

# Revista Amazónica de Ciencias Ambientales y Ecológicas


Volumen 1, Número 1, Año 2022.

Nuestros **primeros**  
aportes en el **área de**  
ciencias ambientales



**UNIVERSIDAD NACIONAL  
DE SAN MARTÍN**





© Universidad Nacional de San Martín  
Facultad de Ecología  
Jr. Maynas N° 177, Tarapoto - Perú

**Editor:**  
Fondo Editorial

**Editorial:**  
Universidad Nacional de San Martín

**Diseño de portada:**  
Lic. Manuel Angel Rojas Torres

Volumen 1, Número 1, Año 2022

DOI: <https://doi.org/10.51252/reacae.v1i1>  
ISSN: XXXX-XXXX (En línea)  
Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2022-XXXX

Tarapoto, San Martín, Perú, enero 2022.

# EQUIPO EDITORIAL

---

## **EDITOR JEFE**

Dr. Miguel Angel Valles Coral

## **DIRECTOR DE LA REVISTA**

Dr. Yrwin Francisco Azabache Liza

## **COMITÉ EDITORIAL**

Dr. Ronald Fernando Rodríguez Espinoza, Universidad Autónoma Del Perú

Ing. Mg. Adolfo Enrique Guerrero Escobedo, Universidad Nacional De Trujillo

Ing. Marcos Salas Guerrero, Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegida - SERNANP

Ing. Mg. Dante Daniel Cruz Nieto, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión

Dra. Olga Giovanna Valderrama Ríos, Universidad Nacional Del Callao

Dr. Adolfo Alfredo Arana Sánchez, Universidad Autónoma Del Perú

Lic. Mg. Santos Ricardo Celis Rojas, Universidad Nacional de Barranca

Ing. Mg. Julio Santiago Chumacero Acosta, Universidad Nacional de San Martín

## **GESTOR DE LA REVISTA**

Ing. Juan Carlos Velasco Mieses

## **ASISTENTE EDITORIAL**

Bach. Lloy Pool Pinedo Tuanama

Bach. Jorge Raúl Navarro Cabrera

## **DIAGRAMADORA**

Est. Kasidy Argandoña Del Aguila

## **ASISTENTE DE DISEÑO GRÁFICO**

Lic. Manuel Angel Rojas Torres

# AUTORIDADES

---

**RECTOR**

Dr. Aquilino Mesías García Bautista

**VICERRECTORA DE INVESTIGACIÓN**

Dra. Alicia Bartra Reátegui

**VICERRECTORA ACADÉMICA**

Dra. Rossana Herminia Hidalgo Pozzi

**DECANO FACULTAD DE ECOLOGÍA**

Dr. Santiago Casas Luna

# ÍNDICE DE CONTENIDO

---

## EDITORIAL

---

Editorial: Nuestros primeros aportes en el área de ciencias ambientales e301

## ARTÍCULOS ORIGINALES

---

Efecto cuantitativo del cambio climático en el calendario fenológico de floración y fructificación de siete especies forestales en un bosque establecido en la región San Martín e287

Efecto de la presión antrópica sobre tres estratos vegetales y su impacto en la diversidad y distribución de avifauna en la ZOCRE Morro de Calzada, Perú e290

Relación del proceso de sedimentación de sólidos totales del agua residual y el estado de las redes de alcantarillado pluvial, Moyobamba e291

Evaluación de impacto ambiental de la actividad industrial y su influencia en el componente aire de una localidad peruana e292

Aplicación del clarificante de origen natural (almidón de yuca) para la remoción de la turbidez y color en aguas de consumo humano e294

## Nuestros primeros aportes en el área de ciencias ambientales

### Our first contributions in the area of environmental sciences

Azabache-Liza, Yrwin [ORCID: 0000-0003-1396-9745]

<sup>1</sup>Universidad Nacional de San Martín, Tarapoto, Perú.

✉ [yfazabache@unsm.edu.pe](mailto:yfazabache@unsm.edu.pe)

Recibido: 04/01/2022;

Aceptado: 10/01/2022;

Publicado: 20/01/2022

**Cómo citar / Citation:** Azabache-Liza, Y. F. (2022). Nuestros primeros aportes en el área de ciencias ambientales. *Revista Amazónica de Ciencias Ambientales y Ecológicas*, 1(1), e301. <https://doi.org/10.51252/reacae.v1i1.301>

Las exigencias en los últimos años con respecto a la investigación son de importancia en todos los campos, prueba de ello la Universidad Nacional de San Martín viene dando espacios de investigación educativa, con fines de generar desarrollo de habilidades intelectuales de los docentes, a partir de ello analizar y transformar la realidad con el saber hacer y saber ser, de esta manera queda marcado en un irrenunciable elitismo intelectual y moral.

Por esta razón, la Universidad Nacional de San Martín, representado por los docentes unieron fuerzas y se trazaron metas para realizar aportes a revistas indexadas, en adecuación a la Nueva Ley Universitaria 30220, Capítulo VI, artículo 48 “La investigación constituye una función esencial y obligatoria, que fomenta y realiza respondiendo a través de la producción del conocimiento y desarrollo de tecnologías a las necesidades de la población”. Evidentemente, la universidad se inició en los rankings en el puesto 64 en el año 2018 pasando al puesto 44 en el año 2020, todo indica que la universidad ha ido aportando y demostrando su exigencia ante la sociedad (Valles-Coral et al., 2020).

Vistos que las universidades tienen principales funciones de generar y divulgar conocimientos científicos, acoplándose a las necesidades nacionales y a las exigencias actuales de la comunidad académica; el Vice Rectorado de Investigación en coordinación con el Fondo Editorial, la Decanatura y la Unidad de Investigación de la Facultad de Ecología, han creído conveniente difundir la “Revista Amazónica de Ciencias Ambientales y Ecológicas”, elaborados por los docentes, estudiantes y egresados, poniendo a disposición a la comunidad universitaria; otras instituciones regionales y nacionales.

Presentamos a la comunidad universitaria el volumen I, número I, donde realizamos aportes en el área de ciencia ambientales con el propósito que los artículos sean revisados y tengan el impacto en la comunidad científica, procurando que este proyecto se consolide en el mediano plazo y con ello se consolide el posicionamiento de la Universidad Nacional de San Martín.

## Referencias bibliográficas

Valles-Coral, M. A., Riascos-Armas, J. O., & Hernandez-Torres, E. A. (2020). Management of the digital identity of researchers and its effect on the webometrics ranking of a peruvian

© Los autores. Este artículo es publicado por la **Revista Amazónica de Ciencias Ambientales y Ecológicas** de la Universidad Nacional de San Martín. Este es un artículo de acceso abierto, distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es>) que permite Compartir (copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato), Adaptar (remezclar, transformar y construir a partir del material) para cualquier propósito, incluso comercialmente.

amazon university. *Revista Cubana de Información En Ciencias de La Salud*, 31 (2).  
<https://doi.org/10.36512/rcics.v31i1.1406>



### **Conflicto de intereses**

Ninguna.

Artículo original / Original article

## Efecto cuantitativo del cambio climático en el calendario fenológico de floración y fructificación de especies forestales en Perú

## Quantitative effect of climate change on the phenological calendar of flowering and fruiting of forest species in Peru

Ramírez-Navarro, Williams [ 0000-0002-8165-094X]<sup>1</sup>; Quinteros-García, Alfredo [ 0000-0002-4889-9196]<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Nacional de San Martín, Tarapoto, Perú

✉ [wramirezn@unsm.edu.pe](mailto:wramirezn@unsm.edu.pe)

Recibido: 18/11/2021;

Aceptado: 20/12/2021;

Publicado: 20/01/2022

**Resumen:** Buscamos determinar los efectos cuantitativos del cambio climático en el calendario fenológico de floración y fructificación de siete especies forestales: Capirona, Shaina, Bolaina, Marupa, Teca, Eucalipto y Cedro rosado, durante el periodo 2013-2015. Las evaluaciones comprendieron 35 individuos observados por un periodo de 24 meses, utilizando la metodología propuesta por Fournier. Encontramos que el cambio climático ha generado efectos significativos en el adelanto del calendario fenológico de floración y fructificación en las especies *Calycophyllum spruceanum* y *Simarouba amara*, y en el atraso en las especies *Colubrina glandulosa* y *Guazuma crinita*; además, una gran variabilidad en las fenofases de las especies de *Tectona grandis* y *Eucalyptus glóbulos*. Debido a su adaptación, aclimatación y hábitat presentaron ciclo fenológico completo, a excepción de *Acrocarpus fraxinifolius*. La floración y fructificación están influenciadas por la variable temperatura con rango permisible de 21.3 °C a 33.3 °C de acuerdo a la temperatura máxima, mínima y media del periodo establecido, y con respecto al patrón histórico 1981-2010 se registraron anomalías de 0.5 °C, 0.4 °C, y 0.2 °C, respectivamente. El modelo estadístico cuantitativo de correlación, análisis de distribución de Chi cuadrado y el Coeficiente de determinación, encontró una relación de asociación positiva débil a moderada.

**Palabras clave:** especie; humedad relativa; precipitación pluvial; temperatura

**Abstract:** We seek to determine the quantitative effects of climate change on the phenological calendar of flowering and fruiting of seven forest species: Capirona, Shaina, Bolaina, Marupa, Teak, Eucalyptus and Pink cedar, during the 2013-2015 period. The evaluations comprised 35 individuals observed for a period of 24 months, using the methodology proposed by Fournier. We found that climate change has generated significant effects in the advancement of the phenological calendar of flowering and fruiting in the *Calycophyllum spruceanum* and *Simarouba amara* species, and in the delay in the *Colubrina glandulosa* and *Guazuma crinita* species; in addition, a great variability in the phenophases of the species of *Tectona grandis* and *Eucalyptus globules*. Due to their adaptation, acclimatization and habitat, they presented a complete phenological cycle, with the exception of *Acrocarpus fraxinifolius*. Flowering and fruiting are influenced by the variable temperature with a permissible range of 21.3 °C to 33.3 °C according to the maximum, minimum and average temperature of the established period, and with respect to the historical pattern 1981-2010 anomalies of 0.5 °C were registered, 0.4 °C, and 0.2 °C, respectively. The quantitative statistical model of correlation, analysis of the Chi square distribution and the Coefficient of determination, found a weak to moderate positive association relationship.

**Keywords:** species; relative humidity; pluvial precipitation; temperature

**Cómo citar / Citation:** Ramírez-Navarro, W. & Quinteros-García, A. (2022). Efecto cuantitativo del cambio climático en el calendario fenológico de floración y fructificación de especies forestales en Perú. *Revista Amazónica de Ciencias Ambientales y Ecológicas*, 1(1), e287. <https://doi.org/10.51252/reacae.v1i1.287>



## I. Introducción

Durante la segunda mitad del siglo pasado, el cambio climático afectó los ecosistemas forestales y tendrá un efecto cada vez mayor sobre ellas en el futuro. Los servicios de regulación del dióxido de carbono CO<sub>2</sub> en los bosques están en riesgo de perderse, a menos que se reduzcan sustancialmente las actuales emisiones; ello provocaría la liberación de grandes cantidades de dióxido de carbono a la atmósfera, agravando el cambio climático (Ruiz Rivera & Galicia Sarmiento, 2016; Valdéz S., 2018).

Dicho efecto que se experimenta en la actualidad es un fenómeno provocado por el aumento de gases de invernadero en la atmósfera, principalmente por CO<sub>2</sub> emitidas por las actividades humanas, que es uno de los problemas ambientales más graves al que se enfrenta la humanidad (Arteaga N. & Burbano N., 2018; Buitrago Guillen et al., 2018).

El calentamiento global que afecta a los ecosistemas mundiales, compromete al desarrollo sostenible. Los estudios Científicos del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007), informan que el planeta enfrentará desastres humanos y naturales irreversibles si la concentración atmosférica de CO<sub>2</sub> continúa. Estos mismos afirman que el clima es el principal factor que controla las pautas mundiales, su estructura, la productividad, y la mezcla de especies.

Montenegro & Ginocchio (1999) indican que el principal efecto del cambio climático en la fenología de las plantas, es el factor climático. Asimismo, Menzel & Fabian (1999) señalan que el incremento en la temperatura del aire puede ser detectado fácilmente con los datos fenológicos. En esta perspectiva, Spano et al. (1999) reportan que las observaciones fenológicas son una valiosa fuente de información para investigar las relaciones de la variación climática en el desarrollo vegetal.

Por otra parte, Rosenzweig & Casassa (2007) manifiestan que el calentamiento global del sistema climático es inequívoco, como lo evidencian un número significativo de cambios observados y sus respuestas que están siendo investigadas, tanto para los sistemas naturales como para los manejados. Estas evidencias abarcan impactos en los ciclos estacionales y de vida de las especies, lo que incluye desde la retención o caída de las hojas hasta los cambios en la floración y maduración de frutos, entre otros.

Los contrastes climáticos durante un ciclo anual expresados en las estaciones, desempeñan un papel importante para el desarrollo fenológico de las plantas, siendo los eventos meteorológicos, como: temperatura, precipitación pluvial, y radiación solar, los reguladores principales de la floración y desarrollo del fruto, y están estrechamente asociados con el comportamiento del clima y tiempo atmosférico (L. A. Fournier & Di Stefano, 2004). Sin embargo, estos estudios son insuficientes en áreas específicos de bosques establecidos.

Por estas razones, el objetivo del artículo es determinar los efectos cuantitativos del cambio climático en el calendario fenológico de floración y fructificación de siete especies forestales: “Capirona” (*Calycophyllum spruceanum*), “Shaina” (*Colubrina glandulosa*), “Bolaina” (*Guazuma crinita*), “Marupa” (*Simarouba amara*), “Teca” (*Tectona grandis*), “Eucalipto” (*Eucaliptus glóbulos*) y “Cedro Rosado” (*Acrocarpus fraxinifolius*), durante el periodo 2013-2015 versus la serie 1980-2010 de acuerdo a la Organización Meteorológica Mundial (OMM).

## 2. Materiales y métodos

Utilizamos el diseño no experimental de tipo longitudinal. Observamos fenómenos tales como: floración y fructificación (especie), temperatura, precipitación pluvial y humedad relativa, tal cual se propiciaron en su entorno natural, para después interpretar, analizarlos y proponer recomendaciones para mitigar el efecto del cambio climático.

Levantamos información fenológica de una muestra de 889 plantas del bosque establecido, se escogieron siete especies forestales y se marcaron cinco árboles de cada especie, en base a su desarrollo, crecimiento, edad, manifestación de fase reproductiva y por el potencial de uso maderable en la Región San Martín.

Llevamos a cabo las observaciones en un área de 1.319 ha instaladas en el Centro de Investigación y Enseñanza Académica del Instituto de Educación Superior Tecnológico Público Nor Oriental de la Selva, ubicado en el distrito de la Banda de Shilcayo de la Región San Martín.

Realizamos las evaluaciones por espacio de 24 meses, desde agosto del 2013 a julio del 2014. Anotamos semanalmente la cantidad de floración y fructificación según la metodología de (Fournier, 1974). Esta metodología facilita la evaluación cuantitativa de las diferentes características fenológicas de cada especie. La misma consiste en la aplicación de la siguiente escala:

0: ausencia de características, con un ámbito de 0%.; 1: presencia de características, con un ámbito de 1%-25%; 2: presencia de características, con un ámbito de 26%-50%; 3: presencia de características, con un ámbito de 51%-75% y 4: presencia de características, con un ámbito de 76%-100%.

Aplicamos esta metodología en las siete especies forestales del bosque establecido. Para estudiar la posible relación de las fases reproductivas con las variables climáticas, recolectamos datos de temperatura, precipitación pluvial y humedad relativa de la estación meteorológica del distrito de Juan Guerra.

Correspondiente al análisis del coeficiente de relación y correlación empleada para evaluar el efecto del cambio climático en la intensidad de la asociación entre dos variables, utilizamos el modelo estadístico de Pearson (1900), el programa estadístico de MINITAB y Excel para elaborar el análisis de varianza (ANOVA).

## 3. Resultados y discusión

### 3.1. Situación del bosque de estudio

Los resultados de la tabla I muestran que las especies exóticas Eucalipto (*Eucalyptus globulus*), Cedro rosado (*Acrocarpus fraxinifolius*) y Teca (*Tectona grandis*) presentaron mayor incremento en diámetro, altura total y volumen, seguidos por las especies nativas Marupa (*Simarouba amara*), Shaina (*Colubrina glandulosa*), Bolaina (*Guazuma crinita*) y Capirona (*Calycophyllum spruceanum*), lo que corrobora con Chujutalli (2009), quienes afirman que las especies con mayor desarrollo de crecimiento son el Eucalipto, Marupa y Shaina.

**Tabla 1.** Crecimiento inicial y final de las plantaciones por especie

N°	Especies	Crecimiento inicial 2007			Crecimiento final 2015		
		Φ (cm)	Ht (m)	Vol (m³)	Φ (cm)	Ht (m)	Vol (m³)
1	Bolaina	0,60	0,22	0,000004	11,00	9,10	0,0687
2	Capirona	0,56	0,20	0,000003	5,20	7,10	0,0170
3	Cedro rosado	0,80	0,23	0,000008	17,00	11,90	0,2173
4	Eucalipto	0,59	0,22	0,000004	22,80	12,50	0,4637
5	Marupa	0,85	0,21	0,000008	14,40	11,00	0,1515
6	Shaina	0,65	0,22	0,000005	12,00	10,40	0,0827
7	Teca	0,85	0,20	0,000007	14,60	10,00	0,1250

Los crecimientos iniciales de la plantación del año 2007 fueron obtenidos del trabajo final de titulación sobre mantenimiento de la plantación en los campos del I.E.S.T.P “Nor Oriental de la Selva” realizado por García & Panduro (2008); el cálculo final del crecimiento 2015 fueron tomadas durante el presente estudio.

### 3.2. Modelos matemáticos de floración y fructificación

Según la tabla 2, todas las especies puestas en estudio responden a respuestas de relación, correlación y coeficientes de determinación, así como modelos matemáticos diferentes al efecto del cambio climático.

