

2021

**Agrotecnología  
en tiempos de pandemia**



**REVISTA**   
**AGROTECNOLÓGICA**  
**AMAZÓNICA**

e-ISSN: 2710-0510  
Volumen 1, Número 2

ONLINE



**UNIVERSIDAD NACIONAL  
DE SAN MARTÍN**

Facultad de Ciencias Agrarias  
Facultad de Ingeniería Agroindustrial  
Fondo Editorial  
Vicerrectorado de Investigación  
Universidad Nacional de San Martín

**Editado por:**  
**Ing. Dr. Miguel Ángel Valles Coral**  
Fondo Editorial  
Universidad Nacional de San Martín  
Tarapoto - Perú

Volumen 1, Número 2, Año 2021

Edición en línea: <http://revistas.unsm.edu.pe/index.php/raa/issue/view/25>  
DOI: <https://doi.org/10.51252/raa.v1i2>  
e-ISSN: 2710-0510



Tarapoto, San Martín, Perú, julio 2021.

## **AUTORIDADES**

---

### **RECTOR**

Dr. Aquilino Mesías García Bautista

### **VICERRECTORA DE INVESTIGACIÓN**

Dra. Alicia Bartra Reátegui

### **VICERRECTORA ACADÉMICA**

Dra. Rossana Herminia Hidalgo Pozzi

### **DECANO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

Dr. Orlando Ríos Ramírez

### **DECANO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**

Dra. Mari Luz Medina Vivanco

## **EQUIPO EDITORIAL**

---

### **DIRECTOR EJECUTIVO**

Dr. Miguel Ángel Valles Coral

### **DIRECTOR DE LA REVISTA**

Dr. Agustín Cerna Mendoza

### **COMITÉ EDITORIAL**

Dra. Mari Luz Medina Vivanco

Dr. Winston Franz Rios Ruiz

### **COMITÉ CIENTÍFICO**

Ph. D. Juan Carlos Guerrero Abad, Instituto Nacional de Innovación Agraria

Dra. Stephanie Astrid Gallusser Jacquat, Instituto de Investigación Biológica de las Cordilleras Orientales (INIBICO), Perú

Dra. Eliana Marcela Vélez Erazo, Universidad Estadual de Campinas, Brasil

Dr. Oscar Wilfredo Mendieta Taboada, Universidad Nacional de San Martín

Dr. Manuel Fernando Coronado Jorge, Universidad Nacional Autónoma de Chota

Dr. José Luis Pasquel Reátegui, Universidad Nacional de San Martín

Dr. Tony Arce Saavedra, Universidad Nacional Autónoma de Chota

Dr. Gregorio José Arone Gaspar, Universidad Nacional de Barranca

Dr. Alfonso Marzal Reynolds, Universidad de Extremadura, España

Dr. Carlos Daniel Vecco Giove, Universidad Nacional de San Martín

Dr. Luko Hilje, Universidad de Costa Rica - Catie de Costa Rica

Dr. Paulo César Torres Mayanga, Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac

Biolog. M. Sc. Renzo Alfredo Valdez Núñez, Universidad Nacional de Barranca

Ing. M. Sc. Víctor Manuel Arévalo Rojas, Universidad Nacional de Barranca

Ing. M. Sc. Rafael Segundo Vela Paredes, Universidad Nacional de San Martín

Ing. M. Sc. Mike Anderson Corazón Guivin, Universidad Nacional de San Martín

Ing. M. Sc. Geomar Vallejos Torres, Universidad Nacional de San Martín

Ing. Danter Cachique Huansi, Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana

Ing. Richer Garay Montes, Universidad Nacional de San Martín

Ing. Grecia Vanessa Fachín Ruiz, Universidad Nacional de San Martín

Ing. Diana Patricia Vargas Muñoz, Centro Agroforestal y Acuícola Arapaima, Servicio Nacional de Aprendizaje – SENA, Colombia

**EDITOR**

Dr. Miguel Ángel Valles Coral.

