (Aguirre, 2016), mientras que en embarazadas, que acuden al Centro de Salud de Catamayo se presentó un 3,33 % entre 23 - 29 años (Moreno, 2016). Resultados diferentes se observan en estudios realizados en pacientes atendidas en el Centro de Salud Santa Adriana de Perú donde un 27 % presento infecciones vaginales por trichomona en mayores de 35 años (Tapia, 2020), mientras que en un estudio realizado en el Hospital Virgen de Remedios en Bolivia un mínimo porcentaje del 3,85 % en la edad de 15 - 40 años (Cordero, 2018). En Esmeraldas la Tricomoniasis Vaginal en Embarazadas que acudieron al Hospital de Limones se mostró un 16,6 % entre los 18 - 38 años (Cabezas, 2020), estos estudios realizados nos revelan que la tricomoniasis se presenta con poca frecuencia en las mujeres embarazadas, más sin embargo se presenta en todas las edades.

En cuanto a la Candidiasis el 13 % se presentó en la edad de 26 - 30 años, rango de edad que no coincide con estudios realizados con anterioridad, como el elaborado en pacientes gestantes de una Clínica de alta complejidad de la Ciudad de Medellín en Colombia donde existe un 41,4 % en la edad de 23 años (Rojas, 2016), así mismo en un estudio realizado en el Centro de Salud Santa Adriana de Perú el 38 % se mostró en mayores de 35 años (Tapia, 2020) y en Bolivia en el Hospital Virgen de Remedios del Municipio de Sopachuy el 65,38 % en la edad de 15 - 40 años (Cordero, Flores, 2018), estos resultados muestran que la infección vaginal por Cándida en mujeres embarazadas se presenta con mayor frecuencia, seguida de la vaginosis bacteriana y la tricomoniasis.

Del 100 % de las embarazadas que presentaron infecciones vaginales, el 4 % presentó amenaza de aborto y el 96 % no tuvo ninguna complicación, con un porcentaje más elevado en un estudio hecho en el Subcentro de Salud Unión de Ciudadelas de Quito siendo la única complicación amenaza de aborto con un 29,31 % (Vinueza, 2016), además se pudo revisar que en diferentes investigaciones existen otras complicaciones por infecciones vaginales como los realizados en embarazadas de Santa Cruz del Norte de Cuba donde el 11 % de las pacientes en estudio presentó como complicación endometritis (Hernández, 2016), a diferencia de otro estudio realizado en el Subcentro De Salud De La Parroquia Cunchibamba” en Ambato en el cual el 17 % presentaron signos y síntomas de amenaza de parto pretérmino (Chacón, 2019), con un mínimo porcentaje en embarazadas de la maternidad Matilde Hidalgo De Procel del Guasmo Sur – Guayaquil donde el 4,4 % presento parto pretérmino y el 6,6 % presentó ruptura prematura de membranas (Cruz, 2017), de tal modo se debe tomar en cuenta todas estas complicaciones en una paciente con infección vaginal, aunque el porcentaje de aparición de las mismas sea muy bajo.

En cuanto a la relación de infecciones vaginales con las complicaciones obstétricas que se producen del 100 % de las pacientes en estudio el 48,07 % presentaron vaginosis bacteriana y el 42,30 % candidiasis, presentando como complicaciones amenaza de aborto el 2,08 % y 2,3 % respectivamente.

Se encontraron resultados diferentes puesto que en un estudio de tipo cuantitativo, observacional, analítico, de casos y controles retrospectivo realizado en el Área de maternidad del Hospital Vicente Corral Moscoso en Venezuela donde señaló que uno de los factores de riesgo para parto pretérmino es la vaginosis bacteriana con un 7,93% (Cartillo, 2019), mientras que en Babahoyo la asociación de infecciones vaginales cervicales en el embarazo, se ha relacionado con trabajo de parto pretérmino en un 5% - 10% (Yépez, 2020) de tal forma se demuestra que las mujeres embarazadas con infecciones vaginales como vaginosis bacteriana, candidiasis y tricomoniasis están expuestas en un mínimo porcentaje a presentar alguna complicación obstétrica durante el curso de su gestación.

Es importante por ello trabajar constantemente en la prevención y promoción de las infecciones vaginales en el embarazo, evaluando a las pacientes en este estado de una manera adecuada en cada control prenatal. Además, es significativo el diagnóstico y tratamiento oportuno para evitar alguna complicación obstétrica que pueda afectar la salud materna o fetal.

## CONCLUSIONES

Las infecciones vaginales más frecuentes que se presentaron en el embarazo es la vaginosis bacteriana en la edad de 21-30 años, seguido de la candidiasis en la edad de 26-30 años y la tricomoniasis en la edad de 21-35 años.

Dentro de las complicaciones obstétricas que se presentó por infecciones vaginales fue la amenaza de aborto en un mínimo porcentaje.

## AGRADECIMIENTOS

Al finalizar con este trabajo de investigación, quiero expresar mi más sincero agradecimiento al personal del Centro Universitario de Motupe, al personal docente y a la Universidad Nacional de Loja por la colaboración en el proceso de esta investigación.

## CONTRIBUCIONES DE LOS AUTORES

Conceptualización: MAS; metodología, VYG; investigación, VYG; recursos, MAS; curación de datos VYG; redacción, MAS; preparación de borrador original, MAS; redacción, VYG; revisión y edición, MAS y VYG; supervisión, MAS; adquisición de financiamiento VYG y MAS.

## FINANCIAMIENTO

El financiamiento para el desarrollo de la investigación fue de procedencia propia, tanto del autor como coautor.

## REFERENCIAS

- Abdelaziz, Z. (2017). Vaginal infections among pregnant women at Omdurman Maternity Hospital in Khartoum. Sudan. *J Infect Dev Ctries*. Pag: 490.
- Amaguaña, C. (2016). Influencia de las Infecciones Vaginales en la Amenaza de Parto Pretérmino en Pacientes Atendidas en el Subcentro de Salud de la Parroquia Cunchi-
- bamba.
- Calderón, E y Arredondo, J. (2016). *Complicaciones vaginales no inflamatorias durante la gestación*. Infectología Perinatal. Primera edición. México, D.F. Editorial Trillas.
- Calva Bereche, W. (2016). *Complicaciones Obstétricas en Adolescentes Embarazadas Primigestas con Infección de Vías Urinarias Atendidas en el Servicio de Ginecoobstetricia del Hospital Isidro Ayora en la Ciudad de Loja*. Repositorio de Universidad Nacional de Loja, Ecuador.
- Carvajal A. (2016). Las cifras de embarazos en el país crecieron en niñas de 10 a 14 años. Recuperado de: <http://www.elcomercio.com/tendencias/cifras-embarazosadolescentes-ecuadorenplanfamiliaecuador.html>
- Chacón, S. (2019). Repositorio Universidad de Guayaquil: Prevalencia de infecciones vaginales en embarazadas y propuesta de un programa educativo, Subcentro de Salud Unión de Ciudadelas, Area de Salud No. 4 de Quito. Año 2012. Universidad de Guayaquil.
- Charles, D y Eschenbach, D. (2013). *Vaginosis durante la gestación: consecuencias y tratamiento*. Infecciones Obstétricas y Perinatales. Primera edición. Madrid-España. Editorial Mosby/ Doyma – libros.
- Cordero, M. y Flores, B. (2018). *Vista de Frecuencia de Infecciones de Transmisión Sexual en Pacientes Gestantes*, Bio Scientia.
- Cunningham F, Gant N, y Leveno K. (2019). *Infecciones de transmisión sexual*. Mc Graw Hill, 25ª (Ed), (pp.1245-1247). México: McGraw-Hill Interamericana Editores, S.A. de C.V.
- Guerra, M. A. D. J. (2016). *Infección vaginal en gestantes y su incidencia en indicadores seleccionados del Programa Materno Infantil*. Revista Cubana de Medicina General Integral.
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (2016). *Características de las madres en el Ecuador*.
- Paavonen, J, y Brunham, R. (2019). *Vaginosis bacteriana y vaginitis inflamatoria descamativa*. Argentina. Artículos - IntraMed.
- Larry, J. (2019). *Harrison: Principios de medicina interna*. Vol. 1, 2 (20.a ed.). México. McGraw-Hill.
- Loaiza, J., Romero, Y. y Albornoz, R. (2020). *Universidad Ciencia y Tecnología*. Perú.
- Marcelo, A. (2016). *Infecciones cérvico vaginales y embarazo*. Revista Médica Clínica Las Condes.
- Martínez, (2018). *DSPACE en Uniandes: Estrategia de prevención para disminuir la incidencia de vaginosis bacteriana en mujeres embarazadas atendidas en el hospital general Puyo en el periodo Junio 2017- Abril 2018*. Repositorio

## Institucional UNIANDES.

Miranda A, Hernández LL y Romero C. (2016) Infección vaginal en gestantes y su incidencia en indicadores seleccionados del Programa Materno Infantil. Rev. Cubana Med Gen Integr Volumen 2, pag 291-300.

Moreira, R., Cunha, M., Borgues, B., Weyll, R., Teixeira, T., Silva, F., Rios, F. (2015). Prevalence and Risk Factors for Bacterial Vaginosis and other Vulvovaginitis in a population of sexually Active Adolescents from Salvador, Bahia, Brazil. Brasil.

MSP. (2014). Guía Práctica Clínica. Recuperado de: [http://instituciones.msp.gob.ec/documentos/Guias/guias%202014/GPC%20Infeccion\\_vaginal\\_obstetrica.pdf](http://instituciones.msp.gob.ec/documentos/Guias/guias%202014/GPC%20Infeccion_vaginal_obstetrica.pdf)

Nakano, F., De Barros, R., Esteves, S. (2015). Insights into the role of cervical mucus and vaginal pH in unexplained infertility. México

Pereira R, et al, (2015). Infección Vaginal en Gestantes. Revista Información Científica,

Pinheiro, P. (2016). Vaginosis Bacteriana Gardnerella Vaginalis.

Rojas, S. (2016). Infecciones vaginales en pacientes gestantes de una clínica de alta complejidad de Medellín-Colombia. Infecciones vaginales en pacientes gestantes de una clínica de alta complejidad de Medellín-Colombia, 16(No1), 32–42.

Tapia, F. (2020). Influencia de las características maternas sobre las infecciones vaginales en el Embarazo en Pacientes Atendidas en el Centro de Salud Santa Adriana. UNIVERSIDAD ANDINA NESTOR CACERES VELASQUEZ.

Topanda, F. (2016). Prevalencia de Vaginosis Bacteriana y su relación con los factores de riesgo asociados: El inicio temprano de relaciones sexuales y el número de parejas sexuales en mujeres en edad fértil. Volumen 1. Pag 156.

Vega, María. (2016). Vaginitis. Revisión de guías clínicas. Servicio de Obstetricia y Ginecología.

Velázquez, G. (2016). Vulvovaginitis. SciELO Revista Científica de la UCSA.

# Minería de datos para determinar los factores más influyentes en la ocurrencia de siniestros de tránsito en Ecuador en el año 2020

## *Data mining to determine the most influential factors in the occurrence of traffic accidents in Ecuador in the year 2020*

Yulissa Torres-Quezada<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup> Carrera de Ingeniería en Sistema/Computación, Universidad Nacional de Loja, Loja, Ecuador

\* Autor para correspondencia: [yulissa.torres@unl.edu.ec](mailto:yulissa.torres@unl.edu.ec)

Fecha de recepción del manuscrito: 10/11/2021

Fecha de aceptación del manuscrito: 27/11/2021

Fecha de publicación: 24/12/2021

---

**Resumen**—Actualmente, la ocurrencia de siniestros de tránsito representa un problema de salud pública a nivel nacional y regional, ocasionando pérdidas humanas, además de que cada día va en aumento a nivel mundial, es por ello que resulta fundamental e importante plantear un estudio que permita determinar cuáles son los factores que ocasionan la ocurrencia de los siniestros de tránsito. En este trabajo de investigación se aplica minería de datos para determinar los factores más influyentes en la ocurrencia de siniestros de tránsito en Ecuador en el año 2020, esto se llevó a cabo empleando cinco fases de la metodología Knowledge Discovery in Databases (KDD) constituida por: búsqueda de información, obtención de datos, depuración de la base de datos, aplicación de técnicas de minería de datos e interpretación y presentación de resultados, estas, utilizadas para el descubrimiento de patrones ocultos en el conjunto de datos, el cual fue recolectado por la Agencia Nacional de Tránsito (ANT) y tiene un total de 418 variables y 16972 registros de eventos registrados sobre siniestros de tránsito en Ecuador. Se aplicaron siete técnicas de minería de datos, tales como: CHAID, CHAID Exhaustivo, CRT, Perceptrón Multicapa, Función de Base Radial, Naive Bayes y BayesNet. El algoritmo CHAID Exhaustivo fue el que obtuvo los mejores resultados con el cual se identificó los patrones más importantes en los datos y se evaluó las posibles asociaciones entre las variables recogidas. Finalmente, se determinó que el factor humano es el factor más influyente con una probabilidad de ocurrencia del 69,64 %.

**Palabras clave**—Minería de datos, Metodología KDD, Árboles de decisión, Redes neuronales, Redes bayesianas.

---

**Abstract**—Currently, the occurrence of traffic accidents represents a public health problem at national and regional level, causing human losses, in addition to the fact that every day is increasing worldwide, which is why it is essential and important to propose a study to determine what are the factors that cause the occurrence of traffic accidents. In this research work, data mining is applied to determine the most influential factors in the occurrence of traffic accidents in Ecuador in the year 2020, this was carried out using five phases of the Knowledge Discovery in Databases (KDD) methodology consisting of: information search, data collection, database cleansing, application of data mining techniques and interpretation and presentation of results, these, used for the discovery of hidden patterns in the dataset, which was collected by the National Traffic Agency (ANT) and has a total of 418 variables and 16972 records of events recorded on traffic crashes in Ecuador. Seven data mining techniques were applied, such as: CHAID, Exhaustive CHAID, CRT, Multilayer Perceptron, Radial Basis Function, Naive Bayes and BayesNet. The Exhaustive CHAID algorithm was the one that obtained the best results with which the most important patterns in the data were identified and the possible associations between the collected variables were evaluated. Finally, the human factor was determined to be the most influential factor with a probability of occurrence of 69.64 %.

**Keywords**—Data mining, KDD methodology, Decision trees, Neural networks, Bayesian networks.

---

## INTRODUCCIÓN

De acuerdo al Informe sobre la Situación Mundial de la Seguridad Vial del año 2018, realizado por la Organización Mundial de la Salud (OMS), los siniestros de tránsito se han convertido en una de las principales causas de muertes violentas de la población, y a su vez convirtiéndose en un problema de salud pública (Organización Mundial de la Sa-

lud, 2018). Los siniestros de tránsito se han catalogado como un problema social debido al daño que produce en las personas, las familias y la comunidad, ya que al ocurrir este, el impacto que genera es devastador y lleva mucho tiempo el superarlo, afectando así fundamentalmente la calidad de vida de las personas involucradas. Esto ha llevado a que cada país reconozca el costo económico y social que representa estar afectados por este enorme fenómeno. En el caso de Ecuador,

según datos del año 2019, presentados en el Anuario de Estadísticas de Transporte (ANET) ocurren once siniestros de tránsito por cada mil vehículos que circulan en el país, esto lo ubica en segundo país en Latinoamérica con mayor índice de ocurrencia de siniestros de tránsito (INEC, 2020).

En la actualidad con los avances en el campo de la inteligencia artificial, ha sido posible la explotación de datos generados por distintas entidades públicas, permitiendo el manejo de grandes volúmenes de información disponibles en bases de datos, para que de esta manera sea posible disminuir el tiempo de análisis e interpretación de los datos, además de obtener información que no es visualizada a simple vista, este es el caso de los datos recolectados por la ANT a través de la recopilación de los partes policiales recabados por cada uno de sus entes de control, este conjunto de datos tiene una gran cantidad de información que fue minada para determinar información útil que se encontraba de manera implícita, debido a que cada siniestro es el resultado de una cadena de eventos que es, en su totalidad único, pero algunos factores son comunes a varias circunstancias del accidente, y la identificación de estos factores y sus interdependencias se llevó a cabo mediante el uso de técnicas que brinda la inteligencia artificial (Rodríguez Hassiger, 2014).

El objetivo de este trabajo fue aplicar técnicas de minería de datos a la información recolectada por la ANT con el propósito de determinar cuáles son los factores más influyentes para que ocurran siniestros de tránsito. Este análisis de datos fue realizado únicamente para siniestros de tránsito ocurridos en Ecuador en el año 2020. El presente estudio está conformado por varias secciones, entre ellas la sección de Materiales y Métodos en donde se definen las fases de la metodología KDD. Posteriormente, se encuentra la sección de Resultados estructurada a partir de los hallazgos basados en cada fase de la metodología utilizada. En la sección de Discusión se analiza, explica y contrasta los resultados que se obtuvieron y finalmente en la sección de Conclusiones se plasman las deducciones alcanzadas a partir de las experiencias obtenidas durante el proceso de cumplimiento de la metodología KDD.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Para realizar el presente trabajo de minería de datos se tomó como referencia las fases de la metodología KDD, adaptando cinco fases relacionadas, las cuales son: búsqueda de información, obtención de datos, depuración de base de datos, aplicación de técnicas de minería de datos y por último la presentación e interpretación de los resultados. En la Figura 1 se presenta el propósito de cada fase antes mencionada. Se seleccionaron las herramientas OpenRefine y RStudio para llevar a cabo la fase de depuración de la base de datos mientras que las herramientas SPSS Statistics y Weka fueron utilizadas para cumplir con las fases de aplicación de técnicas de minería de datos e interpretación y presentación de los datos.

En la fase de búsqueda de información se hizo una investigación que proporcionó información acerca del problema, se identificaron las instituciones públicas del Ecuador que tienen como finalidad la planificación, regulación y control del tránsito. Una vez seleccionadas las instituciones que velan por la seguridad vial, se identificaron aquellas que proporcionaban información acerca de los eventos de siniestros de



Fig. 1: Metodología utilizada en la investigación

tránsito. Al final se establecieron lineamientos que facilitaron la obtención de bases de datos confiables. Para el desarrollo del presente trabajo, fue necesaria la obtención de datos referentes a Siniestros de Tránsito en Ecuador, por consiguiente, se procedió a seleccionar las bases de datos que cumplieran con los lineamientos establecidos en la fase anterior. Se delimitó que la información obtenida debía ser recopilada del año 2020, correspondiente al Ecuador y sus provincias, además debía ser obtenida de fuentes oficiales y fidedignas. La base de datos seleccionada fue la realizada por la Agencia Nacional de Tránsito a partir de los partes policiales que son diseñados y aprobados por cada uno de los entes de control, bajo los parámetros técnicos establecidos por la misma institución (ANT, 2020b).