**Tabla 2.** Modelos matemáticos de floración y fructificación

Modelos	Denominación
$Y = -108.029 - 11.691X_1 + 0.232X_2 + 5.708X_3 + \epsilon$ R2: 0.482	Modelo y coeficiente de determinación del cambio climático en la floración de la especie Capirona
$Y = 96.203 - 21.242X_1 + 0.012X_2 + 6.974X_3 + \epsilon$ R2 : 0.224	Modelos y coeficiente de determinación del cambio climático en la fructificación de la especie Capirona
$Y = -54.625 - 12.742X_1 - 0.234X_2 + 6.010X_3 + \epsilon$ R2 : 0.181	Modelos y coeficiente de determinación del cambio climático en la floración de la especie Shaina
$Y = 1493.733 - 34.991X_1 - 7.493X_2 + \epsilon$ R2 : 0.641	Modelos y coeficiente del cambio climático y la fructificación de la especie Shaina
$Y = 464.847 - 13.004X_1 - 0.3066X_2 + 1.309X_3 + \epsilon$ R2 : 0.250	Modelos y coeficiente de determinación del cambio climático en la floración de la especie Bolaina
$Y = 500.398 - 18.51X_1 + \epsilon$ R2 : 0.250	Modelos y del cambio climático en la fructificación de la especie Bolaina
$Y = 1229.872 - 23.502X_1 - 8.11X_2 + \epsilon$ R2 : 0.441	Modelos y coeficiente de determinación del cambio climático y la floración de la especie Marupa
$Y = -24.839 - 0.793X_1 + 0.056X_2 + 0.804X_3 + \epsilon$ R2 : 0.013	Modelos y coeficiente de determinación del cambio climático y la fructificación de la especie Marupa
$Y = -495.260 + 11.599X_1 - 0.059X_2 + 2.957X_3 + \epsilon$ R2: 0.041	Modelos y coeficiente de determinación del cambio climático y la floración de la especie Teca
$Y = -1311.881 + 11.018X_1 - 0.189X_2 + 14.730X_3 + \epsilon$ R2 : 0.235	Modelos y coeficiente de determinación del cambio climático y la fructificación de la especie Teca
$Y = 369.144 - 3.256X_1 + 0.076X_2 - 3.913X_3 + \epsilon$ R2 : 0.145	Modelos y coeficiente de determinación del cambio climático y la floración de la especie Eucalipto
$Y = -1.174 - 7.696X_1 - 0.106X_2 + 3.141X_3 + \epsilon$ R2 : 0.122	Modelos y coeficiente de determinación del cambio climático en la fructificación de la especie Eucalipto

### 3.3. Validación del modelo teórico

De acuerdo a la tabla 3, el análisis estadístico empleado a las temperaturas mínimas y temperatura medias, mediante el análisis de distribución de  $X^2$  (chi cuadrado), las especies Capirona, Shaina, Marupa, Teca y Eucalipto, presentaron valores calculados menores que el valor de  $X^2$  tabular, por lo que se aceptó la hipótesis nula ( $H_0$ ) en la floración, fructificación y por lo tanto representan la realidad del estudio.

En la floración de la especie Bolaina y Marupa el  $X^2$  calculada arrojó valores fuera de control en relación a  $X^2$  tabular, por lo que se rechazó la hipótesis nula ( $H_0$ ); por lo tanto, el modelo matemático establecido para cada especie fue demostrado y validado.

**Tabla 3.** Tratamiento estadístico de datos observados

Especie	Var. Dependiente	$X^2$ Calculado	$X^2$ Tabular	Decisión al 5% $X^2$	Validación
Capirona	Floración	0.266	19.68	$X^2 C < \text{que } X^2 T$	si se acepta $H_0$
	Fructificación	0.233	19.68	$X^2 C < \text{que } X^2 T$	si se acepta $H_0$
Shaina	Floración	0.042	19.68	$X^2 C < \text{que } X^2 T$	si se acepta $H_0$
	Fructificación	6.043	19.68	$X^2 C < \text{que } X^2 T$	si se acepta $H_0$
Bolaina	Floración	490.095	19.68		
	Fructificación	0.197	19.68	$X^2 C < \text{que } X^2 T$	si se acepta $H_0$
Marupa	Floración	0.013	19.68	$X^2 C < \text{que } X^2 T$	si se acepta $H_0$
	Floración	335.808	19.68		
	Fructificación	0.013	19.68	$X^2 C < \text{que } X^2 T$	si se acepta $H_0$
Teca	Floración	0.560	19.68	$X^2 C < \text{que } X^2 T$	si se acepta $H_0$
	Fructificación	0.442	19.68	$X^2 C < \text{que } X^2 T$	si se acepta $H_0$
Eucalipto	Floración	0.757	19.68	$X^2 C < \text{que } X^2 T$	si se acepta $H_0$
	Fructificación	1.149	19.68	$X^2 C < \text{que } X^2 T$	si se acepta $H_0$

La tabla 4 evidencia la correlación lineal ( $r$ ) y el coeficiente de determinación  $R^2$ , del efecto cuantitativo del cambio climático en el calendario fenológico de floración y fructificación al nivel de significancia del 5%, encontrando valores comprendidos en el rango de  $r$ :  $0 < r \leq 0.5$  y valores  $0.5 < r \leq 0.8$ , que indicó grados de correlación positiva débil a positiva moderada.

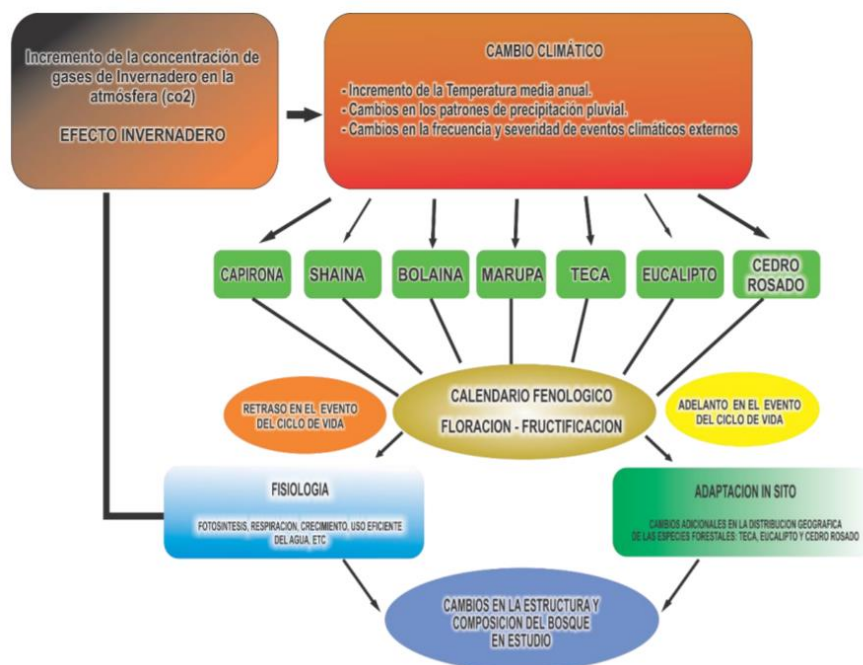
**Tabla 4.** Coeficientes de correlación y determinación al 5% de significancia

Especie		Coeficiente de correlación	Coeficiente de Determinación	Correlación "r" Significancia al 5%	Coeficiente de Determinación $R^2$ Significancia al 5%	
Capirona	Floración	$r_{y.x_1.x_2.x_3}=0.695$	$R^2 =$	0.482	$0.5 < r \leq 0.8$ **pm	$0.5 < R^2 \leq 0.8$ *ns
	Fructificación	$r_{y.x_1.x_2.x_3}=0.473$	$R^2 =$	0.224	$0 < r \leq 0.50$ *pd	$0 < R^2 \leq 0.5$ *ns
Shaina	Floración	$r_{y.x_1.x_2.x_3}=0.426$	$R^2 =$	0.181	$0 < r \leq 0.5$ *pd	$0 < R^2 \leq 0.5$ *ns
	Fructificación	$r_{y.x_1.x_2.x_3}=0.801$	$R^2 =$	0.641	$0.5 < r < 0.8$ **pm	$0.5 < R^2 \leq 0.8$ **s
Bolaina	Floración	$r_{y.x_1.x_2.x_3}=0.279$	$R^2 =$		$0 < r \leq 0.5$ *pd	$0 < R^2 \leq 0.5$ *ns
	Fructificación	$r_{y.x_1.x_2.x_3}=0.500$	$R^2 =$	0.250	$0 < r \leq 0.5$ **pm	$0 < R^2 \leq 0.5$ **s
Marupa	Floración	$r_{y.x_1.x_2.x_3}=0.664$	$R^2 =$	0.441	$0.5 < r < 0.8$ **pm	$0.5 < R^2 \leq 0.8$ **s
	Fructificación	$r_{y.x_1.x_2.x_3}=0.113$	$R^2 =$	0.013	$0 < r \leq 0.5$ *pd	$0 < R^2 \leq 0.5$ *ns
Teca	Floración	$r_{y.x_1.x_2.x_3}=0.202$	$R^2 =$	0.041	$0 < r \leq 0.5$ *pd	$0 < R^2 \leq 0.5$ *ns
	Fructificación	$r_{y.x_1.x_2.x_3}=0.485$	$R^2 =$	0.235	$0 < r \leq 0.5$ *pd	$0 < R^2 \leq 0.5$ *ns
Eucalipto	Floración	$r_{y.x_1.x_2.x_3}=0.381$	$R^2 =$	0.145	$0 < r \leq 0.5$ *pd	$0 < R^2 \leq 0.5$ *ns
	Fructificación	$r_{y.x_1.x_2.x_3}=0.349$	$R^2 =$	0.122	$0 < r \leq 0.5$ *pd	$0 < R^2 \leq 0.5$ *ns

Nota. (\*) Asociación es positiva débil; (\*\*) Asociación es positiva moderada

El efecto cuantitativo del cambio climático en el calendario fenológico de floración y fructificación de siete especies forestales y según el objetivo planteado, no se han encontrado efectos del cambio climático (temperatura, precipitación pluvial y humedad relativa) en el bosque establecido del Centro de Investigación y Enseñanza Académica del Instituto de Educación Superior Tecnológico Público “Nor Oriental de la Selva”. Por lo que podemos definir, el esquema (Figura 1) como la generalización teórica que responde a la simulación gráfica.

**Figura 1.** Esquema del flujo de la relación del efecto cuantitativo del cambio climático en el calendario fenológico



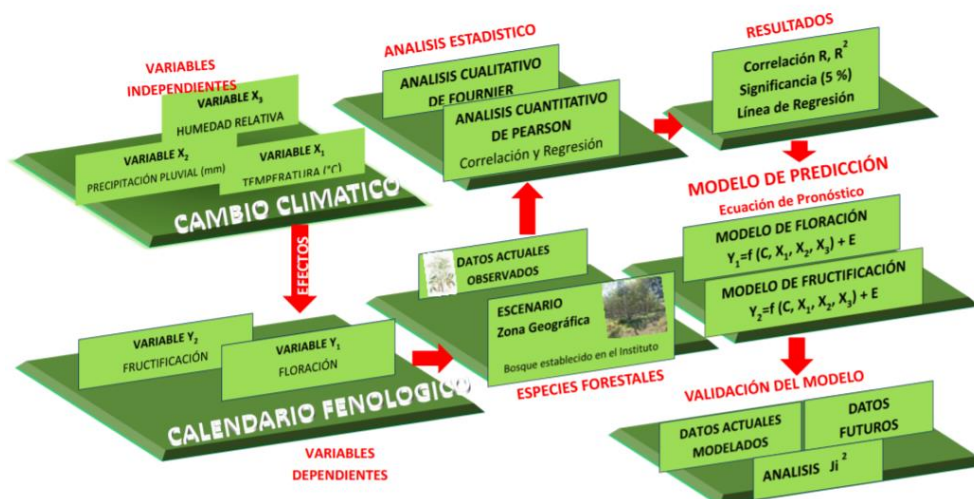
El esquema presenta tres variables independientes: temperatura, precipitación pluvial y humedad relativa, sobre la variable dependiente floración y fructificación de las siete especies forestales. La plantación (vegetación) está condicionada en gran parte por el ambiente, sobre todo por el clima y suelo (condiciones térmicas, hídricas, luminosidad y duración del día, factores químicos y factores mecánicos) por lo tanto no se ha observado efectos climáticos en el calendario fenológico de floración y fructificación.

La determinación gráfica expone la importancia del efecto del cambio climático en el calendario fenológico de floración y fructificación de las especies. Se conoce desde hace mucho tiempo que la combinación del clima y otros factores se emplea para explicar la distribución de la vegetación en todo el planeta (Humboldt & Bonpland, 1807). Los factores ambientales tienen un efecto sobre la distribución de la especie, ya sea en forma directa o indirecta (Guisan & Zimmermann, 2000).

### 3.4. Modelo propuesto

Diseñamos un modelo teórico de predicción del efecto cuantitativo del cambio climático en el calendario fenológico de floración y fructificación de especies forestales para ser tomados como base de predicción de efectos futuros (Figura 2).

**Figura 2.** Modelo teórico para predicción de los efectos cuantitativos del cambio climático en el calendario fenológico de floración y fructificación de especies forestales



El modelo considera un área geográfica (zona de bosque), donde se seleccionaron las especies forestales. Asimismo, tomó como base el análisis de intensidad del método cuantitativo de Fournier, Champantier y el análisis de regresión y correlación estadística de Pearson, además se tuvo en cuenta los pasos metodológicos de la implantación, de tal manera que cualquier miembro de la comunidad científica pueda utilizarlo para realizar nuevas investigaciones.

#### 4. Conclusiones

El cambio climático ha generado efectos cuantitativos en el calendario fenológico de floración y fructificación en las especies Capirona y Marupa, con atraso en las especies Shaina y Bolaina, existiendo una gran variabilidad en la aparición de las fenofases en las especies de Teca y Eucalipto. El cedro rosado no presentó floración ni fructificación durante el periodo de estudios, por lo que no ha sido posible realizar comparaciones cualitativas ni cuantitativas.

Hemos determinado un modelo estadístico cuantitativo de correlación, análisis de distribución de  $X^2$  Chi cuadrado y su coeficiente de determinación de las especies forestales, encontrando una relación de asociación positiva débil a positiva moderada, dicho resultado permite probar el modelo teórico y su significancia en el calendario fenológico.

Este resultado conlleva a recomendar la realización de estudios de los efectos cuantitativos del climático en el calendario fenológico teniendo en cuenta las anomalías de temperatura máximas, mínimas, medias y parámetros ambientales, genéticos, fisiológicos y bióticos que permitan conocer lo que sucede en la realidad de un bosque. Además, a aplicar el modelo teórico propuesto, para predecir los efectos cuantitativos del cambio climático en el calendario fenológico de floración y fructificación con otras especies forestales.

#### Referencias bibliográficas

Arteaga N., L. E., & Burbano N., J. E. (2018). Efectos del cambio climático: Una mirada al Campo. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 35(2), 79-91. <https://doi.org/10.22267/rcia.183502.93>

- Buitrago Guillen, M. E., Ospina Daza, L. A., & Narváez Solarte, W. (2018). Sistemas silvopastoriles: alternativa en la mitigación y adaptación de la producción bovina al cambio climático. *Boletín Científico. Centro de Museos*, 22(1), 31-42. <https://revistasojs.ucaldas.edu.co/index.php/boletincientifico/article/view/2724>
- Chujutalli. (2009). *Manejo Silvicultural de una Plantación en los Campos del I.S.T. "Nor Oriental de la Selva"*. Instituto Superior Tecnológico "Nor Oriental de la Selva".
- Fournier, L. (1974). Un método cuantitativo para la medición de características fenológicas en árboles. *Turrialba*, 24(4), 422-423. <https://www.scienceopen.com/document?vid=2242189e-658c-42f6-9204-35ab1c5b0fca>
- Fournier, L. A., & Di Stefano, J. F. (2004). Variaciones climáticas entre 1988 y 2001, y sus posibles efectos sobre la fenología de varias especies leñosas y el manejo de un cafetal con sombra en Ciudad Colón de Mora, Costa Rica. *Agronomía Costarricense*, 28(1). <https://www.redalyc.org/pdf/436/43628110.pdf>
- García, S., & Panduro, M. (2008). *Instalación de una Plantación con especies forestales en los campos de Instituto Superior Tecnológico "Nor Oriental de la Selva"*. Instituto Superior Tecnológico "Nor Oriental de la Selva".
- Guisan, A., & Zimmermann, N. E. (2000). Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological Modelling*, 135(2-3), 147-186. [https://doi.org/10.1016/S0304-3800\(00\)00354-9](https://doi.org/10.1016/S0304-3800(00)00354-9)
- Humboldt, F., & Bonpland, A.-J.-A. (1807). *Essai sur la géographie des plantes (ed. 1807)*. A Paris : chez Fr. Schoell, libraire, rue des Maçons-Sorbonne, N.º 19 ; et a Tubingue : chez J. G. Cotta, libraire.
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2007). *Cuarto informe de evaluación climate Chang 2007: The Physical Science Basic Alley, R.ET.AL*. Cambridge University Press. UK.
- Menzel, A., & Fabian, P. (1999). Growing season extended in Europe. *Nature*, 397(6721), 659-659. <https://doi.org/10.1038/17709>
- Montenegro, G., & Ginocchio, R. (1999). *La fenomorfología y su expresión a través del crecimiento modular en las plantas leñosas perennes*. Ecofisiología Vegetal y Conservación de Recursos Genéticos.
- Pearson, K. (1900). X. On the criterion that a given system of deviations from the probable in the case of a correlated system of variables is such that it can be reasonably supposed to have arisen from random sampling. *The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science*, 50(302), 157-175. <https://doi.org/10.1080/14786440009463897>
- Rosenzweig, C., & Casassa, G. (2007). *Climate change 2007 Impacts adaptation and vulnerability contribution of working group II to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change*. Cambridge University Press. UK.
- Ruíz Rivera, N., & Galicia Sarmiento, L. (2016). La escala geográfica como concepto integrador en la comprensión de problemas socio-ambientales. *Investigaciones Geográficas*, 89, 137-153. <https://doi.org/10.14350/rig.47515>
- Spano, D., Cesaraccio, C., Duce, P., & Snyder, R. L. (1999). Phenological stages of natural

species and their use as climate indicators. *International Journal of Biometeorology*, 42(3), 124-133. <https://doi.org/10.1007/s004840050095>

Valdéz S., L. (2018). El cambio climático desde la perspectiva de la psicología ambiental. *Acta Psicológica Peruana*, 3(1), 177-202.

<http://revistas.autonoma.edu.pe/index.php/ACPP/article/view/130>

## **Financiamiento**

Ninguno.

## **Conflicto de intereses**

El artículo no presenta conflicto de intereses.

## **Contribución de autores**

Ramírez-Navarro, Williams: Investigador de Doctorado de la Universidad Nacional de San Martín y redactor del presente artículo. Conceptualizó el estudio y realizó el análisis y procesamiento de los datos. Además, fue quien propuso los modelos matemáticos y teóricos del presente artículo.



Quinteros-García, Alfredo: Asesoró el trabajo de investigación, participó en el proceso recolección y procesamiento de los datos, y fue quien aprobó la versión final del manuscrito.



Artículo original / Original article

## Efecto de la presión antrópica sobre estratos vegetales y su impacto en la diversidad y distribución de avifauna

### Effect of anthropic pressure on plant strata and its impact on the diversity and distribution of birds

Gallardo-Vásquez, José  0000-0001-8144-3150<sup>1</sup>; Casas-Luna, Santiago  0000-0003-3755-4093<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Nacional de San Martín, Tarapoto, Perú

✉ [jlgvunsm@gmail.com](mailto:jlgvunsm@gmail.com)

Recibido: 19/11/2021;

Aceptado: 20/12/2021;

Publicado: 20/01/2022

**Resumen:** La pérdida de hábitat provocada por las actividades humanas causa la disminución de la biodiversidad y la extinción de las especies; uno de los ambientes más afectados son los bosques nativos o primarios. Este artículo buscó determinar la diversidad de avifauna presente en tres estratos vegetales y analizar su grado de impacto y variabilidad respecto a la presión antropogénica. La investigación se efectuó en dos zonas aledañas a la zona de conservación y recuperación Morro de Calzada y el interior del área. Los muestreos de aves se realizaron entre junio 2018 y febrero del 2019, con evaluaciones mensuales en cada transecto instalado. Los resultados evidencian que a nivel de estructura vegetal en el bosque primario la riqueza ascendió a 180 especies, en los bosques secundarios solo 66 especies de aves y en el área de cultivo solo 49 especies. Porcentualmente se obtuvo que más del 70% de especies de aves existentes en áreas de cultivo en comparación del bosque primario se encuentra ausente y/o está desaparecida. Asimismo, un importante porcentaje de especies de aves se han desplazado hacia la foresta primaria por lo que se puede atribuir que si no existiese esta área de conservación la riqueza de flora y fauna habría disminuido exponencialmente. Se concluye que, para la mayoría de las aves, la heterogeneidad encontrada según los índices de diversidad favorece su presencia en hábitats menos alterados.