**GESTOR DE LA REVISTA**

Ing. Juan Carlos Velasco Mises

**ASISTENTE EDITORIAL**

Lloy Pool Pinedo Tuanama

Jorge Raúl Navarro Cabrera

**ASISTENTE DE DISEÑO GRÁFICO**

Lic. Manuel Ángel Rojas Torres

## ÍNDICE

---

Agrotecnología en tiempos de pandemia	2-3
Cuantificación de cafeína y su efecto en la calidad sensorial en tres variedades de café ( <i>Coffea arabica</i> L.), según nivel altitudinal en la Región San Martín	4-14
Estudio de diversidad de la entomofauna en el Centro de Biodiversidad de la Universidad Nacional de San Martín	15-26
Actividad antioxidante de <i>Aspidosperma excelsum</i> Benth, <i>Dracontium lorentense</i> Krause y <i>Pothemorphe peltata</i> (L) Miq.	27-39
Formulación de dieta artificial para la crianza de <i>Spodoptera frugiperda</i> utilizando insumos de la región de San Martín	40-52
Aplicación del GIS en la caracterización edafoclimática, del distrito de Cacatachi – provincia de San Martín, con fines de producción agrícola rentable y sostenible	53-67

## Agrotecnología en tiempos de pandemia

### *Agrotechnology in pandemic times*

<sup>1</sup>Medina Vivanco, Mari Luz<sup>[0000-0002-3969-9694]</sup>

<sup>1</sup>Universidad Nacional de San Martín, Tarapoto, Perú  
[mlmedina@unsm.edu.pe](mailto:mlmedina@unsm.edu.pe)

### Editorial

Para la agronomía y agroindustrias, ejes del desarrollo socio económico sostenible de la Región San Martín, la pandemia representa grandes retos que aún repercuten sobre las posibilidades que la Universidad Nacional de San Martín tiene para llevar a cabo investigación, innovación y transferencia tecnológica como le corresponde (Formoso Mieres et al., 2019). Su misión es complicada, pues de un entorno de interacción directa entre los investigadores, docentes, estudiantes y la comunidad en su conjunto, ha tenido que acondicionarse de manera que el distanciamiento físico y social es ahora parte de la realidad en la que se lleva a cabo (Cotonieto-Martínez et al., 2021).

Sin embargo, conscientes del deber y derecho de continuar con este esfuerzo por mejorar las condiciones de la sociedad a través de la investigación (Cáceres, 2014), ponemos a disposición el volumen 1, número 2 de la Revista Agrotecnológica Amazónica en el que presentamos un conjunto selecto de artículos, resultados de estudios que se han llevado a cabo y, que finalmente salen a la luz a fin de aportar con un grano de arena en tratar de aliviar los problemas que se le demandan (Becerra et al., 2019).

En esta oportunidad, así mismo buscamos consolidar la revista de manera que en este proceso de búsqueda de índices de calidad, la misma sea aceptada sin observaciones por lo que se puede apreciar un mayor cuidado y exigencia de criterios editoriales, académicos y científicos en cada uno de los artículos aceptados para su publicación. Esto redundará en un incremento de la visibilidad, así como del factor de impacto que esperamos obtener con los mismos (Molina-Molina et al., 2020).

Invitamos a la comunidad académica y científica, a revisar y citar los artículos publicados; así mismo, apostamos por continuar con este proceso de consolidación institucional en investigación y generación de ciencia y conocimiento, en los que nuestra revista cumple un rol fundamental, al ser el espacio de difusión por excelencia que la universidad en un esfuerzo conjunto viene desarrollando.

**Dra. Mari Luz Medina Vivanco**

**Investigador Calificado RENACYT-CONCYTEC**

**Coeditor de la Revista**

**Facultad de Ingeniería Agroindustrial**

**Universidad Nacional de San Martín**

## Referencias bibliográficas

- Becerra, F., Andrade, A., & Díaz, L. (2019). Sistema de gestión de la calidad para el proceso de investigación: Universidad de Otavalo, Ecuador. *Actualidades Investigativas En Educación*, 19(1), 32. <https://doi.org/10.15517/aie.v19i1.35235>
- Cáceres, G. (2014). La importancia de publicar los resultados de Investigación. *Revista Facultad de Ingeniería*, 23(37), 7–8.  
[http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0121-11292014000200001](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-11292014000200001)
- Cotonieto-Martínez, E., Martínez-García, R., & Rodríguez-Terán, R. (2021). Reflexiones sobre la educación en tiempos de COVID-19: retos y perspectivas. *Revista Saberes Educativos*, 6, 116. <https://doi.org/10.5354/2452-5014.2021.60712>
- Formoso Mieres, A. A., Ramírez Escalona, T., & Sarduy Quintanilla, A. (2019). La relación universidad-sociedad en la formación integral de los estudiantes. *Conrado*, 15(67), 24–31.
- Molina-Molina, S., Álvarez-Argaez, S., Estrada-Hernández, J., & Estrada-Hernández, M. (2020). Indicadores de ciencia, tecnología e innovación: hacia la configuración de un sistema de medición. *Revista Interamericana de Bibliotecología*, 43(3), e19.  
<https://doi.org/10.17533/udea.rib.v43n3e19>