Dentro de la fase de depuración de la base de datos, primero se realizó la evaluación del conjunto de datos, esto con el fin de seleccionar las variables relevantes para determinar los factores más influyentes en la ocurrencia de siniestros de tránsito en Ecuador, después se procedió a la limpieza del conjunto de datos que contiene las variables antes seleccionadas, a través de la herramienta OpenRefine, con la cual se estandarizaron el nombre de las variables y los datos contenidos en los registros transformándolos a mayúsculas, además se procedió a eliminar y reemplazar tildes y otros caracteres que distorsionaban la detección de patrones y no aportaban al descubrimiento de conocimiento, y por último a través de la herramienta de RStudio se realizó la eliminación de registros que presentaban inconsistencias relacionada a leyes de tránsito existentes en Ecuador.

Más adelante, en la fase correspondiente a la minería de datos, se aplicaron siete algoritmos de clasificación al conjunto de datos depurado, los algoritmos seleccionados de acuerdo a la literatura encontrada fueron los CHAID (Chi-squared Automatic Interaction Detection), CHAID Exhaustivo, CRT (Claiming Rule Team), Perceptrón Multicapa, Función de Base Radial, Naive Bayes y BayesNet, para la aplicación de los algoritmos de árboles de decisión y redes neuronales se utilizó la herramienta SPSS Statistics y para los algoritmos de redes bayesianas se usó la herramienta Weka, al aplicar los algoritmos de clasificación la "CLASE\_FINAL" fue establecida como variable objetivo.

Finalmente, en la fase de interpretación y presentación de resultados se eligió el algoritmo que proyectó mejores resultados, comparándolos con respecto a medidas de precisión y porcentajes de clasificación correcta de los datos, el algoritmo CHAID Exhaustivo fue el algoritmo con mejores porcen-

tajes presentados y en base a este se generaron reportes con las reglas de asociación de patrones y gráficos que facilitaron la interpretación de las mismas para así determinar los factores más influyentes en la ocurrencia de siniestros de tránsito y de esta manera obtener conclusiones finales del análisis realizado.

## RESULTADOS

### *Fase I: Búsqueda de información*

En esta fase se realizó una investigación acerca de instituciones que proporcionen bases de datos, las cuales contengan registros de sucesos de siniestros de tránsito ocurridos en Ecuador, una vez identificado dicho repositorio se procedió a analizar trabajos relacionados con el presente, como (ANT, 2020a), (Gomes Barcellos, 2020), (Pumares, 2019) y (Ospina-Mateus Quintana Jiménez, 2019), con la finalidad de obtener referencias para establecer los lineamientos para la selección del conjunto de datos más factible. Posterior a haber realizado dicha búsqueda fueron establecidos los lineamientos que se proponen en la Tabla 1.

**Tabla 1:** Criterios para la selección de la base de datos

Criterios de Inclusión	Criterios de Exclusión
Contenido Relacionado	Contenido no Relacionado
9 o más variables	Menos de 9 variables
Año 2020	Otros años
Fuentes oficiales	Fuentes no oficiales
Acceso público	Solicitud para obtener información

### *Fase II: Obtención de datos*

Ya establecidos los criterios para la selección de las bases de datos mostrados en la Tabla 1, se inició el proceso para la obtención de las mismas. Se trabajó con el conjunto de datos alojado en la página oficial de la (ANT, 2020b), en el cual se encuentra almacenada la información recopilada a partir de datos de los partes policiales del año 2020. La base de datos cuenta con 418 variables correspondientes a las categorías incluidas en dichos partes policiales, diseñados y aprobados por cada uno de los entes de control, bajo los parámetros técnicos establecidos por la (ANT, 2020b) y 16972 registros de eventos ocurridos sobre siniestros de tránsito en Ecuador. Considerando lo establecido en la Tabla 1, esta base de datos cumple con los cinco criterios establecidos. A través de la obtención de información se adquirió el conjunto de datos el cual fue el principal insumo para trabajar durante el desarrollo de las siguientes fases.

### *Fase III: Depuración de la base de datos*

En esta fase, se procedió a la evaluación de la misma, de esta manera se determinó que variables del conjunto de datos son las más relevantes y útiles para el proceso de aplicación de las técnicas de minería de datos, una vez evaluado el conjunto de datos se identificó trece variables relevantes, estas variables seleccionadas con referencia a las investigaciones de (Pumares, 2019), (Ospina-Mateus Quintana Jiménez, 2019) y (Gomes Barcellos, 2020) que tratan de la utilización de minería de datos para el análisis de los siniestros de tránsito.

Luego se realizó la limpieza a la base de datos, la herramienta usada para la eliminación de la información no útil fue OpenRefine, a través del uso de la función Transformaciones Comunes y Transformar, se realizó la estandarización del conjunto de datos, aplicando comandos para renombrar las variables, al igual para convertir los registros de las variables a mayúsculas y reemplazar un valor por otro, de esta manera se eliminó las tildes y se reemplazó la letra “Ñ”, por la letra “N”.

Una vez estandarizado el conjunto de datos, a través del software RStudio se procedió a eliminar información inconsistente presente en el conjunto de datos estandarizado, esta información se presentó en relación a la edad de los conductores de los diferentes tipos de vehículos involucrados en la ocurrencia de los siniestros de tránsito, la eliminación de esta información se llevó a cabo en base al Art. 125 del Reglamento a Ley De Transporte Terrestre Tránsito y Seguridad Vial, con esto se eliminaron registros controlando que estos almacenen datos de los participantes que sean conductores de los tipos de vehículos, ya sean automóviles y camionetas, que contaban con un servicio particular y de cuenta propia, que tengan una edad menor a 16 años y además controlando que para los demás tipos de vehículos involucrados y su tipo de servicio, diferentes a los antes mencionados, se eliminen los que cuenten con una edad menor a 18 años, luego de la aplicación de este control el número de registros se redujo de 16972 a 16940.

### *Fase IV: Aplicación de técnicas de minería de datos*

Para la aplicación de los algoritmos de minería de datos fueron utilizadas las herramientas SPSS Statistics y Weka, los algoritmos seleccionados de acuerdo a literatura encontrada en los cuales según (Rodríguez Hassiger, 2014) y (López Maldonado, 2013), destacan que las técnicas de minería de datos más utilizadas en el campo de la seguridad vial analizando siniestros de tránsito son los Árboles de Decisión, las Redes Neuronales Artificiales y las Redes Bayesianas.

Es por lo antes mencionado que se aplicaron tres tipos de algoritmos de árboles de decisión: CHAID, CHAID Exhaustivo y CRT; dos tipos de algoritmos de redes neuronales: Perceptrón multicapa y de Función de Base Radial; y por último los algoritmos de Redes Bayesianas: Naive Bayes y BayesNet, al aplicar dichos algoritmos se configuró la variable “CLASE\_FINAL” como variable objetivo esto en relación al objeto de estudio del presente trabajo. Mediante esta aplicación se realizó la clasificación del conjunto de datos sobre siniestros de tránsito registrados en Ecuador en el año 2020.

### *Fase V: Interpretación y presentación de resultados*

En esta fase primero se realizó el análisis de los resultados obtenidos después de la aplicación de los algoritmos de minería de datos. El análisis estuvo dado principalmente entorno a métricas de rendimiento basadas en la matriz de confusión generada por cada algoritmo estas métricas fueron el porcentaje global de instancias clasificadas correctamente y el porcentaje de precisión global especificado para cada categoría de la variable objetivo.

De acuerdo al análisis entorno a las métricas de rendimiento antes mencionadas, se identificó a los mejores algoritmos

para determinar los factores más influyentes para que ocurran siniestros de tránsito en Ecuador en el año 2020, dichos algoritmos se muestran ordenados de manera descendente en la Figura 2.

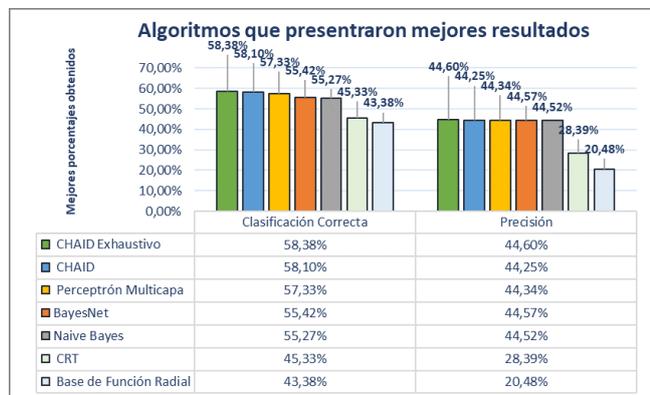


Fig. 2: Mejores resultados de clasificación correcta y precisión de acuerdo a cada algoritmo

El algoritmo de árbol de decisión CHAID Exhaustivo con un 58,38% y 44,60% de clasificación correcta y precisión respectivamente fue seleccionado como el de mejor rendimiento para la presentación de los resultados de la minería de datos aplicada. El árbol generado cuenta con una profundidad máxima de 5 nodos, con 216 nodos de los cuales 148 son nodos terminales. Se visualiza parte del árbol obtenido en la Figura 3.

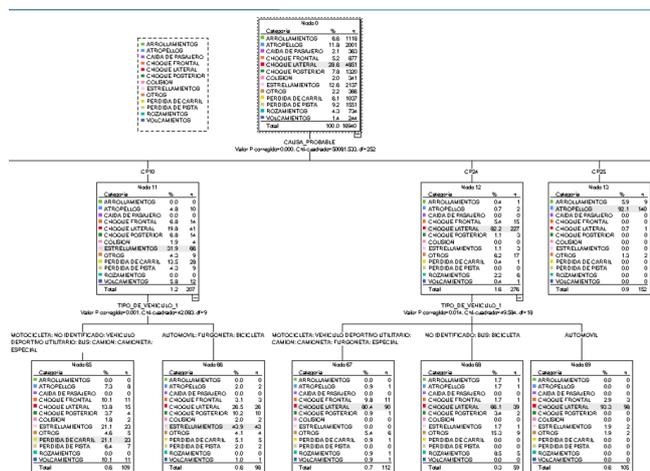


Fig. 3: Árbol obtenido con el algoritmo CHAID Exhaustivo.

A través del árbol de decisión generado del algoritmo CHAID Exhaustivo se presenta el conjunto de reglas de asociación de patrones obtenida, estas interpretadas mediante la utilización de gráficos en los cuales se muestra el contexto de la ocurrencia de las diferentes clases de siniestros de tránsito en Ecuador, mostrados a continuación:

La Figura 4 muestra que la principal causa probable para que ocurran siniestros de tránsito de clase choque lateral es en la que el conductor no respeta las señales reglamentarias de tránsito (pare, ceda el paso, luz roja del semáforo, etc.), con una probabilidad del 87,00%, esta probabilidad aumenta a un 96,40% al darse el siniestro en una zona urbana y al final la probabilidad incrementa al 97,30% si este siniestro ocurre en la provincia de Guayas, Loja, Morona Santiago o Napo.

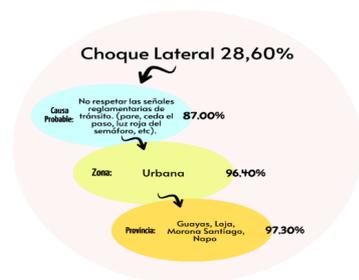


Fig. 4: Principales variables involucradas en la ocurrencia del siniestro de tránsito de clase Choque Lateral

Tal como se muestra en la Figura 5, el número de siniestros de tránsito registrados referentes a la clase estrellamientos es de 2137 que corresponde al 12,60% del total de registros, la causa probable más usual para que ocurra esta clase de siniestros de tránsito es debido a que el vehículo involucrado presenta una falla mecánica en los sistemas y/o neumáticos (sistema de frenos, dirección, electrónico o mecánico), con una probabilidad de ocurrencia del 51,40%.

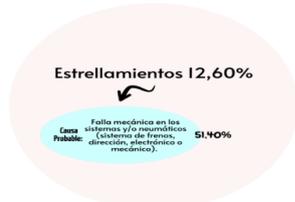


Fig. 5: Principal variable involucrada en la ocurrencia del siniestro de tránsito de clase Estrellamientos

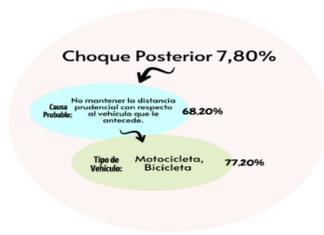
La principal causa probable para que ocurran siniestros de tránsito de clase atropellos es debido a que el peatón no transita por las aceras o zonas de seguridad destinadas para el efecto, con una probabilidad de ocurrencia del 92,40%, esto se muestra en la Figura 6.



Fig. 6: Principal variable involucrada en la ocurrencia del siniestro de tránsito de clase Estrellamientos

Como se muestra en la Figura 7, la principal causa probable para que ocurran siniestros de tránsito de clase choque posterior es debido a que el conductor no mantiene la distancia prudencial con respecto al vehículo que le antecede, con una probabilidad del 68,20% de ocurrencia y además si el tipo de vehículo involucrado sea una motocicleta o bicicleta la probabilidad de ocurrencia aumenta a un 77,20%.

En la Figura 8 se muestra que para que ocurran siniestros de tránsito de clase arrollamientos, la causa probable más habitual es conducir desatento a las condiciones de tránsito (celular, pantallas de video, comida, maquillaje o cualquier otro



**Fig. 7:** Principales variables involucradas en la ocurrencia del siniestro de tránsito de clase Choque Posterior

elemento distractor), con una probabilidad de ocurrencia del 20,50%, además a que estos siniestros ocurran en la provincia de Pichincha con una probabilidad del 42,20%, y que tipo de vehículo involucrado ya sea automóvil y especial con una probabilidad del 59,00% de ocurrencia y finalmente se den en una zona urbana con un 67,70% de probabilidad de ocurrencia.



**Fig. 8:** Principales variables involucradas en la ocurrencia del siniestro de tránsito de clase Arrollamientos

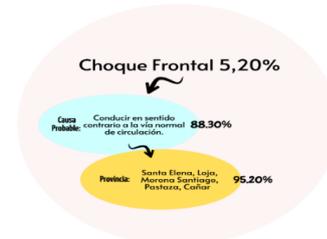
Para que ocurran siniestros de tránsito de clase pérdida de carril, de acuerdo a la Figura 9, se obtuvo que la principal causa probable de ocurrencia es debido a la presencia de agentes externos en la vía (agua, aceite, piedra, lastre, escombros, maderos, etc.), con una probabilidad del 44,40% y además que la condición del involucrado sea de lesionado con una probabilidad del 66,00%.



**Fig. 9:** Principales variables involucradas en la ocurrencia del siniestro de tránsito de clase Choque Lateral

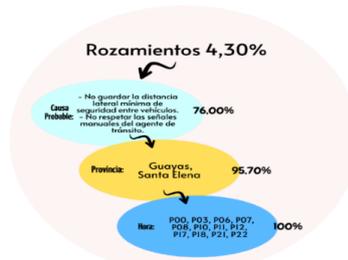
En la mayoría de siniestros de tránsito de clase choque frontal como se muestra en la Figura 10, la principal causa probable fue el conducir en sentido contrario a la vía normal de circulación, con un 88,30% de probabilidad de ocurrencia y esta probabilidad aumenta al 95,20% debido a que este ocurre en las provincias de Santa Elena, Loja, Morona Santiago, Pastaza o Cañar.

De acuerdo a la Figura 11, la principal causa probable para que ocurran siniestros de tránsito de clase rozamientos es debido a que el conductor no guarda la distancia lateral mínima



**Fig. 10:** Principales variables involucradas en la ocurrencia del siniestro de tránsito de clase Choque Frontal

de seguridad entre vehículos y no respeta las señales manuales del agente de tránsito, con una probabilidad del 76,00% de ocurrencia, además a que estos siniestros ocurran en la provincia de Guayas o Santa Elena con un 95,70% de probabilidad de ocurrencia y que finalmente se den en los periodos de tiempo de las horas mostradas en la Tabla 2 con una probabilidad del 100% de ocurrencia.



**Fig. 11:** Principales variables involucradas en la ocurrencia del siniestro de tránsito de clase Rozamientos

**Tabla 2:** Horas de ocurrencia del siniestro de tránsito Rozamientos

Hora
00:00:00 A 00:59:00 AM
03:00:00 A 03:59:00 AM
06:00:00 A 06:59:00 AM
07:00:00 A 07:59:00 AM
08:00:00 A 08:59:00 AM
10:00:00 A 10:59:00 AM
11:00:00 A 11:59:00 AM
12:00:00 A 12:59:00 PM
17:00:00 A 17:59:00 PM
18:00:00 A 18:59:00 PM
21:00:00 A 21:59:00 PM
22:00:00 A 22:59:00 PM

En la Figura 12 se muestra que, la principal causa probable para que ocurran otras clases de siniestros de tránsito se da por un caso fortuito o fuerza mayor (explosión de neumático nuevo, derrumbe, inundación, caída de puente, árbol, presencia intempestiva e imprevista de semovientes en la vía, etc.), con una probabilidad de ocurrencia del 43,20%.

De acuerdo a lo expuesto en la Figura 13, la principal causa probable para que ocurran los siniestros de tránsito de clase caída de pasajero está determinada en su mayoría debido a que los pasajeros se bajan o suben de vehículos en movimiento sin tomar las precauciones debidas, con una probabilidad del 93,80% y además que estos ocurran en los periodos de

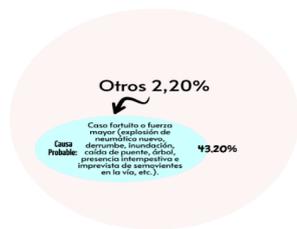


Fig. 12: Principal variable involucrada en la ocurrencia del siniestro de tránsito de clase Otros

tiempo de las horas mostradas en la Tabla 3 con una probabilidad del 100% de ocurrencia.

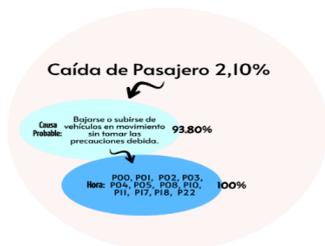


Fig. 13: Principales variables involucradas en la ocurrencia del siniestro de tránsito de clase Caída de Pasajero

Tabla 3: Horas de ocurrencia del siniestro de tránsito Caída de Pasajero

Hora
00:00:00 A 00:59:00 AM
01:00:00 A 01:59:00 AM
02:00:00 A 02:59:00 AM
03:00:00 A 03:59:00 AM
04:00:00 A 04:59:00 AM
05:00:00 A 05:59:00 AM
08:00:00 A 08:59:00 AM
10:00:00 A 10:59:00 AM
11:00:00 A 11:59:00 AM
17:00:00 A 17:59:00 PM
18:00:00 A 18:59:00 PM
22:00:00 A 22:59:00 PM

Según los gráficos presentados anteriormente se identifica que la variable más influyente para que ocurran siniestros de tránsito es la “CAUSA PROBABLE”, es por esto que se realiza el análisis de las mismas, tomando en cuenta la información proporcionada por la ANT, entidad que lleva las estadísticas de accidentes y siniestralidad vial en Ecuador, la cual ha categorizada para el año 2020 las causas probables de los siniestros de tránsito tal como se muestra en la Tabla 4.