**Palabras clave:** aves; conservación; diversidad; fauna; flora

**Abstract:** The loss of habitat caused by human activities causes a decrease in biodiversity and the extinction of species; one of the most affected environments is native or primary forests. This article sought to determine the diversity of avifauna present in three plant strata and analyze their degree of impact and variability with respect to anthropogenic pressure. The investigation was carried out in two areas adjacent to the Morro de Calzada conservation and recovery zone and the interior of the area. The bird samples were carried out between June 2018 and February 2019, with monthly evaluations in each installed transect. The results show that at the level of plant structure in the primary forest the richness amounted to 180 species, in the secondary forests only 66 species of birds and in the cultivation area only 49 species. As a percentage, it was obtained that more than 70% of the bird species existing in cultivation areas compared to the primary forest are absent and / or disappeared. Likewise, a significant percentage of bird species have moved towards the primary forest, so it can be attributed that if this conservation area did not exist, the richness of flora and fauna would have decreased exponentially. It is concluded that, for most birds, the heterogeneity found according to the diversity indices favors their presence in less altered habitats.

**Keywords:** birds; conservation; diversity; fauna; flora

**Cómo citar / Citation:** Gallardo-Vásquez, J. & Casas-Luna, S. (2022). Efecto de la presión antrópica sobre estratos vegetales y su impacto en la diversidad y distribución de avifauna. *Revista Amazónica de Ciencias Ambientales y Ecológicas*, 1(1), e287. <https://doi.org/10.51252/reacae.v1i1.290>

## 1. Introducción

El Perú tiene una extraordinaria diversidad de especies de fauna que lo convierten en un lugar privilegiado en el planeta (Dancé Caballero, 2018). Registra la primera ubicación global en peces, con cerca de 2.000 especies que habitan sus aguas marinas y continentales (ríos, lagos, lagunas, cochas), 4 441 especies de mariposas, también se ubica en el segundo puesto global en variedad de aves (más de 1 800 especies y varias de ellas endémicas); ocupa la tercera ubicación planetaria en anfibios (332 especies), al igual que en mamíferos (más de 500 especies) y tiene el quinto puesto en variedad de reptiles (365 especies) a escala global (Gobierno del Perú, 2020b).

Además, ostenta el cuarto lugar entre los países con mayor extensión en bosques tropicales, el segundo en bosques amazónicos y el noveno con mayor superficie forestal, estando más del 60% del territorio nacional cubierto por árboles de distintas especies y la región Amazónica es la de mayor superficie forestal los cuales brindan alimentos, medicinas naturales y son el hogar de especies animales y vegetales endémicas que solo existen en el Perú (Gobierno del Perú, 2020a).

No obstante, en Perú, los bosques han sido destruidos de forma acelerada en los últimos años, y en algunas áreas del país llegan a representar menos de la mitad de la cobertura histórica pre-colonización (Velásquez Zapata, 2020). Un grupo animal sensible a la transformación y degradación de los hábitats son las aves. Algunas aves asociadas a los bosques requieren hábitats especializados que presenten elementos estructurales particulares para que puedan vivir (Pollack Velásquez, 2018).

Entre las amenazas que soportan los ecosistemas peruanos figuran la degradación, debido al mal manejo y la sobreexplotación de recursos (por ejemplo, el sobrepastoreo de los pastos altoandinos, o la tala y caza selectiva en los bosques amazónicos), la contaminación por residuos sólidos y por aguas residuales (MINAM, 2015).

La pérdida de hábitat provocada por las actividades humanas es la principal causa de la disminución de la biodiversidad y la extinción de las especies. Uno de los ambientes más afectados son los bosques nativos o primarios, los cuales son el hábitat de la mayor parte de la biodiversidad terrestre (Negro, 2019). En este sentido, se planteó comprobar el efecto de la presión antropogénica sobre tres estratos vegetales, además de los impactos sobre la diversidad y distribución de avifauna en la ZOCRE, Morro de Calzada, Moyobamba.

## 2. Materiales y métodos

### Transectos o puntos de evaluación

A nivel de toda el área se instalaron 11 transectos en los que se involucraron áreas agrícolas, bosques en reposo y bosque con foresta primaria (Tabla 1).

### Determinación y caracterización del área de estudio

En base a los puntos georreferenciados se determinó la ecorregión, zona de vida y tipo de cobertura vegetativa, el cual permitió el reconocimiento de la zona y clasificación de cada estación o punto evaluado (Parches de bosque natural y/o antrópico).

**Tabla 1.** Ubicación geográfica de los transectos

Transecto de evaluación	Unidad de vegetación	Inicio/Fin	Coordenadas UTM WGS 84	
			Este	Norte
EPA -01	Ac	Inicio	272233	9333352
		Fin	272878	9333810
EPA -02	Bs	Inicio	272705	9333623
		Fin	273247	9334484
EPA -03	Bs	Inicio	272773	9332818
		Fin	272676	9333330
EPA -04	Ac	Inicio	272846	9333090
		Fin	273460	9333045
EPA -05	Ac	Inicio	272099	9332665
		Fin	272280	9332240
EPA -06	Bs	Inicio	273411	9332994
		Fin	274143	9333004
EPA -07	Bs	Inicio	274220	9333014
		Fin	274920	9333150
EPA -08	Bp	Inicio	273506	9333053
		Fin	274347	9333473
EPA -09	Bp	Inicio	274454	9333451
		Fin	274902	9334084
EPA -10	Bp	Inicio	273837	9333596
		Fin	274185	9334492
EPA -11	Bp	Inicio	273984	9332881
		Fin	273797	9332305

Nota. Ac) Áreas de cultivo; Bs) Bosque secundario o zonas en proceso de regeneración natural y Bp) Bosque montano o bosque primario.

### Métodos de obtención de datos in situ

Se realizó la observación de aves en campo para registrar la composición de especies, abundancia, densidad y diversidad dentro del área seleccionada y ecosistemas aledaños para las comparaciones correspondientes, poniendo énfasis en las especies silvestres de importancia cultural, ecológica, conservación y/o de económica. La estimación cuantitativa comprendió el empleo de tres métodos de muestreo, los cuales se realizaron a primeras horas del día y por la tarde.

**Conteo de puntos.** El empleo del método denominado conteo de puntos no limitado a la distancia, emplea un número de puntos que en conjunto componen un sitio de muestreo donde las aves son censadas por avistamiento directo utilizando binoculares, escaneo auditivo y otras evidencias (plumas, nidos, cantos, etc.). Es uno de los más eficientes para estimar la abundancia, especialmente cuando la evaluación comprende diferentes tipos de hábitat; y, las aves a evaluarse difieren en muchas características como organización social, tamaño y hábitos.

Se establecieron 10 a 15 puntos de censo en cada sitio de muestreo (RUTA) por un intervalo de tiempo de 10 min por cada punto, estos se distribuirán a lo largo de un transecto, de aproximadamente 2 km de longitud, para ecosistemas acuáticos (cuerpos de agua) se desarrollará el método de conteo total. Los puntos de conteo, fueron georreferenciados y caracterizados extensamente según las unidades de vegetación, pendiente, así como condiciones

ambientales en el momento de la evaluación para su seguimiento durante un posterior monitoreo.

**Búsqueda intensiva dirigida y Ad libitum.** Este método se basa en la búsqueda de especies previamente seleccionadas en base a algún valor de importancia, y considerando espacios similares a los que fueron observados previamente con los métodos anteriormente descritos. Este método permite determinar algunos parámetros poblacionales o de su ecología, relevantes para la toma de posteriores decisiones. Las búsquedas Ad libitum, tienen los mismos objetivos, pero se realizan sin ningún orden metodológico predeterminado.

**Observaciones oportunistas.** Estas observaciones son las que se realizan sin ningún orden, tiempo, distancia o cualquier otro tipo de parámetro. Para el estudio se realizaron registros durante otras actividades además de las de evaluación, (como desplazamientos), tiempo durante el cual se registró información cualitativa de presencia/ausencia de especies a través de métodos indirectos (cantos, huellas, refugios, nidos, fecas, escarbaduras, plumas y/o cadáveres) que permitan detectar especies menos conspicuas.

El esfuerzo de muestreo para la evaluación de la riqueza y abundancia de Ornitofauna, consistió en la realización de transectos de longitud 1000 m por cada punto o estación seleccionado, a nivel general se totalizan en 11 transectos distribuidos en el área de conservación municipal. La ejecución del presente estudio tuvo un esfuerzo total de 27.60 horas/hombre de evaluación por mes, en total se realizaron nueve (09) ingresos que suman 248.40 horas/hombre, estos últimos están acorde con lo establecidos por el MINAM (2015).

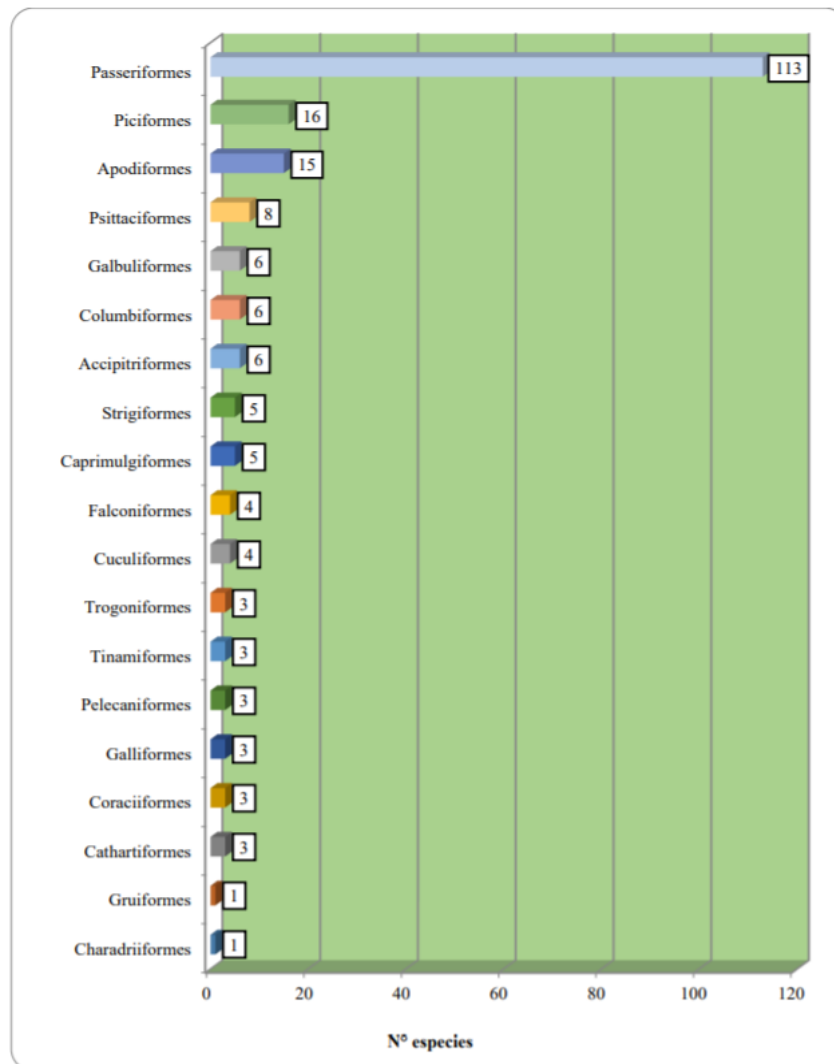
### **3. Resultados y discusión**

#### **3.1. Diversidad y composición de la avifauna**

Se registraron 19 órdenes (Figura 1), el más diverso fue Passeriformes conocido también como aves cantoras con un registro total de 113 especies y una representación del 54.33% del total; las aves que conforman este grupo, son consideradas como un gran Orden de aves que abarca a más de la mitad de las especies de aves del mundo. El grupo fue denominado por el nombre latino del gorrión "Passer" (la misma etimología que el término español pájaro), y por ello el nombre de este orden significa "los que tienen forma de gorrión". Está dividido en tres subórdenes: dos principales, Passeri y Tyranni, y un tercero más reducido, Acanthisitti.

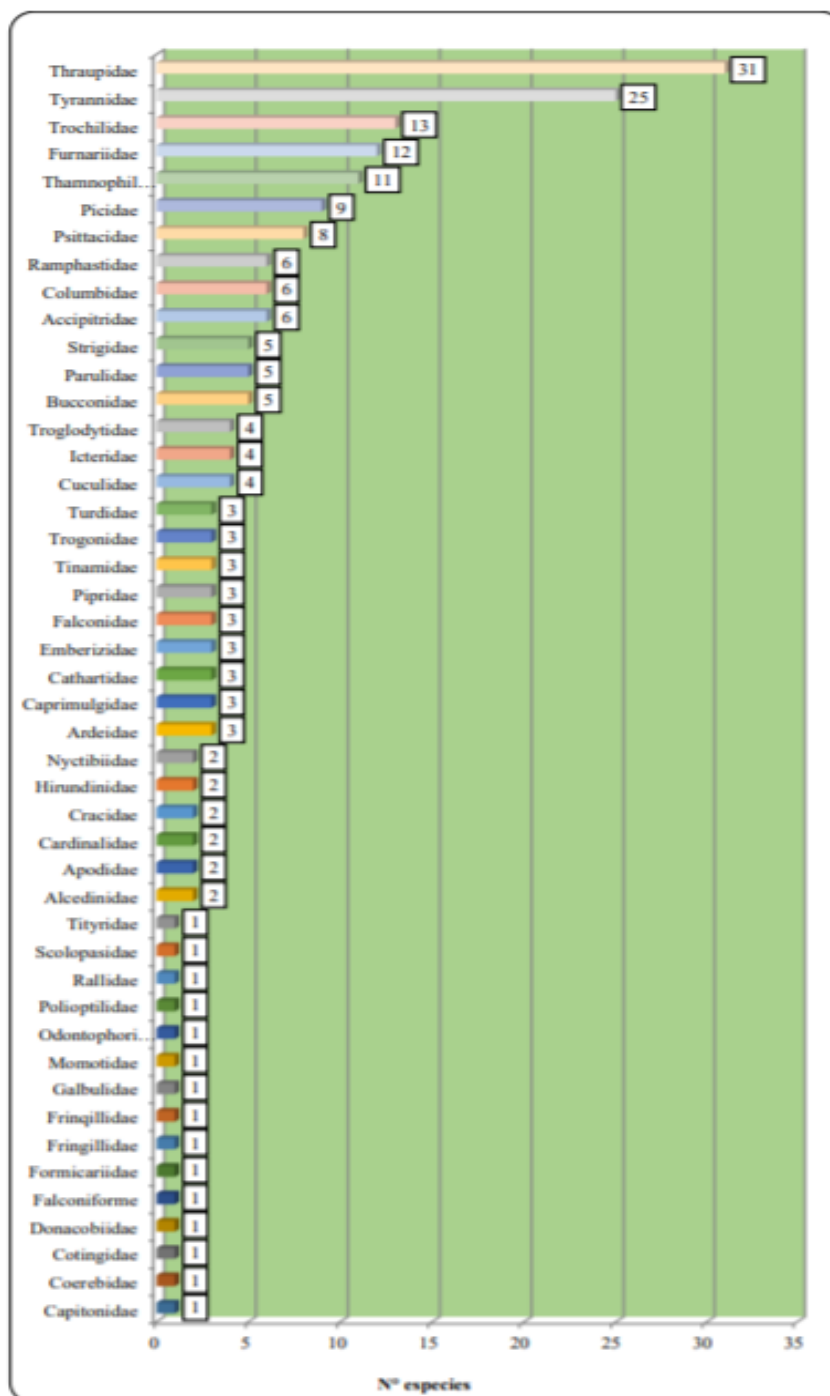
Los demás órdenes fueron menos diversos: Piciformes que registró 16 especies y una representación del 7.69% del total; seguido de los Apodiformes con 15 especies y una representación del 7.21% del total, Psittaciformes que registró ocho especies y una representación del 3.85% del total; seguido de los Accipitriformes; Columbiformes y Galbuliformes con seis especies y una representación del 2.88%.

Los resultados concuerdan con los obtenidos por Walsh (2015), en lo que respecta al orden que más abunda es el Passeriformes y en ambos casos con número de similar de ejemplares el primero con 113 y este último con 114 especies por orden, de igual manera el Orden Apodiformes es tercero en abundancia en la presente investigación y en la investigación de Walsh es segundo, sin embargo, en cuestión numérica presentan 15 y 14 especies respectivamente en dicho Orden, además cabe destacar que en la presente investigación el número de Órdenes identificados superan en 4 a los 15 que identificó Walsh.

**Figura 1.** Riqueza de especies de aves por Orden taxonómico.

Las Familias taxonómicas de mayor riqueza fueron Thraupidae con el registro de 31 especies y una representación del 14.90% respecto al total (Figura 2); seguido de Tyrannidae con 25 especies y una representación del 12.02%, le siguió Columbidae Trochilidae con 13 especies (6.25%), Furnariidae con 12 especies (6.77%), Thamnophilidae con 11 especies (5.29%), Picidae con nueve especies (4.33%). Las demás especies registraron una riqueza de una a ocho especies que en conjunto representan el 51.44% del total de registros.

Estos resultados coinciden con Fernández Méndez (2019) en el distrito de Otuzco (La Libertad - Perú), en donde menciona que entre los órdenes más representativos de aves destaca el Thraupidae, seguido de Trochilidae y Tyrannidae.

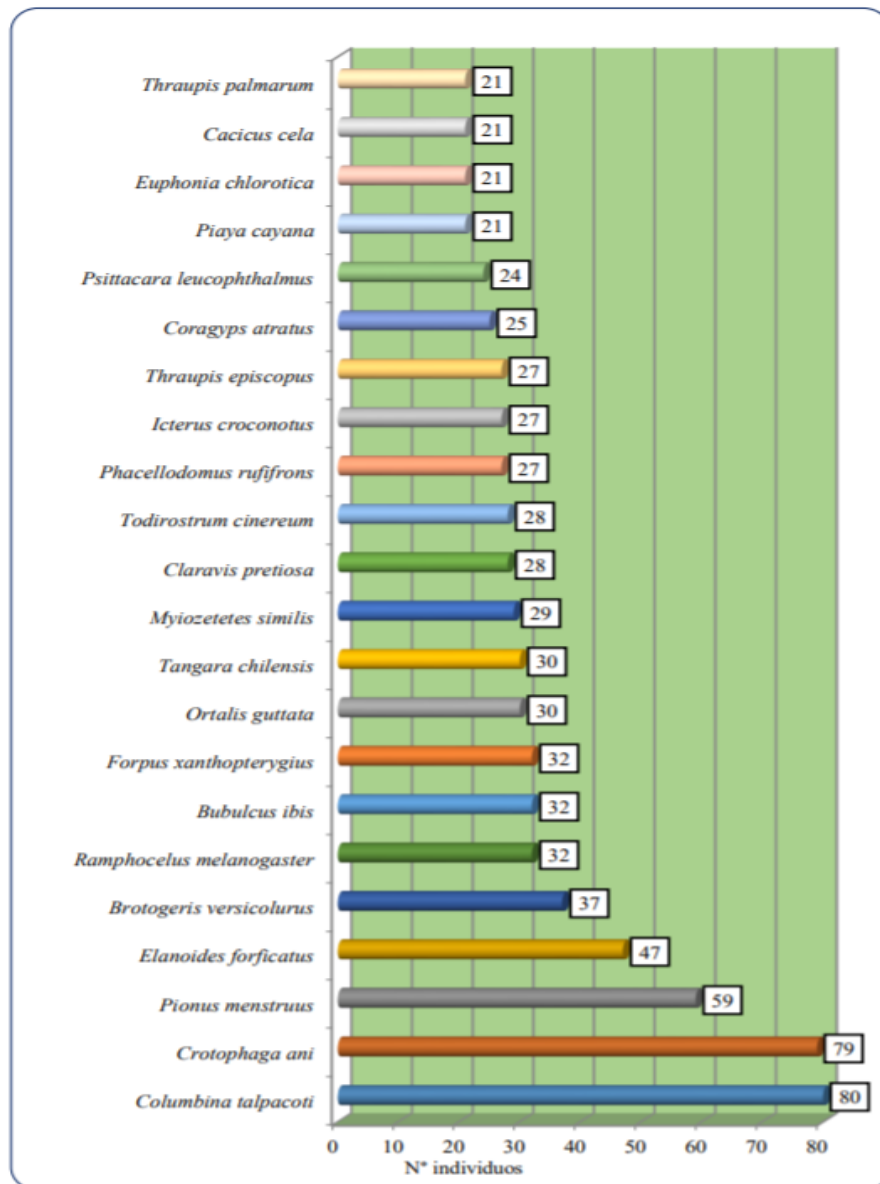
**Figura 2.** Riqueza de especies de aves por Familia taxonómica.

