



**UNIVERSIDAD NACIONAL  
DE SAN MARTÍN**

# **Revista Amazónica de Ciencias Ambientales y Ecológicas**

---

Volumen 1, Número 2, Año 2022.

---

**La Fecol,**  
su consolidación y su impulso  
al desarrollo y conservación del Alto Mayo,  
San Martín, Perú.



# REACAE

Volumen 1 • Número 2 • Julio - Diciembre 2022



Fondo Editorial  
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 2, Año 2022

DOI: 10.51252/reacae

e-ISSN: 2810-8817

**Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2022-XXXX**

Tarapoto, San Martín, Perú, Julio 2022

---

Volumen 1 • Número 2 • Julio - Diciembre 2022

Tarapoto, Perú

DOI: 10.51252/reacae

e-ISSN: 2810-8817

**REACAE.** Revista Amazónica de Ciencias Ambientales y Ecológicas es una revista de divulgación científica de acceso abierto editada por el Fondo Editorial de la Universidad Nacional de San Martín, en colaboración con la Facultad de Ecología. Tiene como misión divulgar el conocimiento producido por la comunidad académico-científica en las áreas de Ciencias del medio ambiente, Investigación climática, Ecología, Hidrología y Recursos del Agua. La revista tiene como objetivo publicar artículos originales e inéditos de gran relevancia para la sociedad, de forma semestral en español.

### **Editor Jefe**

Dr. Miguel Angel Valles Coral, Universidad Nacional de San Martín, Perú

### **Director Asociado**

Dr. Yrwin Francisco Azabache Liza, Universidad Nacional de San Martín, Perú

### **Comité editorial**

Dr. Ronald Fernando Rodriguez Espinoza, Universidad Autónoma del Perú, Perú

Ing. Mg. Adolfo Enrique Guerrero Escobedo, Universidad Nacional de Trujillo, Perú

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

### **Comité científico**

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

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

Dr. Adolfo Alfredo Arana Sánchez, Universidad Autónoma Del Perú, Perú

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

Dra. Olga Giovanna Valderrama Ríos, Universidad Nacional del Callao, Perú

### **Gestor de la revista**

Ing. Juan Carlos Velasco Mieses, Universidad Nacional de San Martín, Perú

### **Secretario editorial**

Ing. Lloy Pool Pinedo Tuanama, Universidad Nacional de San Martín, Perú

Bach. Jorge Navarro Cabrera, Universidad Nacional de San Martín, Perú

### **Diagramadora**

Est. Kasidy Argandoña Del Aguila, Universidad Nacional de San Martín, Perú

### **Correctora de estilo**

Bach. Itzel Garagay Mozombite, Universidad Nacional de San Martín, Perú

### **Soporte Tecnológico Informático**

Est. Deyver Montenegro Fernandez, Universidad Nacional de San Martín, Perú

### **Diseño gráfico editorial**

Lic. Manuel Angel Rojas Torres, Universidad Nacional de San Martín, Perú

## Índice de contenido

### Editorial

---

- La Fecol, su consolidación y su impulso al desarrollo y conservación del Alto Mayo, San Martín, Perú** ..... e409  
*The Fecol, its consolidation and its promotion of the development and conservation of Alto Mayo, San Martín, Peru*  
Valles-Coral, M. A.

### Artículos originales

---

- Bacillus subtilis* como promotor de crecimiento en el cultivo de café (*Coffea arabica*)..** e345  
*Bacillus subtilis as a growth promoter in the cultivation of coffee (Coffea arabica)*  
Delgado-Torres, N. A., Chumacero-Acosta, J. S., Rodriguez-Perez, L. E., Tuesta-Casique, A. & Alvarez-Arista, Y.
- Nivel de contaminación del aire urbano por partículas suspendidas respirables (PM-10 y PM-2,5)** ..... e373  
*Urban air pollution level by respirable suspended particles (PM-10 and PM-2.5)*  
Rojas-Bardález, A. & Guerra-Saldaña, M.
- Monóxido de carbono en espacios interiores y su relación con el consumo de leña** ..... e379  
*Carbon monoxide in interior spaces and its relationship with the consumption of firewood*  
Sánchez-Imaña, M., Rojas-Bardález, A., López-Rojas, J.J., Guerra-Saldaña, M. & Velasquez-Garcia, D.
- Almacenamiento de biomasa y carbono en huertas urbanas de Yantaló, Perú** ..... e352  
*Biomass and carbon storage in urban gardens in Yantaló, Peru*  
Ordoñez-Ruiz, K. M. & Ordoñez-Sánchez, L. M.

### Nota científica

---

- Primer reporte de *Anisakis* sp. (Dujardin, 1845) en pez de la isla caribeña de Coche, Venezuela**..... e383  
*First report of Anisakis sp. (Dujardin, 1845) in fish from the Caribbean Island of Coche, Venezuela*  
Traviezo-Valles, L. E.



# La Fecol, su consolidación y su impulso al desarrollo y conservación del Alto Mayo, San Martín, Perú

The Fecol, its consolidation and its promotion of the development and conservation of Alto Mayo, San Martín, Peru

Valles-Coral, Miguel Angel<sup>1\*</sup>

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

**Recibido:** 10 Jul 2022 | **Aceptado:** 15 Jul. 2022 | **Publicado:** 20 Jul. 2022

**Autor de correspondencia\*:** [mavalles@unsm.edu.pe](mailto:mavalles@unsm.edu.pe)

**Como citar este artículo:** Valles-Coral, M. A. (2022). La Fecol, su consolidación y su impulso al desarrollo y conservación del Alto Mayo, San Martín, Perú. *Revista Amazónica de Ciencias Ambientales y Ecológicas*, 1(2), e409.

<https://doi.org/10.51252/reacae.v1i2.409>

## EDITORIAL

El Alto Mayo, ubicada en la Región San Martín - Perú, zona priorizada por la naturaleza con un encanto maravilloso; viene logrando un nivel de desarrollo humano, económico y social que se ve reflejado en su dinamismo, la ampliación de su infraestructura y servicios básicos de saneamiento, salud y educación. Todo ello tomando en cuenta la obligación de proteger y conservar especies de fauna silvestre, numerosas especies de orquídeas y otros tipos de árboles ubicados en su bosque de protección y alrededores (Minagri, 1987).

En ese sentido, la Facultad de Ecología de la Universidad Nacional de San Martín ubicada en Moyobamba, gracias a las gestiones realizadas para lograr el cumplimiento de las condiciones básicas de calidad, exigidas por la Ley Universitaria y en estrecha relación con el gobierno central, en la actualidad cuenta con la infraestructura, equipamiento y personal docente básicos necesarios para formar profesionales en ingeniería sanitaria e ingeniería ambiental.

Ahora, la Universidad Nacional de San Martín necesita consolidar un proceso avalado en mayo de 2019 cuando se le otorgó su licencia (UNSM, 2019), hablamos de la “Renovación del Licenciamiento”, que implica desplegar enormes esfuerzos conjuntos con los diferentes niveles de gobierno relegando la ojeriza política, a fin de ampliar y mejorar su infraestructura para brindar mejores condiciones a los estudiantes, docentes y administrativos que forman parte de su comunidad.

Así mismo, estas gestiones buscan mejorar el equipamiento de sus laboratorios, para que los estudiantes puedan realizar sus prácticas, aplicando los conocimientos teóricos impartidos en las aulas y que les permitan simular las condiciones en las que se desenvolverán al ejercer la profesión, logrando sin dudas incrementar el desarrollo de la zona.

Por su lado, los docentes, a través de esfuerzos colectivos e individuales demuestran competencias para el dictado de sus cátedras, con la publicación de artículos científicos resultados de investigaciones que resuelven problemas identificados, en revistas indexadas de alto impacto.

Y en este compromiso el Vicerrectorado de Investigación pone a disposición sus recursos, en un acto de



desprendimiento científico y académico, para la publicación del Volumen 1, Número 2 de la Revista Amazónica de Ciencias Ambientales y Ecológicas que titulamos “La Fecol, su consolidación y su impulso al desarrollo y conservación del Alto Mayo, San Martín, Perú” y que estamos seguros será un aporte importante al incremento del conocimiento.

### CONFLICTO DE INTERESES

No existe ningún tipo de conflicto de interés relacionado con la materia del trabajo.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Minagri. (1987). *Resolución Suprema No 0293-87-AG/DGFF. Declaran Bosque de Protección superficie con la Denominación de “Alto Mayo.”* <https://legislacionanp.org.pe/wp-content/uploads/1987/07/Resolucion-Suprema-No-0293-87-AG-DGFF.pdf>

UNSM. (2019). *Sunedu otorga la licencia institucional a la Universidad Nacional de San Martín.* <https://unsm.edu.pe/sunedu-otorga-la-licencia-institucional-a-la-universidad-nacional-de-san-martin/>



# *Bacillus subtilis* como promotor de crecimiento en el cultivo de café (*Coffea arabica*)

*Bacillus subtilis* as a growth promoter in the cultivation of coffee (*Coffea arabica*)

Delgado-Torres, Noe Antonio<sup>1</sup>

Chumacero-Acosta, Julio Santiago<sup>1\*</sup>

Rodriguez-Perez, Luis Eduardo<sup>1</sup>

Tuesta-Casique, Angel<sup>1</sup>

Alvarez-Arista, Yuleisdy<sup>1</sup>

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

**Recibido:** 14 Mar. 2022 | **Aceptado:** 22 Jun. 2022 | **Publicado:** 20 Jul. 2022

**Autor de correspondencia\*:** [jschumacero@unsm.edu.pe](mailto:jschumacero@unsm.edu.pe)

**Cómo citar este artículo:** Delgado-Torres, N. A., Chumacero-Acosta, J. S., Rodriguez-Perez, L. E., Tuesta-Casique, A. & Alvarez-Arista, Y. (2022). *Bacillus subtilis* como promotor de crecimiento en el cultivo de café (*Coffea arabica*). *Revista Amazónica de Ciencias Ambientales y Ecológicas*, 1(2), e345. <https://doi.org/10.51252/reacae.v1i2.345>

## RESUMEN

El estudio buscó analizar la aplicación de *Bacillus subtilis* como promotor de crecimiento del café (*Coffea arabica*) en el distrito de Soritor, provincia Moyobamba, región San Martín. Se implementó un diseño de dos parcelas, T0 fue la parcela testigo y en T1 se aplicó 0,18 g de *Bacillus subtilis*; se realizaron mediciones del tallo y conteo de hojas, así como el análisis foliar y de suelo en las parcelas antes y tres meses después de aplicación del tratamiento. Se usó la Prueba U de Mann Whitney para determinar si existía diferencia significativa entre T0 y T1. La altura y el número de hojas se incrementó un 19,76% y 24,27% comparado con T0; obteniendo una diferencia entre los promedios de altura de planta de T0 y T1 de 3,7 cm y número de hojas de 2,5 cm. Las plantas de café con la aplicación de *Bacillus subtilis* como promotor de crecimiento registraron un mayor número de hojas y altura comparado con el T0. El nitrógeno en la parcela T1 disminuyó de 0,24% a 0,21% en el suelo, contrastando un aumento de 3,52% a 3,78% en el análisis foliar por la acción solubilizadora de *Bacillus subtilis*.

**Palabras clave:** análisis foliar; conteo de hojas; parcelas; tratamientos

## ABSTRACT

The study sought to analyze the application of *Bacillus subtilis* as a growth promoter for coffee (*Coffea arabica*) in the Soritor district, Moyobamba province, San Martín region. A design of two plots was implemented, T0 was the control plot and in T1 0.18 g of *Bacillus subtilis* was applied; measurements of the stem and leaf count were made, as well as the foliar and soil analysis in the plots before and three months after the application of the treatment. The Mann Whitney U Test was used to determine if there was a significant difference between T0 and T1. The height and the number of leaves increased by 19.76% and 24.27% compared to T0; obtaining a difference between the averages of plant height of T0 and T1 of 3.7 cm and number of leaves of 2.5 cm. The coffee plants with the application of *Bacillus subtilis* as a growth promoter registered a greater number of leaves and height compared to T0. Nitrogen in plot T1 decreased from 0.24% to 0.21% in the soil, contrasting with an increase from 3.52% to 3.78% in the foliar analysis due to the solubilizing action of *Bacillus subtilis*.

**Keywords:** foliar analysis; sheet count; plots; treatments





## 1. INTRODUCCIÓN

El café peruano es una de las materias primas comercializadas a nivel mundial, con un lugar importante de comercialización después del petróleo (SCAN, 2017). El mismo que fue distribuido en más de 40 países entre enero y julio de 2021. EE. UU. lideró la lista con un 25.9% del total exportado, Alemania, Colombia, Canadá y Bélgica el 67.8% del mercado total de exportaciones (Comexperú, 2021).

Perú produce café exclusivamente de la especie arábica, siendo la recolección de cerezas totalmente manual y luego secadas al sol, convirtiéndose en un proceso de post cosecha artesanal (SCAN, 2017). Esta producción se expande en 350 000 hectáreas, representando a 210 distritos rurales ubicados en 10 departamentos de la vertiente oriental de los andes, siendo las regiones de Amazonas, San Martín y Chanchamayo las tres principales (Junta Nacional del Café, 2020).

El desempeño de la exportación de café peruano registra una desaceleración que data de hace una década, por el agotamiento de las plantaciones, las alteraciones climatológicas y la presencia de la roya amarilla (Comexperú, 2021). En ese sentido, uno de los principales objetivos de las entidades cafetaleras peruanas es asegurar la producción en aras de la sostenibilidad y la diferenciación (Junta Nacional del Café, 2020).

Uno de los factores de sostenibilidad que permiten alcanzar mayor competitividad en el mercado mundial es la reducción del uso de agroquímicos, cuyo costo depende en gran medida del precio del petróleo y cuyo efecto puede tener impactos nocivos sobre el ambiente principalmente en la comunidad microbiana (Pedraza et al., 2010). La asociación de la planta con la comunidad microbiana, se conoce como el segundo genoma de la planta, porque es elemental para la sanidad (Berendsen et al., 2012).

Dentro de las nuevas estrategias amigables con el ambiente se encuentran los productos biológicos (Bashan et al., 2014). Los principales grupos de microorganismos utilizados con este fin son los microorganismos promotores del crecimiento vegetal (Rives et al., 2007). Un grupo de diferentes especies que incrementan el crecimiento y productividad en las plantas (Chanway et al. 1889). Entre estos se encuentran bacterias, hongos y protozoos (Johansson et al., 2004). Debido a su capacidad para estimular directamente el crecimiento de las plantas, a través de diversos mecanismos, como el aporte de nitrógeno por el proceso de fijación biológica de nitrógeno atmosférico (Dobereiner et al., 1995), producción de sustancias reguladoras del crecimiento (Arshad & Frankenberger, 1997), solubilización de minerales y nutrientes (Crowley et al., 1991), incremento en el volumen de la raíz (Bowen & Rovira, 1999), inducción de resistencia sistémica a patógenos (Peer et al., 1991), inhibición del crecimiento de organismos antagónicos (Utkhede & Koch, 1999) e interacción sinérgica con otros microorganismos del suelo (Bashan et al., 1998). Estos microorganismos son capaces de asimilar formas no disponibles para la planta y transformarlas, hasta la obtención de formas asimilables para las células vegetales (Camelo et al., 2011).

Entre los géneros que destacan, están las especies del género *Bacillus* que promueven el crecimiento vegetal (Tejera-Hernández & Rojas-Badía, 2011). Resaltando *Bacillus subtilis* por la producción de metabolitos como auxinas, sideróforos, citoquinas, ácidos orgánicos y antibióticos (Anguiano-Cabello et al., 2019). Las citoquininas pueden ser producidas endógenamente por la planta, pero la adición exógena de citoquininas aumenta el proceso de crecimiento (Arkhipova et al., 2005) que tienen efectos considerables en la planta tanto a nivel fisiológico como molecular (Pii et al., 2015).

Se conoce que las cepas de *Bacillus subtilis* tienen el mismo efecto promotor de crecimiento, aun cuando pudieran producir distintas concentraciones de metabolitos para este fin. Por lo que abre las perspectivas de su utilización en la agricultura sostenible para preservar el medio ambiente (Pedraza et al., 2010).

El objetivo del presente estudio consistió en analizar la aplicación de *Bacillus subtilis* cepa BS290 como promotor de crecimiento del café (*Coffea arabica*) en el distrito de Soritor, provincia Moyobamba, región San Martín.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se desarrolló en el fundo “El Tornillar” de José Santos Delgado Días, ubicado en el distrito de Soritor, provincia Moyobamba, región San Martín.

Se implementó un diseño de dos parcelas (T0 y T1), cada una se dividió en cuatro subparcelas con 10 plántones de café. T0 fue considerada la parcela testigo en la que no se aplicó tratamiento. En T1 se aplicó 0,18 g de *Bacillus subtilis* diluida en 1,8 litros de agua, esta solución fue aplicada por la técnica de aspersión para cada plánton.

Para determinar el nivel de crecimiento del café se realizaron mediciones del tallo y conteo de hojas en las parcelas antes y tres meses después de aplicación del tratamiento. La altura de las plantas se midió desde la salida del tallo del suelo hasta la yema terminal, con ayuda de una wincha; se realizó el conteo de número de hojas en cada uno de los plántones; estos valores se anotaron en el formato de registro de datos.

Para complementar la investigación se realizaron análisis foliares (nitrógeno, fósforo, azufre, potasio, calcio, magnesio, sodio, zinc, cobre, manganeso, hierro, boro, materia seca) mediante el sorteo al azar de todas las plantas de cada parcela estudiada, recolectando un total 40 hojas. Adicionalmente se realizaron análisis de suelo (pH, conducción eléctrica, carbonatos, fósforo disponible, potasio y sodio intercambiable, materia orgánica). Ambos análisis también fueron realizados antes de la aplicación de *Bacillus subtilis* y se repitieron luego de tres meses de la aplicación.

Previo al análisis estadístico se realizaron pruebas de normalidad y homocedasticidad para valores originales y valores transformados, por lo que se determinó usar U de Mann Whitney, prueba independiente no paramétrica de comparación de medias de dos grupos.

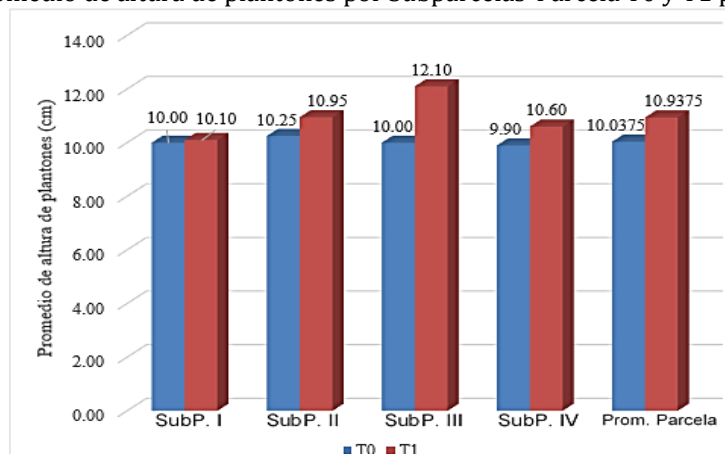
## 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 3.1. Resultados

#### Pre tratamiento altura de los plántones de café

De acuerdo a la Figura 1, en la parcela T0 de una población de 40 plántones el promedio de la altura fue 10,04 cm; la moda fue 10,00 cm; la altura mínima 8,00 cm y la máxima 13,00 cm; la desviación estándar 1,02 y varianza de 1,03. En T1 se calculó un promedio de 10,94 cm; la moda 10,00; la altura mínima 8,00 cm y la máxima 14,00 cm; la desviación estándar y varianza fue 1,52 cm y 2,29 cm respectivamente.