La causa probable con mayor probabilidad de ocurrencia con un 95,20% es la de conducir en sentido contrario a la vía normal de circulación, provocando el siniestro de tránsito de clase choque frontal, mientras que conducir desatento a las condiciones de tránsito (celular, pantallas de video, comida, maquillaje o cualquier otro elemento distractor), es la causa probable con menor probabilidad de ocurrencia con un total

Tabla 4: Causas Probables de siniestros de tránsito en el Ecuador

Nº	Cód.	Causa probable	Prob. de Ocu.
1	CP01	Caso fortuito o fuerza mayor (explosión de neumático nuevo, derrumbe, inundación, caída de puente, árbol, presencia intempestiva e imprevista de semovientes en la vía, etc.).	43,20%
2	CP02	Presencia de agentes externos en la vía (agua, aceite, piedra, lastre, escombros, maderos, etc.).	44,40%
3	CP05	Falla mecánica en los sistemas y/o neumáticos (sistema de frenos, dirección, electrónico o mecánico).	51,40%
4	CP11	No mantener la distancia prudencial con respecto al vehículo que le antecede.	69,20%
5	CP12	No guardar la distancia lateral mínima de seguridad entre vehículos.	76,00%
6	CP13	Conducir desatento a las condiciones de tránsito (celular, pantallas de video, comida, maquillaje o cualquier otro elemento distractor).	20,50%
7	CP15	No transitar por las aceras o zonas de seguridad destinadas para el efecto.	92,40%
8	CP16	Bajarse o subirse de vehículos en movimiento sin tomar las precauciones debida.	93,80%
9	CP17	Conducir en sentido contrario a la vía normal de circulación.	95,20%
10	CP22	No respetar las señales reglamentarias de tránsito. (pare, ceda el paso, luz roja del semáforo, etc).	87,00%
11	CP23	No respetar las señales manuales del agente de tránsito.	76,00%

del 20,50% provocando en su mayoría siniestros de tránsito de clase arrollamientos, esto mostrado en la Figura 14.

Para cumplir con el objeto de estudio las causas probables mostradas en la Figura 14, se las categorizó en tres factores que son: Factor Humano, Factor Vehículo y Factor Entorno, tomando como referencia los trabajos realizados por (Constante Tipán, 2017), (Calle Reinoso Sarabia Paucay, 2020) y (Román Matamoros, 2015); esto con la finalidad y el afán de llegar a las causas probables más concretas, especificando el factor relacionado por el cual se producen o se ocasionan los siniestros de tránsito, para al final poder determinar cuáles son los factores más influyentes en la ocurrencia de siniestros de tránsito en Ecuador, quedando la categorización como se muestra en la Figura 15.

Como muestra la Figura 15, al categorizar las once causas

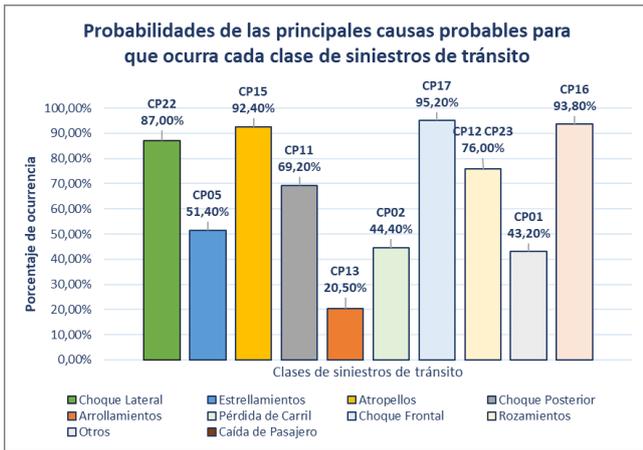


Fig. 14: Resultados de las probabilidades de ocurrencia de las causas probables cada clase de siniestro de tránsito

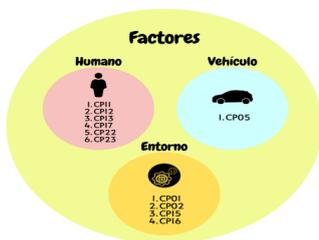


Fig. 15: Categorización en factores a las causas probables de los siniestros de tránsito

probables mostradas en la Figura 14, cinco de estas causas fueron categorizadas dentro del Factor Humano, una causa probable fue asignada al Factor Vehículo y por último cuatro causas categorizadas en el Factor Entorno.

Es así que a partir de esta diferenciación de las causas probables de los siniestros de tránsito en Ecuador, se analiza las cifras del año 2020, estas obtenidas del conjunto de reglas generadas a partir de la aplicación del algoritmo CHAID Exhaustivo, de tal forma que se realizó la ponderación de las probabilidades de ocurrencia de cada una de las causas probables correspondientes a los tres tipos de factores establecidos en la ocurrencia de las diferentes clases de siniestros de tránsito, esto mostrado en la Figura 16.

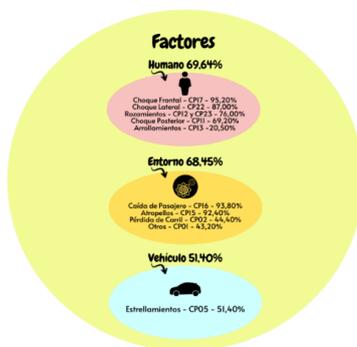


Fig. 16: Resultados de las probabilidades de ocurrencia en relación a los tipos de factores

La Figura 16 muestra el contexto en el cual se determina la probabilidad de ocurrencia para cada tipo de factor establecido, involucrando en el Factor Humano a cinco clases de siniestros, para el Factor Entorno cuatro clases de siniestros

y finalmente una clase de siniestro para el Factor Vehículo, acotando que, cada una de estas clases presenta la causa principal por la cual ocurre cada siniestro y además el porcentaje de probabilidad de ocurrencia para cada una de estas, los cuales sirvieron para ponderar el porcentaje global de probabilidad de ocurrencia para su respectivo tipo de factor.

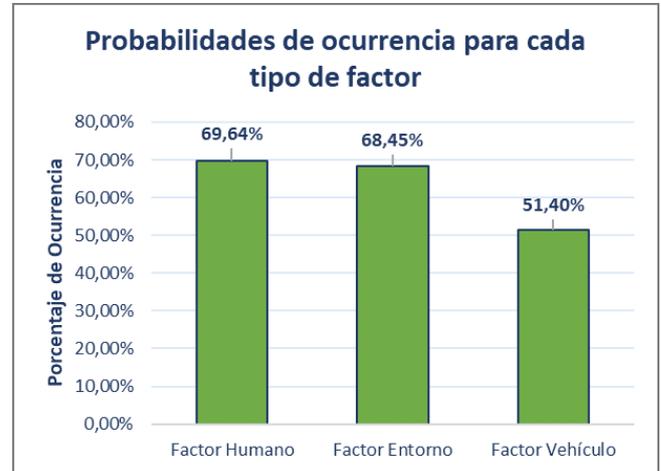


Fig. 17: Factores influyentes para la ocurrencia de siniestros de tránsito en Ecuador

En la Figura 17 se muestra que los factores más influyentes para la ocurrencia de siniestros de tránsito en Ecuador en el año 2020 son los Factores Humanos con una probabilidad de ocurrencia del 69,64 %, esto seguido del Factor Entorno con una probabilidad del 68,45 % y por último el Factor Vehículo con un total del 51,40 % de probabilidad de ocurrencia.

Finalmente, en el siguiente hipervínculo se comparte el conjunto de datos referente a los siniestros de tránsito ocurridos en Ecuador en el año 2020 y el tratamiento de los mismos con respecto a la ejecución de la metodología KDD para el cumplimiento del objetivo del presente trabajo.

## DISCUSIÓN

Para el cumplimiento de la primera fase de la metodología KDD, se generó un protocolo de búsqueda para identificar las bases de datos, esto a través del establecimiento de lineamientos relacionados para obtener información relevante sobre siniestros de tránsito en Ecuador en el año 2020. Este protocolo permitió una búsqueda sistemática de la información, priorizando las bases de datos a utilizar en cada momento, dando como resultado la obtención de una base de datos consolidada con información confiable, precisa y actualizada que permitió el cumplimiento del objeto de estudio. Por el contrario, el estudio realizado por (Pumares, 2019) ejecutó la integración de múltiples fuentes de datos separadas, a través del establecimiento de un proceso que lea los datos de dichas diferentes fuentes, los limpie y los adecue a la estructura que tiene el data warehouse para su almacenamiento, este tipo de proceso fue llevado a cabo mediante un sistema conocido como sistema ETL. Por tanto, se resalta que la generación de un protocolo de búsqueda se considera una contribución muy importante por parte del presente artículo.

La fase de depuración de la base de datos obtenida se realizó con el objetivo de filtrar aquellos datos que no fueron rele-

vantes para el análisis posterior, inicialmente se filtraron atributos mediante el análisis de las variables, como resultado fueron seleccionadas trece variables relevantes, de igual manera se realizó un filtrado de registros con el fin de eliminar registros almacenados que afectan al proceso de descubrimiento del conocimiento. En el trabajo relacionado realizado por (Gomes Barcellos, 2020), ejecutan un proceso similar al aplicado en el presente artículo con respecto a la depuración del conjunto de datos utilizado, en el cual realizan un análisis para seleccionar los atributos relacionados a las principales causas de los accidentes, esto con el fin de identificar patrones en la ocurrencia de siniestros de tránsito.

En la fase de minería de datos se aplicó los algoritmos de árboles de decisión CHAID, CHAID Exhaustivo y CRT; redes neuronales Perceptrón Multicapa y de Base de Función Radial; y redes bayesianas Naive Bayes y BayesNet, mediante las herramientas SPSS Statistics y Weka; si bien actualmente existen muchos algoritmos de minería de datos, se optó por los antes mencionados debido a la literatura encontrada en la que mencionan que los algoritmos más utilizadas en el campo de la seguridad vial, analizando siniestros de tránsito son los Árboles de Decisión, las Redes Neuronales y las Redes Bayesianas.

En los trabajos relacionados realizados por Atnafu Kaur (2017), Ospina-Mateus Quintana Jiménez (2019), Yuan et al. (2017), Makkar et al. (2017), Almamlook et al. (2019), se realiza una aplicación de los algoritmos antes mencionados bastante similar mediante Weka, R y Rapid Miner, pero no todos aplican específicamente las variantes de árboles de decisión como CHAID, CHAID Exhaustivo o CRT, en unos trabajos aplican el algoritmo Random Forest y en otros el algoritmo J 48 y C4.5.; dentro del desarrollo del presente trabajo se debe destacar, que la aplicación de los algoritmos tuvo el propósito de determinar los factores más influyentes para la ocurrencia de siniestros de tránsito en Ecuador en el año 2020. Se debe exponer además que la ejecución de los algoritmos en las herramientas SPSS Statistics y Weka resulta más sencilla que al hacerlo en un lenguaje de programación, debido a que se la puede realizar mediante la interfaz gráfica que ofrecen estas herramientas.

Con respecto a la fase de interpretación de resultados, primero se realizó la evaluación de cuales fueron los algoritmos con mejores resultados, para que a través del mejor se presenten los mismos de manera simplificada y comprensibles, resaltando que realmente pocos son los estudios que muestran de manera detallada la etapa de evaluación de los algoritmos de minería de datos aplicados. Es por ello, que en el presente artículo se realizó el proceso de evaluación mediante la comparación de las métricas de rendimiento, esta métricas fueron el porcentaje global de instancias clasificadas correctamente y el porcentaje de precisión global especificado para cada categoría de la variable objetivo, se eligió este proceso por que a través de este se compararon todos los algoritmos aplicados, mediante la utilización de tablas y gráficos que muestran los porcentajes de rendimiento para cada uno de ellos, con el fin de elegir el mejor algoritmo.

Los resultados plasmados mediante los gráficos presentados fueron realizados en base al algoritmo CHAID Exhaustivo, considerando que este obtuvo los porcentajes más altos, específicamente 58,38% de clasificación correcta y 44,60% de precisión. El trabajo relacionado de AlKheder et al.

(2020), realiza el mismo proceso de evaluación de los algoritmos aplicados con el fin de decidir que algoritmo fue mejor en la predicción de las variables independientes, esto ayudó a entender que algoritmo funcionó con más precisión con los datos utilizados para la predicción de la muestra para cada factor, en este estudio el algoritmo de Red Bayesiana tuvo la mayor precisión, seguido de algoritmo CHAID Exhaustivo, dejando al final al algoritmo Máquina de Vectores de Apoyo (SVM) debido a que tuvo la menor precisión en comparación con los otros algoritmos.

A través del algoritmo CHAID Exhaustivo se determinó que la causa probable con más probabilidad de ocurrencia con un 95,20% fue conducir en sentido contrario a la vía normal de circulación, mientras que la causa probable de conducir desatento a las condiciones de tránsito (celular, pantallas de video, comida, maquillaje o cualquier otro elemento distractor) fue la que presentó la menor probabilidad de ocurrencia con un 20,50%, destacando que estas dos causas probables fueron categorizadas dentro del Factor Humano, por el contrario, con el estudio de Pumares (2019) el cual presenta a la causa relacionada a conducir con falta de atención a las condiciones de tránsito, como la que obtuvo un mayor nivel de soporte y confianza, esto a través de la aplicación del algoritmo árbol de decisión C4.5. con una precisión del 58,00%.

## CONCLUSIONES

Los datos obtenidos sobre siniestros de tránsito en Ecuador en el año 2020 a través de la página oficial de la ANT fueron el principal insumo y tuvieron un aporte muy significativo al desarrollo del presente trabajo, ya que son datos que fueron recolectados por entes de control gubernamentales de las 24 provincias del país, lo que permitió que la aplicación de la minería de datos presente resultados satisfactorios referentes al objeto de estudio.

Comparando los resultados de cada algoritmo de clasificación, se concluye que el algoritmo con mejores resultados de rendimiento con respecto a porcentajes de clasificación correcta de las instancias y de precisión con valores de 58,38% y 44,60% respectivamente es el árbol de decisión CHAID Exhaustivo, el cual permitió determinar cuáles fueron los factores más influyentes para que ocurran siniestros de tránsito en Ecuador en el año 2020 mostrando el contexto de ocurrencia de cada clase de siniestro de tránsito.

La categorización de los tres factores fue realizada en relación a las categorías presentes en la variable "CAUSA-PROBABLE", estas fueron diferenciadas de acuerdo al factor humano, factor vehículo y factor entorno, esto con el propósito de tratar más concretamente a las causas probables, para poder cumplir con el objetivo de desarrollar el presente trabajo.

A través de la aplicación de minería de datos, fue posible determinar los factores más influyentes para que ocurran siniestros de tránsito en Ecuador en el año 2020, dando como resultado que el factor humano es el factor más influyente con una probabilidad de ocurrencia del 69,64%, implicando a cinco causas probables principales que son: conducir en sentido contrario a la vía normal de circulación, no respetar las señales reglamentarias de tránsito (pare, ceda el paso, luz roja del semáforo, etc.), no guardar la distancia lateral

mínima de seguridad entre vehículos, no respetar las señales manuales del agente de tránsito, el no mantener la distancia prudencial con respecto al vehículo que le antecede y por último conducir desatento a las condiciones de tránsito (celular, pantallas de video, comida, maquillaje o cualquier otro elemento distractor).

## AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional de Loja y a los distinguidos docentes de la Carrera de Ingeniería en Sistemas por los conocimientos brindados y de manera especial al Ing. Oscar Cumbicus Pineda, por su guía durante esta investigación.

## CONTRIBUCIONES DE LOS AUTORES

Conceptualización, YTQ; metodología, YTQ; análisis formal, YTQ; investigación, YTQ; recursos, YTQ; curación de datos, YTQ; redacción — preparación del borrador original, YTQ; redacción — revisión y edición, YTQ. Todos los autores han leído y aceptado la versión publicada del manuscrito. Yulissa Torres-Quezada: YTQ.

## FINANCIAMIENTO

El presente estudio tuvo un financiamiento de procedencia propia por parte del autor.

## REFERENCIAS

Aftab, U., y Siddiqui, G. F. (2018). Big Data Augmentation with Data Warehouse: A Survey. 2018 IEEE International Conference on Big Data (Big Data), 2785–2794. <https://doi.org/10.1109/BigData.2018.8622206>

AlKheder, S., AlRukaibi, F., y Aiash, A. (2020). Risk analysis of traffic accidents' severities: An application of three data mining models. *ISA Transactions*, 106, 213–220. <https://doi.org/10.1016/j.isatra.2020.06.018>

Almamlook, R. E., Kwayu, K. M., Alkasisbeh, M. R., y Frefer, A. A. (2019). Comparison of machine learning algorithms for predicting traffic accident severity. 2019 IEEE Jordan International Joint Conference on Electrical Engineering and Information Technology, JEEIT 2019 - Proceedings, 272–276.

ANT. (2020a). Reporte Nacional de Siniestros de Tránsito.

ANT. (2020b). Siniestros de Tránsito.

Atnafu, B., y Kaur, G. (2017). Analysis and Predict the Nature of Road Traffic Accident Using Data Mining Techniques in Maharashtra, India. *Gagandeep Kaur International Journal of Engineering Technology Science and Research IJETSRS* [www.ijetsr.com](http://www.ijetsr.com) ISSN, 4(1), 2394–3386.

Calle Reinoso, E. F., Sarabia Paucay, L. T. (2020). Desarrollo de una base de datos para evaluar la percepción de la seguridad vial en Ecuador. *Universidad Politecnica Salesiana*.

Constante Tipán, N. V. (2017). Accidentes de Tránsito producidos por Imprudencia y Negligencia de Conductores y Peatones en la Avenida Simón Bolívar del DMQ, Año 2016. *UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR*.

Gomes, R., Barcellos, S. (2020). Brazilian federal roads: identifying patterns in traffic accidents using data mining techniques with apriori algorithm. December..

IBM. (2021). SPSS Software | IBM. <https://www.ibm.com/analytics/spss-statistics-software>

INEC, T. (2020). Anuario de Estadísticas de Transporte 2019.

López Maldonado, G. (2013). Análisis de la severidad de los accidentes de tráfico utilizando Técnicas de Minería de Datos. *Universidad de Granada*.