La especie de mayor abundancia en toda el área monitoreada fue *Columbina talpacoti* “Tortolita Rojiza” con 80 individuos, conocida también como columbina colorada o cocochita, es una pequeña Columbinae de América (Figura 3). Le siguen *Crotophaga ani* “Guarda caballo” con 79 individuos, “El garrapatero ani” es una especie gregaria. Otra especie de mayor abundancia fue *Pionus menstruus* “Loro de Cabeza Azul” con 59 individuos, es una especie de ave neotropical de la familia de los loros. Le sigue la especie “Gavilán Tijereta” *Elanoides forficatus*, con 47 individuos registrados únicamente en la parte alta del Morro de Calzada.

El “Perico de Ala Amarilla” *Brotogeris versicolurus* con 37 individuos. Las especies “Tangara de Vientre Negro” *Ramphocelus melanogaster* (Endémico), “Garcilla Bueyera” *Bubulcus ibis* y “Periquito de Ala Azul” *Forpus xanthopterygius* con 32 individuos cada una. Le siguió la “Chachalaca Jaspeada, Manacaraco” *Ortalis guttata* y “Tangara del Paraíso” *Tangara Perúnsis* con 30 individuos cada una, “Mosquero Social” *Myiozetetes similis* con 29 individuos, “Tortolita Azul” *Claravis pretiosa* y “Espatulilla Común” *Todirostrum cinereum* con 28 individuos cada especie. Las demás especies presentaron de 01 a 27 individuos.

Se puede apreciar que estas especies en su mayoría son características de la zona y en comparación con un estudio realizado en el distrito de Carmen de Frontera, Provincia de Huancabamba por García Quinde (2019) ninguna de las especies más representativas como por ejemplo *Pionus sordidus* coinciden en abundancia.

**Figura 3.** Abundancia de las principales especies de avifauna.



### 3.2. Impacto generado por la presión antrópica sobre la estructura del ecosistema y la diversidad de fauna silvestre

La obtención de registros directo e indirectos de las zonas más alteradas o fragmentadas por las actividades humanas en el área de estudio, demuestra que se ha generado la formación de estratos vegetales con características independientes de sí mismos, rigiéndose al proceso de intervención del hombre entre sí, se ha dado lugar a áreas de cultivo permanente donde se registró que el total de la foresta primaria ha sido despojada, por otro lado se han formado bosques secundarios o zonas en proceso de regeneración natural donde con la ayuda de interacciones faunísticas se está volviendo a repoblar con coberturas vegetales densas.

Cabe indicar que este proceso se está llevando a cabo según las indicaciones de los pobladores locales en un periodo no mínimo de 15 años y bosque montano o bosque primario, donde únicamente se registra la intervención del hombre para realizar procesos de ecoturismo de aventura que hasta la fecha no está siendo manejado adecuadamente por lo que se está generado un cierto grado de impacto a la población de aves presentes al arrojar basura, al generar caminos alternos entre otros que ocasionan estrés y ausencia de las aves en puntos de observación oportunista.

Esto coincide con Rojas Briceño et al. (2019) respecto a que los procesos de deforestación ocurridos en la amazonia son fundamentalmente debido a la expansión de la frontera agrícola y ganadera las cual está asociada, según lo establecido por la FAO (2016), a factores directos como la agricultura y ganadería de subsistencia, así como a factores subyacentes siendo el más significativo en el área el aumento de la población en el último siglo.

En toda el área de evaluación la riqueza de especies ascendió a 208 especies que incluyen a 1.952, donde se registraron 19 Órdenes y 46 Familias. Se determinaron tres tipos de coberturas vegetales desde el nivel 100% de alteración al nivel 0% de alteración antrópica debido a prácticas de protección y vigilancia de especies silvestres mediante la estrategia de zonas de protección y conservación municipal.

Entre ellas destaca el “bosque primario” o área en estado estricto de conservación y uso sostenible mediante el ecoturismo, aquí la riqueza de avifauna alcanzó las 180 especies que 887 individuos distribuidos en cuatro puntos o estaciones de evaluación, esta alta riqueza y diversidad de fauna se atribuye al buen estado de conservación de los hábitats y la gran concentración de dieta alimenticia distribuida en toda la parte más accidentada del Morro de Calzada.

Además, en ésta área de estudio se registró foresta de gran tamaño formando vegetación densa y con buena acumulación de recursos ecosistémicos, seguido de “bosque secundario” correspondiente a áreas con cero intervenciones hasta la actualidad y en reposo o en estado de regeneración natural después de un largo periodo de utilización, con 663 individuos y 66 especies, en estos dos hábitats antes mencionados la riqueza concentrada de avifauna corresponde a especies de amplia distribución con un 15% de especies poco comunes e incluso exclusivas o potenciales para el ecoturismo.

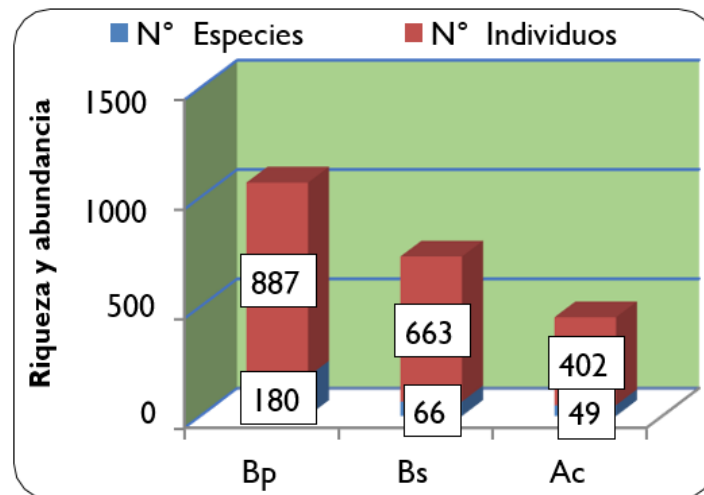
Esta situación contrasta con lo obtenido por Llallahui Chiara (2019), en el Bosque de Protección Alto Mayo en donde los acuerdos de conservación con la población local están recuperando los bosques y con ello las poblaciones de fauna están incrementándose. Finalmente, las “áreas de cultivo” con la menor abundancia de 402 individuos incluidos en 49 especies y tres estaciones, aquí se registró que un 45% de especies se han adaptado a este tipo de ambientes y



han logrado una convivencia exitosa entre seres humanos y sus individuos, el 55% restante solo se encuentra presente por disponibilidad de algún alimento y por lo general no habitan en estos ambientes.

La apertura de la vegetación por tala y pastoreo llevó a una pérdida sustancial de la riqueza y diversidad de aves en áreas de cultivo, y siendo las máximas en los ambientes más conservados y con mejor disponibilidad alimenticia y que les brinde seguridad para su desarrollo evolutivo. Los humanos son los principales responsables de la mayoría de amenazas a las aves destacando la expansión de la frontera agropecuaria como la más relevante (BirdLife International, 2018).

**Figura 4.** Riqueza y abundancia de especies según el estrato y/o cobertura vegetal evaluada.



Nota. Ac) Áreas de cultivo; Bs) Bosque secundario o zonas en proceso de regeneración natural y Bp) Bosque montano o bosque primario

### 3.3. Distribución y variabilidad de la riqueza de avifauna por estrato vegetal.

Se registraron 24 especies de amplia distribución en el área ya que fueron registradas en las tres coberturas vegetativas evaluadas, por lo que se puede atribuir que estas especies están colonizando el territorio y probablemente desplazando el resto de la comunidad avifaunística.

Por otra parte, se registraron 18 especies que únicamente prefieren zonas antrópicas o alteradas, ya que fueron registradas en Áreas de cultivo y Bosque secundario, por lo que se puede atribuir que estas especies están permanentemente viviendo en estos estratos vegetales y se han adaptado eficientemente a convivir con la presencia humana.

Asimismo, 145 especies que únicamente viven en un solo tipo de hábitat según el registro cuantitativo obtenido, por lo que se puede atribuir que estas especies están permanentemente viviendo en estos estratos vegetales, reforzando a los resultados obtenidos por Salas Tatum & Córdón Suárez (2017), quienes señalan que existe una estrecha relación entre el ave con el hábitat de los mismos.

## 4. Conclusiones

La riqueza de avifauna asciende 208 especies distribuidas en 46 Familias, 19 Órdenes taxonómicos y 32 especies; en donde el bosque primario o bosque montano alcanza las 180 especies y los 887 individuos; el bosque secundario registra 66 especies y 663 individuos; y las áreas de cultivo cuenta con 49 especies y 402 individuos identificados, evidenciando que la riqueza de especies se relaciona positivamente en áreas de foresta primaria a diferencia de las áreas convertidas en zonas agrícolas donde disminuye exponencialmente en un 70% por lo que se puede atribuir que solo el 30% de la riqueza inicial aún está presente en áreas con impacto antrópico debido a que se han adaptado o solo frecuentan el lugar en busca de alimento, a diferencia del 70% que no está presente se puede atribuir que no toleran cambios o disturbios significativos.

## Referencias bibliográficas

- BirdLife International. (2018). *El Estado de conservación de las aves del mundo: tomando el pulso de nuestro planeta*. Cambridge, Reino Unido.
- Dancé Caballero, J. (2018). Valoración económica de los servicios ecosistémicos que brindan los bosques y afines. Perú. *Alternativa Financiera*, 9(1), 71-78. <https://www.aulavirtualusmp.pe/ojs/index.php/AF/article/view/1767>
- FAO. (2016). *El Estado de los bosques del mundo 2016. Los bosques y la agricultura: desafíos y oportunidades en relación con el uso de la tierra*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- Fernández Méndez, A. E. S. (2019). *Ornitofauna de Otuzco, La Libertad, Perú, en el año 2019* [Universidad Nacional de Trujillo]. <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/13390>
- García Quinde, Y. L. (2019). *Densidad poblacional de las aves cítes presentes en el distrito Carmen de la Frontera - provincia de Huancabamba*. Universidad Nacional de Piura.
- Gobierno del Perú. (2020a). *Día Mundial de Diversidad Biológica: Perú es el segundo país con mayor extensión de bosques*. Andina. <https://andina.pe/agencia/noticia-dia-de-diversidad-biologica-peru-es-segundo-pais-mayor-extension-bosques-798261.aspx>
- Gobierno del Perú. (2020b). *Día Mundial de Diversidad Biológica: Perú es primero en el mundo en peces y mariposas*. Andina. <https://andina.pe/agencia/noticia-dia-mundial-diversidad-biologica-peru-es-primero-el-mundo-peces-y-mariposas-798279.aspx>
- Llallahui Chiara, J. R. (2019). *Evaluación de la Efectividad de un Mecanismo de Conservación Orientado a la Reforestación del Bosque de Protección Alto Mayo* [Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur]. <http://repositorio.untels.edu.pe/jsui/handle/123456789/172>
- MINAM. (2015). *Guía de inventario de la fauna silvestre*. Ministerio del Ambiente.
- Negro, S. (2019). Reflexiones sobre el patrimonio cultural del Perú, contextos y perspectivas. *Tradición, segunda época*, 19, 169-177. <https://doi.org/10.31381/tradicion.v0i19.2636>
- Pollack Velásquez, L. E. (2018). Aves silvestres asociadas a la flora urbana del distrito de Trujillo, región La Libertad, Perú, 2016-2017. *Arnaldoa*, 25(1), 241-272.

<https://doi.org/10.22497/arnaldoa.251.25114>

Rojas Briceño, N. B., Barboza Castillo, E., Maicelo Quintana, J. L., Oliva Cruz, S. M., & Salas López, R. (2019). Deforestación en la Amazonía peruana: índices de cambios de cobertura y uso del suelo basado en SIG. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 81. <https://doi.org/10.21138/bage.2538a>

Salas Tatham, R. A., & Cordon Suárez, E. (2017). Ornitofauna en cuatro ecosistemas naturales del laboratorio natural Snaki-URACCAN, Costa Caribe Norte de Nicaragua. *Ciencia e Interculturalidad*, 21(2), 85-102. <https://doi.org/10.5377/rci.v21i2.5603>

Velásquez Zapata, G. Y. (2020). Problemas medioambientales de la minería aurífera ilegal en Madre de Dios (Perú). *Observatorio Medioambiental*, 23, 229-241. <https://doi.org/10.5209/obmd.73177>

Walsh. (2015). *Modificación del Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto “Mejoras a la Seguridad Energética del País y Desarrollo del Gasoducto Sur Peruano – Variantes de los tramos KP 218+674 al KP 250+395 y KP 313+246 al KP 332+585 y Componentes Auxiliares.”*

## Financiamiento

Universidad Nacional de San Martín mediante Resolución N° 611-2018-UNSM/CU- R/NLU.

## Conflicto de intereses

El artículo no presenta conflicto de intereses.

## Contribución de autores

Gallardo-Vásquez, José: Tesista de pregrado, redactor del artículo. Conceptualizó el estudio y realizó el análisis y procesamiento de los datos.

Casas-Luna, Santiago: Asesoró el trabajo de investigación, participó en el proceso recolección y procesamiento de los datos, y fue quien aprobó la versión final del manuscrito.

Artículo original / Original article

## Relación del proceso de sedimentación de sólidos totales del agua residual y el estado de las redes de alcantarillado pluvial, Moyobamba

### Relationship of the total solids sedimentation process of the wastewater and the state of the storm sewer networks, Moyobamba

Quispe-Burga, Bany Luz [ 0000-0002-5093-5176]1; Azabache-Liza, Yrwin Francisco [ 0000-0003-1396-9745]1

<sup>1</sup>Universidad Nacional de San Martín, Moyobamba, Perú

✉ [blquispeb@alumno.unsm.edu.pe](mailto:blquispeb@alumno.unsm.edu.pe)

Recibido: 19/11/2021;

Aceptado: 22/12/2022;

Publicado: 20/01/2022

**Resumen:** Las condiciones de las alcantarillas pluviales dentro de las ciudades, son precarias y mal utilizadas por diversos factores relacionadas a los sólidos. El objetivo fue evaluar la sedimentación en relación al estado de las redes de alcantarillado pluvial. Utilizamos el método de aforo con flotador y el gravimétrico, usando el cono imhoff. El caudal mínimo fue 0,087m<sup>3</sup>/s en época de estiaje y el máximo es 2,42m<sup>3</sup>/s; así mismo la menor cantidad de sólidos sedimentables es 0,12 mg/L\*h y mayor fue 1,33 mg/L\*h, considerando como mayor cantidad las arenas 86,54 %. Concluimos que la calidad de la alcantarilla es mala y el nivel de corrosión es alto; los principales problemas relacionados a la sedimentación en la red de alcantarillado son por la presencia de residuos sólidos. Verificamos que la sedimentación está en relación con el estado de las redes de alcantarillado por lo que debemos controlar la cantidad de residuos vertidos a la alcantarilla y mejorar la infraestructura.

**Palabras clave:** avenida; desagüe; estiaje; flotador; lluvias; turbiedad

**Abstract:** The conditions of storm sewers within cities are precarious and misused by various factors related to solids. The objective was to evaluate the sedimentation in relation to the state of the storm sewer networks. We use the float gauging method and the gravimetric one, using the imhoff cone. The minimum flow was 0.087m<sup>3</sup> / s in the dry season and the maximum is 2.42m<sup>3</sup> / s; Likewise, the lowest amount of sedimentable solids is 0.12 mg / L \* h and the highest was 1.33 mg / L \* h, considering the sands 86.54% as the highest amount. We conclude that the quality of the sewer is poor and the level of corrosion is high; the main problems related to sedimentation in the sewerage network are due to the presence of solid waste. We verify that the sedimentation is in relation to the state of the sewer networks, so we must control the amount of waste discharged into the sewer and improve the infrastructure.

**Keywords:** avenue; drain; float; low water; rains; turbidity

**Cómo citar / Citation:** Quispe-Burga, B.L. & Azabache-Liza, Y.F. (2022). Relación del proceso de sedimentación de sólidos totales del agua residual y el estado de las redes de alcantarillado pluvial, Moyobamba. *Revista Amazónica de Ciencias Ambientales y Ecológicas*, 1(1), e291. <https://doi.org/10.51252/reacae.v1i1.291>

## I. Introducción

Relacionar la disponibilidad de agua con la gestión adecuada de las aguas servidas constituye un dilema, debido a la amplitud diferencial, que existe; entre los servicios brindados en los sistemas de agua potable como en los sistemas de saneamiento en las urbes locales y mundiales, el agua que se dispone y se distribuye a través de las tuberías de saneamiento público, es el vector principal de proliferación de bacterias infecciosas y dañinas para la salud (Galvez, 2019) (Lagua, 2021).

Se dice que la posibilidad de tener un sistema de saneamiento público, no se relaciona con los conocimientos necesarios para saber cuidarlo; donde sí existen las redes de disposición; son los pobladores quienes están lidiando con situaciones que agravan su funcionamiento pues el crecimiento poblacional, más los constantes cambios climáticos entre otros, hacen que las pocas redes existentes en nuestro país colapsen y se obstruyan (Sistema Intermunicipal de los Servicios de Agua Potable y Alcantarillado, 2014).

Varios estudios muestran que la acumulación de sedimentos depende de factores tales como: características del sedimento (Sotomayor, 2016) (físicos, químicos), características del sistema de alcantarillado (tamaño, pendiente, rugosidad), características del flujo (velocidad, grado de inestabilidad) y otros factores como la basura esparcida que se barre de las calles y se arrastra con las aguas (Dominguez and Rojas, 2019) (OEFA, 2014<sup>a</sup>) (Popel, 1928). En la ciudad de Moyobamba, los buzones recolectores de las aguas servidas colapsan al sobrepasar los límites de contención, esto sucede generalmente cuando llueve y por motivos de residuos sólidos sedimentables se obstruyen; por lo tanto, no es necesario las lluvias torrenciales para provocar el colapso de las mismas (MINAGRI, 2015).