## Cuantificación de cafeína y su efecto en la calidad sensorial en tres variedades de café (*Coffea arabica* L.), según nivel altitudinal en la Región San Martín

### Quantification of caffeine and its effect on sensory quality in three varieties of coffee (*Coffea arabica* L.), according to altitudinal level in the San Martín Region

Navarro-Ramírez, Enrique<sup>1</sup>[0000-0002-9595-8830]; Pezo-González, Mario<sup>1</sup>[0000-0002-9656-1907] y García-Paredes, María<sup>1</sup>[0000-0002-8334-6992]

<sup>1</sup>Universidad Nacional de San Martín, Tarapoto, Perú  
[enavarro@unsm.edu.pe](mailto:enavarro@unsm.edu.pe)

**Resumen.** La calidad en taza del café depende de los atributos sensoriales del grano tostado molido, cantidad de cafeína y zona agrícola de procedencia. Evaluamos el efecto de los niveles altitudinales sobre el contenido de cafeína en café tostado molido entre variedades Catimor, Caturra y Pache en la región San Martín y la relación del contenido de cafeína sobre la calidad sensorial del café en taza. Se recolectaron muestras de café en tres niveles altitudinales. Para el análisis sensorial se aplicó la puntuación de la Asociación de Cafés Especiales de América. Utilizamos la prueba de Tukey al 5% y correlación de Spearman para determinar el grado de asociación entre la cantidad de cafeína y la calidad sensorial. La variedad Catimor obtuvo mayor cantidad promedio de cafeína (1,214 g/100 g) proveniente del nivel altitudinal de entre 1000 – 1200 m.s.n.m, mientras que las variedades Catimor y Pache reportaron valores promedios menores de cafeína (1,096 g/100 g) en muestras obtenidas entre 500 – 800 m.s.n.m. La altura tiene influencia directa positiva en el contenido de cafeína: a mayor altitud, mayor contenido de cafeína. Existe relación positiva media (0,488), entre contenido promedio de cafeína y calidad sensorial de las tres variedades durante la catación del café en taza.

**Palabras clave:** Cafeína, calidad sensorial, nivel altitudinal, región San Martín

**Citar como:** Navarro Ramírez, E., Pezo-González, M., & García-Paredes, M. (2021). Cuantificación de cafeína y su efecto en la calidad sensorial en tres variedades de café (*Coffea arabica* L.), según nivel altitudinal en la Región San Martín. *Revista Agrotecnológica Amazónica*, 1(2), 4-14. <https://doi.org/10.51252/raa.v1i2.164>

**Recibido:** 18/04/2021

**Aceptado:** 18/06/2021

**Publicado:** 19/07/2021

**Abstract.** The quality of the coffee cup depends on the sensory attributes of the ground roasted bean, the amount of caffeine and the agricultural area of origin. We evaluated the effect of the altitudinal levels on the caffeine content in ground roasted coffee between the Catimor, Caturra and Pache varieties in the San Martín region and the relationship of the caffeine content on the sensory quality of coffee in the cup. Coffee samples were collected at three altitudinal levels. For the sensory analysis, the score of the Association of Specialty Coffee of America was applied. We used the 5% Tukey test and Spearman's correlation to determine the degree of association between the amount of caffeine and sensory quality. The Catimor variety obtained the highest average amount of caffeine (1,214 g / 100 g) from the altitude level between 1000 - 1200 m.a.s.l, while the Catimor and Pache varieties reported lower average values of caffeine (1,096 g / 100 g) in samples obtained. between 500 - 800 m.a.s.l. Height has a direct positive influence on caffeine content: the higher the altitude, the higher the caffeine content. There is an average positive relationship (0.488) between the average caffeine content and sensory quality of the three varieties during cupping of coffee.

**Keywords:** Altitudinal level, caffeine, San Martín region, sensory quality

## 1 Introducción

La caficultura es una de las principales actividades agrícolas de la región San Martín, posesionándose como el cultivo alternativo más importante frente a la coca y el principal sustento económico de las familias, debido a que el proceso de elaboración del café se desarrolla en condiciones agroecológicas ideales. Las plantaciones se encuentran localizadas en las montañas tropicales entre los 600 y 1250 m.s.n.m. Las zonas de mayor producción son las provincias de Moyobamba, Rioja, Lamas y Tocache, donde se comercializa el grano del café pergamino en diferentes calidades, desde el tipo convencional hasta la mejor calidad de orgánico. Las variedades más difundidas son arábicas: Catimor, Caturra y Pache (Estrella Gamonal, 2015).