Makkar, A., Gill, H. S., Scholar, M. T., y Science, C. (2017). A Radical Approach to Forecast the Road Accident Using Data Mining Technique. 2(8).

Organización Mundial de la Salud. (2018). Informe sobre la situación mundial de la seguridad vial 2018.

Ospina-Mateus, H., y Quintana Jiménez, L. A. (2019). Predicción de accidentes viales en Cartagena, Colombia, con árboles de decisión y reglas de asociación. *Economía Región*, 13(2), 83–115.

Pumares, A. (2019). Minería de datos en el análisis de causas de accidentes de tránsito en el Ecuador. *Universidad Tecnológica Israel*.

Rodriguez Hassiger, M. M. (2014). Aplicacion de tecnicas de mineria de datos en accidentes de trafico. *Universidad Politecnica de Valencia*.

Roman Matamoros, D. X. (2015). Integracion de un programa de seguridad vial al modelo Ecuador [Universidad San Francisco de Quito-Ecuador, Universidad de Huelva-Espana]

Yuan, Z., Zhou, X., Yang, T., Tamerius, J., y Mantilla, R. (2017). Predicting Traffic Accidents Through Heterogeneous Urban Data: A Case Study. *Urban Computing*, 1–9.

# Análisis comparativo para la evaluación de frameworks usados en el desarrollo de aplicaciones web

## *Comparative analysis for the evaluation of frameworks used in web development applications*

Raquel Espinosa-Hurtado<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup> Carrera de Ingeniería en Sistemas/Computación, Universidad Nacional de Loja, Loja, Ecuador

\* Autor para correspondencia: raquel.espinosa@unl.edu.ec

Fecha de recepción del manuscrito: 17/11/2021

Fecha de aceptación del manuscrito: 11/12/2021

Fecha de publicación: 24/12/2021

---

**Resumen**—El desarrollo de aplicaciones web ha tenido un crecimiento exponencial a lo largo de los últimos años, esto se debe al hecho de que cada día son más las exigencias requeridas para la web que proporcionen a los usuarios mejores experiencias al momento de hacer uso de ellas. Por tal razón, surge la necesidad de utilizar herramientas que permitan implementar estas aplicaciones de forma rápida y eficiente, además de que puedan adaptarse a las necesidades de los desarrolladores. El objetivo del presente trabajo es realizar un análisis comparativo para la evaluación de frameworks usados en el desarrollo de aplicaciones web; para esto, inicialmente se determinaron los frameworks Laravel y Django. Para conocer cuál de estos dos entornos era el mejor, se determinaron los criterios que permitieron realizar la evaluación de los mismos; estos criterios fueron establecidos en base al modelo de evaluación de la norma ISO/IEC 25000. Para realizar el análisis de los frameworks se generó un entorno de experimentación que consistió en el desarrollo de una aplicación de prueba, con la cual se pudo efectuar la evaluación de los mismos. La aplicación fue desarrollada haciendo uso de la metodología XP, ya que esta es considerada como una metodología ágil que se adapta de forma adecuada a las necesidades del proyecto. Finalmente, se realizó el análisis comparativo, mediante el cual se pudo determinar las fortalezas y debilidades que presentan los frameworks, logrando determinar que Django es el entorno más adecuado para el desarrollo de aplicaciones web.

**Palabras clave**—Aplicaciones web, Frameworks, ISO/IEC 25000, Modelo de evaluación

---

**Abstract**—The development of web applications has had exponential growth over the last few years, this is due to the fact that every day there are more and more demands required for the web to provide users with better experiences when using them. For this reason, there is a need to use tools that allow the implementation of these applications quickly and efficiently, and that can be adapted to the needs of developers. The objective of this work is to perform comparative analysis for the evaluation of frameworks used in the development of web applications; for this, the Laravel and Django frameworks were initially determined. In order to know which of these two frameworks was the best, the criteria that allowed the evaluation of the same were determined; these criteria were established based on the evaluation model of the ISO/IEC 25000 standard. In order to perform the analysis of the frameworks, an experimental environment was generated, which consisted of the development of a test application, with which the evaluation of the frameworks could be carried out. The application was developed using the XP methodology since this is considered an agile methodology that adapts adequately to the needs of the project. Finally, the comparative analysis was performed, through which it was possible to determine the strengths and weaknesses of the frameworks, being able to determine that Django is the most suitable environment for the development of web applications.

**Keywords**—Web applications, Frameworks, ISO/IEC 25000, Evaluation model

---

## INTRODUCCIÓN

A lo largo de los años se ha podido evidenciar que el avance de la tecnología ha tenido un crecimiento exponencial en todos sus campos de aplicación, por lo tanto, el desarrollo web no es la excepción, ya que cada vez son más las exigencias requeridas, necesitando de nuevas y útiles características para los usuarios de la web. El avance de la tec-

nología en estos tiempos ha sido crucial, ya que ha permitido que los individuos puedan interactuar de mejor forma y desenvolverse en sus tareas sin mayores inconvenientes. En este contexto, el desarrollo de aplicaciones web es vital, pues facilita en gran medida la vida de las personas, por lo tanto, es necesario que se sigan desarrollando nuevas herramientas que brinden a los usuarios experiencias significativas que sean intuitivas y fáciles de usar. Sin embargo, todas

estas nuevas exigencias y requerimientos para la web, representan nuevos retos para quienes llevan a cabo la tarea del desarrollo, teniendo en cuenta que, al satisfacer las exigencias de los usuarios, también se requiere de estructuras de desarrollo que proporcionen el soporte necesario para crear aplicaciones que complazcan a los internautas, y que además de potentes sean fáciles de usar para los programadores.

Es allí donde nace la necesidad del uso de los frameworks de desarrollo web, ya que estos incorporan funcionalidades ya desarrolladas y probadas, implementadas en un determinado lenguaje de programación que permite a los desarrolladores crear aplicaciones web de forma fácil y rápida, así como también mantener el código generado y realizar configuraciones sobre el mismo, proporcionando patrones de diseño que permiten crear un código mucho más robusto, ordenado y libre de redundancias, debido a que al tener muchas funcionalidades y especificaciones, es posible que los programadores adopten malas prácticas de programación, mezclando el código generado y redundando en el desarrollo (Molina Ríos, 2016). Los frameworks son diseñados precisamente para evitar estos problemas y lograr que se generen aplicaciones de calidad. Sin embargo, surge la interrogante sobre ¿qué framework es mejor para mi aplicación?

La presente investigación nace del análisis de la problemática encontrada en el ámbito del desarrollo de aplicaciones web, con base en los inconvenientes mencionados anteriormente, se ha considerado pertinente realizar un análisis comparativo para la evaluación de frameworks usados en el desarrollo de dichas aplicaciones. Para el desarrollo del proyecto se determinaron los frameworks de desarrollo de aplicaciones web más utilizados en el año 2020, con lo cual se obtuvo una lista de frameworks, determinando que los entornos Laravel y Django fueron los más usados en dicho año, con los cuales se llevó a cabo la evaluación. Luego se seleccionó el modelo perteneciente a la Norma ISO/IEC 25000 para el establecimiento de los criterios que sirvieron para la evaluación de los frameworks anteriormente mencionados. Posterior a ello, se generó un escenario de experimentación, en el cual se realizó la implementación de una aplicación que sirvió para la evaluación de los frameworks en base a los criterios establecidos por medio del modelo seleccionado; y, finalmente se realizó el análisis comparativo en base a los resultados obtenidos en la evaluación y se establecieron las fortalezas y debilidades de cada uno de ellos.

A continuación, se describe de manera general las secciones que contiene el presente trabajo, en el cual consta todo el proceso realizado para dar cumplimiento al mismo. En la sección de Fundamentos teóricos se muestra toda la información necesaria que sirvió como base fundamental para adquirir los conocimientos requeridos para realizar la investigación. La sección de Materiales y métodos presenta los recursos que fueron utilizados y los participantes que intervinieron en el desarrollo del proyecto. Posterior a ello, se encuentra la sección de Resultados, en la cual se presenta la evidencia obtenida a lo largo del desarrollo del trabajo. En la sección de Discusión se analiza los resultados obtenidos, y de igual forma, se describe cómo se cumple con el trabajo realizado. Finalmente se encuentran las conclusiones emitidas luego de haber culminado el desarrollo del presente trabajo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Para la presente investigación fue necesaria la utilización de ciertos recursos, los cuales se detallan a continuación:

### *Recursos científicos*

#### *Método analítico*

Se lo empleó porque permite analizar de manera minuciosa hechos en particular, en este caso se realizó el análisis tomando en consideración las características de la métrica de calidad según el estándar internacional ISO/IEC 25000 con el objetivo de poder determinar cuál es el mejor framework que se puede utilizar para el desarrollo de aplicaciones web.

#### *Método descriptivo*

Se lo empleó para realizar la descripción de las características y prestaciones que cada uno de los frameworks posee, tomando en cuenta los criterios establecidos en la norma ISO/IEC 25000, para realizar el análisis de los resultados, y de esta manera poder emitir criterios que sean de ayuda y enriquezcan el conocimiento y ayuden a los desarrolladores a poder seleccionar la mejor herramienta que pueda servir para llevar a cabo el desarrollo de aplicaciones web.

#### *Revisión bibliográfica*

Gracias a la utilización de esta técnica se sustentó la base teórica de la investigación, mediante consultas a fuentes bibliográficas confiables como: libros, artículos científicos, revistas indexadas, bases de datos científicas, entre otros.

#### *Reuniones*

Esta técnica fue necesaria para llevar a cabo el proceso de experimentación, con lo cual se pudo dar a conocer cada una de las indicaciones y especificaciones del experimento desarrollado a los alumnos seleccionados para este proceso. De igual manera, fue útil para realizar el seguimiento de las tareas y recolección de la información.

#### *Metodología XP*

Esta metodología fue de vital importancia en el desarrollo de la aplicación de prueba realizada en la experimentación de la presente investigación, debido a que tal y como se menciona en (Arcos Chalán Chicaiza Inguillay, 2016) y (Builes, 2019), la metodología de desarrollo XP (Programación extrema) es un proceso ágil de desarrollo de software, que se enfoca en realizar buenas prácticas de codificación, una clara comunicación y está orientada al trabajo en equipo.

### *Recursos éticos*

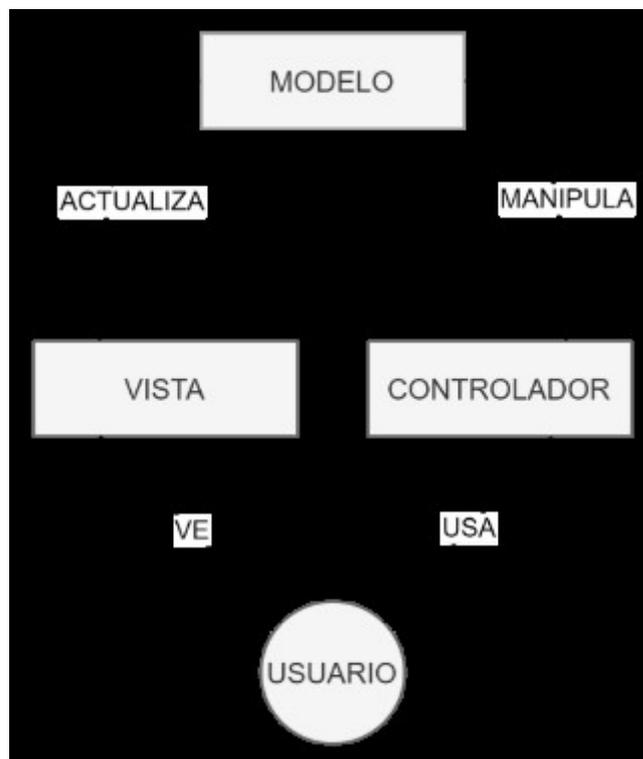
#### *Consentimiento informado*

Este recurso fue muy importante para realizar la experimentación, a través del cual se pudo garantizar que los alumnos seleccionados para llevar a cabo dicha tarea expresaran de forma voluntaria su intención de poder participar en la presente investigación, para ello, previamente se les dio a conocer las especificaciones del experimento a realizar.

**Tabla 1:** Frameworks más utilizados en el año 2020

N°	Nombre del Framework
1	Laravel
2	Django
3	VueJS
4	React
5	Ruby on Rails
6	Node.js
7	Angular
8	Express
9	jQuery
10	Electron
11	ExtJS
12	Jenkins
13	EmberJS
14	Knockout
15	A-Frame
16	Mithril
17	Mybatis
18	Codeigniter
19	BackboneJS
20	CakePHP
21	Spring
22	SSM framework
23	VAADIN Framework
24	Aurelia
25	ZK

de decir que la interfaz gráfica es sólo una página web en el navegador (Arcos Chalán Chicaiza Inguillay, 2016). En la Figura 1 se puede evidenciar la arquitectura MVC en la cual está basada el framework Laravel.



**Fig. 1:** Arquitectura de Laravel (Ovando Ortega, 2019).

### Elección de los frameworks

De acuerdo a una RSL (Revisión Sistemática de Literatura) realizada en el año 2020 sobre los frameworks de desarrollo de aplicaciones web más utilizados a lo largo de dicho año, se obtuvieron los resultados que se presentan en la Tabla 1.

Para el presente estudio se seleccionaron los frameworks Laravel y Django para llevar a cabo la comparación de los mismo, siendo que estos fueron los dos más utilizados durante dicho año para el desarrollo de aplicaciones web.

### Framework Laravel

Laravel es un framework de código abierto basado en el lenguaje PHP, este posee una filosofía muy clara, que está enfocada para que el código desarrollado sea lo más expresivo y elegante posible, para desarrollar aplicaciones y servicios web. Laravel propone una forma de desarrollar aplicaciones web de un modo mucho más ágil, simplificando el trabajo con tareas comunes como la autenticación, el enrutamiento, gestión sesiones, etc. (Cabrera León, 2019).

### Arquitectura de Laravel

Laravel sigue el patrón de arquitectura MVC tradicional, mismo que especifica una separación entre la lógica de negocios, de la lógica de entradas y presentación asociada con una interfaz gráfica de usuario (GUI). De esta manera, en las aplicaciones web creadas por Laravel, la lógica de negocios básicamente consiste en los modelos de datos, como por ejemplo: usuarios, publicaciones en blogs, e incluso se pue-

### Características

**Modular y extensible:** Laravel es un framework que permite agregar todo lo que se requiera, ya que cuenta con un directorio llamado Packalyst, el cual contiene más de 5,500 paquetes donde se puede encontrar lo que se necesite ya implementado.

**Tareas automatizadas:** con el API Elixir de Laravel se pueden crear tareas de Gulp con las que es posible definir el uso pre-procesadores para comprimir CSS (Hojas de Estilo en Cascada, del inglés Cascading Style Sheets) y JavaScript.

**HTTP routing:** Laravel cuenta con un sistema de enrutamiento rápido y eficiente, similar al que se usa en Ruby on Rails. Este sistema permite relacionar las partes de la aplicación con las rutas que ingresa el usuario en el navegador.

**Caché:** Posee un sistema robusto de caché configurable.

**Integra un sistema ORM** de mapeado de datos relacional llamado Eloquent, y a su vez, también permite la construcción de consultas directas a base de datos a través de su Query Builder.

**Autenticación:** Es realizada mediante un login y password que permiten restringir el acceso y el tipo de permisos de los diferentes usuarios (Ovando Ortega, 2019).

## Framework Django

Django es un framework de desarrollo web de alto nivel y de código abierto, que está escrito en el lenguaje de programación Python. Este framework se caracteriza porque permite construir aplicaciones de forma rápida, segura y con menos código (en comparación con otros frameworks). Además, cuenta con una comunidad de colaboradores muy grande a nivel mundial que se encarga de realizar las debidas actualizaciones tanto del framework como de su documentación de forma diaria (Gómez García, 2018).

## Arquitectura de Django

Django se basa en una arquitectura de tipo MVC (Model – View – Controller); sin embargo, en Django esta tendencia se aplica resumiendo una nueva estructura denominada MVT (Model – View – Template). En la capa “Model” se encuentra toda la información que sirve para estructurar y manipular los datos de la aplicación web. Esta capa también es conocida como la capa de acceso a la base de datos. Por otro lado, la capa “Template/Plantilla” es la capa de presentación, en ella se encuentra todas las decisiones que están relacionadas con la presentación. Finalmente, en la capa “View” se encuentra toda la lógica que accede al modelo y la delega a la plantilla apropiada para presentarle al usuario la respuesta a su petición. En la Figura 2 se muestra la arquitectura del framework Django (Caldera Vergara, 2017).

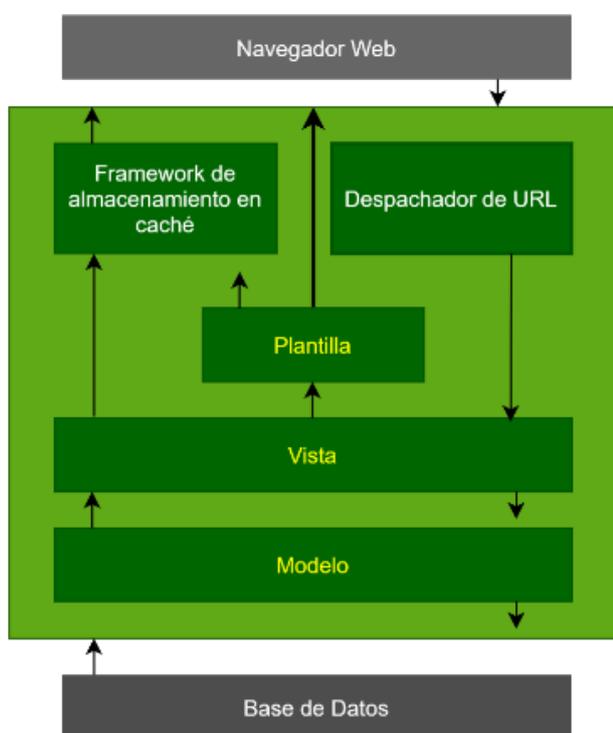


Fig. 2: Arquitectura de Django (Caldera Vergara, 2017).

## Características

**Complejidad:** Django es un framework muy completo, provee diseños consistentes para que los desarrolladores puedan hacer lo que requieren en sus proyectos.

**Versátil:** permite construir casi cualquier tipo de sitio web, tales como los sistemas manejadores de contenidos y wikis, hasta el desarrollo de redes sociales y sitios nuevos.

**Portabilidad:** debido a que está escrito en Python, este framework puede ejecutarse en muchas plataformas, como por ejemplo: Windows, Linux y Mac.

**Mantenibilidad:** Django es un framework que está escrito usando principios y patrones de diseño para fomentar la creación de código que pueda ser mantenible y reutilizable. Utiliza el principio Don't Repeat Yourself (No te repitas) para evitar que exista una duplicación innecesaria en el código.