**Figura 1.** Promedio de altura de plántones por Subparcelas-Parcela T0 y T1 pre tratamiento

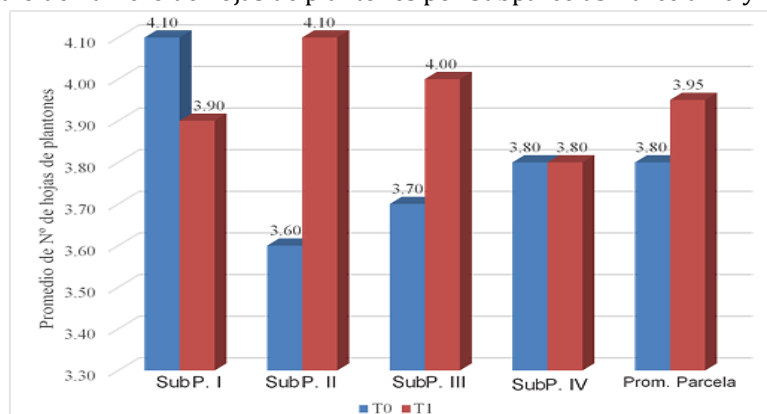


#### Pre tratamiento número de hojas de plántones de café

La Figura 2, demuestra que en T0 el promedio de hojas fue 3,80 cm; la moda 3 hojas; el menor número de hojas 2 y el máximo 5; la desviación estándar y varianza 0,94 y 0,88 respectivamente. En T1 el promedio

de hojas registrado fue 3,95 hojas; la moda 4 hojas; el número de hojas mínimo 2 y el máximo 6, la desviación estándar y varianza 1,01 y 1,02 respectivamente

**Figura 2.** Promedio de numero de hojas de plantones por Subparcelas-Parcela T0 y T1 pre tratamiento



### Pre tratamiento caracterización foliar

Los valores establecidos para bajo, suficiente y alto por cada parámetro fueron los determinados por Gloria y Molina (2002) (Tabla 1).

**Tabla 1.** Promedio de altura de plantones por Subparcelas-Parcela T0 y T1 pre tratamiento

Parámetros	T0	T1	Concentración foliar adecuada		
			Bajo	Suficiente	Alto
N (%)	4,31	3,52	< 2,3	2,3-2,8	> 2,8
P (%)	0,14	0,13	< 0,12	0,12-0,20	> 0,20
S – SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (%)	0,20	0,16	< 0,2	0,2-0,3	> 0,3
K (%)	2,29	2,37	< 1,7	1,7-2,7	> 2,7
Ca (%)	0,81	0,89	< 1,1	1,1-1,7	> 1,7
Mg (%)	0,25	0,25	< 0,2	0,2-0,35	> 0,35
Na (%)	< 0,1	< 0,1	-	-	-
Zn (ppm)	4,55	6,45	< 15	15-30	> 30
Cu (ppm)	12,12	12,90	< 6	6-12	> 12
Mn (ppm)	724,24	690,32	< 50	50-150	> 150
Fe (ppm)	557,58	412,90	< 75	75-275	> 275
B (ppm)	11,82	14,52	< 60	60-100	> 100
Materia seca (%)	56,13	56,23	-	-	-

### Pre tratamiento caracterización de suelo

Según la Tabla 2, el pH registrado en ambas parcelas es clasificado como fuertemente ácido; el valor de la conductividad eléctrica corresponde a suelos no salinos; el carbonato de calcio < 0,3% inferior a lo normal; materia orgánica alta (> 4%); el % de nitrógeno superior a lo referencial (0,1%-0,2%); fósforo disponible alto (> 14,0 ppm) y potasio disponible bajo (< 100 ppm) en ambas parcelas de tratamiento.

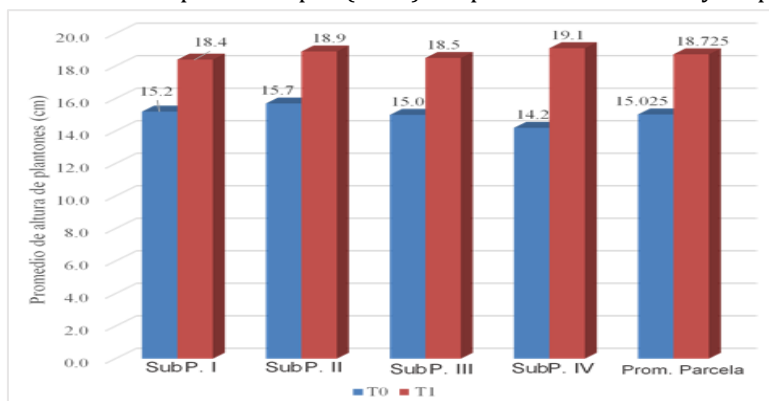
**Tabla 2.** Caracterización foliar pre tratamiento

Parámetros	T0	T1
pH <sup>1</sup>	3,34	3,34
C.E <sup>1</sup> dS/m	0,13	0,13
CaCO <sub>3</sub> <sup>2</sup> (%)	< 0,3	< 0,3
M.O <sup>1</sup> (%)	5,37	5,37
N <sup>2</sup> (%)	0,24	0,24
P <sup>1</sup> (ppm)	28,20	28,60
K <sup>1</sup> (ppm)	66	52

### Post aplicación altura de plántones de café

Según la Figura 3, para T0 el promedio de altura fue 15,03 cm; la moda 16,00 cm; la altura mínima 12,00 cm y la máxima 17,00 cm; la desviación estándar y varianza 1,21 cm y 1,46 cm respectivamente. En T1 el promedio de altura 18,73 cm; la moda 19,00 cm; la altura mínima 16,00 cm y la máxima 23,00 cm; la desviación estándar y varianza 1,55 cm y 2,41 cm respectivamente.

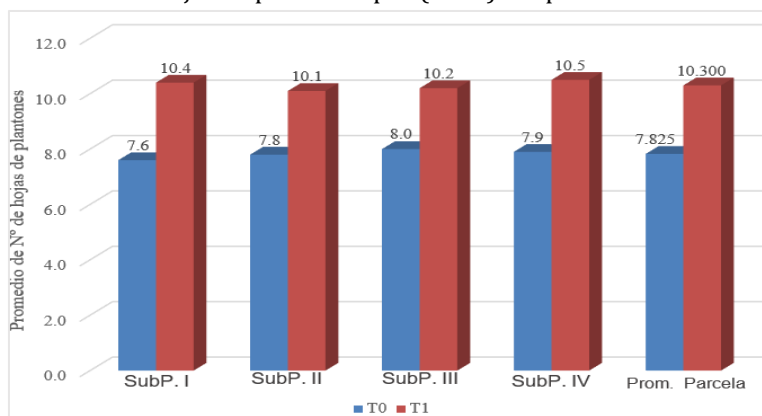
**Figura 3.** Promedio altura de plántones por (SubP) Subparcelas-Parcela T0 y T1 post tratamiento



### Post aplicación número de hojas de plántones de café

De acuerdo a la Figura 4, en T0 el promedio de hojas fue de 7,83; la moda 9 hojas; el número de hojas mínimo 6 y el máximo 10, la desviación estándar y varianza 1,17 y 1,38 respectivamente. Para T1 el promedio de hojas fue de 10,3; la moda 9 hojas; el número de hojas mínimo 9 y el máximo de 12, la desviación estándar y varianza 1,09 y 1,19 respectivamente.

**Figura 4.** Promedio de número de hojas de plántones por (SubP) Subparcelas-Parcela T0 y T1 post tratamiento



### Post tratamiento caracterización foliar

Los valores establecidos para bajo, suficiente y alto por cada parámetro fueron los determinados por Gloria y Molina (2002) (Tabla 3).

**Tabla 3.** Caracterización foliar post tratamiento

Parámetros	T0	T1	Concentración foliar adecuada		
			Bajo	Suficiente	Alto
N (%)	3,23	3,78	< 2,3	2,3-2,8	> 2,8
P (%)	0,12	0,11	< 0,12	0,12-0,20	> 0,20
S – SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> (%)	0,16	0,14	< 0,2	0,2-0,3	> 0,3
K (%)	1,75	1,92	< 1,7	1,7-2,7	> 2,7
Ca (%)	0,73	0,71	< 1,1	1,1-1,7	> 1,7
Mg (%)	0,25	0,20	< 0,2	0,2-0,35	> 0,35
Na (%)	0,00	0,00	-	-	-

<b>Zn (ppm)</b>	13,89	17,95	< 15	15-30	> 30
<b>Cu (ppm)</b>	25,00	20,51	< 6	6-12	> 12
<b>Mn (ppm)</b>	690,28	680,77	< 50	50-150	> 150
<b>Fe (ppm)</b>	180,56	196,15	< 75	75-275	> 275
<b>B (ppm)</b>	16,10	18,23	< 60	60-100	> 100
<b>Materia seca (%)</b>	35,40	20,66	-	-	-

### Caracterización del suelo

Según la Tabla 4, el pH para T0 y T1 se clasifica como fuertemente ácido, los valores obtenidos para conductividad eléctrica corresponden a suelos no salinos; el carbonato de calcio < 0,3% inferior a lo normal; materia orgánica alta (> 4%); % de nitrógeno superior a lo referencial; potasio disponible bajo (< 100 ppm) en ambas parcelas de tratamiento y fósforo disponible alto en T0 y medio en T1.

**Tabla 4.** Caracterización foliar post tratamiento

Parámetros	T0	T1
<b>pH<sup>1</sup></b>	4,69	4,95
<b>C.E<sup>1</sup> dS/m</b>	0,12	0,1
<b>CaCO<sub>3</sub><sup>2</sup> (%)</b>	< 0,3	< 0,3
<b>M.O<sup>1</sup> (%)</b>	4,72	4,69
<b>N<sup>2</sup> (%)</b>	0,21	0,21
<b>P<sup>1</sup> (ppm)</b>	17,00	14,00
<b>K<sup>1</sup> (ppm)</b>	65	64

### Prueba de U de Mann Whitney

Se procesaron los datos de altura de la planta y número de hojas de T0 y T1, determinando lo siguiente: La significancia asintótica (bilateral) tanto para altura y número de hojas fue igual a  $p=0,000$ , cuando  $p>0,05$  se acepta  $H_0$  y cuando  $p<0,05$  se acepta  $H_1$ ; de lo que se aceptó  $H_1$ : Si existe diferencias significativas en la altura y número de hojas de las plantas entre los tratamientos.

### 3.2. Discusión

Higueta et al. (2019) desarrollaron un bioinsumo agrícola en base a un consorcio de *Bacillus Subtilis* y *Pseudomonas Sp.* aislados a nivel de invernadero de plantas de banano, en donde solubilizaron fosfatos y fijaron nitrógeno, mecanismos por los cuales los microorganismos mejoran el crecimiento vegetal y/o sanidad de las plantas. En otro estudio realizado por Ávila Martínez et al. (2015), *Pseudomonas fluorescens* y *Bacillus Subtilis* activaron el fósforo insoluble en el suelo, y lo convirtieron en formas disponibles para las plantas, la acción solubilizadora de los microorganismos permite una mejora en la disponibilidad, y por tanto en la absorción y transporte de N y otros nutrientes en la hoja. Concordando con los resultados en el presente estudio, pues el % nitrógeno del suelo en la parcela T1 disminuyó de 0,24 a 0,21; y se detectó el aumento del % de nitrógeno en las hojas de 3,52 a 3,78; el fósforo en el suelo registró una disminución de 28,60 a 14,00 ppm. Estos datos son evidencia de la acción de los microorganismos utilizados por su función de promoción de crecimiento basada en la producción de fitohormonas y en la solubilización de nutrientes (Santos et al., 2020).

Gutierrez (2020) en su estudio aplicó tratamientos de *Bacillus subtilis*, *Trichoderma spp.*, *Paecilomyces lilacinus* + *Arthrotrays spp.* y *Beauveria bassiana*, en café Catimor; para *Bacillus subtilis* a los 75 días después del tratamiento las diferencias fueron significativas en comparación con el testigo, la altura de plantas de café variedad Catimor el incremento en la altura de plantas que alcanzó hasta en un 19,3% comparado con el tratamiento testigo. A partir del día 60 después del tratamiento las diferencias resultaron estadísticamente significativas para el número de hojas.

En el presente estudio 30 días después de la aplicación del tratamiento la altura para T0 fue de 15,03 cm y para T1 18,73 cm, incrementándose 19,76% comparado con T0; el número de hojas promedio post

tratamiento para T0 7,8 y T1 10,3; existiendo diferencias significativas para la altura y el número de hojas por planta entre los tratamientos T0 y T1. Ya que, a mayor número de par de hojas, se espera una mayor área foliar y esta se relaciona directa o indirectamente con los procesos de crecimiento vegetativo, la tasa de desarrollo, la eficiencia fotosintética, la evapotranspiración, el uso de nutrientes y agua (Blanco & Folegatti, 2005).

En el cultivo del café, el futuro proceso de producción de la planta, descansa en el área foliar y está relacionado con el número de par de hojas que guarda una relación muy estrecha con la asimilación del carbono durante su ciclo de vida. De manera que el área foliar, así como el número de par de hojas, son considerados un indicador de productividad (Favarin et al., 2002) coincidiendo así, con los resultados del presente estudio.

#### 4. CONCLUSIONES

Las plantas de café con la aplicación de *Bacillus subtilis* como promotor de crecimiento evaluadas en el distrito de Soritor registraron un mayor número de hojas y altura comparado con el tratamiento testigo, siendo 19,76% y 24,27% mayor; la diferencia entre los promedios de altura de planta de T0 y T1 fue de 3,7 cm y número de hojas de 2,5 cm, diferencias que fueron significativas.

El nitrógeno en la parcela T1 disminuyó de 0,24% a 0,21% en el suelo, contrastando con un aumento de 3,52% a 3,78% en el análisis foliar por la acción solubilizadora de *Bacillus subtilis* que permite una mejora en la disponibilidad, absorción y transporte de N en la hoja. La fijación de nitrógeno es un mecanismo por el cual los microorganismos mejoran el crecimiento vegetal y/o sanidad de las plantas.

#### FINANCIAMIENTO

La Universidad Nacional de San Martín financió la ejecución del proyecto mediante el concurso de trabajos de investigación y proyectos de tesis de pregrado, resolución N° 812-2020-UNSM/CU-R.

#### CONFLICTO DE INTERESES

No existe ningún tipo de conflicto de interés relacionado con la materia del trabajo.

#### CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Conceptualización: Delgado-Torres, N. A.; Chumacero-Acosta, J. S.

Curación de datos: Delgado-Torres, N. A.; Rodríguez-Perez, L. E.; Tuesta-Casique, A.

Análisis formal: Alvarez-Arista, Y.; Chumacero-Acosta, J. S.

Investigación: Delgado-Torres, N. A.; Chumacero-Acosta, J. S.

Metodología: Delgado-Torres, N. A.; Rodríguez-Perez, L. E.

Supervisión: Chumacero-Acosta, J. S.; Tuesta-Casique, A.

Redacción - borrador original: Delgado-Torres, N. A.; Chumacero-Acosta, J. S.; Alvarez-Arista, Y.

Redacción - revisión y edición: Delgado-Torres, N. A.; Chumacero-Acosta, J. S.; Alvarez-Arista, Y.

#### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Anguiano-Cabello, J. C., Flores-Olivas, A., Olalde-Portugal, V., Arredondo-Valdés, R., & Laredo-Alcalá, E. I. (2019). Evaluación de cepas de *Bacillus subtilis* como promotoras de crecimiento vegetal. *Revista bio ciencias*, 6, e418. <http://revistabiociencias.uan.mx/index.php/BIOCIENCIAS/article/view/418>

Arkhipova, T. N., Veselov, S. U., Melentiev, A. I., Martynenko, E. V., & Kudoyarova, G. R. (2005). Ability of bacterium *Bacillus subtilis* to produce cytokinins and to influence the growth and endogenous

- hormone content of lettuce plants. *Plant and Soil*, 272(1-2), 201-209.  
<https://doi.org/10.1007/s11104-004-5047-x>
- Arshad, M., & Frankenberger, W. T. (1997). Plant Growth-Regulating Substances in the Rhizosphere: Microbial Production and Functions. *Advances in Agronomy*, 62, 45-151.  
[https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(08\)60567-2](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(08)60567-2)
- Ávila Martínez, E. G., Lizarazo Forero, L. M., & Cortéz Pérez, F. (2015). PROMOCIÓN DEL CRECIMIENTO DE *Baccharis macrantha* (ASTERACEAE) CON BACTERIAS SOLUBILIZADORAS DE FOSFATOS ASOCIADAS A SU RIZOSFERA. *Acta Biológica Colombiana*, 20(3), 121-131.  
<https://doi.org/10.15446/abc.v20n3.44742>
- Bashan, Y., De-Bashan, L. E., Prabhu, S. R., & Hernandez, J. P. (2014). Advances in plant growth-promoting bacterial inoculant technology: Formulations and practical perspectives (1998-2013). *Plant and Soil*, e378, 1-33. <https://doi.org/10.1007/S11104-013-1956-X/FIGURES/5>
- Bashan, Y., Holguin, G., & Ferrera Cerrato, R. (1998). Interactions between plants and beneficial microorganisms II. Associative rhizosphere bacteria review. *Terra (Mexico)*, 14(2), 195-210.  
<https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=MX1998A01132>
- Berendsen, R. L., Pieterse, C. M. J., & Bakker, P. A. H. M. (2012). The rhizosphere microbiome and plant health. *Trends in Plant Science*, 17(8), 478-486. <https://doi.org/10.1016/J.TPLANTS.2012.04.001>
- Blanco, F. F., & Folegatti, M. V. (2005). Estimation of leaf area for greenhouse cucumber by linear measurements under salinity and grafting. *Scientia Agricola*, 62(4), 305-309.  
<https://doi.org/10.1590/S0103-90162005000400001>
- Bowen, G. D., & Rovira, A. D. (1999). The Rhizosphere and Its Management To Improve Plant Growth. *Advances in Agronomy*, 66, 1-102. [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(08\)60425-3](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(08)60425-3)
- Camelo, M., Vera, S. P., & Bonilla, R. R. (2011). Mecanismos de acción de las rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal. *Ciencia & Tecnología Agropecuaria*, 12(2), 159-166.  
[https://doi.org/10.21930/rcta.vol12\\_num2\\_art:227](https://doi.org/10.21930/rcta.vol12_num2_art:227)
- Comexperú. (2021). *Exportación de café aún no se recupera*. Semanario 1092.  
<https://www.comexperu.org.pe/articulo/exportacion-de-cafe-aun-no-se-recupera#:~:text=Entre enero y julio de,enviado en la última década.>
- Crowley, D. E., Wang, Y. C., Reid, C. P. P., & Szaniszló, P. J. (1991). Mechanisms of iron acquisition from siderophores by microorganisms and plants. *Iron Nutrition and Interactions in Plants*, 130, 179-198.  
[https://doi.org/10.1007/978-94-011-3294-7\\_27](https://doi.org/10.1007/978-94-011-3294-7_27)
- Dobereiner, J., Urquiaga, S., & Boddey, R. M. (1995). Alternatives for nitrogen nutrition of crops in tropical agriculture. *Fertilizer research*, 42, 339-346. <https://doi.org/10.1007/BF00750526>
- Favarin, J. L., Dourado Neto, D., García García, A., Villa Nova, N. A., & Favarin, Maria da Graça Guilherme, V. (2002). Equações para a estimativa do índice de área foliar do cafeeiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 37(6), 769-773. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2002000600005>
- Gutierrez Contreras, E. (2020). *Microorganismos antagonistas para el manejo de *Meloidogyne* spp. en el cultivo de café en el distrito de San Martín de Pangoa* [Universidad Nacional del Centro del Perú]. <http://hdl.handle.net/20.500.12894/6455>
- Higuita Ramirez, A. M., & Restrepo Rivillas, A. M. (2019). *Desarrollo de un bioinsumo agrícola con base en un consorcio de *Bacillus subtilis*- *Pseudomonas* sp.* [Universidad EAFIT]. <http://hdl.handle.net/10784/15882>