Frecuentemente a los consumidores les presentan un café descrito como "mezcla para el desayuno" o "mezcla gourmet". La referencia a atributos específicos de calidad es genérica e indica que el café tiene un aroma o un sabor suave. Aunque en ocasiones las mezclas efectivamente se utilizan para optimizar las características organolépticas de la bebida final por parte de especialistas, con el fin de obtener y destacar ciertos atributos o notas de sabores específicos, infortunadamente es frecuente encontrar que muchos de los productos que se venden con descriptivos de mezcla buscan reducir el costo del producto final mezclando cafés menos costosos y evitando declarar el verdadero origen del producto (Pérez Gutiérrez, 2014).

Las condiciones edafoclimáticas y de altitud, así como la variedad, un adecuado manejo agronómico y el proceso de beneficio de café influirán de manera sustancial en la calidad del producto, ya que sus componentes químicos resaltarán en el aroma, sabor y cuerpo del mismo. La composición química del grano del café depende de la especie, la variedad, el estado de desarrollo del fruto y el ambiente o condiciones de producción, entre otros factores. Las dos especies (Arábica y Robusta) tienen diferencias importantes en los contenidos de cafeína, trigonelia, lípidos, ácidos clorogénicos, oligosacáridos y polisacáridos, la mismas guardan relación con las características organolépticas de la bebida (FNCC, 2010).

Las limitantes para desarrollar este estudio fueron la carencia de equipos para el tostado y molienda del procesamiento de las muestras de café, además de un laboratorio de control de calidad con catadores especializados en la Universidad Nacional de San Martín; sin embargo, esto fue solucionado ya que dichos procedimientos y desarrollo de metodologías se han realizado en las instalaciones de la Cooperativa Agraria Cafetalera Oro Verde Ltda. en la ciudad de Lamas.

Esta investigación tuvo como objetivos determinar la cantidad de cafeína en café tostado molido de las variedades Catimor, Caturra y Pache en la Región San Martín, así como evaluar el efecto

de los niveles altitudinales sobre el contenido de cafeína entre las tres variedades, además de evaluar el efecto que tiene esta cantidad de cafeína sobre la calidad sensorial del producto.

## 2 Materiales y Métodos

### 2.1 Población y muestra

Se tomaron muestras de café pergamino seco en las zonas de Moyobamba, Rioja, Lamas y Tocache, diferenciándolos por variedad y nivel altitudinal (m.s.n.m.) de procedencia. Cada muestra fue de 1000 g, las cuales fueron tostadas y molidas. Posteriormente se efectuaron los análisis sensoriales para determinar la calidad. Estas muestras fueron recolectadas durante cuatro meses. Las cantidades de muestras por niveles altitudinales y zonas geográficas analizadas, se presentan a continuación en la tabla 1:

**Tabla 1**  
*Zonas de toma de muestras y cantidades que fueron analizadas*

Altitud m.s.n.m.	Zonas cafeta- leras	Variedades	Nº de muestras
500 - 800	Tocache	Catimor	05
	Lamas	Caturra	05
		Pache	05
800 - 1000	Moyobamba	Catimor	05
	Rioja	Caturra	05
	Lamas	Pache	05
1000 - 1200	Moyobamba	Catimor	05
	Rioja	Caturra	05
		Pache	05
<b>Total</b>			<b>45</b>

### 2.2 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Las muestras de café pergamino seco fueron recolectadas de los mismos productores, transportadas y codificadas en bolsas con cierre ziploc al laboratorio de control de calidad de la Cooperativa Agraria Cafetalera Oro Verde Ltda. para su tostado, molienda y luego realizar el análisis sensorial y determinar la cantidad de cafeína y calidad de cada muestra.

### 2.3 Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Se utilizó un Diseño Completamente al Azar (DCA), con arreglo bifactorial de 3x3, donde el primer factor fue la variedad (Caturra, Pache y Catimor) y el segundo factor la altitud (500 a 800; 800 a 1000 y 1000 a 1200 m.s.n.m), con cinco repeticiones y con una unidad experimental de 1000 gramos de café tostado y molido.

Para el análisis estadístico de los resultados se utilizaron los paquetes estadísticos SAS versión 9.2 y Statistica Pro Ver. 13.5. Los datos fueron analizados mediante Análisis de Varianza (ANVA) y sometidos a la prueba de Tukey ( $p \geq 0.05$ ) para determinar la naturaleza de las

diferencias entre tratamientos. En cuanto a la contrastación de las hipótesis se utilizó la correlación rho de Spearman.