**Seguridad:** brinda mucha seguridad en el desarrollo. Proporciona una forma segura de administrar cuentas de usuarios y contraseñas (Gómez García, 2018).

## Calidad de Software

Según García León (2016): “La calidad del software es el conjunto de cualidades que lo caracterizan y que determinan su utilidad y existencia. La calidad es sinónimo de eficiencia, flexibilidad, corrección, confiabilidad, mantenibilidad, portabilidad, usabilidad, seguridad e integridad”, por tal razón se puede decir que la calidad trata sobre los diferentes conceptos, métodos, procedimientos, estándares y técnicas que se requiere para la producción de productos y procesos de software que sean considerados de alta calidad.

## La norma ISO/IEC 25000

De acuerdo a (Standardization, 2021), la norma ISO/IEC 25000, también conocida como SQuaRE, por sus siglas en inglés (System and Software Quality Requirements and Evaluation), “es una familia de normas que tiene por objetivo la creación de un marco de trabajo común para evaluar la calidad del producto software.” La Norma ISO/IEC 25000 es el resultado de la evolución de otras normas anteriores a ella, principalmente de las normas ISO/IEC 9126, la cual describe las particularidades de un modelo de calidad del producto software, y también de la norma ISO/IEC 14598, que abordaba el proceso para la evaluación de productos software. La norma ISO/IEC 25000 se encuentra compuesta por cinco divisiones, las cuales son:

- ISO/IEC 2500n – División de Gestión de Calidad.
- ISO/IEC 2501n – División de Modelo de Calidad.
- ISO/IEC 2502n – División de Medición de Calidad
- ISO/IEC 2503n – División de Requisitos de Calidad.
- ISO/IEC 2504n – División de Evaluación de Calidad.

## Criterios de Calidad de Software

En la Tabla 2 se presenta los aspectos que fueron considerados para llevar a cabo la tarea de especificación de los criterios, mismos que fueron seleccionados en base a las características del modelo de calidad de la ISO/IEC 25010.

**Tabla 2:** Criterios seleccionados

Característica	Sub Característica	Criterio	Significado del Criterio
Rendimiento	Tiempo de ejecución de operaciones CRUD.	Tiempo de ejecución de operaciones Create (Crear).	Tiempo que el framework emplea en la ejecución de la operación CRUD – CREATE.
		Tiempo de ejecución de operaciones Read (Leer).	Tiempo que el framework emplea en la ejecución de la operación CRUD – READ.
		Tiempo de ejecución de operaciones Update (Actualizar).	Tiempo que el framework emplea en la ejecución de la operación CRUD – UPDATE.
		Tiempo de ejecución de operaciones Delete (Eliminar).	Tiempo que el framework emplea en la ejecución de la operación CRUD – DELETE.
Utilización de recursos.		Líneas de código.	Cantidad de líneas de código existentes por cada función implementada.
		Utilización de CPU.	Porcentaje de uso del procesador por el framework.
		Utilización de la memoria RAM.	Cantidad de memoria que es utilizado por el framework.
Usabilidad	Entendibilidad.	Efectividad de la documentación del usuario o ayuda del sistema.	Capacidad de encontrar una documentación clara que sirva para la investigación, es decir, la información disponible acerca del framework web.
	Protección contra errores del usuario.	Verificación de entradas válidas.	Cantidad de elementos de entrada que son validados.
	Curva de aprendizaje.	Tiempo requerido para aprender a utilizar el framework.	Tiempo necesario para obtener un nivel de conocimiento aceptable del uso del framework web.
Portabilidad	Capacidad de ser Instalado.	Eficiencia en el tiempo de instalación.	Tiempo que se requiere para llevar a cabo el proceso de instalación del framework.
		Facilidad de instalación.	Facilidad que posee el framework para su instalación.
Seguridad	Confidencialidad.	Capacidad de control de acceso.	Qué tan controlables son los accesos al sistema.
		Encriptación de datos.	Capacidad del framework para realizar encriptación de datos.
	Autenticidad.	Métodos de autenticación.	Qué tan bien el framework autentica la identidad de un sujeto o recurso.

## RESULTADOS

En esta sección se detallan los resultados obtenidos a lo largo de la presente investigación.

### *Generación del entorno de experimentación para la comparación de los Frameworks*

Para el desarrollo del experimento, se pusieron a prueba los frameworks seleccionados, para lo cual se implementó una aplicación web, la cual sirvió como escenario real y permitió evaluar las características establecidas en la Tabla 2, de tal forma que se pudo comparar estos marcos de desarrollo, logrando determinar cuál es el mejor de ellos para determinada aplicación web.

### *Selección del contexto*

El objeto experimental definido en esta sección consiste en la implementación de una aplicación web sobre un catálogo de productos en línea, para ello, la aplicación fue implemen-

tada en los dos frameworks seleccionados. Dicha aplicación fue realizada haciendo uso de la metodología de desarrollo XP “eXtreme Programming” o “Programación Extrema”.

### *Formulación de Hipótesis*

A continuación, se presenta la hipótesis planteada en la presente investigación:

*¿El framework Django brinda las mejores prestaciones para el desarrollo de aplicaciones web en comparación con el framework Laravel?*

### *Selección de sujetos*

Para llevar a cabo la experimentación, se contó con la colaboración de los estudiantes del noveno ciclo de la carrera de Ingeniería en Sistemas de la Universidad Nacional de Loja, los cuales desarrollaron la aplicación, y través de este proceso se logró obtener resultados concretos para evaluar qué framework es mejor para el desarrollo de aplicaciones web. Cabe recalcar que, en el momento de la ejecución del ex-

perimento, estos alumnos estaban cursando la asignatura de Ingeniería del Software II y tenían conocimientos sólidos sobre lenguajes de programación como PHP y Python, lo cual era necesario para trabajar con los entornos de desarrollo Laravel y Django.

### Aplicación de prueba

El desarrollo de la aplicación de prueba es considerado como una parte fundamental para la evaluación de los frameworks en base a los criterios seleccionados de la normativa ISO/IEC 25000. La aplicación permitió comprobar algunas prestaciones que ofrece cada uno de los marcos de desarrollo web seleccionados. A continuación, en la Figura 3 se presenta una vista panorámica de cómo quedó armado el entorno experimental definido en el presente trabajo, partiendo por la selección de los estudiantes que realizaron el desarrollo de la aplicación haciendo uso de los dos frameworks. El proceso de instalación de dichos frameworks fue realizado en los sistemas operativos (SO) Linux y Windows, mientras que para el desarrollo únicamente se realizó en el SO Windows. Se trabajó en un servidor local y se utilizó la base de datos de MySQL. Finalmente, para la realización de las pruebas, se utilizó la herramienta CLOC para la medición de las líneas de código y las herramientas de desarrollador proporcionadas por el navegador de Google Chrome para evaluar el rendimiento de la aplicación desarrollada a través de los dos frameworks.

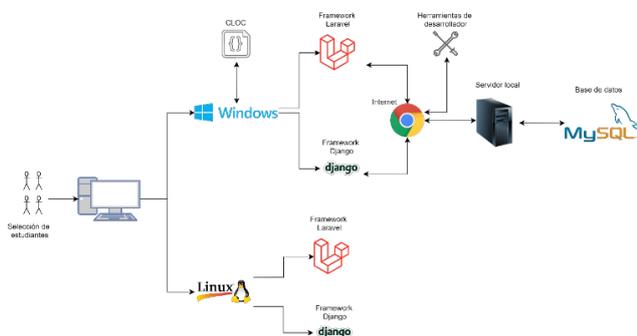


Fig. 3: Escenario de experimentación.

### Evaluación de los Frameworks

En esta fase se realizó la evaluación de los frameworks en base a los criterios seleccionados de la Norma ISO/IEC 25000, los resultados obtenidos se presentan a continuación:

#### Análisis de los resultados obtenidos

##### Rendimiento

En lo referente al rendimiento, en la Tabla 3 se puede observar que Django obtuvo una mejor calificación frente a Laravel, debido a que cumple con mayor satisfacción cada uno de los criterios establecidos, obteniendo un 83.1 % del total, frente al 61.2% obtenido por Laravel. Django fue el framework con mayor velocidad en la ejecución de aplicaciones en la creación, lectura, modificación y eliminación, además, ya que el indicador fue establecido en unidades de tiempo,

esto significa que los rangos de valores son inversos, por lo tanto, a menor tiempo, mayor rendimiento. Además, la cantidad de líneas de código requeridas para una determinada operación fue menor que las que se requirió en Laravel, esto se debe a que Django cuenta con la parte de administración, en la cual ya se implementan algunas funcionalidades para que el desarrollo sea mucho más eficiente, y al estar basado en el lenguaje de programación Python, su sintaxis es mucho más fácil y el código requerido es más reducido; finalmente, se logró determinar que los recursos utilizados por Django tanto en la utilización de CPU como en memoria RAM son menores que los que se requiere por Laravel para la ejecución de la aplicación de prueba que fue implementada.

##### Usabilidad

En lo referente a la característica de usabilidad, Laravel obtuvo una mejor calificación que Django, aunque los resultados fueron bastante aproximados (ver Tabla 4), aun así, Laravel se llevó el primer lugar en este parámetro, obteniendo un 73.2% del total frente a Django, el cual obtuvo un 72.7%. En el desarrollo de la aplicación se pudo observar que la documentación proporcionada por los dos frameworks es muy buena, amplia y eficiente, ya que proveen guías de instalación y en sus páginas oficiales cuentan con la credibilidad necesaria, pero sobre todo, se debe recalcar que esta información se encuentra muy bien estructurada, tanto que ahorra el tiempo requerido al momento de realizar consultas, y además, sus comunidades de desarrollo mantienen la documentación oportuna ante las necesidades y exigencias de los desarrolladores. Por otro lado, en lo referente a la validación de entradas se pudo verificar que los dos frameworks permiten implementar y validar de forma adecuada las entradas de datos. Finalmente, se determinó que el desarrollo de aplicaciones es muy fácil con cualquiera de los dos frameworks, sin embargo se debe recalcar que el tiempo en el cual se logre llevar a cabo un determinado proyecto dependerá mucho de la experiencia de los desarrolladores, de tal forma que en el presente trabajo el desarrollo del catálogo de productos fue más rápido con el framework Laravel, esto se debió a que los desarrolladores tenían más experiencia en la programación y conocían de mejor manera la herramienta.

##### Portabilidad

Con respecto a la característica de portabilidad, como se muestra en la Tabla 5, el framework Django obtuvo una mejor calificación que Laravel, obteniendo un 88.52 % del total, frente a Laravel, el cual obtuvo un 66.3%. De esta forma se pudo determinar que el tiempo requerido por Laravel en la instalación del mismo fue menor que en Django. Así mismo, se pudo evidenciar que ambos frameworks son muy fáciles de instalar en Windows, sin embargo, para la instalación en Linux, fue Django el que obtuvo una mejor puntuación.

##### Seguridad

Como se puede observar en la Tabla 6, en la característica de seguridad los dos frameworks obtuvieron un valor del 88.9%, debido a que ambos cumplieron con los criterios es-

**Tabla 3:** Datos obtenidos de la característica Rendimiento

Sub Característica	Criterio	Valor Obtenido		Ponderación (/10)	
		Laravel	Django	Laravel	Django
Tiempo de ejecución de operaciones CRUD	Create	657 ms	227 ms	6.72	8.87
	Read	628 ms	164 ms	6.86	9.18
	Update	752 ms	142 ms	6.24	9.29
	Delete	796 ms	199 ms	6.02	9.01
Utilización de recursos	Líneas de código	2666	751	4.67	8.50
	Utilización de la CPU	3.8%	2.7%	9.24	9.46
	Utilización de RAM	3545	3153	3.08	3.84
Valor parcial	Laravel	6.12	Valor final	Laravel	2.14
	Django	8.31		Django	2.91

**Tabla 4:** Datos obtenidos de la característica Usabilidad

Sub Característica	Criterio	Valor Obtenido		Ponderación (/10)	
		Laravel	Django	Laravel	Django
Entendibilidad	Efectividad de la documentación del usuario o ayuda del sistema	7	7	10	10
Protección contra errores del usuario	Verificación de entradas válidas	3	3	3.33	3.33
Curva de aprendizaje	Tiempo requerido para aprender a utilizar el framework	41 horas	46 horas	8.63	8.47
Valor parcial	Laravel	7.32	Valor final	Laravel	1.83
	Django	7.27		Django	1.82

**Tabla 5:** Datos obtenidos de la característica Portabilidad

Sub Característica	Criterio	Valor Obtenido		Ponderación (/10)	
		Laravel	Django	Laravel	Django
Capacidad de ser Instalado.	Eficiencia en el tiempo de instalación en Windows	18 min y 15 seg	23 min y 7 seg	6.96	6.15
	Eficiencia en el tiempo de instalación en Linux	16 min y 21 seg	23 min y 4 seg	7.28	6.16
	Facilidad de instalación en Windows	1	1	10	10
	Facilidad de instalación en Linux	2	1	5	10
Valor parcial	Laravel	7.31	Valor final	Laravel	1.10
	Django	8.08		Django	1.21

**Tabla 6:** Datos obtenidos de la característica Seguridad

Sub Característica	Criterio	Valor Obtenido		Ponderación (/10)	
		Laravel	Django	Laravel	Django
Confidencialidad	Capacidad de control de acceso	2	2	6.67	6.67
	Encriptación de datos	1	1	10	10
Autenticidad	Métodos de autenticación	1	1	10	10
Valor parcial	Laravel	8.89	Valor final	Laravel	2.22
	Django	8.89		Django	2.22

tablecidos para la medición de este parámetro

works en cada una de las características.

### Resultado final de la evaluación

A continuación, en la Tabla 7, se presenta las puntuaciones finales que obtuvieron los frameworks Laravel y Django posterior a su evaluación. Estos valores son el resultado de la sumatoria de los valores finales obtenidos por los frame-

### Prueba de Hipótesis

En base a los resultados obtenidos a partir de la evaluación de los frameworks, se procedió a realizar la comprobación de la hipótesis que fue previamente establecida, obteniendo lo siguiente: En la presente investigación se comprueba

**Tabla 7:** Resultados finales de la evaluación de los frameworks

<b>Resultado Final de la Evaluación</b>			
Nombre del Framework	Calidad del Framework	Nivel de Puntuación	Grado de Satisfacción
Laravel	7,29	Aceptable	Satisfactorio
Django	8,16	Aceptable	Satisfactorio

que “el análisis comparativo para la evaluación de los frameworks Laravel y Django permitió determinar el framework más adecuado para el desarrollo de aplicaciones web”. Esta afirmación es verdadera puesto que el análisis comparativo permitió establecer a Django como el framework óptimo para el desarrollo de aplicaciones web, esta información se puede corroborar en la Tabla 7, donde se muestra que Django obtuvo un valor de 8.16, lo cual representa el 81.6% frente al 7.29 que simboliza el 72.9% obtenido por Laravel en la evaluación de las características establecidas para la comparación de los dos entornos de desarrollo web.

## DISCUSIÓN

A lo largo de los últimos años se ha podido evidenciar que el uso de los frameworks para el desarrollo de aplicaciones web es cada vez más frecuente, esto debido a las crecientes exigencias requeridas por la web y los usuarios de la misma, necesitando de nuevas características y funcionalidades que posibiliten llevar el desarrollo a nuevos niveles en los cuales las aplicaciones sean cada vez más accesibles para los internautas y que sean fáciles de realizar para los programadores de dichas aplicaciones y sitios web. El desarrollo del presente trabajo permitió verificar que existen muchos frameworks creados para facilitar la tarea del desarrollo, sin embargo se debe tener en cuenta que cada uno de ellos es distinto el uno del otro y que las características que los diferencian, muchas de las veces dificultan la elección de alguno, mayormente cuando se desea desarrollar aplicaciones que cuenten con estándares de calidad.

El trabajo desarrollado en la presente investigación ha sido enfocado en la evaluación de los frameworks Laravel y Django, con base en los criterios establecidos por el modelo de calidad de la Norma ISO/IEC 25010. Por tal razón, se planteó un escenario de experimentación a través del desarrollo de una aplicación de prueba para determinar cuál de los dos frameworks es el mejor en el desarrollo de aplicaciones web, con lo cual se pudo determinar que Django es el mejor entorno de desarrollo, ya que obtuvo una mejor calificación frente a Laravel en cuanto a los criterios que fueron evaluados a lo largo del desarrollo de la aplicación implementada.

Django demostró ser mejor en cuanto a rendimiento en el tiempo de ejecución de operaciones CRUD, asimismo, la utilización de recursos fue menor y las líneas de código requeridas para la implementación de determinadas operaciones fue considerablemente menor en comparación a las que fueron requeridas por Laravel para la implementación de las mismas operaciones. Por otro lado, aunque Laravel obtuvo una mejor calificación en cuanto a la característica de usabilidad; Django resultó ser mejor en cuanto a portabilidad y obtuvo la misma calificación que Laravel con respecto a la seguridad.

Finalmente, aunque el desarrollo de la aplicación realizada en la experimentación fue más rápido con la utilización del

framework Laravel, sin embargo, al realizar la evaluación de los dos entornos, fue Django el que obtuvo una mejor calificación en la valoración de los criterios establecidos, quedando como la herramienta más viable para el desarrollo de aplicaciones web, por lo cual se acepta la hipótesis planteada para la presente investigación.

## CONCLUSIONES

El modelo de calidad de la norma ISO/IEC 25000 se adecúa de manera correcta a la evaluación de frameworks, garantizando que dicha evaluación se realice de forma correcta bajo estándares de calidad, ya que provee un modelo definido y flexible, el cual permite elegir las características que se requiera, así como quitar o aumentar ciertos criterios que se crea pertinente en base a las necesidades del proyecto.

Con la finalidad de escoger el framework adecuado para la implementación de aplicaciones web, se establecieron criterios para la comparación de los frameworks, sobre: tiempo de ejecución de operaciones CRUD, líneas de código, utilización de la CPU, utilización de la memoria RAM, efectividad de la documentación del usuario o ayuda del sistema, verificación de entradas válidas, curva de aprendizaje, eficiencia en el tiempo de instalación, facilidad de instalación, capacidad de control de acceso, encriptación de datos y métodos de autenticación, que servirán como base para que los programadores puedan seleccionar la mejor herramienta para desarrollar sus aplicaciones web.

Para realizar el análisis comparativo definido en la presente investigación, se creyó pertinente poner a prueba los frameworks seleccionados, para lo cual se escogió a un grupo de estudiantes para desarrollar una aplicación de prueba, misma que permitió llevar a cabo la evaluación y comparación de Laravel y Django; durante este proceso se pudo determinar que cada framework maneja archivos de configuración diferentes, y que ambos entornos ofrecen interfaces amigables y una buena documentación para facilitar al programador la tarea del desarrollo.