Así mismo cabe mencionar que dentro de la ciudad, existen alcantarillas cuya infraestructura de construcción, no se encuentra protegida del exterior; por lo que la Avenida Ignacia Velásquez es un ejemplo de problemas sanitarios y estructurales, el mismo que contiene agua residual, con un alto contenido de sólidos totales disueltos, los cuales se pueden observar sedimentados en épocas de estiaje y en épocas de lluvia estos contienen un caudal bastante elevado, y además influye porque en esta zona existe un gran pendiente (Bajada de Shango), este imposibilita la adecuada relación de caudales y características propias del agua residual

Por todo lo expuesto se plantea el siguiente problema: ¿Cuál es la evaluación de la sedimentación en relación al estado de las redes de alcantarillado pluvial, Moyobamba?, siendo el objetivo general: Evaluar la sedimentación en relación al estado de las redes de alcantarillado pluvial; además los objetivos específicos: calcular el caudal de diseño con el arrastre de sólidos totales en las redes de alcantarillado, en época de estiaje y avenidas; determinar el caudal, espacio y tiempo de la sedimentación de sólidos sedimentables en las aguas residuales de las alcantarillas pluviales (Av. Ignacia Velásquez) e identificar el estado de la red de alcantarillado público combinado.

### I.1 Sólidos sedimentables y estado de redes de alcantarillado

La ciudad de Moyobamba, se encuentra atravesando problemas de mantenimiento por obstrucción de las redes de aguas servidas, las cuales tienden por la mala práctica y otras características a obstruirse; estas molestias están altamente arraigadas a los sólidos, materia orgánica y grasas emitidas por las viviendas. El no tener la posibilidad de un adecuado sistema de

saneamiento genera problemas reflejados en las tasas de morbilidad aplicadas por el Instituto Nacional de Estadística, según la (OMS, 1996; Organización de Naciones Unidas, 2005) solo un 31% de los habitantes de zonas rurales de países en desarrollo tienen servicios mejorados de saneamiento, frente a un 73 % de las zonas urbanas a nivel mundial.

El Sistema de Alcantarillado Combinado; es el sistema de alcantarillado que conduce simultáneamente las aguas residuales (domésticas e industriales) y las aguas de las lluvias. (Ministerio de Vivienda, 2006) (Ministerio de Vivienda, 2019) (Ministerio de vivienda construcción y saneamiento., 2018), por lo que es necesario detectar los tramos con mayor incidencia de obstrucción por arenas a fin de limpiarlos periódicamente. Estos materiales tienen que ser necesariamente extraídos, porque el solo lavado, traslada y concentra el problema en otro sitio (CEPIS/OPS, 2005).

Sólidos, la definición generalizada de sólidos es la que se refiere a toda materia sólida que permanece como residuo después de una evaporación y secado de una muestra de volumen determinado (HACH, 2020); debido a las diferentes solubilidades de diferentes minerales, las concentraciones de SDT en el agua varían considerablemente de unas zonas geológicas a otras (Superintendencia Nacional de Servicio de Saneamiento, 2010). Cuando existe una baja concentración de partículas en el agua, éstas se depositan sin interferir, denominándose a este fenómeno sedimentación libre, en cambio, con altas concentraciones de partículas, se producen colisiones que las mantienen en una posición fija, ocurriendo un depósito masivo en lugar de individual, a este proceso se le llama sedimentación interferida (CEPIS/OPS, 2005).

Aguas residuales, son aquellas aguas cuyas características originales han sido modificadas por actividades humanas y que por su calidad requieren un tratamiento previo, antes de ser reusadas, vertidas a un cuerpo natural de agua o descargadas al sistema de alcantarillado (OEFA, 2014a; Sistema Intermunicipal de los Servicios de Agua Potable y Alcantarillado, 2014) (OEFA, 2014b). Los sistemas para la recolección y tratamiento de aguas residuales diseñados con criterios convencionales, demandan elevados costos de construcción y operación a sus usuarios (Aguas Urbanas, 2018). Se evidencian esfuerzos de la municipalidad por intentar mejorar el sistema a través del cambio de tuberías, pero es posible que exista la necesidad de evaluar las causas que realmente agravan esta situación para poder acabar o al menos prevenir este problema.

En la investigación se utilizó el análisis de SEDAPAL para redes de alcantarillado, así mismo Cornejo (2017), analiza las actividades del equipo de intervención social del proyecto “Lote 3” de SEDAPAL (Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima) desarrollado en el distrito de Comas, Lima, para determinar si modificó el comportamiento de la población en sus prácticas de uso del agua potable y del alcantarillado y no perciben un cambio sustancial tras el proyecto; en cambio en la investigación si se percibe una influencia importante en las alcantarillas, pues la población cercana juega un papel muy importante en su deterioro, aunque sus prácticas siguen siendo poco informativas y a tal escasa información, poca concientización (Cornejo, 2017).

## 2. Materiales y métodos

Se utilizó los siguientes materiales y equipos: Wincha, herramienta de mano, utilizada en la medición de longitudes y distancias, necesarias para aforar y determinar otra serie de datos. Flexómetro con graduación en mL y pulgadas. Frascos, de plástico, balanza electrónica de 0,01 gr de precisión, utilizada en el pesado de muestras sedimentadas y recolectadas durante el análisis granulométrico, taras, utilizada en el tamizado de muestras sedimentadas y recolectadas durante el análisis granulométrico. Cono imhoff, de material transparente y con graduación permanente en relieve. Se puede vaciar con facilidad porque dispone de un tapón inferior de rosca que además facilita la limpieza, 1 DIST Medidor de Sólidos Totales disueltos y el horno eléctrico.

Se realizó la identificación de la zona de estudio, ubicando las áreas en donde se desarrolló la investigación (R. Hernandez and Fernandez, 2010).

### Para determinar el objetivo específico 1

Se calculó el caudal de diseño con el arrastre de sólidos totales en las redes de alcantarillado, en época de estiaje y avenidas, se siguió la metodología: georreferenciación (GPS), mediante un recorrido por toda la zona que comprende las cuadras 1, 2 y 3 de la avenida Ignacia Velásquez.

Se definieron los puntos de muestreo: (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2013) Primer punto en la parte baja del canal abierto en la pendiente alta (bajada de Shango) de la avenida, punto final de salida y unión de la red de alcantarillado a una quebrada y a otra red cercana.

Y para calcular el caudal, se utilizó el siguiente método: Método del flotador, con el que se estimó la velocidad del agua y el área del canal (MINAGRI, 2015). El cálculo del caudal se determinó mediante la siguiente expresión:

$$Q = Fc \times A \times (L/T) \quad (1)$$

Dónde:

Q = es el caudal, en m /s

L = es la longitud entre el Pto. A y B, en metros

A = es el área, en m

T = es el tiempo promedio en segundos

Fc = es el factor de corrección; donde Fc es un factor de corrección relacionado con la velocidad.

Canal revestido en concreto, profundidad del agua > 15 cm, el Fc = 0,8 y 0,7 para canales de tierra, según (MINAGRI, 2015).

### Para determinar el objetivo específico 2

Se determinó el caudal, espacio y tiempo de la sedimentación de sólidos sedimentables en las aguas residuales de las alcantarillas pluviales (Av. Ignacia Velásquez). Se procedió a la toma de muestras, siguiendo la metodología y pasos siguientes: Muestreo de agua residual; se realizó el muestreo y recolección del agua, el mismo que fue utilizado para analizar los sólidos sedimentables. Se recolectó 3 000 mL, para poder utilizar en el análisis de sedimentos, y para esto se utilizó un envase de plástico de capacidad de 3 L, se llevó directamente al análisis pues se tuvo que evitar la adhesión de la materia en suspensión a las paredes del recipiente. Se realizaron muestreos en cinco meses distintos y ocupando los días soleados y los lluviosos. Para

identificar los caudales en época de estiaje y avenida se realizaron ocho aforos en cuatro diferentes días y en dos puntos diferentes de la red; en cinco meses en diez fechas distintas y en tres conos diferentes haciendo un total de 30 muestreos distintos en solo 10 días.

Para el cálculo de los sólidos suspendidos se usó la siguiente fórmula:

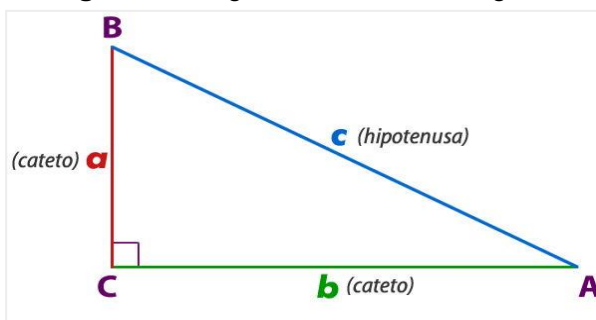
$$\frac{\text{sólidos totales disueltos} - \text{sólidos sedimentables}}{\text{volúmen de la solución}} \quad (2)$$

Método granulométrico; este procedimiento se realizó en el laboratorio LM CECONSE, para definir el tamaño de los sólidos estudiados.

### Para determinar el objetivo específico 3

Identificar el estado de la red de alcantarillado público combinado de la ciudad de Moyobamba. Se procedió a realizar la identificación espacial, para el cual se elaboraron curvas de nivel, de la siguiente forma: Con el uso y procesamiento de datos de ubicación en google earth (figura 1), se realizó el procesamiento de la información con el software global mapper y se realizó la elaboración de las curvas de nivel. Luego se procedió a determinar la forma, medida y pendiente de la red de alcantarillado combinado que precede al área de estudio. En este caso la pendiente la cual fue evaluada mediante el uso del teorema de Pitágoras, y el uso de los siguientes datos: Cota máxima para la red de alcantarillado pluvial; Cota mínima para la red de alcantarillado pluvial; Desnivel =  $C_{max} - C_{min}$ .

Figura 1. Triangulo del teorema de Pitágoras



Y el apoyo de la siguiente fórmula:

$$C^2 = a^2 + b^2 \quad (3)$$

Después, se realizó el diagnóstico, utilizado por SEDAPAL-PERU, para determinar el estado de las redes sanitarias: En el estudio de buzones y tuberías se han podido identificar buzones y tuberías con diferentes grados de corrosión (grado 1, 2, 3 y 4) de acuerdo a criterios establecidos por el Water Resource Center (WRC). Así mismo se procedió a la identificación de peligros y riesgos de las alcantarillas, por encontrarse en ese estado, con la guía de la Organización Panamericana de la Salud OPS (2005). Para determinar la distribución de sólidos suspendidos en el sistema de alcantarillado de aguas residuales, fue necesario recaudar la



información, mediante antecedentes registrados y el manual de operación y mantenimiento de las redes de alcantarillado de OPS/OMS (2005) y UNATSABAR – Perú.

### 3. Resultados y discusión

#### 3.1. Caudal de diseño con el arrastre de sólidos totales en las redes de alcantarillado, en época de estiaje y avenidas.

Para todos los datos indicados sobre precipitaciones, observar análisis de precipitaciones por el SENAMHI.

**Época de estiaje (31/10/2019).** En el punto bajo el caudal en épocas de estiaje calculado fue 1,94 m<sup>3</sup>/s, donde según reportes del día la precipitación determinada es 0 mm. lo que indica una determinada cantidad de agua que en días particulares se puede ver, el tirante identificado en la parte baja de la alcantarilla fue de 0,80 m alrededor de los 150 metros lineales, se ha tomado como factor de corrección 0,7 para canales de tierra en profundidades mayores a 15 cm. En el punto alto el caudal en épocas de estiaje calculado fue 0,35 m<sup>3</sup>/s, se puede decir también que este caudal en la alcantarilla de aguas pluviales cuyo cauce en días particulares y sin lluvia debe ser 0 está influenciado por la presencia de un lavadero de carros y otros aportes de aguas residuales de viviendas cercanas; el tirante identificado en la parte alta de la alcantarilla fue de 0,18 m alrededor de los 100 metros lineales en el estudio de la alcantarilla.

**Época de estiaje (25/11/2019).** En la parte baja el caudal en épocas de estiaje calculado fue 0,22 m<sup>3</sup>/s, donde no presento lluvias, es decir la precipitación determinada para ese día es 0 mm. lo que indica una determinada cantidad de agua que en días particulares se puede ver, el tirante identificado en la parte baja de la alcantarilla fue de 0,80 m alrededor de los 150 metros lineales, se ha tomado como factor de corrección 0,7 para canales de tierra en profundidades mayores a 15 cm. En el punto alto el caudal en épocas de estiaje calculado fue 0,087 m<sup>3</sup>/s; el tirante identificado en la parte alta de la alcantarilla fue de 0,19 m alrededor de los 100 metros lineales en el estudio de la alcantarilla.

**Época de avenida (13/01/2020).** En el punto bajo el caudal en épocas de avenida calculado fue 1,77 m<sup>3</sup>/s, y para este día, se consideró lluvioso lo que indica una determinada cantidad de agua que en días particulares se puede ver, el tirante identificado en la parte baja de la alcantarilla fue de 1,36 m alrededor de los 150 metros lineales, se ha tomado como factor de corrección 0,7 para canales de tierra en profundidades mayores a 15 cm. En el punto alto el caudal calculado fue 1,58 m<sup>3</sup>/s, este día hubo precipitaciones lo que indica una determinada cantidad de agua que, en días particulares, el tirante identificado en la parte alta de la alcantarilla fue de 0,70 m alrededor de los 100 metros lineales en el estudio de la alcantarilla.

**Época de avenida (15/02/2020).** El caudal en épocas de avenida calculado fue 2,41 m<sup>3</sup>/s, este día hubo lluvia lo que indica una determinada cantidad de agua que en días particulares se puede ver, el tirante identificado en la parte baja de la alcantarilla fue de 1,22 m alrededor de los 150 metros lineales, se ha tomado como factor de corrección 0,7 para canales de tierra en profundidades mayores a 15 cm. En el punto alto el caudal fue 2,42 m<sup>3</sup>/s, puesto que son días lluviosos indica una determinada cantidad de agua mayor que, en días particulares; el tirante identificado en la parte alta de la alcantarilla fue de 0,95 m alrededor de los 100 metros lineales en el estudio de la alcantarilla.

### 3.2. Caudal, espacio y tiempo de la sedimentación de sólidos sedimentables en las aguas residuales de las alcantarillas pluviales (Av. Ignacia Velásquez) de Moyobamba

Sedimentación de sólidos totales en las aguas residuales de las alcantarillas pluviales (Av. Ignacia Velásquez) de Moyobamba.

**Tabla I.** Caudal, espacio y tiempo de la sedimentación

Pruebas		Caudal (m <sup>3</sup> /s)	Espacio (m)	Tiempo (hora)	Sedimentación (mL/L.hora)
P01	CA	1,94	1,940	0,800	1,000
	CB	1,94	1,940	0,800	1,000
	CC	1,94	1,940	0,800	1,000
P02	CA	0,35	0,350	0,180	1,000
	CB	0,35	0,350	0,180	1,000
	CC	0,35	0,350	0,180	1,000
P03	CA	0,22	0,220	0,800	1,000
	CB	0,22	0,220	0,800	1,000
	CC	0,22	0,220	0,800	1,000
P04	CA	0,087	0,087	0,190	1,000
	CB	0,087	0,087	0,190	1,000
	CC	0,087	0,087	0,190	1,000
P05	CA	1,77	1,770	1,360	1,000
	CB	1,77	1,770	1,360	1,000
	CC	1,77	1,770	1,360	1,000
P06	CA	1,58	1,580	0,700	1,000
	CB	1,58	1,580	0,700	1,000
	CC	1,58	1,580	0,700	1,000
P07	CA	2,41	2,410	1,220	1,000
	CB	2,41	2,410	1,220	1,000
	CC	2,41	2,410	1,220	1,000
P08	CA	2,42	2,420	0,950	1,000
	CB	2,42	2,420	0,950	1,000
	CC	2,42	2,420	0,950	1,000
P09	CA	2,17	2,170	1,100	1,000
	CB	2,17	2,170	1,100	1,000
	CC	2,17	2,170	1,100	1,000
P10	CA	1,99	1,990	0,780	1,000
	CB	1,99	1,990	0,780	1,000
	CC	1,99	1,990	0,780	1,000

Se realizaron diez aforos en diez días distintos y en estos se realizaron la medición de caudales en dos puntos diferentes, tanto en épocas de avenidas, como de estiaje, y estos valores de caudales varían desde 0,087 m<sup>3</sup>/s como caudal más bajo y 2,42 m<sup>3</sup>/s como mayor caudal que se ha logrado determinar en la alcantarilla, así mismo como espacio en el proceso de sedimentación se ha tomado a la altura referencial en el momento de la toma de muestra, ya que esta está ligada de forma vectorial con el resultado esperado, así mismo la sedimentación, en días de lluvia y en días soleados, fue distinta por varios factores, uno de ellos las descargas, teniendo como mayor cantidad de sedimentación a 0,5 mL/L.hora.

**Tabla 2.** Análisis granulométrico y detalles

Tamiz	Tamaño (mm)	Porcentaje %
1/4"	6,35	0,01
4	4,76	0,74
8	2,38	0,02
10	2	0,01
16	1,19	0,02
20	0,84	0,03
30	0,59	0,10
40	0,426	0,31
50	0,297	0,01
60	0,25	0,10
80	0,177	0,23
100	0,149	0,03
200	0,074	0,01
Fondo	0,01	0,12

Los resultados del análisis granulométrico realizado a los sólidos sedimentables dentro de la alcantarilla pluvial, las cuales se adhieren a las paredes de la alcantarilla, en el sector Shango de la ciudad de Moyobamba, demuestran que la mayoría de sólidos encontrados son menores a 0,59 mm, a parte una gran cantidad de gravas o piedritas de 4,76 mm, una significativa parte de limo y arcilla de diámetro menor a 0,01 mm están presentes dentro de los sólidos en la alcantarilla, como se puede resumir la mayor cantidad de sólidos sedimentables dentro de la alcantarilla representan a partículas de diámetro menor y una cantidad de esta representa cierta plasticidad como la arcilla y limo que usualmente representan un gran problema por su adherencia y efecto perjudicial dentro de las mismas.

En otras palabras, las proporciones y clasificaciones del tipo de suelo que se tamizó son los siguientes:

**Tabla 3.** Tipos de granulometría

Análisis granulométrico	
Tipos	Porcentaje %
Grava	0,02
Arena	0,86
Limos y arcillas	0,12

La clasificación total de la muestra de suelo en la alcantarilla según los resultados del análisis lo clasifican como arena mal graduada ligeramente limosa, la cual nos indica la gran cantidad de variación de tamaños. Sin embargo, cabe mencionar que la mayor cantidad de sólidos que se quedan en la superficie son residuos sólidos de gran cantidad y volumen, aunque no peso.

### 3.3. Estado de la red de alcantarillado público combinado de la ciudad de Moyobamba.

El diagnóstico realizado fue tomando en cuenta las condiciones y características según informes del SEDAPAL:

#### Situación espacial de la ubicación de alcantarillas.

Las curvas de nivel, como se muestra en la figura se puede ver la gran cantidad de elevaciones y superficies irregulares en todo el recorrido de la avenida Ignacia Velásquez, cuya particularidad

en estas alcantarillas es principalmente la superficie irregular que muestran estas y las grandes pendientes a las que están sujetas, además de mostrar un diseño poco configurado y mal estructurado para una calle trascurrída. Se reconoce que la cota más elevada en la parte superior de la bajada que puede ser identificada en la figura pues se muestra delimitada por el polígono en forma de cruz, la parte superior de la bajada tiene una cota de elevación de 873 m, claro que en los lados laterales se encuentra elevaciones de hasta 880 m, además en la parte baja de la red de alcantarillado se tiene una cota de elevación de 851 m, con lo que se puede corroborar que esta situación está expresada por una diferencia de alturas: Cota máxima para la red de alcantarillado pluvial: 873 m; Cota mínima para la red de alcantarillado pluvial: 851 m; Desnivel = 27 m.