## 2.4 Métodos

**Cuantificación de cafeína.** Las determinaciones del contenido de cafeína en las 45 muestras de café tostado molido fueron realizadas en el laboratorio de ensayo acreditado Sociedad de Asesoramiento Técnico SAC (Lima); el cual utilizó la metodología de la AOAC 950.40 20th. Ed. (2016) – *Caffeine in Roasted Coffee*; conocido como *Bailey – Andrew Method*.

**Preparación de las muestras para catación.** Para poder determinar la calidad organoléptica del café mediante el análisis sensorial, el café oro fue sometido, seleccionado y clasificado al proceso de tostado y molienda.

**Tostado.** Los granos de café seleccionados para la evaluación sensorial fueron tostados un día antes de la catación, se utilizaron 200 gramos de café oro por muestra, sin defectos, se tostaron únicamente los granos retenidos en los tamices entre el N° 14 y 18. El tostado se inició a una temperatura de 185 °C llegando al final del tueste a 200 °C, y el tiempo fue aproximadamente entre 10 a 12 minutos. Al finalizar el proceso, los granos fueron vertidos sobre una placa perforada para proceder al enfriado; los granos de café estuvieron a temperatura ambiente para ingresar a la molienda.

**Molienda.** Los granos de café fueron sometidos al proceso de molienda. Se hizo este proceso para cada muestra de café, utilizando aproximadamente 150 g para cada caso, ya que se necesitaba 50 g (10 g por cada taza) de café tostado molido para la catación y el resto fue enviado al laboratorio para la cuantificación de cafeína. Debe indicarse que entre cada una de las muestras se aseó el molino para evitar contaminaciones cruzadas.

**Preparación de la bebida.** Se prepararon 5 tazas de bebida por cada muestra, para ello se utilizaron 10 g de café tostado molido por 100 ml de agua hirviente.

**Análisis sensorial del café.** Se realizó por un panel de catadores de cinco miembros, entrenados en el laboratorio de Control de Calidad de la Cooperativa Agraria Cafetalera y de Servicios Oro Verde Ltda. en Lamas, el protocolo de catación aplicado fue una adaptación de la metodología desarrollada por la Asociación Americana de Café Especial (SCAN, 2015).

Se evaluaron 10 aspectos en un rango de 6 a 10 puntos que fueron: fragancia/aroma, sabor, sabor residual, acidez, cuerpo, balance, uniformidad, taza limpia, dulzura e impresión general. La calificación de cada uno de los atributos se realizó de acuerdo a la puntuación de la Asociación de Cafés Especiales de América (SCAA, 2005) considerando como: bueno (6,00-6,75), muy bueno (7,00-7,75), excelente (8,00-8,75) y extraordinario (9,00-9,75).

**Proceso de catación.** En esta etapa de análisis sensorial, los catadores evaluaron únicamente las tazas con códigos, para evitar confusión en cuanto a la calificación dada a los atributos de cada muestra. La catación fue realizada para las 45 muestras de café tostado molido provenientes de las provincias de Lamas, Moyobamba, Rioja y Tocache, diferenciados por variedad y niveles de pisos altitudinales de siembra y cosecha.

El método de comparación permitió evaluar la consistencia o similitud entre las muestras. A cada una de las tazas se agregó 10 gr de café tostado molido; y se calificó la fragancia, posterior a ello se agregó agua hervida a una temperatura aproximadamente de 94 °C en forma rápida y en chorros permitiendo humedecer todos los granos molidos. Se esperó por un lapso de 4 a 5 minutos y se realizó la limpieza de taza, que consistió en quitar con cucharas la espuma que se forma en la superficie de la bebida, determinando así el aroma del café.

A los atributos fragancia y aroma se realizó una sola calificación, y se determinó la presencia de los descriptores de ambos (chocolate, dulce, floral, frutas, cítrico, melocotón, suave, maderoso, herboso y neutro). Luego, se esperó por cinco minutos hasta concebir una temperatura aproximada de 70 °C para que se sedimentaran las partículas en suspensión y así calificar las siguientes características sensoriales (acidez, sabor, cuerpo, sabor residual, balance, uniformidad, taza limpia y dulzura).