- Johansson, J. F., Paul, L. R., & Finlay, R. D. (2004). Microbial interactions in the mycorrhizosphere and their significance for sustainable agriculture. *FEMS Microbiology Ecology*, *48*(1), 1-13. <https://doi.org/10.1016/J.FEMSEC.2003.11.012>
- Junta Nacional del Café. (2020). *El Café De Perú*. <https://juntadelcafe.org.pe/el-cafe-de-peru/>
- Pedraza, R., Teixeira, K.-R. S., Fernández Scavino, A., García De Salamone, I., Baca, B., Azcón, R., Baldani, V., & Bonilla, R. (2010). Microorganismos que mejoran el crecimiento de las plantas y la calidad de los suelos. Revisión. *Ciencia & Tecnología Agropecuaria*, *11*(2), 155-164. [https://doi.org/10.21930/rcta.vol11\\_num2\\_art:206](https://doi.org/10.21930/rcta.vol11_num2_art:206)
- Peer, van R. ., Niemann, G. J. ., & Shippers, B. (1991). Induced Resistance and Phytoalexin Accumulation in Biological Control of Fusarium Wilt of Carnation by Pseudomonas sp. Strain WCS417r. *Phytopathology*, *81*, 728-734. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-81-728>
- Pii, Y., Mimmo, T., Tomasi, N., Terzano, R., Cesco, S., & Crecchio, C. (2015). Microbial interactions in the rhizosphere: beneficial influences of plant growth-promoting rhizobacteria on nutrient acquisition process. A review. *Biology and Fertility of Soils*, *51*, 403-415. <https://doi.org/10.1007/S00374-015-0996-1>
- Rives, N., Acebo, Y., & Hernández, A. (2007). Reseña bibliográfica: Bacterias promotoras del crecimiento vegetal en el cultivo del arroz (*Oryza sativa* L.). perspectivas de su uso en Cuba. *Revista Cultivos Tropicales*, *28*(2), 29-38. <https://doi.org/10.1234/CT.V28I2.310>
- Santos, C. H. B., Nascimento, F. C. do, Lobo, L. L. B., Martins, A. B. G., Teixeira, G. H. de A., & Rigobelo, E. C. (2020). Effect of encapsulated plant growth promoting microorganisms on soil biochemical parameters and development of fruit tree seedlings. *Australian Journal of Crop Science*, *14*(3), 3006-3014. <https://doi.org/10.21475/ajcs.20.14.03.p2434>
- SCAN. (2017). *Estudio de mercado del café peruano* (Cámara Peruana de Café y Cacao (ed.); Primera Ed). Aleph Soluciones Gráficas. <https://camcafeperu.com.pe/admin/recursos/publicaciones/Estudio-de-mercado-del-cafe-peruano.pdf>
- Tejera-Hernández, B., & Rojas-Badía, M. M. (2011). Potencialidades del género Bacillus en la promoción del crecimiento vegetal y el control biológico de hongos fitopatógenos. *Revista CENIC. Ciencias Biológicas*, *42*(3), 131-138. <https://revista.cnic.cu/index.php/RevBiol/article/view/556>
- Utkhede, R. S., & Koch, C. A. (1999). Rhizobacterial growth and yield promotion of cucumber plants inoculated with *Pythium aphanidermatum*. *Canadian Journal of Plant Pathology*, *21*(3), 265-271. <https://doi.org/10.1080/07060669909501189>





# Nivel de contaminación del aire urbano por partículas suspendidas respirables (PM-10 y PM-2,5)

Urban air pollution level by respirable suspended particles (PM-10 and PM-2.5)

Rojas-Bardález, Alfonso<sup>1\*</sup>

Guerra-Saldaña, Miguel<sup>1</sup>

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

**Recibido:** 19 May. 2022 | **Aceptado:** 25 Jun. 2022 | **Publicado:** 20 Jul. 2022

**Autor de correspondencia\*:** arojas@unsm.edu.pe

**Cómo citar este artículo:** Rojas-Bardález, A. & Guerra-Saldaña, M. (2022). Nivel de contaminación del aire urbano por partículas suspendidas respirables (PM-10 y PM-2,5). *Revista Amazónica de Ciencias Ambientales y Ecológicas*, 1(2), e373. <https://doi.org/10.51252/reacae.v1i2.373>

## RESUMEN

Las poblaciones diariamente se encuentran expuestas a partículas suspendidas respirables que resultan ser un problema en todas las ciudades del planeta poniendo en riesgo la calidad del aire y salud del ser humano, es ante ello que se desarrolló el presente estudio en el ámbito de la cuenca del Alto Mayo, en la cual se encuentran comprendidas las localidades de Naranjos, Nueva Cajamarca, Segunda Jerusalén, Rioja y Moyobamba, lugares donde se realizaron los monitoreos. Se contempló como objetivos la determinación de la concentración de partículas suspendidas respirables menores a 10 micras (PM-10) y menor a 2.5 micras (PM-2.5). La metodología utilizada para la determinación de las concentraciones fue por método gravimétrico, del cual se obtuvo que durante el periodo de muestreo (4 meses), en todos los puntos el valor obtenido de PM-10, no supera el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) para 24 horas de 100 ug/m<sup>3</sup>; sin embargo, las localidades de Nueva Cajamarca y Moyobamba presentan los valores más altos, asimismo, en todos los puntos de muestreo el valor obtenido de PM-2.5, tampoco superan el ECA para 24 horas de 50 ug/m<sup>3</sup>, siendo las localidades de Nueva Cajamarca y Moyobamba quienes presentan los valores más altos.

**Palabras clave:** aire; calidad; material particulado PM-10; material particulado PM-2,5

## ABSTRACT

The populations are daily exposed to breathable suspended particles that turn out to be a problem in all the cities of the planet, putting at risk the quality of the air and the health of the human being, it is in response to this that the present study was developed in the area of the river basin Alto Mayo, which includes the towns of Naranjos, Nueva Cajamarca, Segunda Jerusalem, Rioja and Moyobamba, places where the monitoring was carried out. The determination of the concentration of breathable suspended particles smaller than 10 microns (PM-10) and smaller than 2.5 microns (PM-2.5) was considered as objectives. The methodology used to determine the concentrations was by gravimetric method, from which it was obtained that during the sampling period (4 months), at all points the value obtained for PM-10 does not exceed the Environmental Quality Standard (ECA) for 24 hours of 100 ug/m<sup>3</sup>; however, the towns of Nueva Cajamarca and Moyobamba have the highest values, likewise, at all sampling points the value obtained for PM-2.5 does not exceed the ECA for 24 hours of 50 u/m<sup>3</sup>, with the towns of Nueva Cajamarca and Moyobamba who present the highest values.

**Keywords:** air; quality; particulate matter PM-10; particulate matter PM-2.5



## 1. INTRODUCCIÓN

La contaminación del aire es el principal riesgo para la salud ambiental que afecta la salud humana (Samoli et al., 2005), siendo peligrosamente elevados en diferentes partes del mundo que de acuerdo a nuevos datos donde nueve de diez personas respiran aire con elevados niveles de contaminantes (Organización Mundial de la Salud, 2018). Debido a los procesos de deposición húmeda y seca los contaminantes pueden asentarse de manera fácil en el suelo, vegetación, ecosistemas, agua y materiales de construcción (Saxena & Sonwani, 2019).

El material particulado (PM) se define como un contaminante del aire microscópico extendido que consiste en partículas sólidas y líquidas (a excepción del agua pura) suspendidas en la atmósfera del aire (Jaenicke, 2001; Fang et al., 2003), pudiendo dispersarse a partir de fuentes naturales (partículas de polvo del desierto, aerosoles de sal marina, incendios forestales) o procesos de combustión, actividades industriales y calefacción comunitaria (OECD, 2001). El PM incluye iones de metales y metales pesados (potasio, sodio, calcio, magnesio, cadmio, cobre, níquel, vanadio y zinc), sulfatos, nitratos, amonio y otros compuestos químicos orgánicos e inorgánicos, como por ejemplo alérgenos y microbios compuestos, siendo las partículas primarias que se liberan directamente a la atmósfera, y en tanto, las secundarias que se forman mediante la transformación de los precursores (WHO, 2013).

Las partículas transportadas por el aire se han relacionado con un aumento de la mortalidad y la morbilidad (Adar et al., 2014), siendo capaces de penetrar a lo largo de todo el sistema respiratorio hasta los pulmones, produciendo irritaciones e incidiendo en diversos daños a los órganos respiratorios (EPA, 2022; Wark & Warner, 2012), es así que el material particulado PM<sub>2,5</sub> es un excelente indicador de los efectos de los contaminantes primarios en la salud de la población, resultando necesario la implementación de medidas para la minimización del material particulado en las grandes ciudades del mundo (Linares & Díaz, 2009).

Del mismo modo, entre los efectos del material particulado en el ambiente también se encuentran 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 (Sanchez, 2011). Por acción del viento, las partículas son transportadas a través de largas distancias, pudiendo instalarse en el suelo o el agua, cuyos efectos de sedimentación pueden que los lagos y arroyos se vuelvan ácidos, cambio en el balance nutricional de las aguas costeras y de las grandes cuencas fluviales, reducción de los nutrientes del suelo, daño en los bosques sensibles y cultivos agrícolas, efectos perjudiciales sobre la diversidad de ecosistemas y la contribución a los efectos de la lluvia ácida (EPA, 2022).

Debido a la consideración del aire como un bien común limitado, indispensable para la vida, a raíz del cual su utilización debe estar sujeta a normas que eviten el deterioro de su calidad por el uso o abuso indebido del mismo, para lograr preservar 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, se desarrolló este estudio, la misma que persiguió como objetivos determinar la concentración de partículas suspendidas respirables menores a 10 micras (PM-10) y 2,5 micras (PM-2,5) en la zona del Alto Mayo, de la región San Martín.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

Se determinaron cinco puntos de muestreo de partículas suspendidas respirables, en las localidades de Naranjos, Nueva Cajamarca, Segunda Jerusalén, Rioja y Moyobamba; donde en puntos estratégicos se evaluaron las concentraciones de partículas suspendidas respirables (PM-2,5 y PM-10), para ello se empleó un muestreador de alto volumen para las partículas de mayor diámetro, en tanto para la medición de partículas menores a 2,5 micras se usó un muestreador de bajo volumen.

Los puntos de muestreo se presentan en la siguiente tabla:

**Tabla 1.** Ubicación de puntos de muestreo

N°	Descripción
Punto 1	Localidad de Naranjos
Punto 2	Localidad de Nueva Cajamarca
Punto 3	Localidad de Segunda Jerusalén
Punto 4	Localidad de Rioja
Punto 5	Localidad de Moyobamba

El muestreo se inició en el mes de septiembre de 2015 y finalizó en noviembre del mismo año. Se establecieron los muestreos con frecuencia de colección de cada 15 días. Las muestras fueron establecidas de 24 h de muestreo continuo en filtro de fibra de cuarzo de 8x10. Para el número de blancos de campo se seleccionaron cinco filtros (100% del total de muestras).

La información generada durante el muestreo fue registrada en un formato de hoja de campo. Cabe mencionar que las concentraciones de PM<sub>10</sub> y PM<sub>2,5</sub> en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  se determinaron de acuerdo a la metodología descrita en la Norma Oficial Mexicana (NOM-035-SEMARNAT-1993), la cual considera la diferencia del peso inicial (WI) y final (wf) en microgramos ( $\mu\text{g}$ ), el volumen de aire promedio (Vp) en  $\text{m}^3$  obtenido durante el periodo de muestreo de 24 h y las condiciones de temperatura y presión del sitio de muestreo.

- a) Método de medición de partículas en suspensión menores a 10 micras, PM<sub>10</sub>:** El método utilizado fue la EPA IO 2,1 que coincide con lo descrito en el *Appendix J Reference Method for the Determination of Particulate Matter as PM<sub>10</sub> in the Atmosphere* (Federal Register, 1987). Se utilizó el muestreador de alto volumen, con cabezal fraccionador de partículas, de diámetro inferior a 10 micras, del tipo impactación selectiva y control de volumen volumétrico. El rango de flujo de medición, aceptable para esta metodología de medición es de  $1,13 \text{ m}^3/\text{min} \pm 10\%$ , para un periodo de medición de  $24 \pm 1$  hora según la EPA y de 18 horas según la DIGESA.
- b) Método de medición de partículas en suspensión menores a 2,5 micras, PM<sub>2,5</sub>:** El aire del ambiente fue introducido en la unidad de bajo volumen PM 2,5 a un flujo de  $16,7 \text{ l}/\text{min}$  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.

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 10 Using High Volume (HV) Sampler*. June 1999.

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

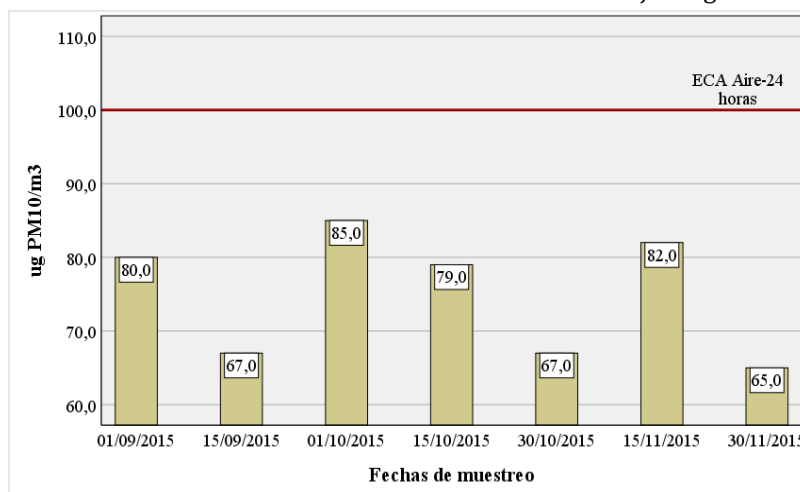
### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1. Resultados

De acuerdo a las muestras obtenidas en campo y analizadas en laboratorio durante los cuatro meses de monitoreo, se obtuvieron los siguientes resultados:

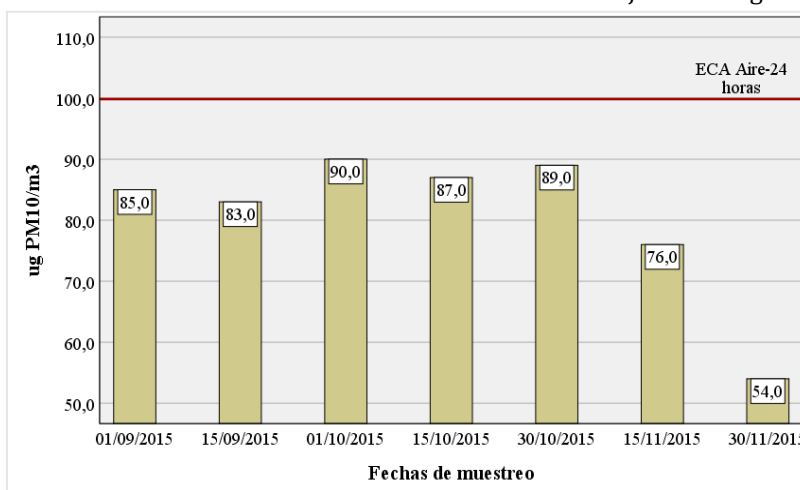
#### Resultados de PM-10 según fechas de muestreo en las diferentes localidades del Alto Mayo

**Figura 1.** Resultados de monitoreo de PM-10 en la localidad de Naranjos según fechas de muestreo



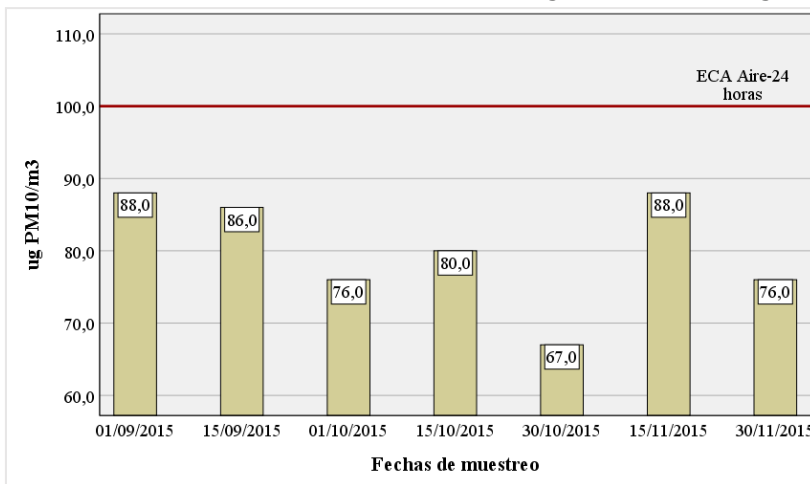
En la Figura 1, se muestra que en los cuatro meses de muestreo los valores encontrados en el punto 01 (Localidad de Naranjos) no superan el estándar de calidad ambiental establecido en  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Asimismo, se tiene que la mayor y menor concentración de PM-10 registrada fue de  $85 \mu\text{g}/\text{m}^3$  el 01/10/2015 y de  $65 \mu\text{g}/\text{m}^3$  el 30/11/2015, respectivamente.

**Figura 2.** Resultados de monitoreo de PM-10 en la localidad de Nueva Cajamarca según fechas de muestreo



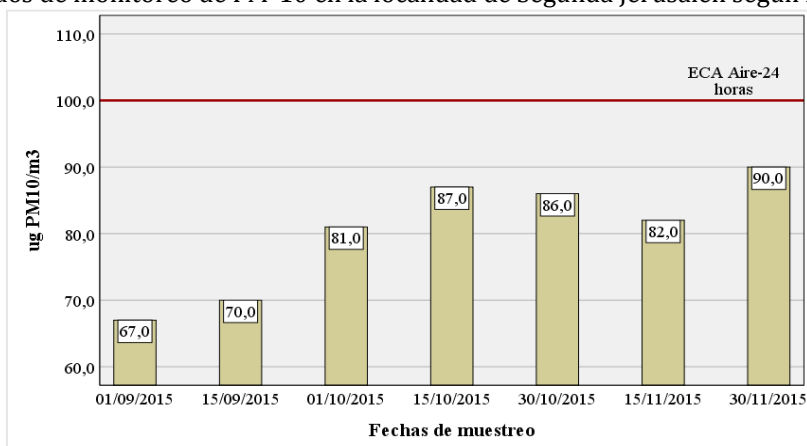
En la Figura 2, se evidencia que en los cuatro meses de muestreo los valores encontrados en el punto 02 (Localidad de Nueva Cajamarca) no superan el estándar de calidad ambiental establecido en  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Asimismo, se tiene que la mayor y menor concentración de PM-10 registrada fue de  $90 \mu\text{g}/\text{m}^3$  el 01/10/2015 y de  $54 \mu\text{g}/\text{m}^3$  el 30/11/2015, respectivamente.

**Figura 3.** Resultados de monitoreo de PM-10 en la localidad de Segunda Jerusalén según fechas de muestreo



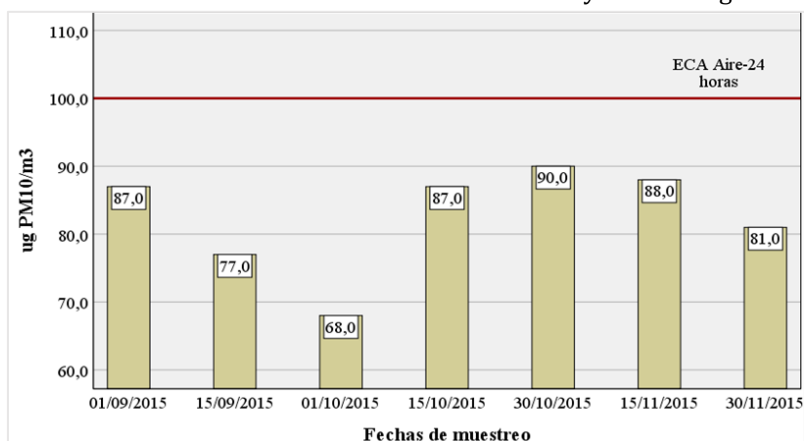
En la Figura 3, se observa que en los cuatro meses de muestreo los valores encontrados en el punto 03 (Localidad de Segunda Jerusalén) no superan el estándar de calidad ambiental establecido en 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Asimismo, se tiene que la mayor y menor concentración de PM-10 registrada fue de 88  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  el 01/09/2015 y 15/11/2015; y de 67  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  el 30/10/2015, respectivamente.

**Figura 4.** Resultados de monitoreo de PM-10 en la localidad de Segunda Jerusalén según fechas de muestreo



En la Figura 4, se muestra que en los cuatro meses de muestreo los valores encontrados en el punto 04 (Localidad de Rioja) no superan el estándar de calidad ambiental establecido en 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Asimismo, se tiene que la mayor y menor concentración de PM-10 registrada fue de 90  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  el 30/11/2015 y de 67  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  el 01/09/2015, respectivamente.