Es decir, son 27 metros de diferencia entre la parte más alta y más baja de la alcantarilla pluvial, además se considera como pendiente máxima, según teorema de Pitágoras. Considerando que la elevación es el cateto a, cuyo segmento en el triángulo es BC y su medida es 27 m, además el cateto b que es la distancia horizontal medida desde la parte superior de la alcantarilla representada por el segmento CA es 306 m, a partir de ahí calculamos la distancia total descrita por la pendiente:  $C^2 = 27^2 + 306^2$ ;  $C = 307,18$  m

Además, la pendiente viene a ser  $27/306 = 0.08$  en términos porcentuales 8%.

Lo que se puede describir que por cada 100 metros se baja 8 metros del nivel más alto del suelo. Esto indica los grandes accidentes topográficos a los que las alcantarillas dentro de la ciudad se encuentran sometidas y por lo que se deben tener en cuenta al momento del diseño, cálculo y construcción.

### **Calidad de alcantarillas**

La vida útil de las tuberías depende de la calidad de fabricación de los materiales, esta característica, aunada a otros procesos hidráulicos y biológicos que se forman en los sistemas de alcantarillado, puede reducir la vida útil de las mismas.

Antigüedad de Instalación: Calidad probable- mala

Estado físico de alcantarillas: En el estudio de buzones y tuberías se han podido identificar buzones y tuberías con diferentes grados de corrosión de acuerdo a criterios establecidos por el Water Resource Center (WRC) de Inglaterra.

## **4. Discusión**

Dentro de los resultados de la investigación las actividades humanas influyen en gran manera en la cantidad de sólidos que afectan la alcantarilla es por ello que se concuerda con Cornejo (2017), analiza las actividades del equipo de intervención social del proyecto "Lote 3" de SEDAPAL (Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima) desarrollado en el distrito de Comas, Lima, donde se percibe una influencia importante en las alcantarillas, pues la población cercana juega un papel muy importante en su deterioro, aunque sus prácticas siguen siendo poco informativas y a tal escasa información, poca concientización, se identificaron los caudales máximos y mínimos como una importante contribución de sólidos a las alcantarillas, como lo recaló (M. Hernandez,

2018), en su investigación indicando como parámetro importante, los caudales de escorrentía encontrados por medio del método racional.

## 5. Conclusiones

La sedimentación de sólidos en la red de alcantarillado es menor para tiempos de estiaje con 0,12 mg/L en cada hora y mayor en tiempos de avenidas con 1,33 mg/L por cada hora. El caudal mínimo en época de estiaje en la red de alcantarillado pluvial es de 0,87 m<sup>3</sup>/s y el caudal máximo es de 2,42 m<sup>3</sup>/s para épocas de avenidas en ambos puntos de la red de alcantarillado.

La calidad de la red de alcantarillado pluvial es mala y el estado físico de la estructura de acuerdo a criterios establecidos por el Water Resource Center (WRC) de Inglaterra, es mala. El tipo de sólidos sedimentados dentro de la alcantarilla representa un 11,54 % de limos, arcillas, 86,54 % de arena y 2,22 % de grava.

Las principales incidencias previstas como problemas en la red es la operación y mantenimiento de redes de alcantarillado pluvial y entre las no previstas están el uso inadecuado, los vertidos combinan sus desechos; otra incidencia es la eliminación de residuos sólidos de tamaño medio y hasta muy grande como plásticos, cartones y otros.

Los peligros identificados como fuertes problemas en las redes de alcantarillado son: los residuos sólidos como trapos, plásticos y vidrios, la presencia de arenas y piedras; los cuales forman parte de los sólidos sedimentables en la red de alcantarillado.

La cantidad de sólidos sedimentables en las aguas residuales de alcantarillado pluvial es mucho menor que la cantidad de sólidos sedimentables suspendidos, pues de 1 453 mg/L sólidos totales solo 0,25 mg/L se sedimenta y todo lo demás queda suspendido.

## Referencias bibliográficas

- Agua Urbanas. (2018). Conceptos sobre monitoreo de calidad de agua. Retrieved July 7, 2021, from <http://www.aguasurbanas.ei.udelar.edu.uy/index.php/2018/11/17/conceptos-sobre-monitoreo-de-calidad-de-agua/>
- Cepis/Ops. (2005). Guía para el diseño de redes de distribución en sistemas rurales de abastecimiento de agua. *Organización Panamericana de La Salud*, 13. Retrieved from [http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/guialcalde/2sas/d23/043\\_diseño\\_de\\_redes\\_de\\_distribución/diseño\\_de\\_redes\\_de\\_distribución.pdf](http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/guialcalde/2sas/d23/043_diseño_de_redes_de_distribución/diseño_de_redes_de_distribución.pdf)
- Cornejo, W. D. (2017). Análisis de la intervención social para la mejora de las prácticas en el uso del agua potable y alcantarillado de la población beneficiaria del proyecto de rehabilitación de redes de agua potable y alcantarillado lote 3 de Sedapal, Comas, Lima. *Repositorio de La Pontificia Universidad Católica Del Perú*, 219. Retrieved from <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/9492>
- Dominguez, L. M., and Rojas, K. V. (2019). *Eficacia de los biodigestores autolimpiables en las unidades básicas de saneamiento con arrastre hidráulico (UBS - AH) en el tratamiento de aguas residuales domésticas, Huando*. Universidad Nacional de Huancavelica. Retrieved from <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/2986>

- Galvez, N. Y. (2019). *Evaluación y mejoramiento del sistema de saneamiento básico en la comunidad de Santa Fé del centro poblado de Progreso, distrito de Kimbiri, provincia de La Convención, departamento de Cusco y su incidencia en la condición sanitaria de la población. Universidad Católica Los Ángeles de Chimbote*. Universidad Católica Los Ángeles de Chimbote. Retrieved from <http://repositorio.uladech.edu.pe/handle/123456789/10720>
- Hach. (2020). Colorímetro portátil multiparamétrico DR900 (Laboratorio de Colombia). Retrieved from [https://latam.hach.com/colorimetro-portatil-multiparametrico-dr900/product?id=54617125473&\\_bt=491818832070&\\_bk=hach dr 900&\\_bm=e&\\_bn=g&\\_bt=491818832070&\\_bk=hach dr 900&\\_bm=e&\\_bn=2021](https://latam.hach.com/colorimetro-portatil-multiparametrico-dr900/product?id=54617125473&_bt=491818832070&_bk=hach dr 900&_bm=e&_bn=g&_bt=491818832070&_bk=hach dr 900&_bm=e&_bn=2021)
- Hernandez, M. (2018). Diseño del drenaje pluvial y evaluación de impacto ambiental en urb. El chilcal de la ciudad de Piura. *Universidad Nacional de Piura*, 1–165. Retrieved from [https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/3714/ICI\\_264.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/3714/ICI_264.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Hernandez, R., and Fernandez, C. (2010). *Metodología de la investigación*. (McGraw-Hill, Ed.) (quinta). Mexico.
- Iagua. (2021). Situación del agua potable y el alcantarillado en el Perú. Retrieved September 14, 2021, from <https://www.iagua.es/blogs/rafael-saul-lara-rivas/situacion-agua-potable-y-alcantarillado-peru>
- Minagri. (2015). Manual N° 5 Medición de agua. *Ministerio de Agricultura y Riego de Lima, 2da Ed.*(Dirección General de Infraestructura Agraria y Riego), 32. Retrieved from <http://minagri.gob.pe/portal/download/pdf/manual-riego/manual5.pdf>
- Ministerio de Vivienda, C. y S. (2006). RNE p. 238-243-244-297. *Reglamento Nacional de Edificaciones*, 297. Retrieved from <http://www.urbanistasperu.org/rne/pdf/Reglamento Nacional de Edificaciones.pdf>
- Ministerio de Vivienda, C. y S. (2019). Ds\_010-2019-Vivienda.pdf. Lima- Perú: El peruano. Retrieved from [http://files/589/Ds\\_010-2019-Vivienda.pdf](http://files/589/Ds_010-2019-Vivienda.pdf)
- Ministerio de vivienda construcción y saneamiento. (2018). Reglamento Nacional De Edificaciones. *Reglamento Nacional De Edificaciones*, 53(9), 1689–1699. Retrieved from <http://www3.vivienda.gob.pe/pnc/docs/normatividad/varios/Reglamento Nacional de Edificaciones.pdf>
- Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento. (2013, October). Resolución Ministerial N° 273-2013-Vivienda. Protocolo de Monitoreo de la Calidad de los Efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales - PTAR.
- OEFA. (2014a). El OEFA advierte problemática ambiental por déficit de tratamiento de las aguas residuales a nivel nacional. Retrieved May 18, 2021, from <https://www.oefa.gob.pe/el-oefa-advierte-problematica-ambiental-por-deficit-de-tratamiento-de-las-aguas-residuales-a-nivel-nacional/ocac07/#:~:text=Uno%20de%20los%20principales%20problemas,poblaci%C3%B3n%20urbana%20en%20el%20Per%C3%BA>
- OEFA. (2014b). Fiscalización ambiental en aguas residuales. *Organismo de Evaluación y*

- Fiscalización Ambiental*, 36. Retrieved from [https://www.oefa.gob.pe/?wpfb\\_dl=7827](https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=7827)
- OMS. (1996). ¿Qué calidad de vida? *Foro Mundial de La Salud*, 17(4), 385–387. Retrieved from [https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/55264/WHF\\_1996\\_17\\_n4\\_p385-387\\_spa.pdf?sequence=1&isAllowed=y%0Ahttps://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/55264/WHF\\_1996\\_17\\_n4\\_p385-387\\_spa.pdf?sequence=1&isAllowed=y%0Ahttp://apps.who.int/iris/bitstr](https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/55264/WHF_1996_17_n4_p385-387_spa.pdf?sequence=1&isAllowed=y%0Ahttps://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/55264/WHF_1996_17_n4_p385-387_spa.pdf?sequence=1&isAllowed=y%0Ahttp://apps.who.int/iris/bitstr)
- Organización de Naciones Unidas. (2005). Decenio internacional para la acción del agua fuente de vida. Calidad de agua. Retrieved from <https://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/quality.shtml>
- Popel, F. (1928). Tecnología de aguas residuales y su conservación. *Wiesbaden*, 1(9780070416901), 54.
- Sistema Intermunicipal de los Servicios de Agua Potable y Alcantarillado. (2014). Criterios y lineamientos técnicos para factibilidades. *Sistemas de Agua Potable. Actualización de Los Criterios y Lineamientos Técnicos Para Factibilidades En La Z.M.G.*, 1(1256), 36. Retrieved from [http://www.siap.gob.mx/sites/default/files/capitulo\\_2.\\_sistemas\\_de\\_agua\\_potable-1a.\\_parte.pdf](http://www.siap.gob.mx/sites/default/files/capitulo_2._sistemas_de_agua_potable-1a._parte.pdf)
- Sotomayor, A. (2016). Minería y Ambiente - Remediación de pasivos ambientales mineros como estrategia para el cuidado del ambiente. *Consortio de Universidades*, 81–90.
- Superintendencia Nacional de Servicio de Saneamiento. (2010). *Análisis de Agua: Alcalinidad* (No. 1). Lima. Retrieved from <http://bvsper.paho.org/texcom/cd048437/sunassal.pdf>

## Financiamiento

Universidad Nacional de San Martín “Concurso de proyectos de investigación para tesis a nivel de pregrado, financiado por la UNSM-T Periodo 2019”.

## Conflicto de intereses

Los autores declaran que el artículo no presenta conflicto de intereses.

## Contribución de autores

Quispe-Burga Bany Luz: Tesista de pregrado, redactor del artículo. Conceptualizó el estudio y realizó el análisis y procesamiento de los datos.

Azabache-Liza, Yrwin Francisco: Asesoró el trabajo de investigación, participó en el proceso recolección y procesamiento de los datos, y fue quien aprobó la versión final del manuscrito.

Artículo original / Original article

## Evaluación de impacto ambiental de la actividad industrial y su influencia en el componente aire de una localidad peruana

## Environmental impact assessment of industrial activity and its influence on the air component of a Peruvian town

Rojas-Bardalez, Alfonso [ORCID: 0000-0001-9345-5474]<sup>1</sup>; Cáceres-Bardalez, Gerardo [ORCID: 0000-0003-4885-0285]<sup>1</sup>; Julca-Urquiza, Ronald [ORCID: 0000-0002-8803-2431]<sup>1</sup>; Guerra-Saldaña, Miguel [ORCID: 0000-0002-4020-7909]<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Nacional de San Martín, Moyobamba, Perú

✉ arojas@unsm.edu.pe

Recibido: 19/11/2021;

Aceptado: 23/12/2021;

Publicado: 20/01/2022

**Resumen:** Nuestro objetivo fue realizar la evaluación de impacto ambiental de la actividad industrial y su influencia en el componente aire de la localidad de Segunda Jerusalén distrito de Elías Soplín Vargas, Provincia de Rioja 2016, realizada mediante la determinación de concentración de partículas suspendidas respirables menores a 10 micras (PM-10) y la determinación de la concentración de partículas suspendidas respirables menor a 2,5 micras (PM-2,5), para cual se ha definido como ámbito de estudio la zona urbana de la localidad. Los resultados muestran que durante el periodo de muestreo (6 meses) en todos los puntos el valor obtenido de PM-10, no supera el Estándar De Calidad Ambiental (ECA) cuyo valor es de 150 ug/m<sup>3</sup>. En tanto, en el punto 01 el valor obtenido de PM-2,5, supera el Estándar De Calidad Ambiental (ECA) con valor de 25 ug/m<sup>3</sup>, en los demás puntos los valores no superan el ECA.

**Palabras clave:** actividad industrial; aire; impacto ambiental; material particulado

**Abstract:** Our objective was to carry out the evaluation of the environmental impact of the industrial activity and its influence on the air component of the town of Segunda Jerusalem, district of Elías Soplín Vargas, Province of Rioja 2016, carried out by determining the concentration of suspended respirable particles less than 10 microns (PM-10) and the determination of the concentration of respirable suspended particles less than 2.5 microns (PM-2.5), for which the urban area of the town has been defined as the scope of study. The results show that during the sampling period (6 months) in all the points the value obtained from PM-10 does not exceed the Environmental Quality Standard (ECA) whose value is 150 ug / m<sup>3</sup>. Meanwhile, in point 01 the value obtained for PM-2.5, exceeds the Environmental Quality Standard (ECA) with a value of 25 ug / m<sup>3</sup>, in the other points the values do not exceed the ECA.

**Keywords:** industrial activity; air; environmental impact; particulate material

**Cómo citar / Citation:** Rojas-Bardales, A., Cáceres-Bardales, G., Julca-Urquiza, R. & Guerra-Saldaña, T. M. (2022). Evaluación de impacto ambiental de la actividad industrial y su influencia en el componente aire de una localidad peruana. *Revista Amazónica de Ciencias Ambientales y Ecológicas*, 1(1), e292. <https://doi.org/10.51252/reacae.v1i1.292>



## I. Introducción

Los niveles de contaminación son peligrosamente elevados en muchas partes del mundo dado a que según datos nuevos 9 de 10 personas respiran aire con elevados niveles de contaminantes (Organización Mundial de la Salud, 2018), siendo así que las grandes capitales del mundo están preocupadas por la contaminación que se emiten, como por ejemplo las diferentes clases de vehículos, por lo cual suele ser frecuente en estas ciudades el monitoreo del material particulado PM2.5, como ocurre en los Estados Unidos, donde numerosos trabajos cuantifican el impacto de las PM2.5 desde hace décadas (Linares & Díaz, 2009).

La contaminación del aire es una preocupación ambiental importante en la mayoría de las principales ciudades del mundo (Nowark et al., 2006), presente en todas las sociedades independientemente del desarrollo socioeconómico y a la vez constituye un fenómeno con particular incidencia en la salud del hombre (Romero et al., 2006). La contaminación atmosférica puede definirse como el cambio no esperado en las propiedades físicas, químicas o biológicas de la atmósfera, que causa o tienen la posibilidad de potencialmente provocar perjuicios a la salud y confort de los seres vivos y otros organismos vivos (Páez Pérez, 2008). La contaminación atmosférica se ha definido como la acumulación en el aire de sustancias en concentraciones tales que causen males provisionales o permanentes a los hombres, animales, plantas y los bienes (Caselli, 2000). Por otro lado, según Echeverri (2019) la contaminación del aire representa una de las consecuencias de la creciente industrialización y del desarrollo económico asociado con más vehículos, más bienes materiales y más espacio dedicado a las zonas urbanas.

El material particulado a nivel mundial representa uno de los contaminantes atmosféricos más estudiado, definiéndose como el conjunto de partículas sólidas y/o líquidas (a excepción del agua pura) presentes en suspensión en la atmósfera (Mészáros, 1999), siendo el material particulado respirable aquellas de diámetro aerodinámico menor a 10  $\mu$  m el cual representa una mezcla compleja de sustancias orgánicas e inorgánicas y que penetran a lo largo de todo el sistema respiratorio hasta los pulmones, produciendo irritaciones e incidiendo en diversas enfermedades (Agencia de Protección Ambiental, 2004), cuya clasificación de las partículas suspendidas en el aire son "PM10" a las partículas de diámetros inferiores a 10  $\mu$ m, y "PM2,5" a las de diámetros inferiores a 2,5  $\mu$ m (Baird & Cann, 2014).

Entre los efectos del material particulado en el ambiente se tiene a la corrosión acelerada de los metales, daños a las pinturas, esculturas y superficies expuestas al suelo de las estructuras construidas por el hombre, pudiendo modificar el clima mediante la formación de nubes y nieve, y contribuyendo además a la deposición ácida y hasta llegar a absorber radiación solar e impedir o reducir la visibilidad (Sánchez, 2011), del mismo modo las partículas, solas o en combinación con otros contaminantes representan un peligro muy grave para la salud, entran principalmente al cuerpo humano por las vías respiratorias, causando daños a los órganos respiratorios que se pueden presentarse directamente, ya que se ha estimado que más del 50% de las partículas entre 0.01 y 0.1  $\mu$ m que penetran a las cavidades pulmonares se depositaran allí (Wark & Warner, 2012), siendo que la presencia de material particulado se encuentra asociada con el incremento del riesgo de muerte por causas cardiopulmonares en muestras de adultos (Pope, 2004)

Si bien el desarrollo industrial de un territorio puede inducir una fuerte reactivación socioeconómica y mejoras en la calidad de vida de la población, también es capaz de ocasionar importantes modificaciones del entorno y diversas formas de contaminación del aire, las aguas y

los suelos, agotamiento de recursos naturales y su degradación. Todo ello influirá negativamente, de forma directa o indirecta sobre el bienestar, la calidad de vida y la salud de la población. Debe realizarse un riguroso análisis científico dirigido a identificar y ponderar la magnitud y severidad de los posibles impactos ambientales y en la salud; derivados de un proyecto de desarrollo y, en consecuencia, la adopción de las medidas de prevención y control pertinentes, así los efectos negativos serán minimizados, en tanto sean maximizados los positivos, proceder denominado "evaluación de impacto ambiental. Se entiende por contaminación atmosférica a la presencia en el aire de materias o formas de energía que impliquen riesgo, daño o molestia grave para las personas y bienes de cualquier naturaleza, así como que puedan atacar a distintos materiales, reducir la visibilidad o producir olores desagradables

En este trabajo abordamos de una forma general el problema de la contaminación ambiental, referido especialmente a la contaminación atmosférica por material particulado, aunque sin perder de vista que la naturaleza actúa como una unidad, que en ella todo es interdependiente, existiendo relaciones múltiples entre el aire, el agua y el suelo, elementos que constituyen el hábitat o lugar donde se desarrolla normalmente el ciclo vital y la biosfera, sistema que engloba a los elementos anteriores y a todos los seres vivos de nuestro planeta.