En el desarrollo del experimento se pudo determinar que aunque Django es un entorno muy fácil de aprender, debido a que está basado en el lenguaje de programación Python, no obstante, el desarrollo de la aplicación de prueba para la evaluación de los frameworks fue terminada antes con el uso del framework Laravel; esto se debió a que los estudiantes que trabajaron con Laravel tenían más conocimiento y experiencia en el desarrollo de este tipo de aplicaciones y estaban más familiarizados con la utilización de la herramienta, de tal forma que dicha aplicación fue terminada en 41 horas, mientras que la aplicación desarrollada en Django fue terminada en un tiempo de 46 horas.

El desarrollo del presente trabajo permitió determinar que el Framework Django es el más adecuado para el desarrollo de aplicaciones web, de acuerdo a los criterios seleccionados de las características de Rendimiento, Usabilidad, Portabilidad y Seguridad, puesto que, de acuerdo a la evaluación realizada, este obtuvo un valor del 81.6% frente a Laravel, el cual obtuvo un valor del 72.9%.

## AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional de Loja, a los docentes de la Carrera de Ingeniería en Sistemas y de manera especial al Ing. Edison Leonardo Coronel Romero, Mg. Sc., por su excelente asesoría y apoyo para llevar a cabo el desarrollo del presente trabajo.

Ovando Ortega, D. J. (2019). Bootstrap y Laravel, herramientas para el desarrollo de aplicaciones web. , 8(5), 55.

Standardization, I. O. f. (2021). Normas ISO/IEC 25000. <https://iso25000.com/index.php/normas-iso-25000>

## CONTRIBUCIONES DE LOS AUTORES

Conceptualización, REH; metodología, REH; análisis formal, REH; investigación, REH; recursos, REH; curación de datos, REH; redacción — preparación del borrador original, REH; redacción — revisión y edición, REH. Todos los autores han leído y aceptado la versión publicada del manuscrito. Raquel Espinosa-Hurtado: REH.

## FINANCIAMIENTO

El presente estudio fue financiado por el autor del mismo.

## REFERENCIAS

Arcos Chalán, J. S., y Chicaiza Inguillay, D. E. (2016). Análisis comparativo de los Frameworks Laravel y Codeigniter para la implementación del sistema de gestión de concursos de méritos y oposición en la Universidad Nacional de Chimborazo. 190. <http://dSPACE.unach.edu.ec/handle/51000/2943>

Builes, J. A. J., Bedoya, D. L. R., y Bedoya, J. W. B. (2019). Metodología de desarrollo de software para plataformas educativas robóticas usando ROS-XP. *Revista Politécnica*, 15(30), 55–69. <https://doi.org/10.33571/RPOLITEC.V15N30A6>

Cabrera León, P. A. (2019). Desarrollo de una aplicación web utilizando el Framework Laravel para el control de existencias de los activos fijos de la Federación Deportiva de Morona Santiago. <http://dSPACE.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/13635>

Caldera Vergara, R. (2017). Estudio del framework de desarrollo web Django. <https://ebuah.uah.es/dSPACE/handle/10017/32018>

García León, D., Beltrán Benavides, A., y Fernández Carrasco, O. (2016). Un enfoque actual sobre la calidad del software. *ACIMED*, 3(3), 40–42. <http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sciarttextpid=S1024-94351995000300005&lng=es&nrm=isot&lng=es>

Gómez García, D. E. (2018). Desarrollo del sistema de requisiciones para la empresa hidroeléctrica Abanico S.A. Aplicando el entorno de programación Node.js. <http://dSPACE.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/9110>

Molina Ríos, J. R., Loja Mora, N. M., Zea Ordóñez, M. P., y Loaiza Sojos, E. L. (2016). Evaluación de los Frameworks en el Desarrollo de Aplicaciones Web con Python. *Revista Latinoamericana de Ingeniería de Software*, 4(4), 201. <https://doi.org/10.18294/relais.2016.201-207>

# Revisión sistemática de literatura: análisis de viabilidad para la detección y diagnóstico de Covid-19, aplicando modelos de Inteligencia Artificial (IA)

## *Systematic literature review: feasibility analysis for the detection and diagnosis of Covid-19, applying Artificial Intelligence (AI) models*

Jonathan Ricardo Tillaguango Jiménez<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup> Carrera de Ingeniería en Sistemas/Computación, Universidad Nacional de Loja, Loja, Ecuador

\* Autor para correspondencia: [jonathan.tillaguango@unl.edu.ec](mailto:jonathan.tillaguango@unl.edu.ec)

Fecha de recepción del manuscrito: 15/10/2021    Fecha de aceptación del manuscrito: 17/11/2021    Fecha de publicación: 24/12/2021

---

**Resumen**— Desde la declaración de la emergencia sanitaria provocada por el Covid-19 en marzo del 2020, hasta la fecha, existen aproximadamente 219 millones de contagiados, de los cuales 4,5 millones han muerto. En nuestro país, se estima que existen 508 mil casos confirmados y aproximadamente 32 mil muertes a causa de esta enfermedad. Pese a disponer de métodos verificados para diagnosticar Covid-19, las pruebas Polymerase Chain Reaction (PCR) o Real Time-PCR (RT-PCR), tienden a generar falsos positivos y negativos entre el 30% y el 40%. Por tal razón, ayudar a los métodos tradicionales a realizar un diagnóstico clínico preciso, usando como datos de entrada radiografías pulmonares, supone un cambio radical en la detección de Covid-19, puesto que, es una alternativa mucho más cómoda para el paciente y lo que es más importante, aumenta el nivel de precisión reduciendo a la vez, las tasas de falsos positivos y negativos. En la presente Revisión Sistemática de Literatura (RSL), la cual se ha basado en la metodología de Bárbara Kitchenham, busca sustentar la creación de un modelo basado en la arquitectura de Redes Neuronales Convolucionales (CNN), capaz de analizar radiografías pulmonares para el diagnóstico de Covid-19. Como resultado, se pudo dar contestación a las tres preguntas de investigación planteadas, mismas que sirvieron para delimitar el presente estudio, para ello se analizó 41 trabajos relacionados (TR), los cuales se enfocaban en diferentes métodos de diagnóstico basados en Inteligencia Artificial (IA), no obstante 16 de estos TR hacían referencia al uso de CNN para el diagnóstico de Covid-19 mediante el análisis de tomografías computarizadas (TC) y radiografías pulmonares (Rayos X), siendo esta última la opción más viable para aplicarlo en nuestro entorno, debido la disponibilidad de datos. Además, el uso de recursos por parte de estos métodos es asequible tanto a nivel local, usando la Unidad de Procesamiento Gráfico (GPU) Nvidia y memoria RAM superior a 8GB como base, o utilizar procesamiento en la nube usando Google Colab.

**Palabras clave**—Diagnóstico, Covid-19, CNN, VGG16, Radiografías pulmonares, Rayos X.

---

**Abstract**— Since the declaration of the health emergency caused by Covid-19 in March 2020, to date, there are approximately 219 million infected people, of which 4.5 million have died. In our country, it is estimated that there are 508 thousand confirmed cases and approximately 32 thousand deaths due to this disease. Despite the availability of verified methods to diagnose Covid-19, Polymerase Chain Reaction (PCR) or Real Time-PCR (RT-PCR) tests tend to generate false positives and negatives between 30% and 40%. Therefore, helping traditional methods to make an accurate clinical diagnosis, using lung radiographs as input data, represents a radical change in the detection of Covid-19, since it is a much more comfortable alternative for the patient and, more importantly, increases the level of accuracy while reducing false positive and negative rates. The present Systematic Literature Review (SLR), which is based on Barbara Kitchenham's methodology, seeks to support the creation of a model based on Convolutional Neural Network (CNN) architecture, capable of analyzing pulmonary radiographs for the diagnosis of Covid-19. As a result, it was possible to answer the three research questions posed, which served to delimit the present study, for which 41 related works (TR) were analyzed, which focused on different diagnostic methods based on Artificial Intelligence (AI), however 16 of these TR referred to the use of CNN for the diagnosis of Covid-19 through the analysis of computed tomography (CT) and pulmonary radiographs (X-rays), the latter being the most viable option to apply it in our environment, due to the availability of data. Furthermore, the use of resources by these methods is affordable, either locally using the Nvidia Graphics Processing Unit (GPU) and RAM memory greater than 8GB as a base, or using cloud processing using Google Colab.

**Keywords**—Diagnostics, Covid-19, CNN, VGG16, Lung radiographs, X-rays.

---

## INTRODUCCIÓN

En diciembre del año 2019, la Organización Mundial de la Salud (OMS) recibió reportes de pacientes que presentaban cuadros de neumonía aguda causados por un patógeno de origen desconocido, proveniente de la ciudad de Wuhan, en la República Popular China (H Yao et al., 2020). A principios de enero, las autoridades del país asiático identificaron la causa de dicha enfermedad y la catalogaron como una nueva cepa de coronavirus desconocida hasta la fecha.

Dicha sepa era provocada por el virus SARS-COV-2, perteneciente a las variaciones de coronavirus (CoV), debido a la apariencia externa de la membrana que la recubre. Este tipo de virus por lo general, es muy común en especies animales como ganado, camellos, murciélagos y gatos, aunque en ocasiones se puede transmitir entre humanos y propagarse entre su población (propagación zoonótica), tal como ocurrió en el año 2012, tras la aparición del MERS-CoV, en el Reino de Arabia Saudí, dejando como resultado, alrededor de 858 fallecidos (Sahan et al., 2021). No obstante, esta última (SARS-CoV-2), está teniendo efectos mucho más devastadores en la especie humana, debido a su considerable capacidad de transmisión entre humanos, y a su elevada tasa de mortalidad. Por tal razón, los organismos de salud han dispuesto de medidas sanitarias e incitaron a una respuesta por parte de los países más afectados, con el fin de controlar y mitigar los impactos de la pandemia (S D S Dass et al., 2020).

Pese a ello, la pandemia causada por el COVID-19, se ha expandido a todos los continentes, dejando tras de sí, cerca de 219 millones de contagios, de los cuales 4,5 millones han muerto, según cifras oficiales manejadas por (Google-Noticias, 2021). Según esta misma fuente, en nuestro país, se estima que existen 508 mil casos confirmados y aproximadamente 32 mil muertes. Aún cuando se ha desarrollado 13 variedades de vacunas distintas (OMS, 2021), el virus SARS-COV-2, sigue suponiendo una potencial amenaza a la salud, sobre todo en países en los que a pesar de todas las medidas implementadas para su contención y mitigación, existe una escasez de equipo médico para el diagnóstico oportuno del virus.

Acorde con lo mencionado anteriormente es preciso recalcar que, la capacidad para tomar decisiones clínicas inmediatas garantizará el uso eficiente de los recursos sanitarios, lo cual es un punto clave para compensar el creciente número de contagios y reducir al máximo la curva de infectados y fallecidos. Y es por ello que en la presente Revisión Sistemática de Literatura RSL, la cual, se llevó a cabo mediante la metodología de Bárbara Kitchenham, ha permitido recolectar un número considerable de artículos, los cuales abordan temas relacionados con el diagnóstico de Covid-19 mediante la aplicación de técnicas y métodos alternativos, mismos que nos han permitido corroborar la aplicación de la IA en este tipo de procedimientos y a la vez, optar por el que mejor se adapta a los recursos y características del entorno que nos rodea, siendo los modelos de redes neuronales convolucionales (CNN) aplicados al reconocimiento de patrones en radiografías pulmonares los que alcanzaron un mayor nivel de precisión.

A continuación, se presenta el desarrollo del presente estudio, el cual se realizó en diferentes secciones como: la sección de Materiales y Métodos, donde se han definido las fa-

ses que propone Barbara Kitchenham para realizar revisiones de literatura, posteriormente, se ha detallado el proceso de cada una de estas fases. En la sección de Resultados, se detallan las salidas de los procesos aplicados anteriormente, resaltando sobre todo los trabajos relacionados, los cuales se analizan, explican e interpretan de forma más detallada en la sección de Discusión, y finalmente, se plantean las Conclusiones obtenidas durante la realización de la presente RSL.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La realización de la revisión sistemática de literatura (RSL), se basa en el proceso establecido en la metodología de Bárbara Kitchenham (Kitchenham Charters, 2007), dicho proceso consta de tres fases fundamentales:

- Planificar la revisión
  - Especificar preguntas de investigación
  - Desarrollar protocolo de revisión
  - Validar protocolo de revisión
- Conducir la revisión
  - Identificar fuentes/estudios relevantes
  - Seleccionar estudios primarios
  - Evaluar la calidad de los estudios
  - Extraer datos requeridos
  - Sintetizar datos
- Documentar la revisión
  - Escribir informe de revisión
  - Validar informe

Aunque algunas de las tareas de estas fases no son obligatorias, como por ejemplo:

- Es opcional la puesta en marcha de una RSL, ya que depende de la revisión sistemática que se está haciendo sobre una base comercial.
- Evaluar el protocolo de revisión y la evaluación del informe, son opcionales y dependen de los procedimientos de garantía de calidad decididas por el encargado de la revisión sistemática.

Considerando los puntos anteriormente expuestos, en la presente RSL, se aprovechó la flexibilidad de la metodología propuesta por Kitchenham, quien depende de la necesidad y el alcance que el investigador requiera y crea conveniente para la obtención de resultados y posterior publicación. De acuerdo a esto, en la Tabla 1, se presentan las fases y tareas que fueron consideradas para el presente trabajo de investigación:

## RESULTADOS

### A. Planificación de la revisión

#### *Identificación de la necesidad de una revisión.*

Con la presente RSL, se busca determinar las técnicas y métodos utilizados para la detección de Covid-19 (SARS-CoV-2), de otras enfermedades con sintomatología similar

**Tabla 1:** Proceso de RSL basado en la metodología de Bárbara Kitchenham.

Fases	Tareas
Planificación de la revisión	1. Identificar la necesidad de una revisión. 2. Especificar preguntas de investigación. 3. Desarrollar protocolo de revisión.
Conducción de la revisión	1. Identificar fuentes/ estudios relevantes. 2. Seleccionar estudios primarios. 3. Sintetizar datos
Revisión de informes	Escribir informe de revisión.

**Tabla 2:** Preguntas de investigación para la RSL

	Preguntas de investigación
P1	¿Cuáles son los enfoques existentes basados en Inteligencia Artificial (IA) o Machine Learning (ML), para la detección de Covid-19 (SARS-CoV-2), gripe o neumonía pulmonar?
P2	¿Cuáles son los métodos, modelos o herramientas más precisos empleados hasta la fecha, para el diagnóstico de Covid-19?
P3	¿Cuáles son los recursos necesarios empleados por los métodos de IA para la detección de Covid-19?

tales como, la gripe y la neumonía pulmonar, mediante la aplicación de técnicas de aprendizaje automático o Machine Learning y de esta manera, determinar la viabilidad de diseño y creación de un sistema capaz de diagnosticar, con un nivel de eficiencia aceptable, si el paciente (usuario) es portador de una de las enfermedades antes mencionadas. Todo esto con la finalidad de optar por el método más eficiente, tomando en cuenta los recursos disponibles y sobre todo, basarnos en trabajos los cuales nos guíen para la delimitación de nuestra investigación

### Especificación de las preguntas de investigación.

Como un mecanismo para guiar el desarrollo de la RSL, se ha planteado una serie de preguntas de investigación, de tal forma que el presente trabajo se enfoque en dar respuesta a estas preguntas, manteniendo siempre la misma perspectiva y enfoque, estas preguntas se presentan en la Tabla 2.

### Estrategias de búsqueda

Según Petticrew y Roberts (Petticrew Roberts, 2008), es aconsejable utilizar métodos que permitan recopilar evidencia de manera estructurada, para ello recomiendan utilizar el método PICOC:

- Population: ¿Quién?
- Intervention: ¿Qué o cómo?
- Comparison: ¿Comparado con qué?

**Tabla 3:** Cadenas de búsqueda para cada una de las bibliotecas virtuales.

Bibliotecas virtuales	Cadenas de búsqueda
ACM Digital Library	[Publication Title: machine learning” “model” “expert system” “expert systems] AND [Abstract: “covid-19 ”] AND [[Publication Title: “diagnosis covid-19”] OR [Publication Title: “diagnose covid-19”] OR [Publication Title: “covid-19”]] AND [Abstract: “diagnosis” “disease” “identification” AND [[Abstract:“machine learning”] OR [Abstract: “model”] OR [Abstract: “expert system”] OR [Abstract: “expert systems”] AND [Publication Date: (01/01/2019 TO 01/31/2021)]]
IEEE Digital Library	(((((“Document Title”:Covid-19) AND “Abstract”: Machine learning) AND “Abstract”:Model) OR “Abstract”: Artificial intelligence) AND “Abstract”:Diagnos) OR “Abstract”:Identification*) AND“Document Title”:Machine learning) OR “Document Title”:Artificial intelligence AND Co- vid*) OR “Document Title”: Model) AND “Abstract”:Covid-19)
Scopus	TITLE (“machine learning” OR “artificial intelligence” OR “expert system” OR “intelligence systems” ) AND (“covid19” OR “covid-19” ) AND (diagnos* OR identification OR disease ))

- Outcomes: ¿Qué estás tratando de lograr / mejorar?
- Context: ¿En qué tipo de organización / circunstancias?

Este método, se utiliza para describir una estructura basada en los cinco componentes antes mencionados, de tal forma que nos permita definir la cadena de búsqueda. No obstante, de la nemotécnica PICOC, para la presente RSL no se considera el criterio de Comparación (Silahudin et al., 2020), siendo únicamente cuatro componentes: Population (P), Intervention (I), Outcomes (O) y Context (C), los utilizados para este fin. Así mismo, para una mejor organización y selección de todos los resultados, se utilizó la herramienta Parsifal , la cual sirve de soporte para realizar RSL en el contexto de la Ingeniería del Software. Gracias a esta herramienta, hemos podido dar seguimiento a la RSL en cada una de sus etapas, obteniendo así, resultados mucho más óptimos.

### Fuentes bibliográficas.

Las fuentes bibliográficas seleccionadas fueron tomadas de las siguientes bibliotecas virtuales:

- ACM Digital Library (<https://dl.acm.org/>)
- IEEE Digital Library (<https://www.ieee.org/>)
- Scopus (<http://www.scopus.com>)

*Definir palabras claves para el problema de estudio*

Basándonos en la definición de los criterios PICOC, se ha obtenido las siguientes palabras claves, las cuales nos han permitido construir las cadenas de búsqueda. Las palabras clave en cuestión son:

- Artificial intelligence
- Covid-19
- Diagnosis
- Machine learning
- Expert system
- Neural network

*Cadenas de búsqueda*

Las cadenas de búsqueda fueron construidas en base a las palabras clave definidas anteriormente. Estas cadenas se aplicaron de acuerdo a cada biblioteca virtual seleccionada: ACM Digital Library, IEEE Digital Library y Scopus. Las cadenas finales se presentan en la Tabla 3.