### 3 Resultados y discusiones

#### 3.1 Cuantificación de cafeína en diferentes variedades de café según nivel altitudinal de procedencia y su comparación estadística con la prueba de Tukey al 5 %

**Tabla 2**

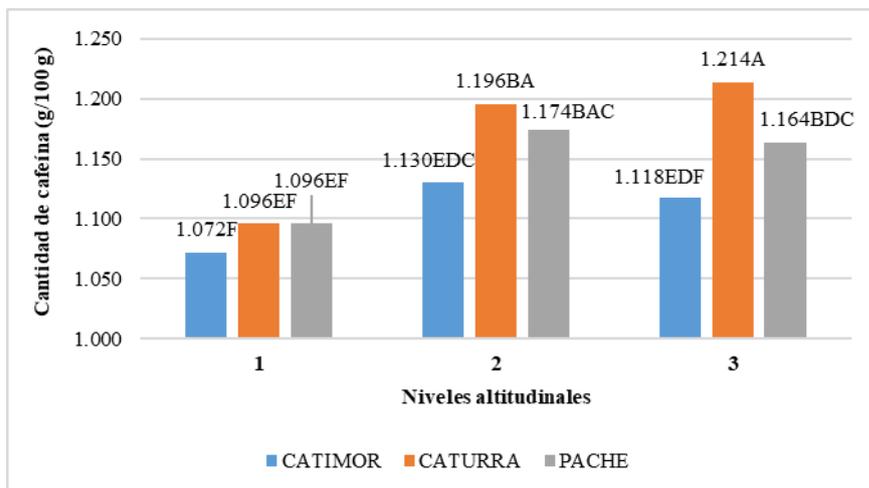
*Cantidad de cafeína (g/100 g) en tres variedades de café en la región de San Martín*

Zonas cafe- talaras	Altitud m.s.n.m.	Variedad	n	X	DS	Valor mínimo	Valor máximo
Tocache Lamas	500 - 800	Catimor	05	1,072	0.019235	1,05	0,10
		Caturra	05	1,096	0.011402	1,08	1,11
Moyobamba Rioja	800 - 1000	Pache	05	1,096	0.011402	1,08	1,11
		Catimor	05	1,130	0.029154	1,09	1,17
Lamas Moyobamba	1000 - 1200	Caturra	05	1,196	0.015166	1,18	1,22
		Pache	05	1,174	0.023022	1,15	1,21
Rioja		Catimor	05	1,118	0.028636	1,54	2,87
		Caturra	05	1,214	0.273300	0,87	1,48
		Pache	05	1.164	0,322630	0,73	1,42

n: número de muestras; X: media; SD: desviación estándar

Los datos de la tabla 2 fueron sometidos a la comparación de medias (ANOVA) mediante la Prueba de Tukey al 5 %, con la finalidad de establecer la existencia o no de diferencia significativa entre las mismas.

En la figura 1 se presenta el consolidado de las cantidades de cafeínas promedios de las tres variedades por niveles altitudinales de siembra de cafetos (1: 500 – 800 m.s.n.m 2: 800 – 1000 m.s.n.m 3: 1000 – 1200 m.s.n.m).



**Nota:** Medias con la misma letra no presentan diferencia significativa ( $P < 0.05$ )

**Figura 1:** Contenido de cafeína en tres variedades de café a diferentes niveles altitudinales.

Los valores del contenido promedio de cafeína de la figura 1, sometidas al análisis de varianza, obtuvieron un coeficiente de determinación ( $R^2$ ) de 84,31 % y un coeficiente de variación de 1,965817. La prueba de Tukey indica que existen diferencias significativas en el contenido promedio de cafeína entre las muestras de café tostado molido de la variedad Catimor en los tres niveles altitudinales. También la variedad Caturra muestra diferencia significativa entre las muestras de los diferentes niveles altitudinales, así como el mismo análisis se realiza para la variedad Pache.

Se puede observar además que la variedad Caturra posee los niveles mayores en cuanto al contenido de cafeína, seguido de la variedad Pache, siendo la variedad Catimor la que contienen menor valor de cafeína en todos los niveles altitudinales estudiados. Esto podemos corroborar con lo expuesto por (Pérez Gutiérrez, 2014) quienes sostienen que el nivel de cafeína varía de acuerdo con la especie. Por ejemplo, el café Robusta presenta un contenido promedio de cafeína en grano seco de 2,20 %, el café Arábica 1,20 %, la variedad Catimor 1,05 %, el Caturra 1,15 % y el Pache 1,12 %. Asimismo, podemos afirmar que en el caso de la variedad Caturra, ésta aumenta el contenido de cafeína con el nivel altitudinal de siembra de los cafetos. Esta relación también se aprecia, pero en menor proporción en las variedades Catimor y Pache.