Dado que la contaminación atmosférica puede tener carácter local, cuando los efectos ligados al foco se sufren en las inmediaciones del mismo, o planetario, cuando por las características del contaminante, se ve afectado el equilibrio del planeta y zonas alejadas a las que contienen los focos emisores, se considera al aire como un bien común limitado, indispensable para la vida; por lo tanto, el uso debe estar sujeta a normas que eviten el deterioro de su calidad por el uso o abuso indebido del mismo, logrando perseverar su pureza como garantía del normal desarrollo de los seres vivos sobre la tierra y de la conservación del patrimonio natural y artístico de la humanidad. Todos tenemos el deber de trabajar para lograr un mundo limpio y habitable, sustento de una mejor calidad de vida para las generaciones futuras.

## **2. Materiales y métodos**

Se determinaron cuatro puntos de monitoreo de partículas suspendidas respirables en la localidad de Segunda Jerusalén representado por las calles principales de la localidad en ese caso cada punto según el ámbito de influencia abarcó 400 metros a la redonda para la determinación de la concentración de partículas suspendidas respirables de diámetro inferior a 10 micras se usó un muestreador de alto volumen, en tanto para la medición de partículas menores a 2,5 micras se usó un muestreador de bajo volumen.

### **2.1. Métodos**

#### **Método de medición de partículas en suspensión menores a 10 micras, PM10**

El método utilizado fue la EPA IO 2,1 que coincide con lo descrito en el Apendix J Reference Method for the Determination of Particulate Matter as PM10 in the Atmosphere (Federal Register). Vol 52. N° 126. July 1, 1987). El rango de flujo de medición, aceptable para esta metodología de medición es de 1,13 m<sup>3</sup> /min +/- 10%, para un periodo de medición de 24 +/- 1 hora según la EPA y de 18 horas según la DIGESA.

### Método de medición de partículas en suspensión menores a 2,5 micras, PM<sub>2,5</sub>

El aire ambiente es introducido en la unidad de bajo volumen PM-2,5 a un flujo de 16,7 l/min a través de una abertura situada en el cabezal. El flujo pasa a una cámara donde la velocidad se regula mediante el propio sistema, a su vez pasa a través de una malla diseñada para prevenir el paso de insectos y desechos suspendidos en el aire hasta el sistema de fraccionamiento. Las partículas con diámetro superior a 2,5 micras impactan sobre una placa, sumergida en aceite, a su vez el equipo cuenta con un sistema de filtro para humedad y aceite, los cuales son contenidos en un frasco de vidrio externo. Las partículas menores a 2,5 micras son retenidas en el filtro.

### Método de análisis de partículas

La determinación de pesos de los filtros de PM<sub>2,5</sub> y PM<sub>10</sub>, se realizó por gravimetría, determinando el peso constante antes y después del monitoreo, aplicándose el primero para PM<sub>2,5</sub> y el segundo para PM<sub>10</sub>:

Método IO-3.1; Selection, Preparation and Extraction of Filter Material. Compendium of Methods the Determination of Inorganic Compounds in Ambient Air EPA/625/R-96/010<sup>a</sup>. Center for Environmental Research Information Office of Research and Development U.S. Environmental Protection Cincinnati, OH 45 268 June 1999.

Método IO-2.1; Compendium method IO-2.1 Sampling of Ambient Air for Total Suspended Particulate Matter (SPM) and PM<sub>10</sub> Using High Volume (HV) Sampler. June 1999.

### Análisis estadístico

El procesamiento de los datos se realizó mediante la aplicación de la estadística descriptiva, para determinar el promedio, desviación estándar, varianza y la dispersión de los datos (muestras). El análisis de los datos se realizó mediante gráficos y tablas, para verificar su tendencia y proyección.

## 3. Resultados

Se determinó las concentraciones de PM<sub>10</sub> durante 6 meses de monitoreo (junio-noviembre), se establecieron los muestreos con frecuencia de colección de cada 15 días, cuyos resultados y análisis de los mismos se muestran a continuación:

**Tabla 1.** Resultados obtenidos de PM-10 y PM-2.5 en el primer punto de muestreo

Punto de muestreo	Fecha	PM-10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	PM-2,5 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
I	15-06-2016	85	34
	30-06-2016	68	28
	15-07-2016	76	32
	30-07-2016	55	25
	15-08-2016	87	31
	30-08-2016	77	22
	15-09-2016	81	23
	30-09-2016	79	21
	15-10-2016	80	23
	30-10-2016	84	20
	15-11-2016	80	22
	30-11-2016	70	24

En el punto 1, los valores presentes no superan el estándar de calidad ambiental establecido en 150  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . El nivel de concentración de PM-10 más alta fue de 87  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (15/08/2016) y la menor concentración encontrada fue de 55  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (30/07/2016). En tanto para PM-2,5 los valores encontrados en el punto 01 en los meses de junio y julio superan el estándar de calidad ambiental establecido en 25  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . El nivel de concentración de PM-2,5 más alta fue de 34  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (15/06/2016) y la menor concentración encontrada fue de 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (30/10/2016).

**Tabla 2.** Resultados obtenidos de PM-10 y PM-2.5 en el segundo punto de muestreo

Punto de muestreo	Fecha	PM-10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	PM-2,5 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
2	15-06-2016	80	22
	30-06-2016	57	23
	15-07-2016	67	21
	30-07-2016	81	18
	15-08-2016	70	23
	30-08-2016	78	19
	15-09-2016	75	21
	30-09-2016	80	23
	15-10-2016	74	18
	30-10-2016	76	21
	15-11-2016	77	23
	30-11-2016	75	22

Los valores encontrados en el punto 2, no superan el estándar de calidad ambiental establecido en 150  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . El nivel de concentración de PM-10 más alta fue de 81  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (30/07/2016) y la menor concentración encontrada fue de 57  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (30/06/2016). En tanto para PM-2,5 los valores no superan el estándar de calidad ambiental establecido en 25  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . El nivel de concentración de PM-2,5 más alto fue de 23  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (30/06/2016, 15/08/2016, 30/09/2016 y 15/11/2016) y la menor concentración encontrada fue de 18  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (30/07/2016 y 15/10/2016).

**Tabla 3.** Resultados obtenidos de PM-10 y PM-2.5 en el tercer punto de muestreo

Punto de muestreo	Fecha	PM-10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	PM-2,5 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
3	15-06-2016	81	21
	30-06-2016	76	23
	15-07-2016	80	18
	30-07-2016	78	23
	15-08-2016	76	19
	30-08-2016	80	23
	15-09-2016	82	21
	30-09-2016	85	18
	15-10-2016	77	22
	30-10-2016	86	22
	15-11-2016	67	24
	30-11-2016	77	21

Los valores encontrados en el punto 3, no superan el estándar de calidad ambiental establecido en 150  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . El nivel de concentración de PM-10 más alta fue de 86  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (30/10/2016) y la menor concentración encontrada fue de 67  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (15/11/2016). En tanto para PM-2,5 los valores no superan el estándar de calidad ambiental establecido en 25  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . El nivel de concentración de PM-2,5 más alto fue de 24  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (15/11/2016) y la menor concentración encontrada fue de 18  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (15/07/2016 y 30/09/2016).

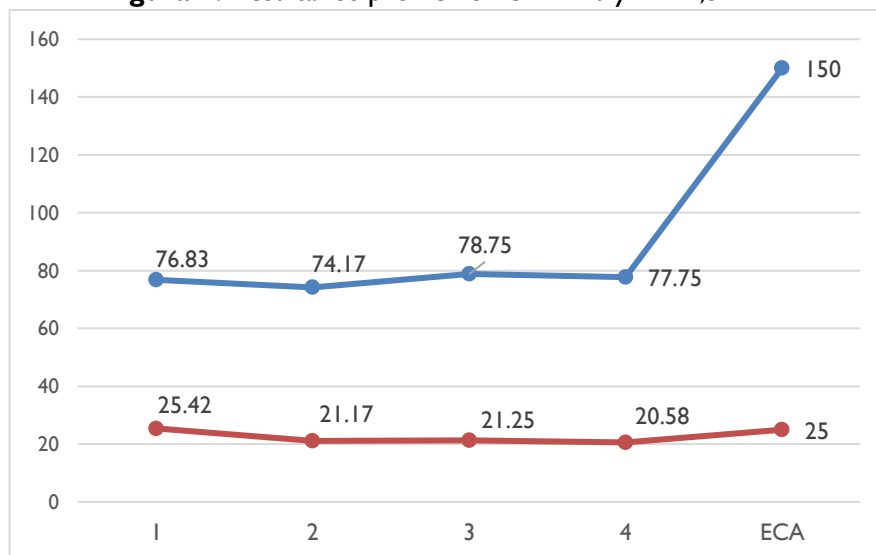
**Tabla 4.** Resultados obtenidos de PM-10 y PM-2.5 en el tercer punto de muestreo

Punto de muestreo	Fecha	PM-10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	PM-2,5 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
4	15-06-2016	87	24
	30-06-2016	67	18
	15-07-2016	84	16
	30-07-2016	78	19
	15-08-2016	67	20
	30-08-2016	81	23
	15-09-2016	79	21
	30-09-2016	88	21
	15-10-2016	67	19
	30-10-2016	78	22
	15-11-2016	77	23
	30-11-2016	80	21

Los valores encontrados en el punto 4, no superan el estándar de calidad ambiental establecido en  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . El nivel de concentración de PM-10 más alta fue de  $88 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (30/09/2016) y la menor concentración encontrada fue de  $67 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (30/06/2016, 15/08/2016 y 15/10/2016). En tanto para PM-2,5 los valores no superan el estándar de calidad ambiental establecido en  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . El nivel de concentración de PM-2,5 más alto fue de  $24 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (15/11/2016) y la menor concentración encontrada fue de  $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (15/07/2016 y 30/09/2016).

Después de haber realizado el análisis de los datos se obtuvieron los resultados promedios de concentraciones de PM10 y PM2,5 según fechas y puntos de muestreo, los mismos que se presentan en la figura 1, donde es posible evidenciar en cuanto al material particulado PM-10 que en todos los puntos de muestreo los resultados promedio no superan el estándar de calidad ambiental que es de  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , siendo el mayor promedio el registrado en el punto 3 con  $78,75 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y  $74,17 \mu\text{g}/\text{m}^3$  el menor promedio en el punto 2.

En cuanto a PM-2,5 solo el punto 1 supera en  $0,42 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en tanto los demás puntos se encuentran por debajo del estándar de calidad ambiental que es de  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , siendo el mayor promedio el registrado en el punto 1 con  $25,42 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y  $20,58 \mu\text{g}/\text{m}^3$  el menor promedio en el punto 4.

**Figura 1.** Resultados promedio de PM-10 y PM-2,5

## 4. Discusión

De acuerdo a los resultados presentados por Rojas y Huaman (2017) el material particulado en fracción respirable sobrepasa el límite máximo permisible ( $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) y por lo tanto genera contaminación ambiental, determinando además que los valores mínimos 2941,  $48 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y máximo  $11940 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , superan en aproximadamente 20 veces y 80 veces respectivamente, información que no se relaciona con los resultados de la presente investigación dado que no se encontró concentraciones con valores muy elevado, asimilando que se trata de una ciudad en proceso de crecimiento a diferencia de la ciudad de Jesús María donde el mencionado autor desarrolló su investigación.

Una de las fuentes para la emisión de material particulado suele ser las calles no pavimentadas o sin asfalto, que por acción de los vehículos y desarrollo de otras actividades se generan elevados niveles de material particulado respirable, información que se afirma con lo mostrado por Viena y Cam (2018) y Viena (2018) quien realizó su estudio en una carretera no pavimentada encontrando valores que superan valores establecidos en las normativas.

Capuena y Angulo (2017) en la localidad de Segunda Jerusalén, área de estudio de la presente investigación, determinó que el valor máximo obtenido de  $\text{PM}_{2,5}$  fue  $30,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y un valor mínimo de  $28,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , lo cual advierte que en el 100% de los monitoreos realizados supera el estándar de calidad ambiental, información que al ser comparada con la presente investigación no presenta similitud dado que la mayor concentración determinada excede solo en  $0,42 \mu\text{g}/\text{m}^3$  el ECA para calidad de aire y la menor concentración registrada fue de  $20,58 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , lo cual se asume que se debe principalmente al tiempo y momento de muestreo, tal y como lo menciona Toro et al., (2019) que los altos niveles de contaminación del aire son el resultado de una combinación de actividad antropogénica, su ubicación geográfica y local y sinóptica condiciones meteorológicas que inhiben la dispersión de contaminantes.

Herrera (2011), encontró que los niveles de concentración se encuentran por debajo de los estándares dicha investigación fue desarrollada en la localidad de Segunda Jerusalén el cual representa también el área de estudio de la presente investigación corroborando dicha información dado que los resultados encontrados tampoco superan los estándares a diferencia de un punto de muestreo de  $\text{PM}_{2,5}$  que supera lo establecido en  $0,42$  unidades, mencionadas informaciones corroboran además con la encontrada por Pacsi (2016) quien determinó que los promedios diarios de  $\text{PM}_{10}$  no sobrepasan los Estándares de Calidad del aire (ENCA) del Perú; pero que sin embargo los promedios anuales para ambos parámetros en casi todas las estaciones de monitoreo, si superan significativamente el ENCA y las guías de la OMS.

## 5. Conclusiones

En comparación con los estándares de calidad para aire se tiene para  $\text{PM}_{10}$  en el punto de muestreo 3 y punto de muestreo 4 presentan los valores más altos promedio durante el periodo de muestreo, pero sin embargo ninguno de estos supera los ECA asimismo para  $\text{PM}_{2,5}$  se tiene que en el punto de muestreo 1, sobrepasa en  $0,42$  unidades el estándar de calidad ambiental, en los demás puntos no superan el estándar de calidad.

De acuerdo a los resultados obtenidos tenemos que durante el periodo de muestreo (6 meses), en todos los puntos el valor obtenido de  $\text{PM}_{10}$ , no supera el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) cuyo valor es de  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

De acuerdo a los resultados obtenidos tenemos que durante el periodo de muestreo (6 meses), en el punto 01 el valor obtenido de PM-2.5, supera el Estándar de Calidad Ambiental (ECA), cuyo valor es de 25  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , en los demás puntos los valores no superan el ECA.

## Referencias bibliográficas

- Agencia De Protección Ambiental – EPA. (2004). Las partículas y efectos en la salud. Washington.
- Baird, C., y Cann, M. (2014). Química ambiental. 2a ed. Barcelona: Reverté, 2014. 9788429179156.
- Capuena, H. & Angulo, J. (2017). Determinación de la influencia de las actividades urbano e industrial en el nivel de contaminación del aire mediante la determinación de partículas suspendidas respirables (PM 2,5), en el Alto Mayo, 2015. (Tesis de grado). Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, Moyobamba.
- Caselli, M. (2000). La contaminación atmosférica: Causas y fuentes, efectos sobre el clima, la vegetación y los animales (6ta. edición).
- Echeverri, C. A. (2019). Contaminación atmosférica (Ediciones de la U).
- Herrera, S. (2011). Distribución espacial vertical de las partículas en suspensión PM10 del medio atmosférico urbano en Segunda Jerusalén-Rioja-San Martín-Perú. (Tesis de maestría). Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, Moyobamba.
- Linares, C., y Díaz, J. Las PM2.5 y su impacto sobre la salud. (58), 46-49. 2009.
- Mészáros, E. (1999). Fundamentals of Atmospheric Aerosol Chemistry. Akadémiai Kiado.
- Nowak, D., Crane, D. & Stevens, J. (2006). Air pollution removal by urban trees and shrubs in the United States. USDA Forest Service, Northeastern Research Station, 5 ~Woorz Library, S LIIV Y-ESF, Sj~rczmse, N Y 1321 0 USA.
- Organización Mundial de la Salud – OMS. (2018). Calidad del aire y la salud. Disponible en: [https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)
- Pacsi, A. (2016). Análisis temporal y espacial de la calidad del aire determinado por material particulado PM10 y PM2,5 en Lima Metropolitana. ISSN-e 2519-7398, Vol. 77, N°. 2.
- Páez Pérez, C. (2008). Gestión de la contaminación atmosférica urbana: El caso de Quito.
- Pope (2004). CA III. Air Pollution and Health - Good News and Bad. En: New England Journal of medicine Vol. 351. No. 11, 1132-1134.
- Rojas, R y Huamán, P. (2017). Determinación de material particulado en fracción respirable en construcciones del distrito de Jesús María, 2015. (Tesis de grado). Universidad Inca Garcilaso de la Vega. Lima – Perú.
- Romero, M., Olite, F. y Álvarez, M. (2006). La contaminación del aire: su repercusión como problema de Salud. *Rev Cubana Hig Epidemiol*. Instituto Nacional de Higiene, Epidemiología y Microbiología.

- Sánchez, C. (2011). Clasificación del material particulado menor de 10 micrometros PM10. Barcelona- España.
- Toro, R., Kvakić, A.M., Klaić, Z.B., Koraćcin, D., Morales, R.G.E., Leiva, G., (2019). Exploring atmospheric stagnation during a severe particulate matter air pollution episode over complex terrain in Santiago, Chile. *Environ. Pollut.* 244, 705–714.
- Viena, A. (2018). Determinación de la concentración del material particulado respirable, influenciado por el tránsito vehicular, en la carretera Calzada – Soritor 2017. (Tesis de grado). Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, Moyobamba.
- Viena, A. y Cam, K. (2018). Determinación del nivel de concentración de partículas suspendidas respirables a nivel intradomiciliario, y su influencia en la salud pública, en la ciudad de Moyobamba 2016. (Tesis de grado). Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, Moyobamba.
- Wark, K. y Warner, C. (2012). Contaminación del aire: Origen y control. Mexico: Limusa, 2012. 9789681819545

## **Financiamiento**

Ninguno.

## **Conflicto de intereses**

El artículo no presenta conflicto de intereses.

## **Contribución de autores**

Rojas-Bardales, Alfonso; Cáceres-Bardales, Gerardo; Julca-Urquiza, Ronald y Guerra-Saldaña, Tomás en conjunto realizaron la recolección, análisis, procesamiento de datos, así como la elaboración del presente artículo científico.