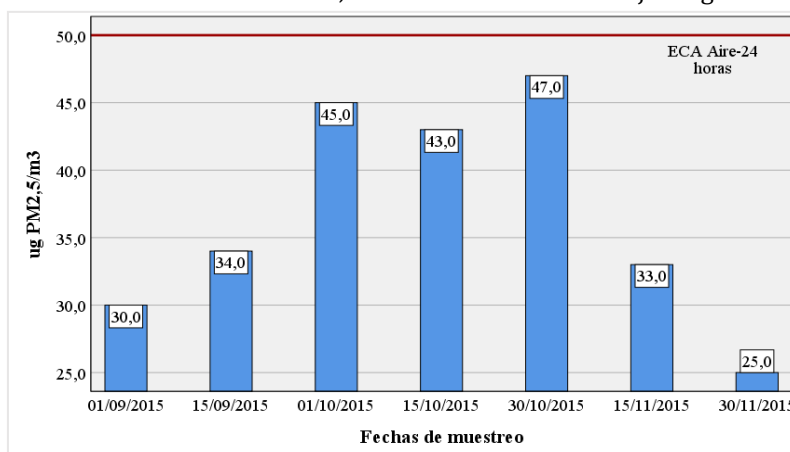
**Figura 5.** Resultados de monitoreo de PM-10 en la localidad de Moyobamba según fechas de muestreo



En la Figura 5, se observa que en los cuatro meses de muestreo los valores encontrados en el punto 05 (Localidad de Moyobamba) no superan el estándar de calidad ambiental establecido en  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Asimismo, se tiene que la mayor y menor concentración de PM-10 registrada fue de  $90 \mu\text{g}/\text{m}^3$  el 30/10/2015 y de  $68 \mu\text{g}/\text{m}^3$  el 01/10/2015, respectivamente.

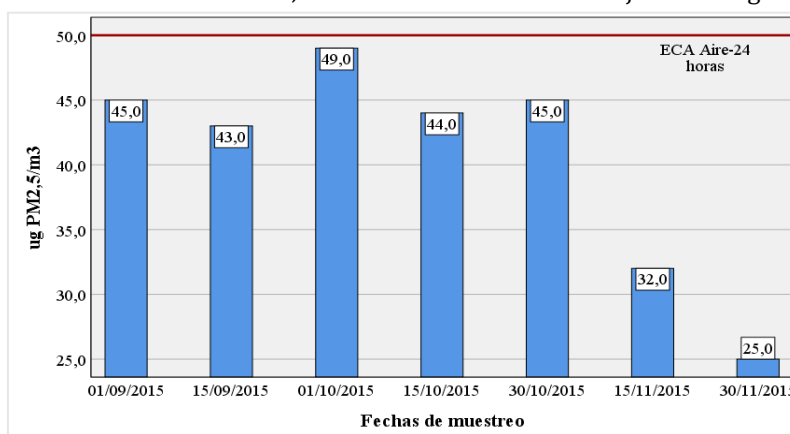
### Resultados de PM-2,5 según fechas de muestreo en las diferentes localidades del Alto Mayo

**Figura 6.** Resultados de monitoreo de PM-2,5 en la localidad de Naranjos según fechas de muestreo



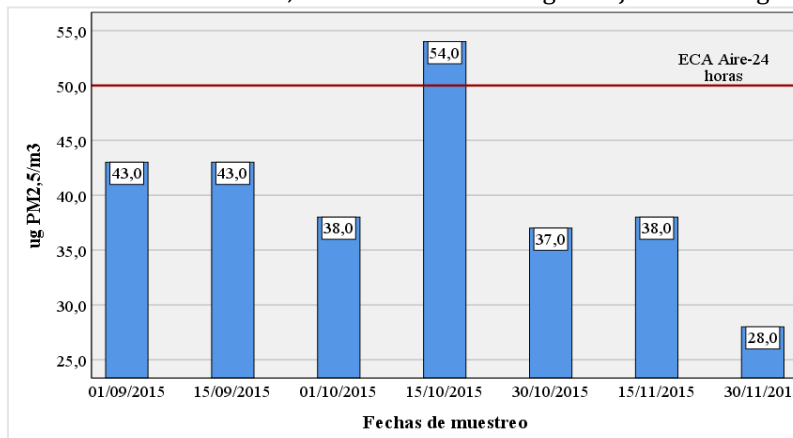
En la Figura 6, se muestra que en los cuatro meses de muestreo los valores encontrados en el punto 01 (Localidad de Naranjos) no superan el estándar de calidad ambiental establecido para 24 horas en  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Asimismo, se tiene que la mayor y menor concentración de PM-2,5 registrada fue de  $47 \mu\text{g}/\text{m}^3$  el 30/10/2015 y de  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$  el 30/11/2015, respectivamente.

**Figura 7.** Resultados de monitoreo de PM-2,5 en la localidad de Nueva Cajamarca según fechas de muestreo



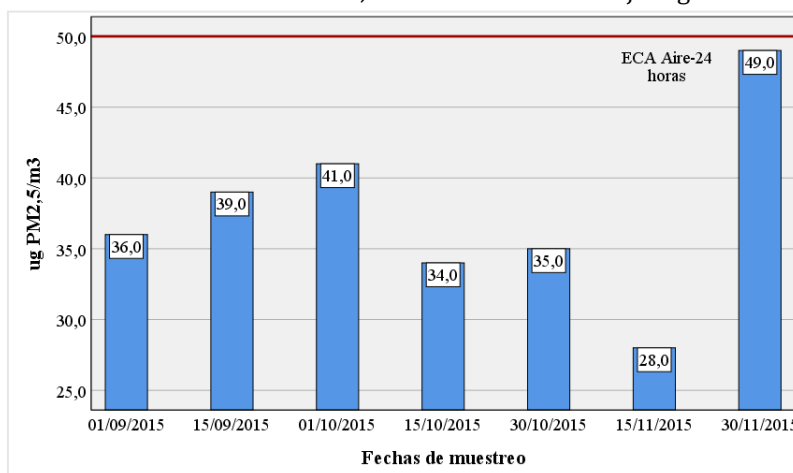
En la Figura 7, se demuestra que en los cuatro meses de muestreo los valores encontrados en el punto 02 (Localidad de Nueva Cajamarca) no superan el estándar de calidad ambiental establecido para 24 horas en  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Asimismo, se tiene que la mayor y menor concentración de PM-2,5 registrada fue de  $49 \mu\text{g}/\text{m}^3$  el 01/10/2015 y de  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$  el 30/11/2015, respectivamente.

**Figura 8.** Resultados de monitoreo de PM-2,5 en la localidad de Segunda Jerusalén según fechas de muestreo



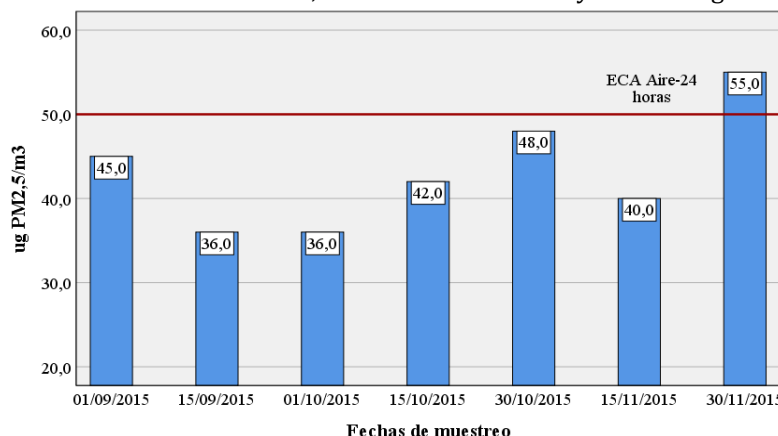
En la Figura 8, se evidencia que en los cuatro meses de muestreo los valores encontrados en el punto 03 (Localidad de Segunda Jerusalén) no superan el estándar de calidad ambiental establecido para 24 horas en 50 µg/m<sup>3</sup>, a diferencia del muestreo en el día 15/10/2015 con 54 ug/m<sup>3</sup> que a la vez fue la mayor concentración de PM-2,5 y la menor fue de 28 ug/m<sup>3</sup> el 30/11/2015, respectivamente.

**Figura 9.** Resultados de monitoreo de PM-2,5 en la localidad de Rioja según fechas de muestreo.



En la Figura 9, se observa que en los cuatro meses de muestreo los valores encontrados en el punto 04 (Localidad de Rioja) no superan el estándar de calidad ambiental establecido para 24 horas en 50 µg/m<sup>3</sup>. Asimismo, se tiene que la mayor y menor concentración de PM-2,5 registrada fue de 49 ug/m<sup>3</sup> el 30/11/2015 y de 34 ug/m<sup>3</sup> el 15/10/2015, respectivamente.

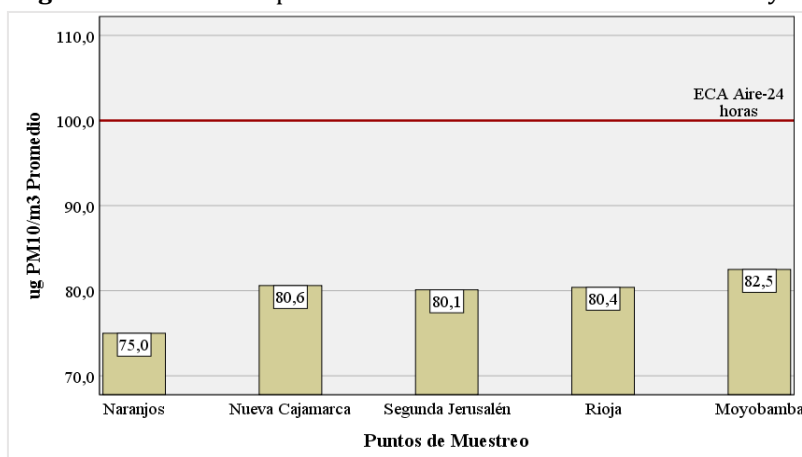
**Figura 10.** Resultados de monitoreo de PM-2,5 en la localidad de Moyobamba según fechas de muestreo.



En la Figura 10, se evidencia que en los cuatro meses de muestreo los valores encontrados en el punto 03 (Localidad de Segunda Jerusalén) no superan el estándar de calidad ambiental establecido para 24 horas en  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , a diferencia del muestreo en el día 30/11/2015 con  $55 \mu\text{g}/\text{m}^3$  que a la vez fue la mayor concentración de PM-2,5 y la menor fue de  $36 \mu\text{g}/\text{m}^3$  las fechas 15/09/2015 y 01/10/2015, respectivamente.

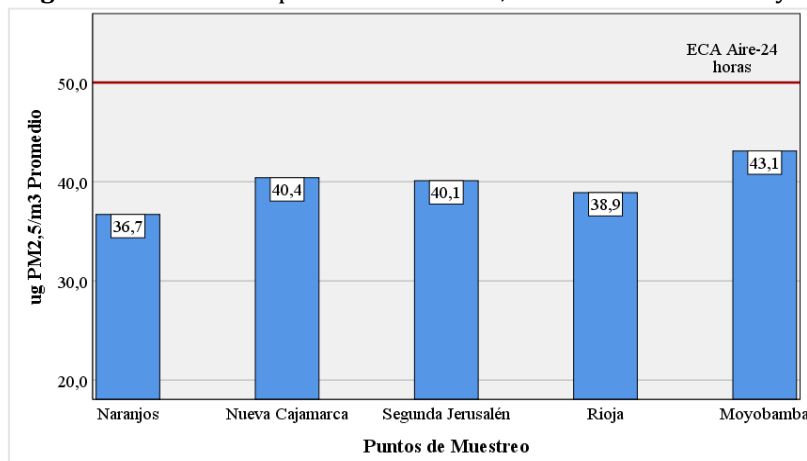
### Resultados promedios de PM-10 y PM-2,5 según fechas de muestreo en las diferentes localidades del Alto Mayo

Figura 11. Resultados promedios de PM-10 en la zona del Alto Mayo



En la Figura 11, se muestra que el punto de muestreo 2 (Localidad de Nueva Cajamarca) y punto de muestreo 5 (Localidad de Moyobamba) presentan los valores promedios más altos durante el periodo de muestreo, pero sin embargo no superan el estándar de calidad establecido de  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Por otro lado, se determinó que la menor concentración de PM-10 se registró en el punto 1 (Localidad de Naranjos).

Figura 12. Resultados promedios de PM-2,5 en la zona del Alto Mayo



En la Figura 12, se observa que el punto de muestreo 2 (Localidad de Nueva Cajamarca) y punto de muestreo 5 (Localidad de Moyobamba) presentan los valores promedios más altos durante el periodo de muestreo, por otro lado, se determinó que la menor concentración de PM-2,5 se registró en el punto 1 (Localidad de Naranjos). En tanto ninguno de los valores promedios determinados superan el estándar de calidad establecido para 24 horas de  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .



### 3.2. Análisis de varianza

**Tabla 2.** Análisis de varianza

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico para F
Puntos de muestreo	156,38	3	52,13	1,75	2,71
Concentraciones	72051,04	1	72051,04	2415,58	3,95
Interacción	163,71	3	54,57	1,83	2,71
Error	2624,83	88	29,83		
<b>Total</b>	<b>74995,96</b>	<b>95</b>			

Respecto a los puntos de muestreo (Tabla 2), dado que  $F < \text{valor crítico}$  entonces se concluye que no existen diferencias significativas entre dichos puntos evidenciándose un comportamiento homogéneo.

Se concluye que existen diferencias significativas entre las concentraciones de partículas suspendidas respirables ( $\text{valor crítico} > F$ ), evidenciándose la mayor concentración en PM-10 ( $\text{ug}/\text{m}^3$ ).

Asimismo, se demostró que no existen diferencias significativas ( $F < \text{valor crítico}$ ) al realizar la interacción punto de muestreo y concentraciones lo cual indica que los puntos de muestreo no influyen en las concentraciones.

### 3.3. Discusiones

Se determinó que en ninguna de las localidades de estudio las concentraciones de PM-10 superan los estándares de calidad ambiental para aire que es de  $100 \text{ ug}/\text{m}^3$ , resultado que no presenta similitud con el de Ilizarbe-González et al. (2020), quienes determinaron valores máximos de PM-10 que exceden los estándares siendo  $160,0$  y  $295,06 \text{ ug}/\text{m}^3$  para Puente Piedra y San Juan de Lurigancho respectivamente, lo cual se asume que se debe a que estas ciudades del Perú cuentan con mayor actividad del parque automotor.

Feng et al. (2016) determinaron la existencia de una fuerte relación positiva entre PM<sub>2,5</sub> y el riesgo de enfermedades de ETI en la temporada de influenza, no encontrando lo mismo en la temporada sin gripe, lo que demuestra una influencia de los elevados niveles de PM-2,5 en la salud, encontrándose en la presente investigación concentraciones de este parámetro que no exceden los ECA de 24 horas para aire, aunque ello no es una limitante para causar problemas en la salud de la población del Alto Mayo, que en los últimos años crece significativamente, a comparación de la ciudad de Beijing en China que es más desarrollada, tal y como sucede en el área urbana de la provincia de Alta Silesia en Polonia donde Kobza et al. (2018) menciona que la calidad del aire es mala debido a las concentraciones de material particulado.

Pacsi Valdivia (2016) determinó que los promedios diarios de PM<sub>10</sub> no sobrepasan los Estándares de Calidad del aire (ENCA) del Perú, resultado que es afirmado con la presente investigación determinándose que ningún muestreo realizado durante los cuatro meses en las diferentes localidades supera los estándares.

Se determinó en la presente investigación que los resultados promedio de los cuatro meses de muestreo de PM-10 oscilan entre  $75,0 \text{ ug}/\text{m}^3$  y  $82,5 \text{ ug}/\text{m}^3$ , en tanto los de PM-2,5 se encuentran entre  $36,7 \text{ ug}/\text{m}^3$  y  $43,1 \text{ ug}/\text{m}^3$ , que al ser comparados con los resultados de Suárez-Salas et al. (2017), que en Huancayo determinaron concentraciones entre  $64,54 \pm 30,87 \text{ ug}/\text{m}^3$  para PM-10 y para PM-2,5 entre  $34,47 \pm 14,75 \text{ ug}/\text{m}^3$  encontrándose similitud en los resultados sobre todo en las mayores concentraciones a diferencia de las más bajas concentraciones para ambos parámetro estableciendo que las concentraciones mínimas en la ciudad de Huancayo son mucho menores.

#### 4. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados se concluye que, durante el periodo de muestreo, en todos los puntos el valor obtenido de PM-10, no supera el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) cuyo valor para 24 horas es de 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; sin embargo, las localidades de Nueva Cajamarca y Moyobamba presentan los valores más altos; con respecto a PM-2,5 en todos los puntos los valores obtenidos no superan el Estándar de Calidad Ambiental (ECA) que para 24 horas es de 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , siendo las localidades de Nueva Cajamarca y Moyobamba las que presentan los valores más altos.

Se emplearon equipos de medición de alto y bajo volumen para PM-10 y PM-2,5 respectivamente, aplicándose los métodos de análisis de pesos de filtros para el primero y de gravimetría para el segundo, lo cual nos permite conocer la concentración de material particulado mediante este método, a partir de lo cual se pueden derivar nuevas investigaciones referidos a otras metodologías que permitan caracterizar el tipo de material particulado presente en el medio atmosférico.

#### FINANCIAMIENTO

Ninguno

#### CONFLICTO DE INTERESES

No existe ningún tipo de conflicto de interés relacionado con la materia del trabajo.

#### CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Conceptualización: Rojas-Bardález, A.; Guerra-Saldaña, M.

Curación de datos: Rojas-Bardález, A.; Guerra-Saldaña, M.

Análisis formal: Rojas-Bardález, A.

Investigación: Rojas-Bardález, A.; Guerra-Saldaña, M.

Metodología: Rojas-Bardález, A.; Guerra-Saldaña, M.

Supervisión: Rojas-Bardález, A.

Redacción - borrador original: Rojas-Bardález, A.; Guerra-Saldaña, M.

Redacción - revisión y edición: Rojas-Bardález, A.; Guerra-Saldaña, M.

#### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adar, S. D., Filigrana, P. A., Clements, N., & Peel, J. L. (2014). Ambient Coarse Particulate Matter and Human Health: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Current Environmental Health Reports*, 1, 258-274. <https://doi.org/10.1007/S40572-014-0022-Z>
- EPA. (2022, mayo 23). *Efectos del material particulado (PM) sobre la salud y el medioambiente* | US EPA. Efectos sobre el medioambiente. <https://espanol.epa.gov/espanol/efectos-del-material-particulado-pm-sobre-la-salud-y-el-medioambiente>
- Fang, G. C., Chang, C. N., Chu, C. C., Wu, Y. S., Fu, P. P. C., Yang, I. L., & Chen, M. H. (2003). Characterization of particulate, metallic elements of TSP, PM2.5 and PM2.5-10 aerosols at a farm sampling site in Taiwan, Taichung. *Science of the Total Environment*, 308(1-3), 157-166. [https://doi.org/10.1016/S0048-9697\(02\)00648-4](https://doi.org/10.1016/S0048-9697(02)00648-4)
- Feng, C., Li, J., Sun, W., Zhang, Y., & Wang, Q. (2016). Impact of ambient fine particulate matter (PM2.5) exposure on the risk of influenza-like-illness: A time-series analysis in Beijing, China. *Environmental Health: A Global Access Science Source*, 15(17), 1-12. <https://doi.org/10.1186/S12940-016-0115-2/FIGURES/6>

- Ilizarbe-González, G. M., Valdiviezo, L. G., Rojas Quincho, J. P., Cabello Torres, R. J., & Ugarte Alvan, C. A. (2020). Chemical Characteristics and Identification of PM<sub>10</sub> Sources in Two Lima Districts, Peru. *DYNA*, 87(215), 57-65. <https://doi.org/10.15446/dyna.v87n215.83688>
- Jaenicke, R. (2001). Ernő Mészáros: Fundamentals of Atmospheric Aerosol Chemistry. *Journal of Atmospheric Chemistry*, 39, 99-103. <https://doi.org/10.1023/A:1010753724116>
- Kobza, J., Geremek, M., & Dul, L. (2018). Characteristics of air quality and sources affecting high levels of PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub> in Poland, Upper Silesia urban area. *Environmental Monitoring and Assessment*, 190(9), 515. <https://doi.org/10.1007/s10661-018-6797-x>
- Linares, C., & Díaz, J. (2009). Efecto de las partículas de diámetro inferior a 2,5 micras (PM<sub>2.5</sub>) sobre los ingresos hospitalarios en niños menores de 10 años en Madrid. *Gaceta Sanitaria*, 23(3), 192-197. <https://doi.org/10.1016/J.GACETA.2008.04.006>
- OECD. (2001, septiembre). *Suspended particulate matter (SPM)*. <https://stats.oecd.org/glossary/detail.asp?ID=2623>
- Pacsi Valdivia, S. A. (2016). Análisis temporal y espacial de la calidad del aire determinado por material particulado pm<sub>10</sub> y pm<sub>2.5</sub> en lima metropolitana. *Anales Científicos*, 77(2), 273. <https://doi.org/10.21704/ac.v77i2.699>
- Samoli, E., Analitis, A., Touloumi, G., Schwartz, J., Anderson, H. R., Sunyer, J., Bisanti, L., Zmirou, D., Vonk, J. M., Pekkanen, J., Goodman, P., Paldy, A., Schindler, C., & Katsouyanni, K. (2005). Estimating the Exposure-Response Relationships between Particulate Matter and Mortality within the APHEA Multicity Project. *Environmental Health Perspectives*, 113(1), e7387. <https://doi.org/10.1289/EHP.7387>
- Sanchez, C. (2011). *Clasificación del material particulado menor de 10 micrometros PM<sub>10</sub>*. <https://www.valladolid.es/es/rccava/contaminantes/material-particulado-pm10-pm2-5>
- Saxena, P., & Sonwani, S. (2019). Primary Criteria Air Pollutants: Environmental Health Effects. *Criteria Air Pollutants and their Impact on Environmental Health*, 49-82. [https://doi.org/10.1007/978-981-13-9992-3\\_3](https://doi.org/10.1007/978-981-13-9992-3_3)
- Suárez-Salas, L., Álvarez Tolentino, D., Bendeuzú, Y., & Pomalaya, J. (2017). Caracterización química del material particulado atmosférico el centro urbano de huancayo, Perú. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 83(2), 187-199. <https://doi.org/10.37761/RSQP.V83I2.197>
- Wark, K., & Warner, C. (2012). *Contaminación del aire: Origen y control* (1a edición). Limusa: Noriega. [https://www.biblioteca.une.edu.pe/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=61198&query\\_desc=pb%3ALimusa%3ANoriega](https://www.biblioteca.une.edu.pe/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=61198&query_desc=pb%3ALimusa%3ANoriega)
- WHO. (2013). - *Review of evidence on health aspects of air pollution - REVIHAAP Project, Technical Report*. World Health Organization, Regional Office for Europe, Copenhagen, Denmark. <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/exceedance-of-air-quality-limit-3/who-2013>



# Monóxido de carbono en espacios interiores y su relación con el consumo de leña

Carbon monoxide in interior spaces and its relationship with the consumption of firewood

Sánchez-Imaña, Marimar<sup>1\*</sup>

Rojas-Bardález, Alfonso<sup>1</sup>

López-Rojas, Jhon Jairo<sup>1</sup>

Guerra-Saldaña, Miguel<sup>1</sup>

Velasquez-Garcia, Diego<sup>1</sup>

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

**Recibido:** 20 May. 2022 | **Aceptado:** 5 Jul. 2022 | **Publicado:** 20 Jul. 2022

**Autor de correspondencia\*:** [marimarsanchezi@alumno.unsm.edu.pe](mailto:marimarsanchezi@alumno.unsm.edu.pe)

**Cómo citar este artículo:** Sánchez-Imaña, M., Rojas-Bardález, A., López-Rojas, J.J., Guerra-Saldaña, M. & Velasquez-Garcia, D. (2022). Monóxido de carbono en espacios interiores y su relación con el consumo de leña. *Revista Amazónica de Ciencias Ambientales y Ecológicas*, 1(2), e379. <https://doi.org/10.51252/reacae.v1i2.379>

## RESUMEN

El trabajo consistió en determinar la concentración de monóxido de carbono (CO) y su relación con el consumo de leña en 39 viviendas distribuidas en seis barrios de la zona urbana en la localidad de Calzada. Durante una semana y en tres momentos del día se midió la concentración de CO en cada vivienda con un equipo de medición TROTEC BG20 y se cuantificó aleatoriamente la leña por conteo directo. Se determinó las diferencias en la concentración de CO y el consumo de leña entre barrios. El análisis de agrupamiento mostró diferencias en la distribución de la composición de las concentraciones de CO, la leña de los barrios y los días de la semana. Asimismo, se determinó que el consumo de leña/persona y el número de personas por familia no influyeron en las concentraciones de CO. Se espera que el CO aumente en 442,62 ppm por cada kg adicional de leña consumido por una persona, y si se suma una persona a cada familia, aumentará en 55,85 ppm. El aumento de familias dependientes de leña para cocinar incrementaría las emisiones de CO en viviendas rurales con poca ventilación.

**Palabras clave:** contaminación; aire; gases; salud familiar

## ABSTRACT

The work consisted of determining the concentration of carbon monoxide (CO) and its relationship with the consumption of firewood in 39 homes distributed in six neighborhoods of the urban area in the town of Calzada. During one week and at three times of the day, the concentration of CO was measured in each dwelling with a TROTEC BG20 equipment and the firewood was randomly quantified by direct counting. Differences in CO concentration and firewood consumption between neighborhoods were determined. Cluster analysis showed differences in the compositional distribution of CO concentrations, firewood from neighborhoods, and days of the week. It was determined that the consumption of firewood/person and the number of people per family did not influence CO concentrations. CO is expected to increase by 442.62 ppm for each additional kg of firewood consumed by one person, and if one person is added to each family, it will increase by 55.85 ppm. The increase in families dependent on firewood for cooking would increase CO emissions in rural homes with poor ventilation.

**Keywords:** pollution; air; gases; family health



## 1. INTRODUCCIÓN

A nivel internacional, la OMS (2021), refiere que alrededor de 2600 millones de personas cocinan en sus hogares mediante fuegos abiertos y empleando carbón y biomasa (excremento de animales y madera), esta actividad genera partículas y gases contaminantes del aire en el interior de los hogares que constituyen un riesgo importante para el estado de salud del ser humano (Carazo Fernández et al., 2013; Coffey et al., 2019). Gran parte de la población no es consciente del riesgo de las actividades de cocinar en espacios sin una buena ventilación, ya que pueden generar un elevado nivel de contaminación (Sabater, 2020).

Entre los factores con mayor probabilidad de exposición preocupante en las viviendas son la cocina a gas y aparatos de calefacción sin conductos de humo para emisiones de monóxido de carbono (CO) y dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) (Raw et al., 2004). Mientras que el tiempo de cocción, tipo de combustible (carbón y biomasa), material del techo aumentan la concentración de metales pesados, partículas y monóxido de carbono que alteran el ambiente interior (Nakora et al., 2020).

El CO generado por el proceso de combustión es la principal causa de muerte no intencional (Motta et al., 2015; Nyombi et al., 2020). Entre las enfermedades derivadas por la respiración de altas concentraciones de CO en espacios interiores están las intoxicaciones agudas, náuseas, fatigas, cefaleas, enfermedades respiratorias cardiacas, entre otras (Forero Garzón, 2021).

De acuerdo al Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI, 2018), en octubre del 2017 en el Perú se registró que el 21,2% del total de viviendas hacen uso de combustibles contaminantes para la cocción de sus alimentos. De los cuales, el 70,1% del total viviendas del ámbito rural y el 7,1% del total de hogares del ámbito urbano utilizan combustibles contaminantes. Los principales combustibles contaminantes empleados son la leña, briquetas de carbón, carbón vegetal y queroseno (Aguilar, 2002) relacionados a la pobreza extrema (Alosilla Castillo, 2014).

En la región San Martín, del total de hogares registrados en el 2017, el 31,9% emplea combustibles contaminantes como leña o sus derivados para cocinar sus alimentos (INEI, 2019). En el distrito de Calzada se registró en el 2017, un total de 1280 hogares, de los cuales el 69,77% equivalente a 893 hogares hace uso de leña para cocinar sus alimentos, perteneciendo el 84,99% a la zona urbana y el 15,01% en el ámbito rural (INEI, 2018).

Bajo este contexto y considerando las problemáticas causantes por uso de combustibles contaminantes en las viviendas, se plantea determinar la relación entre la concentración de monóxido de carbono y el consumo de leña en los hogares de la localidad de Calzada.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

Los muestreos se realizaron en 39 viviendas distribuidas en 6 barrios de la ciudad de Calzada, Departamento de San Martín, Perú (Figura 1).

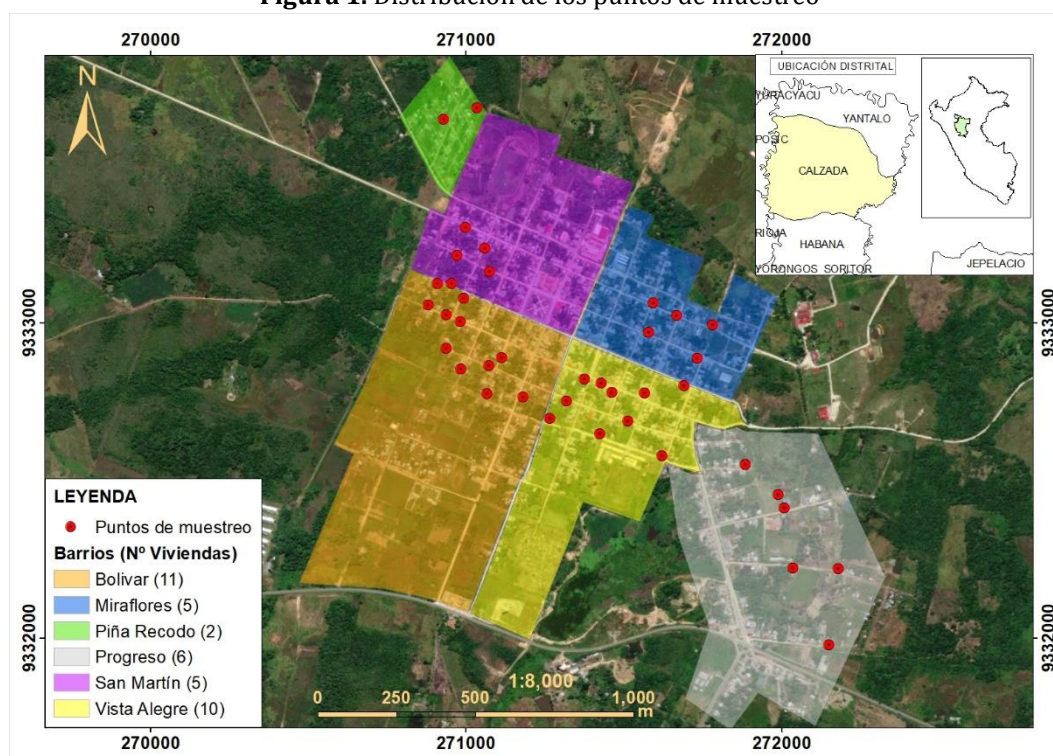
Previo coordinación con los moradores de cada vivienda, se realizó la medición de la concentración de monóxido de carbono en forma directa e in situ en las cocinas, utilizando un equipo de medición de gases (modelo TROTEC BG20) con un rango de medición de 0 a 12 800 ppm. Las mediciones se realizaron de lunes a domingo (mañana, tarde y noche) en cada vivienda.

La cantidad de leña utilizada en cada vivienda se cuantificó por conteo directo y de manera aleatoria en horarios de la mañana, mediodía y por las tardes durante una semana. Los horarios estaban supeditados a la hora que iniciaban con la preparación de sus alimentos.

Se realizó el análisis de varianza para los datos que cumplían los supuestos de normalidad y homocedasticidad, y pruebas no paramétricas (Kruskal-Wallis) en el caso de no cumplir con los supuestos. Para determinar la diferencia de la emisión de CO entre los barrios y los días de la semana se aplicó el

análisis de varianza, estadístico que también fue aplicado para determinar la diferencia de la leña consumida entre los barrios y los días de la semana. Se realizó un análisis de agrupamiento de grupos pareados (UPGMA) con distancia euclidiana para determinar las diferencias de la emisión de concentración de CO y la leña consumida entre los barrios y los días de la semana. Por otro lado, se desarrolló una regresión lineal para determinar la influencia del consumo de leña y el número de personas en la emisión de concentración de CO. Todos los análisis fueron ejecutados en el software R.

**Figura 1.** Distribución de los puntos de muestreo



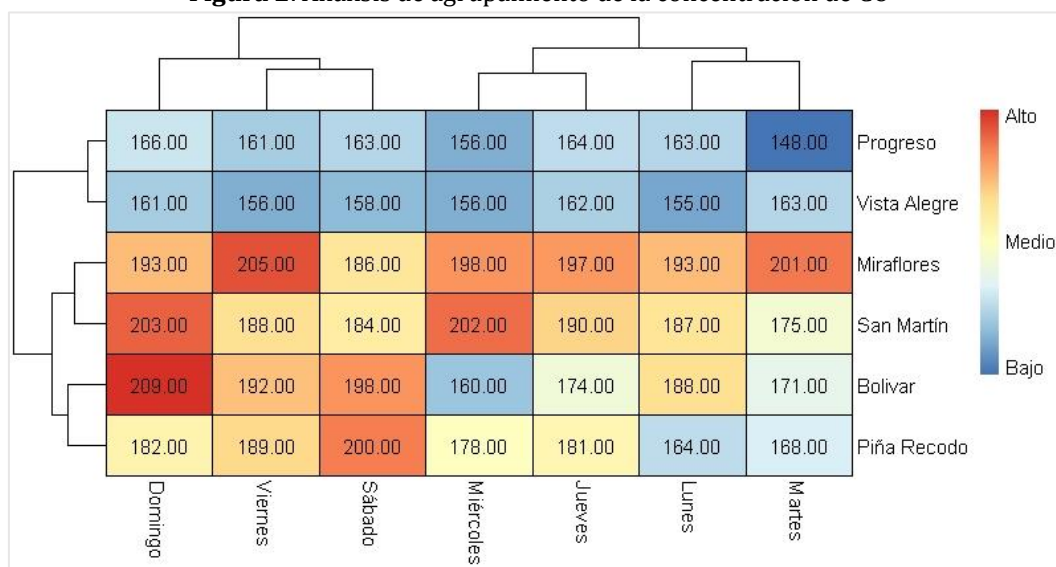
### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1. Resultados

##### Concentración de CO por barrio y por días de la semana

Basado en los datos obtenidos, hubo diferencia significativa de la emisión de CO entre los barrios ( $H = 27,07$ ,  $gl = 5$ ,  $p = 0,00$ ), mientras que, la emisión de CO no difirió entre los días de la semana ( $F = 0,42$ ,  $gl = 6$ ,  $p = 0,86$ ). Según el análisis de agrupamiento, se formaron dos grupos, el primer grupo estuvo conformado por los barrios Progreso y Vista Alegre, estos fueron similares en concentraciones bajas de CO ya que no tuvieron mucha variación en emisiones durante los días de la semana. El otro grupo estuvo conformado por dos subgrupos, Miraflores y San Martín que fueron los barrios con mayor concentración de CO y, los barrios Bolívar y Piña Recodo presentaron concentraciones intermedias de CO y presentaron mayor variación durante los días de la semana. Los días con mayor variación y concentración de CO fueron los viernes, sábado y domingo (Figura 2).

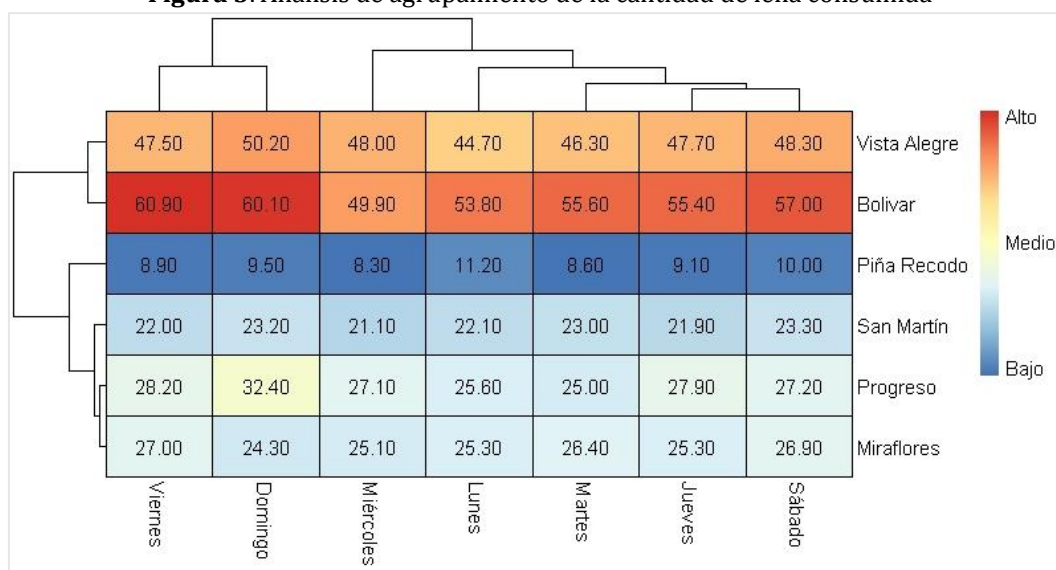
**Figura 2.** Análisis de agrupamiento de la concentración de CO



**Cantidad de leña por barrio y por días de la semana**

Con respecto a la leña consumida, hubo diferencia significativa entre los barrios ( $H = 39,11$ ,  $gl = 5$ ,  $p = 0,00$ ), mientras que, no hubo diferencia entre los días de la semana ( $F = 0,03$ ,  $gl = 6$ ,  $p = 0,99$ ). Según el análisis de agrupamiento, se formaron dos grupos, el primer grupo estuvo conformado por los barrios Vista Alegre y Bolívar, estos fueron similares en las altas cantidades de leña utilizada y no presentaron mucha variación en la cantidad de leña utilizada durante la semana de muestreo. El otro grupo estuvo conformado por dos subgrupos, siendo el primer subgrupo conformado por San Martín, Progreso y Miraflores que presentaron cantidades semi intermedias de cantidad de leña utilizada y, el barrio Piña Recodo presentó valores bajos de cantidad de leña utilizada durante toda la semana. Los días con mayor variación de uso de la cantidad de leña fueron los fines de semana (Figura 3).

**Figura 3.** Análisis de agrupamiento de la cantidad de leña consumida



### Relación entre monóxido de carbono, consumo de leña y personas por familia.

Los barrios con mayor concentración de CO fueron Miraflores y San Martín con 196,1 y 189,9 ppm respectivamente, mientras que Vista Alegre y Progreso presentaron bajas concentraciones con 158,7 y 160,1 ppm respectivamente. El consumo de leña por persona y el número de personas por familia fueron proporcionalmente similares (Tabla 1).

No hubo relación entre las concentraciones de monóxido de carbono al interior de las viviendas y el consumo de leña/persona ( $r = 0,38$ ,  $gl = 4$ ,  $p = 0,45$ ), apenas el 14% de las concentraciones se deben a la cantidad de leña consumida por persona. Además, se estima que por cada kg de leña adicional que consume una persona, la concentración de monóxido de carbono se incrementaría en 442,62 ppm. Asimismo, no hubo relación entre las concentraciones de monóxido de carbono al interior de las viviendas y el número de personas por familia ( $r = 0,58$ ,  $gl = 4$ ,  $p = 0,23$ ), el 34% de las concentraciones se deben al número de personas por familia.

Se estima que, por cada miembro adicional en las familias, la concentración de monóxido de carbono se incrementaría en 54,85 ppm. Por último, no hubo una relación entre consumo de leña por persona y el número de personas por familia ( $r = 0,61$ ,  $gl = 4$ ,  $p = 0,19$ ), dado que en el 38% de los casos el consumo de leña se debe al número de personas por familia. Asimismo, se estima que por cada miembro adicional en las familias el consumo de leña se incrementaría en 0,05 kg.