### 3.2 Evaluación sensorial de diferentes variedades de café según el nivel altitudinal de procedencia y su comparación estadística con la prueba de Tukey al 5 %

En la tabla 3 se detalla los resultados promedios de la evaluación sensorial de las muestras de café en taza en las tres variedades del estudio, diferenciándolos por nivel altitudinal de

procedencia. La evaluación sensorial nos permite encontrar y valorar todas las características que definen la calidad del café, esta bebida es el resultado de una serie de procesos por los que pasa el grano, y tiene ciertas características derivadas de un complejo número de componentes químicos (SCAN, 2015).

**Tabla 3**  
Valores promedios de los atributos sensoriales en tres variedades de café por niveles altitudinales

Altitud m.s.n.m.	Variedad de café	Características sensoriales										Puntaje total
		Aroma	Sabor	Sabor residual	Acidez	Cuerpo	Balance	Uniformidad	Taza limpia	Dulzura	Impresión general	
500 - 800	Catimor	7,20 B	7,30 CD	7,40 BA	7,15 CD	7,25 B	7,60 A	9,80 A	10,0 A	9,80 A	7,30 DC	80,80 D
	Caturra	7,40 B	7,40 CB	7,55 BA	7,35 CB	7,50 BA	7,60 A	10,0 A	10,0 A	10,0 A	7,35 BDC	82,15 CB
	Pache	7,10 B	7,10 D	7,35 B	7,05 D	7,25 B	7,40 BA	9,20 B	10,0 A	9,0 B	7,15 D	78,6 E
800 - 1000	Catimor	7,35 B	7,50 CB	7,50 BA	7,40 CB	7,45 BA	7,35 BA	10,0 A	10,0 A	10,0 A	7,50 BAC	82,05 CB
	Caturra	7,45 B	7,60 B	7,60 BA	7,55 B	7,60 A	7,50 A	10,0 A	9,8 A	10,0 A	7,60 BA	82,7 B
	Pache	7,20 B	7,30 CD	7,40 BA	7,20 CD	7,25 B	7,35 BA	10,0 A	10,0 A	10,0 A	7,35 BDC	81,05 CD
1000 - 1200	Catimor	7,50 B	7,45 CB	7,50 BA	7,55 B	7,40 BA	7,45 A	10,0 A	10,0 A	9,80 A	7,35 BDC	82,0 CB
	Caturra	8,40 A	7,90 A	7,70 A	8,00 A	7,60 A	7,40 BA	10,0 A	10,0 A	10,0 A	7,65 A	84,65 A
	Pache	7,30 B	7,30 CD	7,40 BA	7,40 CB	7,45 BA	7,10 B	10,0 A	10,0 A	10,0 A	7,30 DC	81,25 CD

Medias con la misma letra comparadas verticalmente no presentan diferencia significativa ( $P \geq 0.05$ )

Se observa que el único atributo sensorial similar en todas las variedades estudiadas (Catimor, Caturra y Pache) y en todos los niveles altitudinales es la taza limpia (no se presentaron diferencias estadísticas significativas). En este atributo solo la variedad Caturra de 800 – 1000 m.s.n.m presentó 9,8 de puntuación, las demás muestras obtuvieron 10 puntos, es decir mostraron transparencia de taza como ausencia de defectos y contaminaciones, o presencia de sabores o aromas ajenos la que llevan una descalificación en una taza.

En la Tabla 4, las puntuaciones promedio finales de cafés provenientes de zonas agrícolas entre 800 – 1000 m.s.n.m (Moyobamba, Rioja y Lamas) presentaron diferencias significativas entre las variedades Catimor, Caturra y Pache con puntuaciones de 82,05; 82,70 y 81,05 respectivamente, logrando obtener calificación de muy bueno en la especialidad según la escala de la SCAA. Estos resultados son similares a los obtenidos por Estrella Gamonal (2015), donde la variedad Caturra obtuvo mayor puntuación seguida de la variedad Catimor en calidad en taza en muestras procedentes de niveles altitudinales entre 800 – 1000 m.s.n.m en la zona de Lamas.