Artículo original / Original article

## Aplicación de clarificante de origen natural (almidón de yuca) para la remoción de la turbidez y color en aguas de consumo humano

### Application of clarifier of natural origin (cassava starch) to remove turbidity and color in water for human consumption

Azabache-Liza, Yrwin [ID 0000-0003-1396-9745]<sup>1</sup>; Maldonado-Ushiñahua, Arnold [ID 0000-0002-2512-7556]<sup>1</sup>; Azabache-Aliaga, Raquel [ID 0000-0001-6117-6550]<sup>2</sup>; Dávila-Cardozo, Juan [ID 0000-0002-3478-0485]<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Nacional de San Martín, Moyobamba, Perú

<sup>2</sup>Universidad Privada Antenor Orrego, Perú

✉ [yfazabache@unsm.edu.pe](mailto:yfazabache@unsm.edu.pe)

Recibido: 20/11/2021;

Aceptado: 23/12/2021;

Publicado: 20/01/2022

**Resumen:** La quebrada Juninguillo, Moyobamba, en épocas de avenida arroja valores elevados de turbiedad y color. Para disminuirlos sin usar sustancias químicas aplicamos clarificante a base de almidón de yuca, con el fin de disminuir su turbidez y color. Realizamos 9 ensayos con 36 pruebas, todas a diferentes concentraciones y velocidades. El clarificante de yuca removió 48% de color, partiendo del valor inicial; y removió en 50% la turbidez. Demostramos que la sustancia no afecta el pH y que la concentración óptima fue de 1% de almidón en solución, también que los parámetros considerados en esta investigación actuaron de diferente forma y esto se nota en la velocidad; siendo óptima para la turbidez de 150 rpm, en cambio para el color fue de 200 rpm, pero en comparación con la utilización de sulfato de aluminio, el cual ha removido en 85% y 95% para el color y turbidez respectivamente no alcanza los valores estimados por los límites máximos permisibles. Podemos utilizarlo como floculante ayudante combinado con el sulfato de aluminio ayuda a controlar los parámetros de clarificación y pH en la utilización del agente químico.

**Palabras clave:** agente; avenida; clarificación; color; floculante; turbidez

**Abstract:** The Juninguillo stream, Moyobamba in flood seasons shows high values of turbidity and color. To reduce them without using chemical substances, we apply clarifier based on cassava starch, in order to reduce its turbidity and color. We carried out nine tests with 36 tests, all at different concentrations and speeds. The cassava-fining agent removed 48% of the color, starting from the initial value; and removed the turbidity by 50%. We show that the substance does not affect the pH and optimal concentration was 1% of starch in solution. In addition, the two parameters considered in this investigation acted differently and this is noticeable in the speed; being optimal for the turbidity of 150 rpm, on the other hand it was 200 rpm for the color. However, compared to the use of aluminum sulfate, which has removed 85% and 95% for the color and turbidity, respectively, it does not reach the values Estimated by the maximum allowable limits. We can use it as an auxiliary flocculent combined with aluminum sulfate to help control the clarification and pH parameters in the use of the chemical agent.

**Keywords:** agent; avenue; clarification; color; flocculent; haze

**Cómo citar / Citation:** Azabache-Liza, Y., Maldonado-Ushiñahua, A., Azabache-Aliaga, R. & Dávila Cardozo, J. (2022). Aplicación de clarificante de origen natural (almidón de yuca) para la remoción de la turbidez y color en aguas de consumo humano. *Revista Amazónica de Ciencias Ambientales y Ecológicas*, 1(1), e294. <https://doi.org/10.51252/reacae.v1i1.294>

## I. Introducción

El agua es esencial para la vida, un recurso finito y las provisiones fácilmente accesibles se están volviendo menos abundantes. La constante explotación de este recurso de manera inadecuada y de forma indiscriminada ha ocasionado un sin número de desastres; y aunque no muchas veces esta es apta para el consumo directo de la población, en muchas de las quebradas de la selva y del mundo se ha encontrado bastante contaminada, por el solo hecho de observar el color y la cantidad de partículas que le confieren turbidez al agua (Díaz, 2019).

Estos dos parámetros que son evidenciables a simple vista, son los que dan fe de las acciones realizadas, la gran parte de la contaminación de los ríos, lagos y lagunas los realizamos nosotros mismo con nuestras malas prácticas, cabe mencionar que es el suelo el que confiere el color al agua por su concentración en algunos elementos propios de la zona.

Moscoso (2015), indica que el uso de almidón de yuca está bastante extendido y es práctica corriente en muchas plantas de tratamiento de agua. Hay reportes donde han encontrado trazas de sulfato de aluminio y buscan encontrar qué porcentaje del sulfato de aluminio puede ser sustituido por almidón de yuca, en el proceso de coagulación-floculación para la potabilización de agua. Luego de determinar la dosis óptima de 70 miligramos por litro de sulfato de aluminio a través de la prueba de jarras fue sustituyendo el sulfato de aluminio por almidón de yuca en proporciones del 20%. Luego de realizar 60 pruebas para determinar si es posible sustituir el sulfato de aluminio hasta un 40% por almidón de yuca para lograr valores inferiores a 5 NTU determinan que sí es posible para ciertos valores de turbiedad iniciales.

En las plantas de tratamiento de todo el país se utilizan agentes químicos para clarificar y potabilizar el agua, los cuales en dosis elevadas causan problemas en las redes de distribución e incluso estarían ocasionando enfermedades a largo plazo con la medida excesiva de químicos en el cuerpo humano. A su vez, la precaria infraestructura existente en el país, genera un alto costo de los insumos que se utilizan para la remoción de turbiedad y cloración (Carrizales & Enríquez, 2019)

Cruz, (2020) busca evaluar el grado de eficiencia del “tamarindo” como coagulante, recolectan 216 litros de muestra en botellas de plásticos 3,7 y 2,5 L de agua residual doméstica de Soritor y de aguas superficiales de la quebrada Capellanía. Llegan a la conclusión que el uso del coagulante a base de semilla de tamarindo natural remueve sólidos coloidales referidos a turbidez en un 70.5% en las aguas del efluente y 71.8% en las aguas superficiales, y también comprueban que reduce parámetros químicos como la demanda química de oxígeno en un 68.3% en las aguas del efluente y 76.0% en las aguas superficiales

Como alternativa a estos agentes químicos, al inicio de los años setenta en varios países latinoamericanos se propuso hacer uso de coagulantes naturales extraídos de especies vegetales o animales locales para atenuar en parte o en su totalidad el consumo de coagulantes sintéticos. No obstante, la materia prima propuesta para el tratamiento del agua se extrae de la naturaleza sin ningún proceso invasivo; de esta manera se rompe el paradigma de la exclusividad de los productos químicos industriales tales como el sulfato de aluminio y el sulfato férrico para tratar el agua y se abre la posibilidad a nuevas tecnologías a bajo costo, inocuas para la salud humana y respetuosa con el medio ambiente (Lozano, 2018)(Jaramillo & Ramírez, 2015).

Es por ello que se ha dado la importancia de estudiar e informar la utilización de un insumo natural hecho a base de yuca para su utilización como un clarificante natural del agua de la quebrada que se encuentra cercana a la ciudad de Moyobamba, es decir de la quebrada Juninguillo.

## 2. Materiales y métodos

El diseño de investigación es correlacional. El ámbito de estudio se realizó en la quebrada Juninguillo. Para el trabajo de investigación la muestra es la cantidad de agua necesaria para las pruebas con equipo prueba de jarras 15 litros aproximadamente. Las muestras fueron recolectadas en bidón, para ser llevadas al laboratorio.

Para luego calcular el porcentaje del insumo (coagulante, floculante), pesaron el insumo para hacer la solución al porcentaje estipulado, tomamos los parámetros iniciales (turbidez, pH, color), llenamos 6 vasos precipitados con la muestra problema, cada uno con una capacidad de 1L. Se programó el equipo a diferentes tiempos de prueba de jarras para la corrida. Se inyectó el coagulante a la dosis seleccionada para esta corrida.

Las muestras para los análisis mencionados, se colectaron mensualmente en el punto de captación, durante 3 meses consecutivos. Los datos se obtuvieron del análisis de las aguas de la quebrada Juninguillo–La Mina mediante los siguientes equipos analíticos:

**Tabla 1.** Análisis de parámetros.

Parámetro	Equipo
Turbidez	Turbidímetro
Color	Colorímetro
Velocidad, tiempo y concentración óptima del clarificante.	Prueba de jarras.

Los datos se recolectaron durante 3 meses consecutivos de las aguas de la quebrada; se analizaron la turbidez y color, por cada muestreo se utilizó 500 ml. Se siguió los siguientes pasos, para el análisis de datos: Validez y representación gráfica de los resultados.

## 3. Resultados y discusión

Se han tomado las muestras a las cuales se han medido los parámetros, sin adicionar coagulante.

**Tabla 2.** Parámetros iniciales de la quebrada Juninguillo.

Parámetros	Unidades	Inicial	ECAs
Color	UPC	125	15
pH	pH	8,7	6,5
Turbidez	UNT	22,81	5
Alcalinidad	ppm	16	-----

El agua de la quebrada Juninguillo, demostró tener los siguientes valores bastante elevados a los establecidos por los Estándares de Calidad Ambiental-AI (Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección), en cuanto a color tiene un valor de 125 UPC por encima del 15 UPC que indica el ECA, en turbidez está en 22,81 UNT de los 5 UNT que establece la norma, en cuanto al pH está en el rango adecuado para este estándar. Al inicio en el primer cuadro se

ha medido la alcalinidad también, la cual tiene un valor de 16, indicando que esta agua no tiene muchas sales que puedan amortiguar la acidez de algunos compuestos que pueda adicionarse a esta para hacerla potable

Usando tratamiento prueba de jarras, para el cual se han realizado varios ensayos variando la concentración del almidón, las velocidades y tiempos, hasta obtener la dosis óptima, como se muestra a continuación:

**Tabla 3.** Primer ensayo con almidón de yuca al 1%.

Almidón al 1%							
Ensayo I	Unidades	Jarra 1	Jarra 2	Jarra 3	Jarra 4	Jarra 5	Jarra 6
Color	UPC	105	90	85	90	80	80
Turbidez	UNT	15,81	13,24	13	12,66	13,19	12,57

Utilizando como coagulante al almidón de yuca al 1%, en la velocidad de 300 rpm en la mezcla rápida, se ha podido remover el color de 125 UPC a 80 UPC que es el valor más bajo en la prueba, en cuanto a la turbidez se ha obtenido el valor más bajo de 12,57 en la jarra n° 6, donde se agregó 6 mL de la solución de almidón.

**Tabla 4.** Segundo ensayo con almidón de yuca al 2%.

Almidón al 2%							
Ensayo 01	Unidades	Jarra 1	Jarra 2	Jarra 3	Jarra 4	Jarra 5	Jarra 6
Color	UPC	70	85	90	75	120	105
Turbidez	UNT	14,34	14,99	13,78	11,34	28,88	18,82

En el segundo ensayo utilizando almidón de yuca a una concentración de 2%, a 300 r.p.m., se ha obtenido un valor más bajo en cuanto al color de 70 UPC en la primera jarra donde solo se adicionó 1 ml.; el valor más bajo para la turbidez en este ensayo fue de 11,34 UNT. Los valores obtenidos en este ensayo fueron los más bajos, pero también en algunas jarras se variaron grandemente.

**Tabla 5.** Tercer ensayo con almidón de yuca al 3%.

Almidón al 3%							
Ensayo 01	Unidades	Jarra 1	Jarra 2	Jarra 3	Jarra 4	Jarra 5	Jarra 6
Color	UPC	95	105	100	70	90	80
Turbidez	UNT	14,67	17,38	16,06	10,37	14,4	11,15

Para el tercer ensayo realizado se utilizó almidón de yuca al 3% de concentración y a una velocidad de 300 r.p.m. en donde se registraron los valores más bajos para el color: 70 UPC y para la turbidez de 10,37 UNT, y el pH mantiene su valor, sin bajar demasiado. Siendo los resultados también muy variables en todas las jarras, pues, así como hay resultados bajos también encontramos los valores donde no se ha removido mucho el color y turbidez.

**Tabla 6.** Cuarto ensayo con almidón de yuca al 4%.

Almidón al 4%							
Ensayo 01	Unidades	Jarra 1	Jarra 2	Jarra 3	Jarra 4	Jarra 5	Jarra 6
Color	UPC	95	90	95	95	90	80
Turbidez	UNT	15,77	13,39	16,85	15,57	11,82	13,16

En el cuarto ensayo realizado a la misma velocidad de 300 r.p.m. se ha utilizado como coagulante al almidón de yuca cuya concentración es a 4%, obteniendo los siguientes resultados en cuanto a la remoción de color y turbidez, se llegaron a los siguientes valores más bajos: 80 UPC y 11,52 UNT respectivamente, manteniendo los demás valores poco variables en las demás jarras.

**Tabla 7.** Quinto ensayo con almidón de yuca al 5%.

Almidón al 5%							
Ensayo 01	Unidades	Jarra 1	Jarra 2	Jarra 3	Jarra 4	Jarra 5	Jarra 6
Color	UPC	85	86	95	95	85	90
Turbidez	UNT	16,7	13,32	13,23	13,15	12,14	11,4

Para el quinto ensayo que se realizó a 300 r.p.m. se utilizó el almidón de yuca a una concentración de 5% en cuyo ensayo se ha llegado a obtener los siguientes valores más bajos de turbidez y color: 11,4 NTU y 85 UPC.

**Tabla 8.** Sexto ensayo con almidón de yuca al 6%.

Almidón al 5%							
Ensayo 01	Unidades	Jarra 1	Jarra 2	Jarra 3	Jarra 4	Jarra 5	Jarra 6
Color	UPC	85	86	95	95	85	90
Turbidez	UNT	15,6	14,2	13,18	12,48	13,2	12,7

En el sexto ensayo donde se utilizó como coagulante al almidón de yuca en 6% de concentración y a una velocidad de 300 rpm, se llegó a obtener los siguientes valores para la turbidez y color: 12,48 UNT y 85 UPC respectivamente, aquí también el único parámetro más estable y poco afectado es el pH indicándonos su poca acidez.

**Tabla 9.** Promedio total de los ensayos realizados a diferentes concentraciones de almidón de yuca.

Parámetros	Unidad	almidón al 1%	almidón al 1%	almidón al 1%	almidón al 1%	almidón al 1%	almidón al 1%
Color	UPC	88,33	90,83	90,00	90,83	89,33	89,33
Turbidez	UNT	13,41	17,03	14,01	14,43	13,32	13,56

En todos los ensayos que se realizaron a 300 rpm se ha variado la concentración del almidón que se prepara en solución, así pues, se ha resumido todos los valores promedios para cada ensayo, encontrando con el ensayo más efectivo al primero, que se realizó con almidón al 1%, donde podemos observar que tenemos en color un valor de 88,33 UPC y en cuanto a turbidez un valor promedio de 13,41 UNT, es así que determinamos óptimo en concentración al primer ensayo con almidón al 1%.

Variando las velocidades y tiempos de los mejores resultados obtenidos de la concentración, en la solución de almidón de yuca.

**Tabla 10.** Ensayo 3 con variación de velocidad al valor óptimo de concentración.

Almidón al 1%, 150 rpm							
Ensayo I	Unidad	Almidón al 1%	Almidón al 1%	Almidón al 1%	Almidón al 1%	Almidón al 1%	Almidón al 1%
Color	UPC	88,33	90,83	90,00	90,83	89,33	89,33
Turbidez	UNT	13,41	17,03	14,01	14,43	13,32	13,56

Este ensayo se realizó a una velocidad de 150 rpm cuyo coagulante utilizado fue almidón al 1%, se ha obtenido los valores más bajos en cuanto a turbidez y color: 10,59 NTU y 75 UPC respectivamente, es en este ensayo en el que se ha reducido a la mitad el valor inicial de la turbidez.

#### 4. Conclusiones

El clarificante natural utilizado en la investigación, hecho a base de almidón de yuca, ha removido en 48% del color inicial al ser aplicada al agua de la quebrada Juninguillo y en un 50% la turbidez del agua en las pruebas óptimas, realizada en la prueba de jarras.

Como clarificante natural, sin ninguna adición de químicos este demuestra no afectar en turbidez y color al agua de la quebrada a ninguna concentración, ni mucho menos en la variación de las velocidades. La concentración óptima encontrada en el conjunto de ensayos realizados en la prueba de jarras, fue de 1%, es decir 1 mg de almidón /L de agua destilada (relación: peso/volumen) de solución de almidón de yuca.

Se ha encontrado que la velocidad influye de diferente forma tanto para la turbidez y el color, pues pueden ser dos parámetros a los cuales confundimos en significado, pero que son y actúan de diferente forma en el agua. La velocidad óptima encontrada, con la utilización del clarificante natural a base de almidón de yuca, para la turbidez es de 150 rpm y para el color fue de 200 rpm, en la concentración del 1% de almidón de yuca, en el cual se ha obtenido los mejores resultados en este parámetro; pero no llegó a cumplir con los Límites Máximos Permisibles, en ninguno de los mencionados.

El gran problema encontrado en las pruebas realizadas a varias velocidades, fue que sedimentación es mucho más lenta cuando estas se realizan con almidón pues los flocs formados tienen poca densidad y por lo tanto tardan en sedimentar. Los valores alcanzados con la utilización del clarificante natural como coagulante ha obtenido valores en turbidez y color, no se encuentran dentro de lo que establece el LMPs, puesto que tiene de 8 a 15 unidades aún mayores a las estipuladas para color 15 UPC y para turbidez 5 UNT.

En comparación con la utilización del agente químico más usado en las plantas de tratamiento (sulfato de aluminio), este ha demostrado como coagulante ser efectivo por su poder de remoción de un 85% del color y 90% turbidez, llegando este a alcanzar con los límites reglamentados por la ley peruana. Los valores esperados como clarificante natural no fueron los esperados para hacerla apta al consumo humano, pero sí como tratamiento optativo de aguas contaminadas.

#### Referencias bibliográficas

Carrizalez, R. y Enríquez, N. (2019). *Determinación de la dosis y concentración óptima del*

coagulante de “*Moringa Oleifera*” en la clarificación del agua de la Quebrada taczanapampa de la ciudad de huancavelica. [UNH]. <https://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/2628>

Cruz, E. (2020). *Evaluación de la semilla Tamarindus indica “tamarindo”, como coagulante natural, en el tratamiento fisicoquímico, en las aguas residuales domésticas, en el distrito de Soritor, 2019* [universidad nacional de San Martín]. <https://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/3951>

Díaz, J. (2019). *Aplicación de la enzima papaina obtenida a partir de las semillas "carica papaya" como coagulante natural para la remoción de turbidez en la ptar- v.e.s.* [universidad nacional tecnológica de lima sur]. <http://repositorio.untels.edu.pe/jspui/handle/123456789/174>

Jaramillo, J., & Ramírez, H. (2015). *Agentes Naturales como Alternativa para el Tratamiento del Agua.*

Lozano, L. (2018). “*Efecto en la disminución de la turbidez en el agua por floculantes de Opuntia ficus-indica (Tuna) con diferentes procesos de extracción en el río Chonta de Cajamarca, 2018* [UPAGU]. <http://repositorio.upagu.edu.pe/handle/UPAGU/721>

Moscoso, L. (2015). *Uso de almidón de yuca como sustituto del sulfato de Aluminio en el proceso de coagulación-floculación en Sistemas de tratamiento de agua para potabilización.* Universidad de San Carlos de Guatemala. [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_0462\\_MT.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0462_MT.pdf)

## Financiamiento

Ninguno

## Conflicto de intereses

El artículo no presenta conflicto de intereses.

## Contribución de autores

Azabache-Liza, Yrwin: Dirigió la investigación y realizó la etapa experimental.

Maldonado-Ushiñahua, Arnold: Realizó la etapa experimental.

Azabache-Aliaga, Raquel: Sistematizó la información.

Dávila-Cardozo, Juan: Sistematizó la información.