**Tabla 1.** Promedios de las concentraciones de CO, consumo de leña por persona y personas por familia

Barrios	Concentración de monóxido (ppm)	Consumo de leña/persona (kg/persona)	Número de personas /familia
Progreso	160,1	1,063	4,5
Vista Alegre	158,7	1,056	4,4
Bolívar	184,6	1,079	4,7
Miraflores	196,1	1,073	4,8
San Martín	189,9	1,065	4,4
Piña Recodo	180,3	1,041	4,5
<b>Promedio</b>	<b>178,3</b>	<b>1,063</b>	<b>4,6</b>

### 3.2. Discusión

En la investigación participaron 39 familias distribuidas entre los seis barrios con un total de 168 personas lo cual significa que el número de miembros por familia está entre 4 a 5 aproximadamente. Durante las visitas en las viviendas se pudo evidenciar que las familias presentaban cocinas en espacios abiertos o ventilados lo cual hace que la acumulación de humo al interior no sea de grandes proporciones (CO entre 148 y 209 ppm). Sin embargo, es necesario considerar que concentraciones mayores de 200 ppm en espacios interiores pueden generar ligero dolor de cabeza, fatiga, náuseas y mareos (Chavarría Rosales, 2015).

Mejía (2011) menciona que la leña en la zona rural continúa siendo de uso tradicional, no solo por condiciones económicas, sino por condiciones culturales. Los habitantes de la zona rural conservan una relación directa con su entorno, utilizando la leña y el gas como combustible. De esta manera, este grupo socioeconómico podría estar más expuesto a concentraciones altas de contaminantes en viviendas con baja permeabilidad sin recambio de la cocina, por lo que podría afectar la salud de los habitantes (Tika Ram & Hom Bahadur, 2020).

Según el análisis de regresión, la relación entre las concentraciones de monóxido de carbono al interior de las viviendas y el consumo de leña por personas fue baja, apenas el 14% de los casos de dichas concentraciones se debe a la cantidad de leña consumida por persona, esto se debió a que las cocinas o espacios para cocinar con leña presentaban una buena ventilación o ventilación cruzada. Similar a lo



reportado en otros estudios (Nakora et al., 2020; Sabater, 2020) en donde afirman que, condiciones óptimas de ventilación como una ventilación cruzada en espacios interiores permite reducir las concentraciones por la rápida circulación y posterior salida del contaminante.

Por otra parte, la relación entre las concentraciones de monóxido de carbono y el número de personas por familia fue moderada, debido a que el 34% de los casos se debe al número de personas por familia; y la relación entre consumo de leña y el número de personas por familia fue alta, dado que en el 38% de los casos el consumo de leña se debe al número de personas por familia, esto se atribuye a que la cantidad de leña consumida es proporcional a la cantidad de alimentos a preparar. Entre los principales factores que no fueron considerados en el presente estudio y que tienden a incrementar los niveles de CO en los espacios interiores de viviendas rurales son: cocinar comidas que demandan mayor tiempo de cocción y la no preferencia en el uso de leña fresca o seca. Adicionalmente, es necesario considerar el material de construcción de los techos de las cocinas (Nakora et al., 2020).

Cabe mencionar que, en el presente estudio la mayor parte de las madres emplean recursos inadecuados como plásticos para prender el fuego en la cocina tradicional generando productos tóxicos y nocivos para su salud, similar a lo reportado por Chavarría Rosales (2015). En efecto, es necesario que futuras investigaciones enfoquen alternativas ambientales en el humo generado por combustión de diversos tipos, por ejemplo, la obtención del ácido piroleñoso (Pimenta et al., 2018) para promover la germinación de semillas y crecimiento de los cultivos (Grewal et al., 2018)

#### 4. CONCLUSIONES

Se concluye que las concentraciones de monóxido de carbono en espacios interiores de las viviendas en la localidad de Calzada no fueron muy elevadas porque contaban con ambientes de cocinas abiertas y/o ventiladas, permitiendo que las concentraciones de monóxido de carbono no se acumulen y se dispersen rápidamente, reduciendo los problemas respiratorios por riesgos de inhalación.

Asimismo, la leña es consumida de manera proporcional a la cantidad de alimentos a cocinar y al tiempo de cocción de cada alimento, existiendo mayor emisión de CO cuando la leña utilizada es verde o húmeda en comparación de la leña seca. Se recomienda futuras investigaciones con fines de conservación enfocadas en diferenciar las concentraciones de CO emitidas en especies arbóreas y/o arbustivas, y de esta manera estimar qué especies son las más utilizadas por las poblaciones rurales.

#### FINANCIAMIENTO

Ninguno

#### CONFLICTO DE INTERESES

No existe ningún tipo de conflicto de interés relacionado con la materia del trabajo.

#### CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Conceptualización: Sánchez-Imaña, M; Rojas-Bardález, A.

Curación de datos: López-Rojas, J. J; Guerra-Saldaña, M.

Análisis formal: López-Rojas, J. J; Guerra-Saldaña, M.

Investigación: Sánchez-Imaña, M; Rojas-Bardález, A.; Velasquez-Garcia, D.

Metodología: López-Rojas, J. J; Guerra-Saldaña, M.

Supervisión: Rojas-Bardález, A.

Validación: Rojas-Bardález, A.

Redacción - borrador original: Sánchez-Imaña, M; Rojas-Bardález, A.; Velasquez-Garcia, D.  
Redacción - revisión y edición: Sánchez-Imaña, M; Rojas-Bardález, A.; Velasquez-Garcia, D.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar, M. (2002). Indoor, Outdoors and in Transit Exposure To Carbon Monoxide in Trujillo, Peru. *Asociacion Del Aire Ambiental*, 1, 459–464. <https://trid.trb.org/view/735197>
- Alosilla Castillo, Y. N. (2014). *Problemática ambiental de las concentraciones de monóxido de carbono en viviendas del sector de Camata del distrito de Plateria provincia de Puno 2013* [Universidad Privada San Carlos Puno]. <http://repositorio.upsc.edu.pe/handle/UPSC/4440>
- Carazo Fernández, L., Fernández Alvarez, R., González-Barcala, F. J., & Rodríguez Portal, J. A. (2013). Contaminación del aire interior y su impacto en la patología respiratoria. *Archivos de Bronconeumología*, 49(1), 22–27. <https://doi.org/10.1016/j.arbres.2012.04.005>
- Chavarría Rosales, A. G. (2015). *Relación entre el nivel de monóxido de carbono intradomiciliar y función pulmonar* [Universidad Rafael Landívar]. <http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesisjcem/2015/09/03/Chavarria-Ana.pdf>
- Coffey, E. R., Pfothauer, D., Mukherjee, A., Agao, D., Moro, A., Dalaba, M., Begay, T., Banacos, N., Oduro, A., Dickinson, K. L., & Hannigan, M. P. (2019). Kitchen Area Air Quality Measurements in Northern Ghana: Evaluating the Performance of a Low-Cost Particulate Sensor within a Household Energy Study. *Atmosphere*, 10(7), e400. <https://doi.org/10.3390/atmos10070400>
- Forero Garzón, Y. (2021). La calidad del aire interior y su incidencia en la salud de las personas. [Universidad Militar Nueva Granada]. <https://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/40242>
- Grewal, A., Abbey, Lord, & Gunupuru, L. R. (2018). Production, prospects and potential application of pyrolygneous acid in agriculture. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 135, 152–159. <https://doi.org/10.1016/j.jaap.2018.09.008>
- INEI. (2018). *Censos Nacionales 2017 – XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas*. <http://censo2017.inei.gob.pe/>
- INEI. (2019). *Hogares en los que cocinan con combustibles contaminantes*. [www.inei.gob.pe](http://www.inei.gob.pe)
- Motta, F. ., Salas Plata, J. ., Quevedo, H. ., & Velásquez, G. . (2015). Efectos en la salud humana debido a la contaminación interior por Monóxido de Carbono en Ciudad Juárez, Chihuahua. *Cultura Científica Y Tecnológica*, 20. <http://revistas.uacj.mx/ojs/index.php/culcyt/article/view/446>
- Nakora, N., Byamugisha, D., & Birungi, G. (2020). Indoor air quality in rural Southwestern Uganda: particulate matter, heavy metals and carbon monoxide in kitchens using charcoal fuel in Mbarara Municipality. *SN Applied Sciences*, 2(12), e2037. <https://doi.org/10.1007/s42452-020-03800-0>
- Nyombi, A., Williams, M. R., & Wessling, R. (2020). Toxic emissions from smouldering combustion of woody biomass and derived char with a case study of CO build-up in an ISO container. *Energy Sources*, 42(24), 2990–3007. <https://doi.org/10.1080/15567036.2019.1623348>
- OMS. (2021). *Contaminación del aire doméstico y salud*. Contaminación Del Aire Doméstico y Salud. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/household-air-pollution-and-health>
- Pimenta, A. S., Fasciotti, M., Monteiro, T. V. C., & Lima, K. M. (2018). Chemical Composition of Pyrolygneous Acid Obtained from Eucalyptus GG100 Clone. *Molecules*, 23(2), 426. <https://doi.org/10.3390/MOLECULES23020426>
- Raw, G. J., Coward, S. K. D., Brown, V. M., & Crump, D. R. (2004). Exposure to air pollutants in English

homes. *Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology*, 14(S1), S85–S94.  
<https://doi.org/10.1038/sj.jea.7500363>

Sabater, V. (2020). *La contaminación del aire en los espacios interiores: un peligro para tu salud - Mejor con Salud*. La Contaminación Del Aire En Los Espacios Interiores y Sus Efectos.  
<https://mejorconsalud.as.com/contaminacion-aire-espacios-interiores-peligro-salud/>

Tika Ram, P., & Hom Bahadur, R. (2020). Hourly Firewood Consumption Patterns and CO2 Emission Patterns in Rural Households of Nepal. *Designs*, 4(4), 46. <https://doi.org/10.3390/designs4040046>



# Almacenamiento de biomasa y carbono en huertas urbanas de Yantaló, Perú

## Biomass and carbon storage in urban gardens in Yantaló, Peru

Ordóñez-Ruiz, Karina Milagros<sup>1\*</sup>

Ordóñez-Sánchez, Luis Alberto<sup>1</sup>

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

**Recibido:** 13 Abr. 2022 | **Aceptado:** 08 Jul. 2022 | **Publicado:** 20 Jul. 2022

**Autor de correspondencia\*:** karmin0683@hotmail.com

**Cómo citar este artículo:** Ordoñez-Ruiz, K. M. & Ordoñez-Sánchez, L. M. (2022). Almacenamiento de biomasa y carbono en huertas urbanas de Yantaló, Perú. *Revista Amazónica de Ciencias Ambientales y Ecológicas*, 1(2), e352. <https://doi.org/10.51252/reacae.v1i2.352>

### RESUMEN

Esta investigación buscó estimar la cantidad de carbono almacenada en la biomasa y el suelo, a fin de valorar los servicios ambientales que podrían brindar las huertas urbanas. Se midieron áreas totales y huertas de los lotes urbanos. Se estudió la biomasa total de cada huerta, referida a árboles, arbustos, hierbas, hojarascas, mantillo y raíces, también el resultado del análisis del suelo de cada huerta. Yantaló, posee 1893 lotes urbanos según fuentes municipales. La superficie promedio de cada lote urbano es de 311 m<sup>2</sup>; de esta superficie 109 m<sup>2</sup> (35%), corresponde a huerta. La suma de las superficies de los lotes urbanos alcanza a 59 ha aproximadamente; de esta cantidad, las huertas alcanzan a 21 ha. La biomasa seca promedio por huerta es de 0,527 t. La biomasa promedio del distrito de Yantaló es 998 t. La biomasa aporta en la captura de carbono un 38%; mientras que el suelo el 62%. La huerta de un lote urbano del distrito, captura en promedio 0,63 t de carbono; mientras que la ciudad distrital de Yantaló captura en promedio 1196 t de carbono; esta cantidad de carbono capturado, tendrían un valor económico ambiental de 26 305 dólares anuales, considerando \$22 por tn.

**Palabras clave:** captura de carbono; ecosistema; servicios ambientales

### ABSTRACT

This research sought to estimate the amount of carbon stored in biomass and soil, in order to assess the environmental services that urban gardens could provide. Total areas and orchards of the urban lots were measured. The total biomass of each orchard was studied, referring to trees, shrubs, herbs, litter, mulch and roots, as well as the result of the soil analysis of each orchard. Yantaló owns 1.893 urban lots according to municipal sources. The average area of each urban lot is 311 m<sup>2</sup>; of this surface 109 m<sup>2</sup> (35%), corresponds to orchard. The sum of the surfaces of the urban lots reaches approximately 59 ha; of this amount, the orchards reach 21 ha. The average dry biomass per orchard is 0.527 t. The average biomass of the Yantaló district is 998 t. Biomass contributes 38% to carbon capture; while the ground 62%. The garden of an urban lot in the district captures an average of 0.630 t of carbon; while the district city of Yantaló captures an average of 1196 t of carbon; this amount of carbon captured would have an economic environmental value of 26305 dollars per year, considering \$22 per ton.

**Keywords:** carbon sequestration; ecosystem; environmental services



## 1. INTRODUCCIÓN

Las actividades humanas han modificado el estado de la naturaleza con la quema de combustibles fósiles, las actividades agrarias, entre otros; que han impulsado concentraciones atmosféricas de gases de efecto invernadero (GEI), produciendo inminente calentamiento sobre la superficie terrestre.

El Boletín de la OMS indica sobre los Gases de Efecto Invernadero que la concentración media mundial de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) alcanzó las 407,8 partes por millón (ppm) en 2018, tras haber sido 405,5 ppm en 2017 (OMS, 2019). Desde 1992 hasta la actualidad, la temperatura media del planeta no ha parado de crecer cada año, a la vez que se incrementan las emisiones de CO<sub>2</sub> y la concentración de este gas en la atmósfera.

En mayo de 2020, la concentración de CO<sub>2</sub>, el principal Gas de Efecto Invernadero (GEI), merced al gran volumen que acumulan sus emisiones, alcanzó un nuevo récord histórico con 417 partes por millón (ppm) (Teso Alonso, 2020). El cambio climático es un tema caracterizado por la incertidumbre, la controversia, el escepticismo y el compromiso limitado de las personas.

Los bosques son los almacenes más importantes del mundo y son los responsables por la mayor parte de los flujos de carbono, siendo estos flujos a través de la fotosíntesis (captura de CO<sub>2</sub> para formar carbohidratos) y la respiración (la oxidación de carbohidratos para liberar CO<sub>2</sub>) (Díaz Chuquizuta et al., 2016).

Los principales sumideros de GEI en definitiva son los bosques y más si son de crecimiento rápido, los cuales acumulan enormes cantidades de carbono en la madera y en el ecosistema a través de la fotosíntesis que absorben CO<sub>2</sub> atmosférico, el cual almacena en los diferentes componentes y devuelven (Ministerio de Agricultura Alimentación y Medio Ambiente, 2012).

Por otra parte, las áreas verdes no solo influyen positivamente en la captación de carbono de las ciudades, sino también favorecen la regulación de la temperatura, indicado por Fernández, (2016). Las áreas urbanas emiten grandes cantidades de dióxido de carbono, sin embargo, el arbolado de los parques puede capturar este gas y actuar como sumideros naturales dentro de las ciudades.

El conocimiento sobre el potencial de captura de la vegetación urbana en relación con el CO<sub>2</sub> emitido por los vehículos automotores es limitado y escaso, pero necesario para formular medidas de mitigación ante el cambio climático (Dominguez, 2016).

Así, el crecimiento acelerado de las urbes incluye pérdidas de áreas verdes y la reducción en la captación de gases de carbono, impermeabilidad de los suelos y almacenamiento de calor en estructuras y superficies, mayor emisión de contaminantes atmosféricos (Bert M., Ogunlade D., Coninck H., Loos M., 2005). La agricultura urbana representa una fuente importante de alimentos para la sociedad que reside en la urbe, pero es importante determinar el impacto que está teniendo la contaminación ambiental (Quizhpi Pintado & Sarango Guamán, 2020). Si bien, se hace producción urbana de hortalizas, pero, generalmente las huertas producen frutas arbóreas y arbustivas, en todos los casos, donde existen plantas hay almacenamiento de carbono.

Muñoz Tello & Vásquez Córdova (2020) realizaron estimaciones del potencial de captura de carbono en 28 parques urbanos y emisiones de CO<sub>2</sub> vehicular en Cuenca, Ecuador, siendo los ecosistemas forestales y de arbolado urbano una importante herramienta para la retención y secuestro de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) - uno de los principales gases de efecto invernadero en la atmósfera (Pacheco Gutiérrez, 2020).

Bajo este panorama, esta investigación buscó determinar el almacenamiento de biomasa y carbono en huertas urbanas, para ello, se indagó el universo de lotes urbanos, se evaluó su biomasa y se determinó la captura de carbono en las huertas de los lotes urbanos de Yantaló.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

Para el desarrollo del estudio, se realizó la gestión pertinente en la Municipalidad Distrital de Yantaló, provincia de Moyobamba, Perú; donde se obtuvo el registro catastral de lotes urbanos, para obtener la población universal del estudio, conformada por las huertas de los lotes urbanos. Con esta averiguación, se ha determinado la muestra de estudio, en base a la fórmula estadística del valor de Z de 80% de confianza. Luego, al azar, mediante balotaje simple, se han identificado los lotes urbanos a investigar.

La metodología empleada fue la recomendada por el manual de las reservas totales de carbono en los diferentes sistemas de uso de la tierra en Perú. Los datos tomados de las huertas de los lotes urbanos, fueron de seis fuentes: árboles, arbustos, hierbas, raíces, hojarasca – mantillo, suelo. Las mediciones de árboles y arbustos se hicieron a todos los individuos de las huertas (193 metros cuadrados en promedio), midiendo sus diámetros a la altura del pecho (DAP), a 1,30 metros del suelo, con forcípula.

Con estas informaciones se determinaron sus pesos y biomásas, empleando la siguiente fórmula:  $BA=0,1184 \text{ DAP}^2,53$ . Las ecuaciones empleadas para la determinación del carbono aéreo y suelo fueron las establecidas por Arévalo et al. (2003). Los individuos vegetales fueron identificados con los correspondientes nombres comunes y nombres científicos. Con estos pesos frescos se determinaron los pesos secos (32% del peso fresco).

Con los pesos secos se determinaron las capturas de carbonos de estas biomásas (45% del peso seco, aunque otros autores indican que sería el 50%) y otros que, el carbono constituye aproximadamente 40,8% de la biomasa leñosa de la especie estudiada (Hernández Vásquez, 2012), dependiendo de la especie.

Con respecto a la obtención de información de hierbas, se marcó 1 m<sup>2</sup> con cuatro estacas, de 1 m x 1 m. Las medidas se hicieron con wincha, uniendo las estacas con hilo de rafia resistente. Se cortaron las hierbas, de inmediato se identificaron por nombres comunes, también por nombres científicos.

Este material fresco se llevó al laboratorio de suelos, donde se procedió al pesaje de la hierba fresca en balanza analítica. De allí se procedió a someter a estufa con aire de 75 °C, por 24 h, obteniendo así el peso seco de las hierbas. Éste peso fue multiplicado por el 45% para obtener el carbono capturado.

Para estimar el contenido de carbono almacenado en el estrato arbóreo se midió DAP y altura, con lo cual se calculó el volumen; luego con la densidad básica de cada especie se obtuvo la biomasa que multiplicada por 0,50 da el carbono acumulado (Aguirre Mendoza, 2018).

Aproximadamente en el centro de la huerta, se seleccionó un espacio de 0,50 m, x 0,50 m, x 0,50 m, de largo, ancho y profundidad respectivamente. Se circuló con rafia, entre cuatro pequeñas estacas, una en cada vértice. De esa pequeña superficie, se recogió la hojarasca – mantillo, en bolsa plástica o de papel, la que fue llevada al laboratorio, donde se procedió al pesaje fresco, en balanza analítica. De allí se procedió a someter a estufa con aire de 75 °C, por 24 h, obteniendo así el peso seco de la hojarasca - mantillo. Este peso seco fue multiplicado por el 45% para obtener el carbono capturado.