*Criterios de inclusión*

Se consideró como criterios de inclusión, los siguientes:

- Artículos o libros con un año de publicación mayores al 2019.
- Artículos o libros en inglés o español.
- El artículo habla sobre los métodos de IA para identificar o diagnosticar Covid-19.

*Criterios de exclusión*

Se consideró como criterios de exclusión, los siguientes:

- Artículos con un año de publicación menor al 2019.
- El modelo no reconoce o diagnostica Covid-19.
- Métodos y técnicas difusos o con ambigüedad.

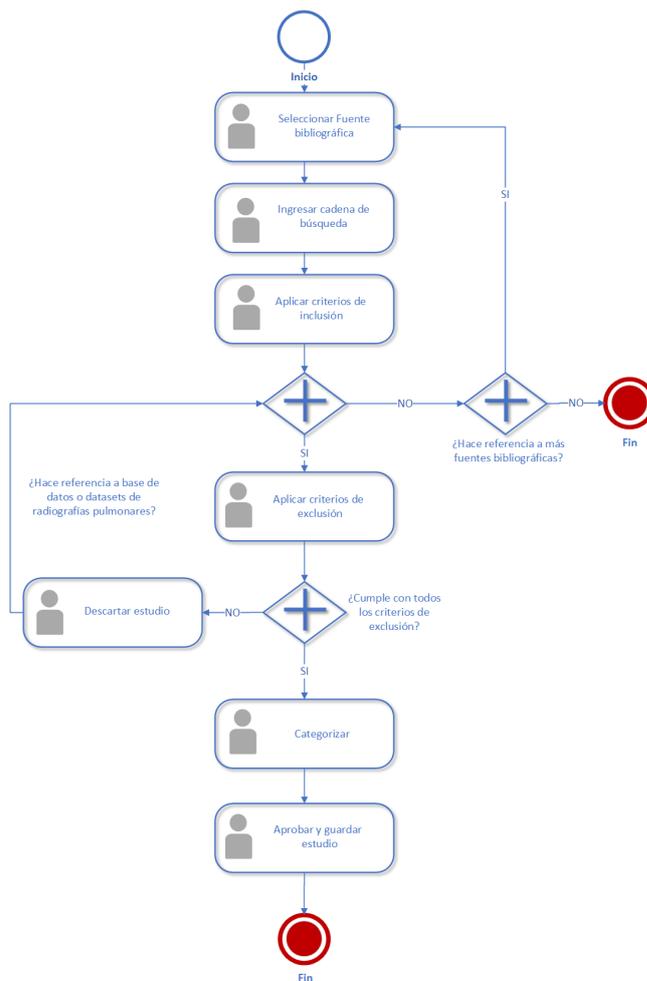
**B. Conducción de la revisión**

*Identificación de la investigación*

El objetivo de la presente RSL, es dar contestación a las preguntas de investigación, mediante la búsqueda de estudios primarios que nos ayuden con información relacionada con las herramientas basadas en IA empleadas para diagnosticar Covid-19 o similares, debido a que es un tema relativamente nuevo en lo que respecta al diagnóstico de esta enfermedad usando técnicas basadas en IA.

Razón por la cual, la selección de los estudios primarios, se realizó contrastando los resultados de varias fuentes de tal manera que, la información sea de calidad y se enfoque únicamente en el objetivo de la presente RSL.

Para realizar la selección de los estudios se ha seguido el proceso que se muestra en la Figura 1.



**Fig. 1:** Diagrama de actividades para el proceso de selección de artículos.

Los estudios obtenidos en cada una de las bibliotecas virtuales, se presentan en la Tabla 4, así como los trabajos que fueron seleccionados por cada una de ellas. Estos estudios o trabajos seleccionados, corresponden a aquellos que cumplieron con todos los criterios de selección establecidos.

**Tabla 4:** Total de estudios encontrados y seleccionados por cada una de las bibliotecas virtuales.

Fuente	Encontrados	Seleccionados
ACM Digital Library	19	6
IEEE Digital Library	38	22
Scopus	45	13
Total	102	49

Tal como se puede evidenciar en la tabla anterior, se obtuvo un total de 102 trabajos relacionados (TR), los cuales fueron procesados de acuerdo al diagrama expuesto en la Fig. 1. Del total de TR, tras realizar su respectivo análisis de selección, fueron aprobados un total de 49 artículos, mismos que cumplían con todos los criterios de selección, y lo más importante, contenían información necesaria para la realización de la presente RSL, sentando las bases para futuros trabajos. Estos TR se presentan en la Tabla 5.

Cabe recalcar, que 8 de los 49 artículos seleccionados no

podieron ser analizados a profundidad, debido a que su acceso estaba restringido, por lo que se los clasificó como inaccesibles, y se tomó la decisión de no incluirlos en la tabla final de TR.

### *Síntesis de datos*

Cada TR fue analizado con la finalidad de identificar si contenía algún aporte significativo que nos ayudase a obtener información relacionada con los modelos de IA utilizados para el diagnóstico de Covid-19. Así mismo, nos permitió extraer información adicional como los requerimientos del modelo, su nivel de precisión, su factibilidad de implementación y el banco de datos utilizado. Finalmente, esta síntesis nos ha permitido dar contestación a las preguntas de investigación planteadas en la Tabla 2.

### *¿Cuáles son los enfoques existentes basados en Inteligencia Artificial (IA) o Machine Learning (ML), para la detección de Covid-19 (SARS-CoV-2), gripe o neumonía pulmonar?*

Según los artículos TR02, TR05, TR13, TR17, TR20, TR21, TR22, TR24, TR25, TR26, TR27, TR28, TR29, TR33, TR37 y TR40, proponen la creación de herramientas basadas en diferentes enfoques para el diagnóstico rápido y eficiente de Covid-19. Estos enfoques se basan en modelos que van desde el análisis de tomografías computarizadas (TC) e imágenes de rayos X TR01, TR05, TR07, TR10, TR12, TR13, TR20 TR24 y TR41, el análisis de sangre propuestos en TR21 y TR38, el análisis de voz TR13, TR24 y TR10, incluso TR30, recomienda la implementación de un modelo para el diagnóstico de Covid-19, a partir de los síntomas que el paciente ingresa en el sistema. Otros artículos como el TR3 y TR26, proponen la construcción de un novedoso sistema que unifica la IA y el internet de las cosas (IoT), con el fin de proveer de herramientas de diagnóstico asequibles, tanto para profesionales de la salud y para quienes no lo son.

### *¿Cuál es el enfoque de aplicación para contrarrestar el Covid-19?*

Más de la mitad de los artículos y trabajos relacionados, apuntan a que los métodos para el diagnóstico basados en el análisis de tomografías computarizadas (TC) y radiografías pulmonares (rayos X) son los que mayor precisión arrojaron en la fase de evaluación de los modelos. De estos dos últimos, el más asequible, considerando su disponibilidad y factibilidad, es el método que emplea rayos X para el diagnóstico de Covid-19, según los artículos TR01, TR07, TR10, TR13, TR16 y TR24.

### *¿Cuáles son los métodos, modelos o herramientas más precisos empleados hasta la fecha, para el diagnóstico de Covid-19?*

Referente a las herramientas, métodos y modelos de diagnóstico más utilizados, en los trabajos relacionados RT02, TR07, TR11, TR16, TR18, TR23, TR24, TR30, TR31, TR32, TR35 y TR41, se han implementado modelos basados en Redes Neuronales Convolucionales (CNN) para el análisis

de imágenes médicas, mismos que han obtenido los mejores resultados en su fase de evaluación. Este tipo de modelos, junto con aquellos que se basan en el diagnóstico a partir de la sintomatología del paciente, como en el caso de los artículos TR08 y TR34, presentan una mayor viabilidad de aplicación, lo cual se ratifica en las revisiones y comparaciones de los modelos existentes TR08 y TR11, en donde se establece un análisis comparativo entre los diferentes modelos empleados para el diagnóstico de Covid-19, llegando a la conclusión de que la implementación de modelos basados en redes neuronales convolucionales CNN, poseen una mayor cantidad de aceptación y un mayor nivel de precisión, convirtiéndolos así, en los modelos basados en IA más factibles para implementar.

De manera que, ¿Cuál es el modelo, método o herramienta más precisa utilizada para identificar el virus del Covid-19? Considerando la gran variedad de modelos existentes, se resaltan aquellos que están basados en CNN y que han tomado como referencia su arquitectura basada en capas para la interpretación de patrones existentes en las CT y las imágenes de rayos X (imágenes médicas). De esta forma, imita el entrenamiento médico, pero con una curva de aprendizaje mucho mayor, dado que este tipo de modelos son capaces de identificar los patrones existentes en un conjunto enorme de datos que cualquier humano, porque el enfoque de CNN tiene resultados más precisos y en periodos de tiempo mucho más cortos. La precisión y sensibilidad de los modelos implementados y descritos en los artículos TR01, TR02, TR07, TR11, TR14, TR16, TR17, TR25, TR26, TR28, TR29, TR30, TR31, TR32, TR36 y TR41, existe un umbral aceptable que supera fácilmente el 90% de precisión, siendo TR02, TR11, TR16, TR28, TR28, TR31, TR32 y TR4, los que mayor nivel de precisión presentan, aproximadamente un 98%.

### *¿Cuáles son los recursos necesarios empleados por los métodos de IA para la detección de Covid-19?*

Tomando como referencia aquellos artículos en los cuales el nivel de precisión supera el 90%, se da contestación a la última pregunta de investigación, ¿Cuáles son los requisitos para su implementación?

Empezando por el artículo TR02, el cual propone la creación de un sistema potenciado por el aprendizaje automático, para el diagnóstico de COVID-19 aplicando un modelo basado en CNN llamado DeepLab-v3+. Este modelo requiere el tratamiento previo y el aumento de los datos, de tal manera, que los pequeños detalles, las texturas y el contraste de las imágenes permitan una mayor precisión del diagnóstico. Así mismo TR11, propone una red neuronal convolucional profunda para clasificar un conjunto de imágenes médicas y diagnosticar enfermedades como la neumonía y la COVID-19. Para ello utiliza una máquina de vectores de soporte lineal, VGG-16 e InceptionV3 para modelos de redes neuronales convolucionales que son utilizados para obtener los resultados, además, se utilizan algoritmos de aprendizaje como SVM, algoritmo Naive Bayes y el algoritmo de bosque aleatorio. TR16 por su parte, propone la utilización de modelos prediseñados de CNN (VGG-16 o VGG-19) para la creación de un modelo propio constituido por 15 capas (una menos que la VGG-16 que contiene 16 capas).

**Tabla 5:** Trabajos relacionados aprobados

Código	Título	Referencia
TR01	A deep learning framework to detect Covid-19 disease via chest X-ray and CT scan images.	(Kamil, 2021)
TR02	A Deep Learning Prognosis Model Help Alert for COVID-19 Patients at High-Risk of Death: A Multi-Center Study	(Meng et al., 2020)
TR03	A multi-task pipeline with specialized streams for classification and segmentation of infection manifestations in COVID-19 scans	(El-bana et al., 2020)
TR04	A Novel AI-enabled Framework to Diagnose Coronavirus COVID-19 using Smartphone Embedded Sensors: Design Study	(Maghded et al., 2020)
TR05	A Novel Medical Diagnosis model for COVID-19 infection detection based on Deep Features and Bayesian Optimization	(Nour et al., 2020)
TR06	A novel perceptual two-layer image fusion using deep learning for imbalanced COVID-19 dataset	(Elzeki et al., 2021)
TR07	A Radiomics Signature to Quantitatively Analyze COVID-19-Infected Pulmonary Lesions	(Qiu et al., 2021)
TR08	A Survey on how computer vision can response to urgent need to contribute in COVID-19 pandemics	(Gazzah et al., 2020)
TR09	Accelerating detection of lung pathologies with explainable ultrasound image analysis	(Born et al., 2021)
TR10	An Attention Mechanism with Multiple Knowledge Sources for COVID-19 Detection from CT Images	(Nguyen et al., 2020)
TR11	Approaches based on artificial intelligence and the internet of intelligent things to prevent the spread of COVID-19: Scoping review	(Adly et al., 2020)
TR12	Artificial Intelligence and COVID-19: Deep Learning Approaches for Diagnosis and Treatment	(Jamshidi et al., 2020)
TR13	Artificial Intelligence applied to chest X-Ray images for the automatic detection of COVID-19. A thoughtful evaluation approach	(Arias-Londoño et al., 2020)
TR14	Artificial intelligence technology for diagnosing COVID-19 cases: A review of substantial issues	(Alsharif & Qurashi, 2020)
TR15	Benchmarking Methodology for Selection of Optimal COVID-19 Diagnostic Model Based on Entropy and OPSIS Methods	(Mohammed et al., 2020)
TR16	CCBlock: An Effective Use of Deep Learning for Automatic Diagnosis of COVID-19 Using X-Ray Images	(Al-Bawi et al., 2020)
TR17	Chest X-ray image analysis and classification for COVID-19 pneumonia detection using deep CNN	(Gao, 2020)
TR18	Computer aid screening of COVID-19 using X-ray and CT scan images: An inner comparison	(Sethy et al., 2021)
TR19	COVID CT-Net: Predicting Covid-19 from chest CT images using attentional convolutional network	(Yazdani et al., 2020)
TR20	COVID-19 detection based on deep learning and artificial bee colony	(Sahan et al., 2021)
TR21	Covid-19 Detection by Optimizing Deep Residual Features with Improved Clustering-Based Golden Ratio Optimizer	(Chattopadhyay et al., 2021)
TR22	COVID-19 detection on chest X-Ray and CT Scan images using multi-image augmented deep learning model	(Purohit et al., 2020)
TR23	COVID-19 Disease Diagnosis using Smart Deep Learning Techniques	(Kavitha et al., 2020)
TR24	Covid19 Identification from Chest X-ray Images Using Machine Learning Classifiers with GLCM Features	(Thepade et al., 2020)
TR25	CT Quantification and Machine-learning Models for Assessment of Disease Severity and Prognosis of COVID-19 Patients	(Cai et al., 2020)
TR26	Deep learning analysis provides accurate COVID-19 diagnosis on chest computed tomography	(Javor et al., 2020)
TR27	Deep Learning in Detection and Diagnosis of Covid-19 using Radiology Modalities: A Systematic Review	(Review, 2020)
TR28	Detection of coronavirus disease (COVID-19) from X-ray images using deep convolutional neural networks	(KUTLU & CAMGÖZLÜ, 2021)
TR29	Diagnosis of Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) with Structured Latent Multi-View Representation Learning	(Kang et al., 2020)

**Tabla 5:** Trabajos relacionados aprobados

Código	Título	Referencia
TR30	Expert system for early diagnosis of covid-19	(Sharana Dharshikgan Suresh Dass et al., 2020)
TR31	Heg.IA: an intelligent system to support diagnosis of Covid-19 based on blood tests	(de Freitas Barbosa et al., 2021)
TR32	Inf-Net: Automatic COVID-19 Lung Infection Segmentation from CT Images	(de Freitas Barbosa et al., 2021)
TR33	Intelligent Internet of Things and Advanced Machine Learning Techniques for COVID-19	(Chakraborty & Abougreen, 2018)
TR034	Longitudinal proteomic profiling of high-risk patients with COVID-19 reveals markers of severity and predictors of fatal disease	(Gisby et al., 2020)
TR35	Machine learning-based prediction of COVID-19 diagnosis based on symptoms	(Zoabi et al., 2021)
TR36	Model expert system for diagnosis of COVID-19 using naïvebayes classifier	(Silahudin et al., 2020)
TR37	Multi-task contrastive learning for automatic CT and X-ray diagnosis of COVID-19	(M. D. Li et al., 2021)
TR38	Severity Detection for the Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) Patients Using a Machine Learning Model Based on the Blood and Urine Tests	(Haochen Yao et al., 2020)
TR39	The value of artificial intelligence and imaging diagnosis in the fight against COVID-19	(Zhang et al., 2021)
TR40	Transfer learning to detect COVID-19 automatically from X-ray images, using convolutional neural networks	(Tareh et al., 2020)
TR41	Using machine learning of clinical data to diagnose COVID-19: A systematic review and meta-analysis	(W. T. Li et al., 2020)

En términos de rendimiento VGG-16, es una red con baja complejidad computacional debido a las pequeñas dimensiones de sus filtros, exactamente 9 píxeles por cada una de las 16 capas de aprendizaje que la componen.

Al igual que en los artículos anteriores, TR28 propone la implementación de un modelo basado en redes neuronales convolucionales CNN para solventar el problema actual que presentan las pruebas RT-PCR al diagnosticar COVID-19. Este modelo está enfocado en el diagnóstico a partir del análisis de radiografías de tórax, además, utiliza SVM para clasificar cada una de las clases de radiografías existentes.

En lo que respecta al modelo de aprendizaje profundo utilizado en este trabajo, el VGG-16 que también se menciona en el artículo TR29, consta de diferentes capas de agrupación máxima, de activación y convolución completamente conectadas, conformando un total de 21 capas, pero solo 16 de peso. Estas capas adicionales están conformadas a su vez por 5 capas de agrupación máxima, 3 de densidad y 13 de convolución.

Además, para su construcción en la mayoría de los TR se ha empleado Python como lenguaje de programación, y en lo que a hardware corresponde, se recomienda utilizar un CPU con una capacidad de procesamiento igual o superior al AMD Ryzen 53600x o por el lado de Intel, considerar las opciones a partir del Core i5-9400f en adelante, para la unidad de procesamiento gráfico o GPU, se recomienda el uso de una NVIDIA GTX 1080 o superior, además como requisito mínimo, usar 16 GB de RAM para aprovechar al máximo la capacidad de procesamiento de las CPU y la GPU.

## DISCUSIÓN

La presente RSL tuvo como propósito determinar las técnicas, métodos o modelos utilizados en la detección de Covid-19 (SARS-CoV-2) de otras enfermedades con sintomatología similar tales como la gripe y el resfriado mediante la aplicación de técnicas de aprendizaje automático o Machine Learning, y de esta manera determinar la viabilidad de diseño y creación de un sistema capaz de diagnosticar con un nivel de eficiencia aceptable, si el paciente (usuario) es portador de una de las enfermedades antes mencionadas.