Asimismo, se realizó una calicata. Se extrajeron todo el suelo removido a la superficie limpia, donde se zarandea y se separan las raíces. Estas raíces fueron llevadas al laboratorio, donde se procedió al pesaje de raíces frescas en balanza analítica. De allí se procedió a someter a estufa con aire de 75 °C, por 24 h, obteniendo así el peso seco de las raíces.

Este peso seco fue multiplicado por el 45% para obtener el peso de carbono almacenado. Seguidamente, se extrajeron la muestra de suelo de un extremo de la calicata, de 0,20 m de profundidad.

Las muestras de suelos de las huertas de los lotes urbanos de Yantaló, luego del respectivo secado bajo sombra, molido, tamizado y envasado en bolsas plásticas, debidamente etiquetadas fueron llevadas al laboratorio de suelos de la Universidad Nacional de San Martín Tarapoto, con cuyos resultados, se ha

determinado la cantidad de carbono reservado en los suelos, tomando en cuenta la densidad aparente, la superficie de las huertas y el porcentaje de carbono total obtenido en el laboratorio.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1. Resultados

##### Universo de lotes urbanos de Yantaló

La ciudad de Yantaló tiene 1 893 lotes urbanos. Un lote urbano tiene en promedio 311 m<sup>2</sup>; de esta superficie, 109 m<sup>2</sup> es huerta (35% del lote). Llevada la superficie de metros cuadrados de lotes y huertas a ha, la suma total de los lotes urbanos de Yantaló es de 59 ha. La superficie total de las huertas de los lotes urbanos alcanza a 21 ha (Tabla 1). El tamaño de los huertos es variable teniendo que la superficie menor fue de 200 m<sup>2</sup> y la mayor de 20 000 m<sup>2</sup> (Chablé-Pascual et al., 2015).

**Tabla 1.** Superficies (m<sup>2</sup> y has) de lotes urbanos de Yantaló y sus huertas

Ciudad estudiada	N° lotes	Promedio m <sup>2</sup> de lotes y huertas			Promedio ha de lotes y huertas		
		m <sup>2</sup> lote	m <sup>2</sup> huerta	% huerta	Ha lotes	Ha huertas	% huerta
Yantaló	1893	311	109	35	59	21	35

##### Biomasa

Las huertas acumulan 998 tn de biomasa, en cinco fuentes: árboles, arbustos, hierbas, raíces y hojarascas. Los árboles aportan el 43,86%, las raíces el 12,5%, las hojarascas – mantillos el 23%, los arbustos el 2,62% y las hierbas el 1,3% de biomasa. Una huerta urbana de Yantaló (109 m<sup>2</sup>), acumula 0,527 t de biomasa (Tabla 2).

**Tabla 2.** Biomasa de las huertas de Yantaló

N°	Fuentes	Biomasa	Porcentaje
1	Árboles	524	43,86
2	Arbustos	31	2,62
3	Hierbas	16	1,31
4	Raíces	149	12,50
5	Hojarascas	277	23,19
	<b>Total</b>	998	100,00

##### Carbono almacenado por la biomasa

Las huertas almacenan 449 tn de carbono, en cinco fuentes: árboles, arbustos, hierbas, raíces y hojarascas. Los árboles aportan el 52,5%, las raíces el 14,97%, las hojarascas – mantillos el 27,78%, los arbustos el 3,1% y las hierbas el 1,57% de carbono capturado. Una huerta urbana (109 m<sup>2</sup>), captura 0,63 t de carbono (Tabla 3).

**Tabla 3.** Carbono capturado

N°	Fuentes	Carbono	Porcentaje
1	Árboles	236	52,54
2	Arbustos	14	3,14
3	Hierbas	7	1,57
4	Raíces	67	14,97
5	Hojarascas	125	27,78
	<b>Total</b>	449	100,00

### Carbono capturado por el suelo

El peso promedio del suelo de una huerta es de 35,56 tn. Las 1893 huertas pesan 67311,12 tn, considerando su densidad aparente (DA) promedio de 1,62 t/m<sup>3</sup> y 0,20 m de profundidad. El suelo de una huerta de 109 m<sup>2</sup> promedio almacena 1,12 tn de carbono; y, las 1893 huertas almacenan 747 t de carbono orgánico (Tabla 4).

**Tabla 4.** Carbono en el suelo de huertas

N° lotes	m <sup>2</sup>	DA (t/m <sup>3</sup> )	Profundidad suelo	Peso t	% C	C t huertas
1	53,33	1,55	0,20	16,53	1,125	0,1860
2	77,40	1,62	0,20	25,08	1,137	0,2851
3	310,50	1,65	0,20	102,47	1,079	1,1056
4	135,00	1,62	0,20	43,74	1,137	0,4973
5	35,00	1,65	0,20	11,55	1,154	0,1333
6	75,00	1,67	0,20	25,05	1,137	0,2848
7	78,00	1,57	0,20	24,49	1,096	0,2684
<b>Total</b>	764,23			248,91		2,7606
<b>Promedio</b>	109,18	1,62	0,20	35,56	1,12	0,3944
<b>Peso t 1 893 huertas</b>				67311,12		
<b>C t 1 893 huertas</b>						747

### Carbono capturado por la biomasa y el suelo

Las 1 893 huertas de los lotes urbanos de Yantaló, capturan 1196 tn de carbono en seis fuentes: árboles, arbustos, hierbas, raíces, hojarascas y suelos. El suelo aporta con el 62,44%. La huerta de un lote urbano, captura 0,63 tn de carbono (Tabla 5).

**Tabla 5.** Carbono almacenado

N°	Fuentes	Carbono	Porcentaje
1	Árboles	236	19,74
2	Arbustos	14	1,18
3	Hierbas	7	0,59
4	Raíces	67	5,62
5	Hojarascas	125	10,43
6	Suelos	747	62,44
	<b>Total</b>	1196	100,00

### Valoración del carbono capturado (\$)

El valor del carbono capturado por las huertas urbanas de Yantaló, se estima para el 2021 en 26305 dólares; para el 2030 en 59784 dólares, tomando en cuenta precios de 22 y 50 dólares t<sup>-1</sup> de carbono almacenado respectivamente. El CICRA es un área de manejo y concesión por lo que se utilizó el valor de 15 dólares americanos por tn de carbono almacenado (Martel & Cairapoma, 2012). Los parámetros de referencia distintos de la estimación de USD 50 por tn también pueden ser útiles. Por ejemplo, un informe reciente del FMI estima que un impuesto de USD 75 por tn de dióxido de carbono aplicado a escala mundial permitiría alcanzar la meta del Acuerdo de París de limitar el calentamiento global a 2 °C sobre los niveles preindustriales (Gillingham, 2019) (Tabla 6).

**Tabla 6.** Valoración de captura de carbono

Años de cotizaciones	Valores \$	Cantidad C t	Montos \$
Valor del carbono 2021	22	1196	26305
Valor del carbono 2030	50	1196	59784



### Especies de árboles, arbustos y hierbas

En las huertas urbanas existen ocho especies de árboles, nueve especies de arbustos y siete especies de hierbas, en total 24 especies, de manera idéntica a Tabasco, México, donde se observaron tres tipos de estratos: el arbóreo, el arbustivo y el herbáceo (Chablé-Pascual et al., 2015) (Tabla 7).

**Tabla 7.** Árboles, arbustos y hierbas identificadas

N° orden	Árboles		Arbustos		Hierbas	
	Nombre común	Nombre científico	Nombre común	Nombre científico	Nombre común	Nombre científico
1	Caimito	<i>Chrysophyllum cainito</i>	Algodón	<i>Gossypium herbaceum</i>	Ciuca culantro	<i>Eryngium foetidum L.</i>
2	Cedro	<i>Cedrus sp</i>	Anona	<i>Annona squamosa</i>	Diente de León	<i>Taraxacum officinale</i>
3	Chope	<i>Ceroxylon quindiuense</i>	Limón	<i>Citrus aurantifolia</i>	Hierba mala	<i>Cyperus rotundus L.</i>
4	Guaba	<i>Inga edulis</i>	Matico	<i>Buddleja globosa</i>	Llantén mayor	<i>Plantago major</i>
5	Mango	<i>Mangifera indica</i>	Papaya	<i>Carica papaya</i>	Malva	<i>Malva Sylvestris L.</i>
6	Palta	<i>Persea americana</i>	Plátano	<i>Musa L. paradisiaca</i>	Sábila	<i>Aloe vera</i>
7	Pomarrosa	<i>Syzygium jambos</i>	Puspo poroto	<i>Cajanus cajan</i>	Verbena	<i>Verbena officinalis</i>
8	Zapote	<i>Pouteria sapota</i>	Wingo	<i>Crescentia cujete</i>		
9			Yuca	<i>Manihot esculenta</i>		

### 3.2. Discusión

El crecimiento de las urbes es inminente. La ciudad capital del distrito de Yantaló tiene 1 893 lotes urbanos. La urbanización es un proceso territorial y socioeconómico que induce una transformación radical del uso/cobertura del suelo y constituye el proceso que mayores cambios produce en el medio ambiente y, por lo tanto, está íntimamente ligado al incremento de los problemas y riesgos ambientales (Merlotto et al., 2012).

En Yantaló, un lote urbano tiene en promedio 311 m<sup>2</sup>; de esta superficie, 109 m<sup>2</sup> es huerta (35% del lote). El tamaño de los huertos es variable teniendo que la superficie menor fue de 200 m<sup>2</sup> y la mayor de 20 000 m<sup>2</sup> (Chablé-Pascual et al., 2015).

Los lotes urbanos de Yantaló abarcan 59 ha; de las cuales, 21 ha son huertas, que forman parte de la extensión del territorio del distrito de 7 200 ha, con 3 375 habitantes, con densidad poblacional de 46,9 hab./km<sup>2</sup> (Distrito.pe, 2020), siendo una densidad moderada, tomando en cuenta superficies de los lotes urbanos y sus huertas, en tal sentido, la densidad, pues, puede ser medida por el número de viviendas y/o de habitantes en un área determinada (Hermida et al., 2015).

Los lotes urbanos de Yantaló, así como los de las otras ciudades de la selva peruana, tienen huertas; precisamente por encontrarse en la selva, estas huertas son espacios libres, expuestos a la iluminación solar, por tanto, ávidas a la inminente proliferación de los tres estratos de especies vegetales: árboles, arbustos y hierbas. Por consiguiente, son espacios naturales libres con flora natural o doméstica, por tanto, son áreas donde se captura carbono de la atmósfera, así como los parques y jardines públicos, con estudios científicos bastante incipientes.

El almacenamiento de 1196 tn de carbono, resulta para Yantaló de vital importancia ambiental con mérito de valoración. Si bien la mirada está puesta en el ámbito rural, tampoco se puede soslayar tan significativa

captura de carbono. Los programas de captura de carbono en bosques son instrumentos con enorme potencial para contribuir a la transición hacia el desarrollo sustentable (Yañez, 2004).

Los árboles son los que más aportan con la captura de carbono con el 62%, por eso el contenido de carbono varía en cada una de las edades; en la plantación de 51 años el carbono almacenado en el fuste fue 192,32 Mg ha<sup>-1</sup>, mientras que en la plantación de 5 años los valores fueron 16,65 Mg ha<sup>-1</sup> (López-Reyes et al., 2016). Por su parte, el peso promedio del suelo de una huerta en Yantaló es de 35,56 t, tomando en cuenta 1,62 t/m<sup>3</sup> de densidad aparente y 0,20 m de profundidad.

Los suelos urbanos generalmente fueron intervenidos en actividades productivas agrarias durante décadas precedentes; sin embargo, aún ostentan en promedio 1,12% de carbono total, como indicador de la existencia de vida vegetal, quizá por esa razón, el suelo de una huerta de 109 m<sup>2</sup> promedio en Yantaló almacena 0,39 tn de carbono, una cantidad apreciable en tiempo de enfoque urbanístico.

Los ecosistemas maduros almacenan aproximadamente 1261,54 tCO<sub>2</sub>/ha; mientras que los bosques secundarios cerca de 628,99 tCO<sub>2</sub>/ha (Retana et al., 2019); en cambio, las huertas urbanas de Yantaló capturan alrededor de 57,95 tC/ha (1196 tC/21 has), quizá por su limitada diversidad de solo siete tipos de árboles, 10 tipos de arbustos y 19 tipos de plantas herbáceas y abundantes condiciones adversas de vida urbana, diferente a la vida natural. Además, la comunidad de Yantaló estaría dejando de percibir 26305 dólares anuales de ingresos por concepto de captura de carbono en las huertas de los lotes urbanos en el año 2021, como servicio ambiental.

#### 4. CONCLUSIONES

La ciudad de Yantaló tiene una superficie de 59 ha aproximadamente; de esta cantidad 21 ha son huertas, de 109 m<sup>2</sup> en promedio, las que poseen 0,527 t de biomasa. Estas huertas capturan 1196 tn de carbono. La valoración del carbono almacenado en las huertas urbanas alcanzaría alrededor de 26 305 dólares en el año 2021 como servicios ambientales de almacenamiento de carbono. Además, en las huertas urbanas de Yantaló existen tres tipos de especies vegetales: árboles (ocho especies), arbustos (nueve especies) y hierbas (siete especies), en total 24 especies.

#### FINANCIAMIENTO

Ninguno

#### CONFLICTO DE INTERESES

No existe ningún tipo de conflicto de interés relacionado con la materia del trabajo.

#### CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Conceptualización: Ordóñez-Ruiz, K. M.; Ordóñez-Sánchez, L. A.

Curación de datos: Ordóñez-Ruiz, K. M.; Ordóñez-Sánchez, L. A.

Análisis formal: Ordóñez-Ruiz, K. M.; Ordóñez-Sánchez, L. A.

Investigación: Ordóñez-Ruiz, K. M.; Ordóñez-Sánchez, L. A.

Metodología: Ordóñez-Ruiz, K. M.; Ordóñez-Sánchez, L. A.

Supervisión: Ordóñez-Ruiz, K. M.

Validación: Ordóñez-Sánchez, L. A.

Redacción - borrador original: Ordóñez-Ruiz, K. M.; Ordóñez-Sánchez, L. A.

Redacción - revisión y edición: Ordóñez-Ruiz, K. M.; Ordóñez-Sánchez, L. A.

**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- Aguirre Mendoza, Z. (2018). Estimación del carbono acumulado en una parcela permanente de bosque andino en el parque universitario Francisco Vivar Castro, Loja, Ecuador. *Arnaldoa*, 25(3).  
<https://doi.org/10.22497/arnaldoa.253.25307>
- Arévalo, L. , Alegre, J. , & Palm, C. (2003). *Manual de determinación de las reservas de carbono en los diferentes sistemas de uso de tierras en Perú*.
- Bert, M., Ogunlade, D., Coninck, H., Loos, M., & Meyer, L. (2005). *La captación y el almacenamiento de dióxido de carbono*. [https://archive.ipcc.ch/pdf/special-reports/srccs/srccs\\_spm\\_ts\\_sp.pdf](https://archive.ipcc.ch/pdf/special-reports/srccs/srccs_spm_ts_sp.pdf)
- Chablé-Pascual, R., Palam-López, D., Vázquez-Navarrete, C., Ruiz-Rosado, O., Mariaca-Méndez, R., & Ascensio-Rivera, J. (2015). Estructura, diversidad y uso de las especies en huertos familiares de la Chontalpa, Tabasco, México. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 2(4), 23-39.  
[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S2007-90282015000100003&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2007-90282015000100003&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
- Díaz Chuquizuta, P., Fachin Ruiz, G., Tello Salas, C., & Arevalo López, L. (2016). Carbono almacenado en cinco sistemas de uso de tierra, en la región San Martín Perú. *Rinderesu (Revista internacional de desarrollo regional sustentable)*, 1(2). <http://rinderesu.com/index.php/rinderesu/article/view/22>
- Distrito.pe. (2020). *Yantalo en la region de San Martín - Municipio y municipalidad de Perú*.  
<https://www.districto.pe/districto-yantalo.html>
- Dominguez, A. (2016). Estimaciones de captura de los parques y emisiones de CO2 vehicular en Tijuana, B.C. [El colegio de la Frontera Norte]. En *Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE)*. <https://colef.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1014/198/1/TESIS-Domínguez Madrid Ana Yurendy.pdf>
- Fernández, J. (2016). *Agricultura Urbana Y Su Aporte Contra El Efecto Invernadero En La Universidad Politecnica Salesiana Sede Cuenca*, [Universidad Politécnica Salesian], p80.  
<https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/12815>
- Gillingham, K. (2019). Cálculos De Carbono. *International Monetary Fund*, 1-6.  
<https://www.imf.org/external/pubs/ft/fandd/spa/2019/12/pdf/the-true-cost-of-reducing-greenhouse-gas-emissions-gillingham.pdf>
- Hermida, M. A., Hermida, C., Cabrera, N., & Calle, C. (2015). La densidad urbana como variable de análisis de la ciudad: El caso de Cuenca, Ecuador. *EURE (Santiago)*, 41(124), 25-44.  
<https://doi.org/10.4067/S0250-71612015000400002>
- Hernández Vásquez, E. (2012). Captura de carbono por Inga jinicuil Schltdl: En un sistema agroforestal de café bajo sombra. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 3(9), 11-21.  
[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S2007-11322012000100002&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2007-11322012000100002&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
- López-Reyes, L. Y., Domínguez-Domínguez, M., Martínez-Zurimendi, P., Zavala-Cruz, J., Gómez-Guerrero, A., & Posada-Cruz, S. (2016). Carbono almacenado en la biomasa aérea de plantaciones de hule (*Hevea brasiliensis* Müell. Arg.) de diferentes edades. *Madera y Bosques*, 22(3), 49-60.  
<https://doi.org/10.21829/myb.2016.2231456>
- Martel, C., & Cairapoma, L. (2012). Cuantificación del carbono almacenado en formaciones vegetales amazónicas en «CICRA», Madre de Dios (Perú). *Ecología Aplicada*, 11(2), 59-62.  
[http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S1726-22162012000200003&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1726-22162012000200003&lng=es&nrm=iso&tlng=es)

- Merlotto, A., Piccolo, M. C., & Bértola, G. R. (2012). Crecimiento urbano y cambios del uso/ cobertura del suelo en las ciudades de Necochea y Quequén, Buenos Aires, Argentina. *Revista de geografía Norte Grande*, 53, 159-176. <https://doi.org/10.4067/S0718-34022012000300010>
- Ministerio de Agricultura Alimentación y Medio Ambiente. (2012). Sumideros de carbono. *Sumideros de carbono*, 2. <https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mecanismos-de-flexibilidad-y-sumideros/sumideros-de-carbono/>
- Muñoz Tello, M. E., & Vásquez Córdova, E. G. (2020). *Estimaciones del potencial de captura de carbono en los parques urbanos y emisiones de CO2 vehicular en Cuenca, Ecuador*. [Universidad Politécnica Salesiana]. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/18390/1/UPS-CT008694.pdf>
- OMS. (2019, noviembre 25). *La concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera alcanza un nuevo récord | Organización Meteorológica Mundial*. Gases de efecto invernadero. <https://public.wmo.int/es/media/comunicados-de-prensa/la-concentración-de-gases-de-efecto-invernadero-en-la-atmósfera-alcanza>
- Pacheco Gutiérrez, C. A. (2020). Estimación del almacenamiento y retención de Dióxido de carbono en el arbolado urbano público de la zona de Achumani de la ciudad de La Paz a través de una aplicación móvil. *FIDES ET RATIO*, 19(19), 153-174. <http://fidesetratio.ulasalle.edu.bo/index.php/fidesetratio/article/view/63>
- Quizhpi Pintado, M. J., & Sarango Guamán, T. A. (2020, julio). *Determinación de plomo, bacterias patógenas (E. Coli y Coliformes) y captura de carbono en la agricultura urbana (hortalizas y ornamentales) emplazadas en cinco instituciones educativas ubicados en el Distrito Norte de la ciudad de Cuenca fomentando la educación ambiental bajo los principios IAR- FAO*. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/18812>
- Retana, L., Méndez, A., Sánchez, H., Montero, W., Barquero, A., & Hernández, L. (2019). Estimación de la biomasa y carbono almacenado en un bosque primario intervenido de la zona protectora El Rodeo, Costa Rica. *Revista Cubana de Ciencias Forestales*, 7(3), 341-353. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S2310-34692019000300341&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2310-34692019000300341&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
- Teso Alonso, G. (2020). La actividad investigadora realizada en España en torno a la comunicación del medio ambiente, el cambio climático y la sostenibilidad (2007-2018). *Revista mexicana de investigación educativa*, 25(87), 901-931. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S1405-66662020000400901&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1405-66662020000400901&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
- Yañez, S. A. (2004). La captura de carbono en bosques : ¿una herramienta para la gestión ambiental? *Gaceta Ecológica*, 70(70), 5-18. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=53907001>
- Zavala, W., Merino, E., & Peláez, P. (2018). Influence of three agroforestry systems of cocoa cultivation on carbon capture and storage. *Scientia Agropecuaria*, 9(4), 493-501. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2018.04.04>



## Primer reporte de *Anisakis* sp. (Dujardin, 1845) en pez de la isla caribeña de Coche, Venezuela

First report of *Anisakis* sp. (Dujardin, 1845) in fish from the Caribbean Island of Coche, Venezuela

**Traviezo-Valles, Luis Eduardo**<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup>Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado, Barquisimeto, Venezuela

<sup>2</sup>Fundación NaWaraos, Barquisimeto, Venezuela

**Recibido:** 14 Jun. 2022 | **Aceptado:** 13 Jul. 2022 | **Publicado:** 20 Jul. 2022

**Autor de correspondencia\*:** [luisetraviezo@hotmail.com](mailto:luisetraviezo@hotmail.com)

**Cómo citar este artículo:** Traviezo-Valles, L. E. (2022). Primer reporte de *Anisakis* sp. (Dujardin, 1845) en pez de la isla caribeña de Coche, Venezuela. *Revista Amazónica de Ciencias Ambientales y Ecológicas*, 1(2), e383.

<https://doi.org/10.51252/reacae.v1i2.383>

### RESUMEN

Una de las principales actividades económicas en la isla de Coche es la pesca, la cual constituye la principal fuente de suministro de proteínas en su población. Esta diversidad de peces pueden funcionar como hospedadores paraténicos del parásito heteroxeno, *Anisakis* sp., Dujardin, 1845 (*Nematoda: Anisakidae*) de aquí que, el hallazgo de larvas de tercer estadio de este helminto en un robalo (*Centropomus undecimalis*) capturado artesanalmente en aguas próximas a la isla, representa un alerta epidemiológico para sus habitantes, los cuales deberán cocinar mejor estos productos marinos e igualmente es un alerta ecológico que conducirá a investigar mejor la relación entre las diferentes especies que intervienen en el ciclo biológico de este *helminto eurixéno* y el ambiente marino donde se desarrollan, elementos que podrían estar interviniendo en la distribución y abundancia de este nematodo en zonas donde era nula o extraña su presencia.

**Palabras clave:** *Anisakis*; ambiente marino; delfín; epidemiología; parásito; peces

### ABSTRACT

One of the main economic activities on the Island of Coche is fishing, which is the main source of protein supply for its population. This diversity of fish can function as paratenic hosts of the heteroxenous parasite, *Anisakis* sp., Dujardin, 1845 (*Nematoda: Anisakidae*), hence the finding of third-stage larvae of this helminth in a robalo (*Centropomus undecimalis*) caught by hand in waters near the island, represents an epidemiological alert for its inhabitants, who should cook these marine products better and it is also an ecological alert that will lead to better research on the relationship between the different species that intervene in the biological cycle of this *euryxenus helminth* and the marine environment where they develop, elements that could be intervening in the distribution and abundance of this nematode in areas where its presence was null or rare.

**Keywords:** *Anisakis*; marine environment; dolphin; epidemiology; parasite; fishes



## 1. INTRODUCCIÓN

Unas cincuenta especies de parásitos, helmintos acuáticos, han sido descritas como causantes de enfermedades en humanos, pero pocas de estas pueden llegar a producir una sintomatología grave (Faustino Delgado, 2008; Rosado García *et al.*, 2022).

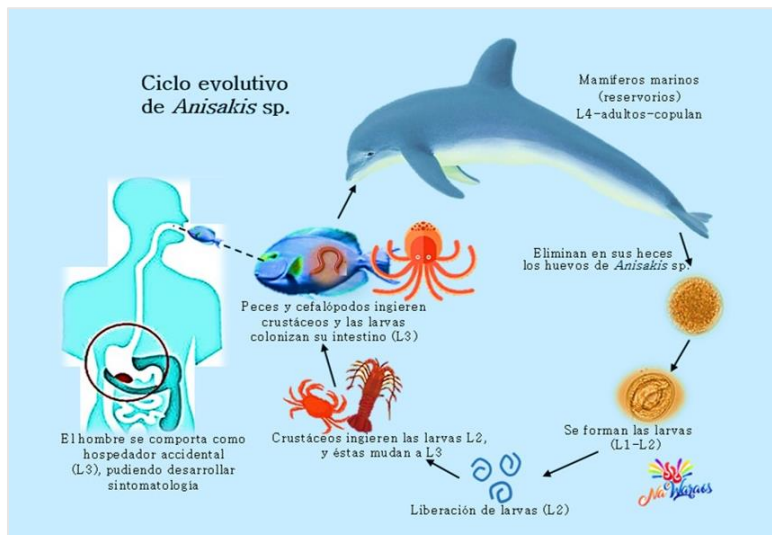
*Anisakis sp.*, es el género de un helminto parásito, heteroxeno, cosmopolita, del cual se han descrito varias especies, entre ellas: *Anisakis simplex* (principal responsable de la sintomatología en humanos), *A. pegreffii*, *A. physeteris*, *A. schupakovi*, *A. typica* y *A. ziphidarum* (Audicana, 2022; Rosado García *et al.*, 2022). En el caso específico de *Anisakis simplex*, fue descrito por primera vez en 1809 por Rudolphi, por lo que, tiene más de 200 años de estudios (Puccio *et al.*, 2008; Padilla *et al.*, 2018; Valdizan Cristobal, 2018; Rosado García *et al.*, 2022). En estudios entre 1985-1990, el hallazgo de larvas de *Anisakis* en peces era extraordinariamente raro, pero transcurridos 20 años, su presencia se convirtió en un problema frecuente, lo cual se mantuvo en ascenso hasta la actualidad (Bracho Espinoza, 2018).

Por otra parte, la enfermedad o *anisakiasis* (*anisakiosis*, *anisakidosis*) fue descrita por primera vez (infección/enfermedad) en un paciente de Holanda en 1955, extendiéndose desde entonces sus reportes a todos los continentes, casuística que concentra su prevalencia en Japón, donde en la actualidad se agrupa el 95% de los 20.000 casos anuales que se reportan a nivel mundial en humanos (Faustino Delgado, 2008; Bracho Espinoza, 2018; Audicana, 2022).

Los principales hospedadores definitivos y reservorios de *Anisakis sp.*, son los cetáceos, tales como los delfines (principalmente en Venezuela), ballenas y cachalotes. También pueden actuar como reservorios las focas y excepcionalmente algunas aves piscívoras. Los reservorios presentan en su tubo digestivo los adultos machos y hembras de *Anisakis sp* los cuales copulan para luego eliminar los huevos de *Anisakis* (hasta 1,5 millones por cada helminto adulto hembra) junto con las heces del mamífero marino, (Faustino Delgado, 2008; Rosado García *et al.*, 2022).

En el agua los huevos embrionados se transforman en larvas de primer estadio (L1), mudan y se transforman en L2 las cuales son infectantes, eclosionan y se liberan en el mar, siendo ingeridas por pequeños crustáceos planctónicos (especialmente eufáusidos) que funcionan como los primeros hospedadores secundarios en ellos las larvas mudan y se transforman en L3. Estos crustáceos son ingeridos por peces o cefalópodos que participan como los segundos hospedadores intermediarios (hospedadores paraténicos), donde las larvas se mantienen como L3. Estos peces infectados son ingeridos por los cetáceos, dentro de los cuales el helminto mudará a L4 (Figura 1) para luego transformarse en adultos, copular y oviponer, comenzando un nuevo ciclo (Terán-Ángel & Rojas, 2012; Audicana, 2022).

**Figura 1.** Ciclo evolutivo de *Anisakis sp.* Fuente: fotocomposición del autor.



El hombre al ingerir peces infectados crudos o mal cocidos, puede contagiarse con las L3, pero estas no podrán seguir evolucionando e inevitablemente morirán como L3, tal que el humano funcionaría solo como hospedador accidental. Esta infección accidental está asociado al consumo de cebiche, sushi, sashimi, semiconservas, escabeche, desecados, ahumados, salazón, entre otros (Maniscalchi Badaoui *et al.*, 2015; Airahuacho Bautista *et al.*, 2020; Rosado García *et al.*, 2022).

Entre los principales signos y síntomas que pueden presentar los humanos infectados están: alergia, urticaria, asma, hipotensión, shock anafiláctico, diarrea, sangrado intestinal, vómito y dolor epigástrico (Faustino Delgado, 2008; Terán-Ángel & Rojas, 2012; Bracho Espinoza, 2018).

El objetivo del presente trabajo fue detectar larvas (L3) de *Anisakis* spp. en diversidad de especies de peces capturados por pescadores artesanales de la isla de Coche.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

Paralelo a un operativo médico, quirúrgico gratuito, realizado en la isla de Coche por la Fundación NaWaraos, se hizo un estudio descriptivo, transversal, no probabilístico, con muestra accidental, con toma de muestras de peces desde el 6 al 12 de junio del 2022, en la población costera de San Pedro de Coche, situada en la isla paradisíaca caribeña de San Pedro de Coche (Coche), en el municipio Villalba, del estado Nueva Esparta, Venezuela (Figura 2).

**Figura 2.** Mapa de las islas de Margarita y Coche, se indica con la flecha roja, el lugar del estudio.



El estado (departamento) de Nueva Esparta es el único estado insular de Venezuela, situado en la zona nororiental del país, estando conformado por tres islas (Margarita, Coche y Cubagua), lo cual representa apenas el 0,13% del territorio venezolano (Boada, 2022).

La isla de Coche ostenta un área de 55 Km<sup>2</sup>, con terrenos planos y algunos acantilados (altura máxima 60 msnm), presenta un clima semiárido, con temperaturas medias de 28 °C (máximas 38 °C) y con precipitaciones medias anuales de 512 mm, su ubicación aproximada es 10° 44'-10°49' N; 63° 53'-64° 01' O.

En el pequeño puerto de San Pedro de Coche, se analizaron diversidad de especies de peces de aspecto saludable a simple vista, entre estas, *Centropomus undecimalis*, *Mugil incilis*, *Mugil liza*, *Trachurus picturatus murphyi*, *Merluccius merluccius* y *Scarus* sp. (Cervigón, 1993).

El examen en busca de larvas L3 de *Anisakis* sp., se realizó externa e internamente en los ejemplares de una manera visual simple (macroscópica), observando la zona cutánea, branquias, cavidad oral, luego se abría el abdomen en sentido craneo ventral, partiendo desde el opérculo hasta el orificio excretor, examinando estómago, hígado, intestino y demás vísceras, igualmente se observó el tejido muscular.

La larva L3 encontrada fue extraída del tejido y colocada en alcohol para su preservación y ulterior observación e identificación con el uso del estereoscopio y posteriormente con la ayuda del microscopio fotónico.

Las características básicas de identificación del género *Anisakis* fueron la forma filiforme de su larva blanquecina, que presentan una mancha blanca en su tercio anterior, con abertura bucal triangular con tres protuberancias labiales, un poro excretor abierto entre dos protuberancias labiales y particularmente, un diente triangular en posición ventral con respecto a la boca (le sirve para penetrar tejidos), (Airahuacho Bautista *et al.*, 2020, Rosado García *et al.*, 2022).

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se examinaron 20 ejemplares de distintas especies de peces, observándose solo uno infectado con larva en tercer estadio de *Anisakis* sp., esto correspondió a un ejemplar infectado de robalo (*Centropomus undecimalis*) de dos de esta especie analizados (1/2), mientras que en cuatro lisas (*Mugil incilis*), tres lebranchés (*Mugil liza*), dos jureles (*Trachurus picturatus murphyi*), dos merluzas (*merluccius*) y tres peces loro (*Scarus* sp.) examinados, no se observó ningún parásito.

El primer reporte de larvas L3 de *Anisakis* sp., en Venezuela fue publicado en 1981, encontrándose en curvinas, *Cynoscion virescens* y desde entonces se han hecho reportes que van desde el lago de Maracaibo (occidente) hasta el delta del río Orinoco (oriente), prácticamente toda la costa de Venezuela, no obstante, es el primer reporte de un pez infectado en aguas cercanas a la isla de Coche (Maniscalchi Badaoui *et al.*, 2015).

En Venezuela se han señalado como principales hospedadores definitivos (mamíferos infectados) de *Anisakis* sp, a manatíes (*Trichechus manatus*), nutrias (*Lutra lutra*), delfines (*Delphinus delphis*) y cantidad de aves piscívoras como pelícanos y garzas (Maniscalchi Badaoui *et al.*, 2015; Rosado García *et al.*, 2022) pero se desconoce con exactitud cuál sería el responsable de mantener el ciclo en isla de Coche, no obstante el mamífero de agua mayormente señalado en esta aguas por los pescadores fueron los delfines, por lo que, se podría incriminar como el posible reservorio de *Anisakis* de esta zona.

La alta frecuencia de asma bronquial en habitantes de isla de Coche, que va en concordancia con la alta frecuencia de esta enfermedad en todo el estado Nueva Esparta (una de las mayores prevalencias de toda Venezuela) puede estar relacionada con la sintomatología producida por infección humana por *Anisakis* sp. (Puccio *et al.*, 2008) por esto sería relevante hacer estudios serológicos de presencia de anticuerpos contra *Anisakis* en esta población e intentar relacionarlos con la diversidad clínica que la literatura señala por infección de este helminto en personas infectadas (Rosado García *et al.*, 2022).

Con respecto al tratamiento en humanos infectados con *Anisakis* sp., el uso de albendazol e ivermectina son útiles para matar las larvas, mientras que, para los procesos alérgicos, el tratamiento con corticoides, antihistamínicos y adrenalina, es lo recomendado si ocurre la anafilaxia (Faustino Delgado, 2008; Bracho Espinoza, 2018).



Otro elemento preocupante es el reporte de *Anisakis* sp., en peces de agua dulce de Perú, con prevalencias que oscilan entre 60 y 90% de las especies investigadas (Airahuacho Bautista *et al.*, 2020) lo cual demuestra la capacidad de este helminto para adaptarse a otros ambientes acuáticos. Por esto sería importante estudiar en Venezuela la posible presencia de este género en ríos que desembocan en el mar, especialmente en peces del río Orinoco, particularmente en su delta donde se une al Océano Atlántico.

#### 4. CONCLUSIONES

Se reporta por primera vez, la presencia de una especie de pez infectado con larvas (L3) de *Anisakis* sp., en la isla de Coche, específicamente en el puerto de la población de San Pedro de Coche.

Los principales elementos que pudieron ayudar a su presencia fueron los escasos métodos de conservación y la existencia de vísceras en los pescados analizados.

Es importante educar a la población en la necesidad de cocinar bien los pescados (mínimo 60 °C por 5 minutos) antes de consumirlos, y de ser posible, congelarlos antes de su consumo a -20 °C por 72 horas, preferiblemente si serán preservados en vinagre o si se consumirán como cebiche, sushi, sashimi, entre otros.

Es necesario descubrir en el ciclo biológico, cuál es el hospedador o elemento que está favoreciendo o multiplicando la transmisión en la zona, para diseñar estrategias ecológicas que disminuyan su propagación.

#### FINANCIAMIENTO

Ninguno.

#### AGRADECIMIENTO

Al equipo humano de la Fundación NaWaraos y de la Alcaldía de Villalba (estado Nueva Esparta), por todo el apoyo prestado.

#### CONFLICTO DE INTERESES

No existe ningún tipo de conflicto de interés relacionado con la materia del trabajo.

#### CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Conceptualización, curación de datos, análisis formal, investigación, metodología, supervisión, validación, redacción - borrador original, redacción - revisión y edición: Traviezo-Valles, L. E.

#### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Airahuacho Bautista, F. E., Cuellar Reyes, J. D. C., Romero Bozzetta, J. L., & Encarnación Valentín, N. F. (2020). Primer reporte de *Anisakis* spp. en peces de agua dulce en Huacho, Perú. *Revista de Investigaciones Veterinarias Del Perú*, 30(4), 1662–1669.  
<https://doi.org/10.15381/rivep.v30i4.17151>
- Audicana, M. T. (2022). *Anisakis*, Something Is Moving inside the Fish. *Pathogens*, 11(3), 326.  
<https://doi.org/10.3390/pathogens11030326>
- Boada. (2022). *Estado Nueva Esparta*. Margarita En Tus Manos.  
<https://margaritaentusmanosrevista.com/wp/estado-nueva-esparta/>

- Bracho Espinoza, H. R. (2018). Análisis Epidemiológico de la anisakiasis y sus vinculaciones económicas y familiares en Venezuela y Latinoamérica. *Revista Arbitrada Interdisciplinaria de Ciencias de La Salud. Salud y Vida*, 2(3), 50–67. <https://doi.org/10.35381/S.V.V2I3.239>
- Cervigón, F. (1993). *Los Peces Marinos de Venezuela*. (2ª Edición). Vol. II.
- Faustino Delgado, G. V. (2008). *Determinación de larvas de anisákidos en Cynoscion guatucupa (pescadilla) e Illex argentinus (calamar)* [Universidad de la República]. <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/19214/1/FV-28112.pdf>
- Maniscalchi Badaoui, M. T., Lemus-Espinoza, D., Marcano, Y., Nounou, E., Zacarías, M., & Narváez, N. (2015). Anisakidae larvae in fish of the genus mugil commercialized in markets of the north-eastern and insular coastal region of venezuela. *SABER. Revista Multidisciplinaria Del Consejo de Investigación de La Universidad de Oriente*, 27(1), 30–38. <https://www.redalyc.org/pdf/4277/427739474005.pdf>
- Padilla, N., Arrollo, A., Márquez, C., & Pineda, M. (2018). Evaluación Microbiológica y Parasitológica de Pescado de la especie *Mugil cephalus* (Lisa) Comercializados en la Ciudad de Barquisimto, estado Lara. *Revista Venezolana de Salud Pública*, 5(2), 35–41. <https://revistas.uclave.org/index.php/rvsp/article/view/507>
- Puccio, F., Cifarelli, D., Blanco, F., Lopez, E., Sarmiento, L., Ordaz, R., Figueroa, I., Capriles, A., Hagel, I., Di Prisco, M. C., Roque, M. E., Machado, L., & Ghezzi, M. E. (2008). Reactividad alérgica a *Anisakis simplex* y su asociación con asma bronquial en niños escolares del estado Nueva Esparta, Venezuela. *Boletín de Malariología y Salud Ambiental*, 48(2). [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1690-46482008000200005&lng=pt&nrm=iso&tlng=es](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1690-46482008000200005&lng=pt&nrm=iso&tlng=es)
- Rosado García, F. M., Puig Peña, Y., Leyva Catillo, V., Carrera Vara, J. A., & Ibarra Sala, A. M. (2022). Primer reporte en Cuba de *Anisakis* spp. en muestras de pescado en conserva. *Revista Cubana de Medicina Tropical*, 74(1), e730. <http://www.revmedtropical.sld.cu/index.php/medtropical/article/view/730>
- Terán-Ángel, G., & Rojas, J. (2012). Anisakidosis, inflamación e hipersensibilidad. *Avances en Biomedicina*, 1(1), 30–37. <http://revencyt.ula.ve/storage/repo/ArchivoDocumento/avbiomed/v1n1/art06.pdf>
- Valdizan Cristobal, V. G. (2018). *Presencia de larvas de anisakis (Anisakis sp) en pescados de origen marino expendidos en el mercado central de Huánuco* [Universidad Nacional Hermilio Valdizan]. <https://repositorio.unheval.edu.pe/handle/20.500.13080/3732>