De los resultados obtenidos tras el análisis de los TR, en la mayoría de ellos, contienen métodos innovadores basados en IA para el diagnóstico de Covid-19. Métodos como el análisis de sangre o el análisis de voz comprenden una complejidad y reto mayor, sobre todo estos métodos no garantizan una fiabilidad mayor al 90%, que es lo que esperamos obtener. Así mismo, el uso de un sistema que utiliza el procesamiento de lenguaje natural para el diagnóstico de la enfermedad, podría ser una solución aceptable y aplicable, considerando los recursos y la población a la que está dirigida este sistema, el único inconveniente tras el análisis de TR3 y TR26, que son los artículos que hacen mención a esta alternativa, es la variedad de síntomas que presenta el Covid-19, muchos de ellos no se presentan entre los pacientes infectados, por lo que fácilmente se lo puede confundir con otro tipo de afección pulmonar como la gripe o neumonía. Finalmente, el uso de CNN para el diagnóstico de Covid-19 usando imágenes médicas, se ha considerado como una alternativa viable para implementar, ya que los

recursos con los cuales disponemos, sumado al nivel de precisión alcanzado en los TR que hacen mención a este método, sustentan nuestra elección.

En términos de precisión, la CNN, específicamente aquellos modelos basados en la arquitectura VGG-16, presentan un nivel de precisión superiores al 90 %, llegando a alcanzar como máximo el 98 %. Estos datos, sumados a los recursos que los TR emplearon para su realización, nos permitieron optar por esta arquitectura frente a otros modelos como InceptionV3 o ResNet50, los cuales se mantienen bajo el umbral del 95 % en el mejor de los casos. Ahora bien, una vez se estableció el modelo y arquitectura, fue necesario delimitar el tipo de imagen médica más factible utilizada en la fase de construcción del modelo, siendo las TC y las radiografías pulmonares las utilizadas para este fin.

Uno de los factores tomados en cuenta, fue la disponibilidad de los datos, y el segundo su accesibilidad, ya que muchos de los bancos de datos utilizados en los TR no estaban disponibles o simplemente, no se pudo acceder a ellos, no obstante, trabajos relacionados como TR40, hacía referencia a una base de datos la cual contenía un gran número de radiografías pulmonares listas para ser utilizadas. A pesar de que las TC son capaces de captar un mayor número de datos en comparación a las radiografías pulmonares, las TC son mucho más costosas de realizar debido a los equipos especiales que se emplean para este fin, así mismo, tras realizar un análisis del entorno en el cual se puede implementar, no disponen de estos equipos, pero si disponen de máquinas de Rayos X. Además la RSL justifica y ratifica que los modelos basados en CNN presentan una mayor eficiencia al momento de implementar modelos capaces de diagnosticar Covid-19, alcanzando un porcentaje de precisión mayor al 95 % en la mayoría de los casos.

Por último, los recursos utilizados por los modelos basados en CNN, son asequibles para una eventual implementación, tanto a nivel de hardware como de software, existen alternativas Open Source como Google Colab, la cual nos brinda recursos para desplegar este tipo de modelos en caso de que los recursos disponibles de forma local no sean suficientes.

## CONCLUSIONES

Tras el análisis de los enfoques alternativos de IA como procesamiento de lenguaje natural, análisis de sangre y sinomatología para el diagnóstico de Covid-19 desarrollados en los TR, se concluye que los métodos basados en el análisis de imágenes médicas como tomografías computarizadas (TC) y rayos X, son la opción más viable para una eventual implementación. Siendo las redes neuronales convolucionales la rama de la IA con la que mejores resultados se obtuvieron, un promedio superior al 90 %, superando así, el nivel de precisión de las pruebas tradicionales PCR/RT-PCR.

Los modelos orientados al diagnóstico de Covid-19 mediante el análisis de imágenes médicas utilizando redes neuronales convolucionales, presentan los mejores resultados, sobre todo en la fase de evaluación, siendo VGG-16 el más preciso, sobrepasando el 95 % con respecto a modelos como InceptionV3 o DeepLab-v3+. Además, el uso de modelos preentrenados (VGG-16) garantiza una precisión superior al 30 % respecto a las pruebas tradicionales RT-PCR.

Los recursos utilizados para la implementación del modelo basado en redes neuronales convolucionales, dependerán en gran medida de la configuración de sus hiperparámetros y los drivers disponibles para dicho fin. Aspectos como disponibilidad de drivers y librerías son resaltados en los TR debido a la compatibilidad de los mismos con los componentes de hardware, sobre todo con las GPU Nvidia usadas en la fase de entrenamiento.

## AGRADECIMIENTOS

Mi agradecimiento más sincero a la Universidad Nacional de Loja, a todos sus docentes los cuales me formaron tanto intelectual y profesionalmente.

## REFERENCIAS

Adly, A. S. A. S., Adly, A. S. A. S., y Adly, M. S. (2020). Approaches Based on artificial intelligence and the internet of intelligent things to prevent the spread of COVID-19: Scoping review. *Journal of Medical Internet Research*, 22(8). <https://doi.org/10.2196/19104>

Al-Bawi, A., Al-Kaabi, K., Jeryo, M., y Al-Fatlawi, A. (2020). CCBLOCK: an effective use of deep learning for automatic diagnosis of COVID-19 using X-ray images. *Research on Biomedical Engineering*. <https://doi.org/10.1007/s42600-020-00110-7>

Alsharif, W., y Qurashi, A. (2020). Effectiveness of COVID-19 diagnosis and management tools: A review. *Radiography*. <https://doi.org/10.1016/j.radi.2020.09.010>

Arias-Londoño, J. D., Gomez-Garcia, J. A., Moro-Velazquez, L., y Godino-Llorente, J. I. (2020). Artificial Intelligence applied to chest X-Ray images for the automatic detection of COVID-19. A thoughtful evaluation approach.

Born, J., Wiedemann, N., Cossio, M., Buhre, C., Brändle, G., Leidermann, K., Aujayeb, A., Moor, M., Rieck, B., y Borgwardt, K. (2021). Accelerating detection of lung pathologies with explainable ultrasound image analysis. *Applied Sciences (Switzerland)*, 11(2), 1–23. <https://doi.org/10.3390/app11020672>

Cai, W., Liu, T., Xue, X., Luo, G., Wang, X., Shen, Y., Fang, Q., Sheng, J., Chen, F., y Liang, T. (2020). CT Quantification and Machine-learning Models for Assessment of Disease Severity and Prognosis of COVID-19 Patients. *Academic Radiology*, 27(12), 1665–1678. <https://doi.org/10.1016/j.acra.2020.09.004>

Chakraborty, C., y Abougreen, A. (2018). Intelligent Internet of Things and Advanced Machine Learning Techniques for COVID-19. *EAI Endorsed Transactions on Pervasive Health and Technology*, 168505. <https://doi.org/10.4108/eai.28-1-2021.168505>

Chattopadhyay, S., Dey, A., Singh, P. K., Geem, Z. W., y Sarkar, R. (2021). Covid-19 Detection by Optimizing Deep Residual Features with Improved Clustering-

Based Golden Ratio Optimizer. *Diagnostics*, 11(2), 315. <https://doi.org/10.3390/diagnostics11020315>

Dass, S D S, Meskaran, F., y Saeedi, M. (2020). Expert system for early diagnosis of covid-19. *International Journal of Current Research and Review*, 12(22), 162–165. <https://doi.org/10.31782/IJCRR.2020.122227>

Dass, Sharana Dharshikgan Suresh, Meskaran, F., y Saeedi, M. (2020). Expert system for early diagnosis of covid-19. *International Journal of Current Research and Review*, 12(22), 162–165. <https://doi.org/10.31782/IJCRR.2020.122227>

de Freitas Barbosa, V. A., Gomes, J. C., de Santana, M. A., Albuquerque, J. E. A., de Souza, R. G., de Souza, R. E., dos Santos, W. P. (2021). Heg.IA: an intelligent system to support diagnosis of Covid-19 based on blood tests. *Research on Biomedical Engineering*. <https://doi.org/10.1007/s42600-020-00112-5>

El-bana, S., Al-Kabbany, A., y Sharkas, M. (2020). A multi-task pipeline with specialized streams for classification and segmentation of infection manifestations in COVID-19 scans. *PeerJ Computer Science*, 6, e303. <https://doi.org/10.7717/peerj-cs.303>

Elzeki, O. M., Abd Elfattah, M., Salem, H., Hassani, A. E., Shams, M. (2021). A novel perceptual two layer image fusion using deep learning for imbalanced COVID-19 dataset. *PeerJ Computer Science*, 7, e364. <https://doi.org/10.7717/peerj-cs.364>

Gao, T. (2020). Chest X-ray image analysis and classification for COVID-19 pneumonia detection using deep CNN. In medRxiv. medRxiv. <https://doi.org/10.1101/2020.08.20.20178913> Gazzah, S., Bencharef, O., Marrakech, F. (2020). A Survey on how computer vision can respond to urgent need to contribute in COVID-19 pandemics.

Gisby, J., Clarke, C. L., Medjeral-Thomas, N., Malik, T. H., Papadaki, A., Mortimer, P. M., Buang, N. B., Lewis, S., Pereira, M., Toulza, F., Fagnano, E., Mawhin, M. A., Dutton, E. E., Tapeng, L., Kirk, P., Behmoaras, J., Sandhu, E., McAdoo, S. P., Predecki, M. F., ... Peters, J. E. (2020). Longitudinal proteomic profiling of high-risk patients with COVID-19 reveals markers of severity and predictors of fatal disease. In medRxiv (Vol. 16, Issue 2, p. e0247176). medRxiv. <https://doi.org/10.1101/2020.11.05.20223289>

Google-Noticias. (2021). Coronavirus (COVID-19).

Jamshidi, M., Lalbakhsh, A., Talla, J., Peroutka, Z., Hadjilooei, F., Lalbakhsh, P., Jamshidi, M., Spada, L. L., Mirmozafari, M., Dehghani, M., Sabet, A., Roshani, S., Roshani, S., Bayat-Makou, N., Mohamadzade, B., Malek, Z., Jamshidi, A., Kiani, S., Hashemi-Dezaki, H., y Mohyuddin, W. (2020). Artificial Intelligence and COVID-19: Deep Learning Approaches for Diagnosis and Treatment. *IEEE Access*, 8, 109581–109595.

<https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3001973>

Javor, D., Kaplan, H., Kaplan, A., Puchner, S. B., Krestan, C., y Baltzer, P. (2020). Deep learning analysis provides accurate COVID-19 diagnosis on chest computed tomography. *European Journal of Radiology*, 133. <https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2020.109402>

Kamil, M. Y. (2021). A deep learning framework to detect Covid-19 disease via chest X-ray and CT scan images. *International Journal of Electrical and Computer Engineering*, 11(1), 844–850. <https://doi.org/10.11591/ijece.v11i1.pp844-850>

Kang, H., Xia, L., Yan, F., Wan, Z., Shi, F., Yuan, H., Jiang, H., Wu, D., Sui, H., Zhang, C., y Shen, D. (2020). Diagnosis of Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) with Structured Latent Multi-View Representation Learning. *IEEE Transactions on Medical Imaging*, 39(8), 2606–2614. <https://doi.org/10.1109/TMI.2020.2992546>

Kavitha, K. V., Deshpande, S. R., Pandit, A. P., y Unnikrishnan, A. G. (2020). Application of tele-podiatry in diabetic foot management: A series of illustrative cases. *Diabetes and Metabolic Syndrome: Clinical Research and Reviews*, 14(6), 1991–1995. <https://doi.org/10.1016/j.dsx.2020.10.009>

Kitchenham, B., y Charters, S. (2007). Guidelines for performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering.

Kutlu, Y., y Cangozlu, Y. (2021). Detection of coronavirus disease (COVID-19) from X-ray images using deep convolutional neural networks. *Natural and Engineering Sciences*, 6(1), 60–74. <https://doi.org/10.28978/nesciences.868087>

Li, M. D., Little, B. P., Alkasab, T. K., Mendoza, D. P., Succi, M. D., Shepard, J.-A. O., Lev, M. H., y Kalpathy-Cramer, J. (2021). Multi-Radiologist User Study for Artificial Intelligence-Guided Grading of COVID-19 Lung Disease Severity on Chest Radiographs. *Academic Radiology*. <https://doi.org/10.1016/j.acra.2021.01.016>

Li, W. T., Ma, J., Shende, N., Castaneda, G., Chakladar, J., Tsai, J. C., Apostol, L., Honda, C. O., Xu, J., Wong, L. M., Zhang, T., Lee, A., Gnanasekar, A., Honda, T. K., Kuo, S. Z., Yu, M. A., Chang, E. Y., Rajasekaran, M. R., y Ongkeko, W. M. (2020). Using machine learning of clinical data to diagnose COVID-19: A systematic review and meta-analysis. *BMC Medical Informatics and Decision Making*, 20(1). <https://doi.org/10.1186/s12911-020-01266-z>

Maghded, H. S., Ghafoor, K. Z., Sadiq, A. S., Curran, K., Rawat, D. B., y Rabie, K. (2020). A Novel AI-enabled Framework to Diagnose Coronavirus COVID-19 using Smartphone Embedded Sensors: Design Study. *Proceedings - 2020 IEEE 21st International Conference on Information Reuse and Integration for Data Science, IRI 2020*, 180–187. <https://doi.org/10.1109/IRI49571.2020.00033>

Meng, L., Dong, D., Li, L., Niu, M., Bai, Y., Wang,

- M., Qiu, X., Zha, Y., y Tian, J. (2020). A Deep Learning Prognosis Model Help Alert for COVID-19 Patients at High-Risk of Death: A Multi-Center Study. *IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics*, 24(12), 3576–3584. <https://doi.org/10.1109/JBHI.2020.3034296>
- Mohammed, M. A., Abdulkareem, K. H., Al-Waisy, A. S., Mostafa, S. A., Al-Fahdawi, S., Dinar, A. M., Alhakami, W., Baz, A., Al-Mhiqani, M. N., Alhakami, H., Arbaiy, N., Maashi, M. S., Mutlag, A. A., Garcia-Zapirain, B., De La Torre Diez, I. (2020). Benchmarking Methodology for Selection of Optimal COVID-19 Diagnostic Model Based on Entropy and TOPSIS Methods. *IEEE Access*, 8, 99115–99131. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2995597>
- Nguyen, D. M. H., Nguyen, D. M., Vu, H., Nguyen, B. T., Nunnari, F., y Sonntag, D. (2020). An Attention Mechanism with Multiple Knowledge Sources for COVID-19 Detection from CT Images.
- Nour, M., Cömert, Z., y Polat, K. (2020). A Novel Medical Diagnosis model for COVID-19 infection detection based on Deep Features and Bayesian Optimization. *Applied Soft Computing*, 97. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2020.106580>
- OMS. (2021). Enfermedad por el coronavirus (COVID-19): Vacunas. Onu. OMS, O. M. de la S. (2020). Zoonosis.
- Petticrew, M., y Roberts, H. (2008). Systematic Reviews in the Social Sciences: A Practical Guide. In *Systematic Reviews in the Social Sciences: A Practical Guide*. Blackwell Publishing Ltd. <https://doi.org/10.1002/9780470754887>
- Purohit, K., Kesarwani, A., Kisku, D. R., y Dali, M. (2020). COVID-19 detection on chest X-Ray and CT Scan images using multi-image augmented deep learning model. In *bioRxiv*. <https://doi.org/10.1101/2020.07.15.205567>
- Qiu, J., Peng, S., Yin, J., Wang, J., Jiang, J., Li, Z., Song, H., Zhang, W. (2021). A Radiomics Signature to Quantitatively Analyze COVID-19-Infected Pulmonary Lesions. *Interdisciplinary Sciences: Computational Life Sciences*. <https://doi.org/10.1007/s12539-020-00410-7>
- Ramajo, J., y Márquez, M. Á. (2008). Componentes espaciales en el modelo Shift-Share. Una aplicación al caso de las regiones peninsulares españolas. *Estadística Española*, 50(168), 247–272.
- Review, S. (2020). Deep Learning in Detection and Diagnosis of Covid-19 using Radiology Modalities: A. 1–12.
- Sahan, A. M., Al-Itbi, A. S., y Hameed, J. S. (2021). COVID-19 detection based on deep learning and artificial bee colony. 9(1), 29–36.
- Sethy, P. K., Behera, S. K., Anitha, K., Pandey, C., y Khan, M. R. (2021). Computer aid screening of COVID-19 using X-ray and CT scan images: An inner comparison. *Journal of X-Ray Science and Technology*, 1–14. <https://doi.org/10.3233/xst-200784>
- Silahudin, D., Henderi, y Holidin, A. (2020). Model expert system for diagnosis of COVID-19 using naïve bayes classifier. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1007(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1007/1/012067>
- Taresh, M., Zhu, N., y Ali Ali, T. A. (2020). Transfer learning to detect COVID-19 automatically from X-ray images, using convolutional neural networks. In *medRxiv*. [medRxiv. https://doi.org/10.1101/2020.08.25.20182170](https://doi.org/10.1101/2020.08.25.20182170)
- Thepade, S. D., Bang, S. V., Chaudhari, P. R., y Dindorkar, M. R. (2020). Covid19 Identification from Chest X-ray Images Using Machine Learning Classifiers with GLCM Features. *Electronic Letters on Computer Vision and Image Analysis*, 19(3), 85–97. <https://doi.org/10.5565/REV/ELCVIA.1277>
- Yao, H., Zhang, N., Zhang, R., Duan, M., Xie, T., Pan, J., Peng, E., Huang, J., Zhang, Y., Xu, X., Xu, H., Zhou, F., y Wang, G. (2020). Severity Detection for the Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) Patients Using a Machine Learning Model Based on the Blood and Urine Tests. *Frontiers in Cell and Developmental Biology*, 8. <https://doi.org/10.3389/fcell.2020.00683>
- Yao, Haochen, Zhang, N., Zhang, R., Duan, M., Xie, T., Pan, J., Peng, E., Huang, J., Zhang, Y., Xu, X., Xu, H., Zhou, F., y Wang, G. (2020). Severity Detection for the Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) Patients Using a Machine Learning Model Based on the Blood and Urine Tests. *Frontiers in Cell and Developmental Biology*, 8(10), 2776–2786. <https://doi.org/10.3389/fcell.2020.00683>
- Yazdani, S., Minaee, S., Kafieh, R., Saedizadeh, N., Sonka, M. (2020). COVID CT-Net: Predicting Covid-19 from chest CT images using attentional convolutional network. *ArXiv*. Zhang, D., Liu, X., Shao, M., Sun, Y., Lian, Q., y Zhang, H. (2021). The value of artificial intelligence and imaging diagnosis in the fight against COVID-19. *Personal and Ubiquitous Computing*. <https://doi.org/10.1007/s00779-021-01522-7>
- Zoabi, Y., Deri-Rozov, S., y Shomron, N. (2021). Machine learning-based prediction of COVID-19 diagnosis based on symptoms. *Npj Digital Medicine*, 4(1). <https://doi.org/10.1038/s41746-020-00372-6>