**Tabla 4***Calificación obtenida en la evaluación sensorial según la SCAA*

Altitud m.s.n.m.	Variedad de café	Puntaje total	Calificación
500 - 800	Catimor	80,80	Muy bueno
	Caturra	82,15	Muy bueno
	Pache	78,60	Por debajo de la calidad
800 - 1000	Catimor	82,05	Muy bueno
	Caturra	82,70	Muy bueno
	Pache	81,05	Muy bueno
1000 - 1200	Catimor	82,00	Muy bueno
	Caturra	84,65	Muy bueno
	Pache	81,25	Muy bueno

En lo referente a las muestras de café provenientes de las zonas de 1000 – 1200 m.s.n.m (Moyobamba y Rioja), al someter al análisis de varianza y la prueba de Tukey, las variedades Catimor y Pache presentaron diferencias significativas en cuanto a la puntuación final, mientras que la variedad Caturra versus las otras dos variedades presentó diferencia altamente significativa con una puntuación promedio mayor de 84,65. En todos los casos la calificación fue de muy bueno en la especialidad de acuerdo a la escala de la SCAA.

Vaast et al. (2003) mencionaron que el café cultivado a mayor altitud suele desarrollar más atributos positivos, tales como acidez y aroma, definiendo así un mejor sabor y calidad de bebida. El grano de altura, o como lo llaman los compradores estrictamente duro, es de sabor más agradable, más parejo en conformación con un porcentaje mayor de cafés de primeras y al tostarse pierde menos peso (Duicela & Sotomayor, 2004).

En la Tabla 5, al analizar los valores de R de Spearman en cuanto a los atributos de aroma, sabor, acidez y cuerpo, éstas ejercen una correlación positiva (directa) fuerte sobre el puntaje total y una correlación positiva (directa) moderada sobre la impresión general, sin embargo, la impresión general tiene relación directa fuerte con el puntaje final en la catación de cafés.

**Tabla 5***Correlaciones de Spearman entre cantidad de cafeína y las variedades sensoriales*

Variables	Cafeína	Impresión general	Puntaje total
	Coeficientes rho (R)		
Cafeína	1,000000	0,537171	0,488448
Aroma	0,456053	0,520416	0,799406
Sabor	0,607024	0,694574	0,868004
Sabor residual	0,325486	0,518275	0,672974
Acidez	0,559269	0,598420	0,802715
Cuerpo	0,377393	0,557951	0,757235
Balance	-0,330873	0,052122	0,125226
Uniformidad	0,384787	0,440698	0,546612
Taza limpia	-0,192001	-0,107199	-0,110711
Dulzura	0,345484	0,489850	0,587726
Impresión general	0,537171	1,000000	0,785331
Puntaje total	0,488448	0,785331	1,000000

El atributo taza limpia con valores de rho  $-0,107199$  y  $-0,110711$  frente a impresión general y puntaje total respectivamente, adquiere una correlación moderadamente débil inversa. Ahora, si analizamos la impresión general frente al puntaje total, estos tienen  $R$  de  $0,785531$ , lo cual indica que existe una relación positiva (directa) fuerte entre estos parámetros, es decir, el puntaje total incrementa proporcionalmente al mejorar la impresión general del café en taza.

El contenido de cafeína frente a los atributos de aroma, sabor, acidez, impresión general y además puntaje final tuvieron valores de  $R$  entre  $0,4$  y  $0,6$ , demostrando la existencia de una relación directa (positiva) moderada, es decir que, a mayor contenido de cafeína presente en las muestras de café tostado molido, se mejoraba moderadamente estos atributos señalados y por ende el puntaje total se incrementaba.

En otro análisis se observa también que el contenido de cafeína frente a los atributos sensoriales de sabor residual, cuerpo, uniformidad y dulzura, presentan valores de  $R$  entre  $0,32$  y  $0,38$ , lo cual establece una relación positiva (directa) baja o moderada, es decir que la cantidad de cafeína presentes en las muestras de café en taza tuvieron poca influencia o incidencia en la valoración positiva en estas características sensoriales mencionadas.

#### 4 Conclusiones

Se determinaron la cantidad de cafeína en café tostado molido de las variedades Catimor, Caturra y Pache en la región San Martín, siendo la variedad Catimor la que obtuvo la mayor cantidad promedio de este alcaloide ( $1,214$  g/100 g) proveniente del nivel altitudinal de entre  $1000 - 1200$  m.s.n.m, mientras que las variedades Catimor y Pache reportaron valores promedios menores de cafeína ( $1,096$  g/100 g) en muestras obtenidas entre  $500 - 800$  m.s.n.m de nivel altitudinal de las zonas agrícolas.

El nivel altitudinal de procedencia de cafés de las variedades Catimor, Caturra y Pache en la región San Martín tuvieron influencia directa positiva en el contenido de cafeína en las mismas, lo cual indica que a mayor altitud se obtuvieron muestras con mayor contenido de cafeína en todas las variedades estudiadas con existencia de diferencias significativas entre los valores promedios encontrados.

Los resultados del coeficiente de correlación  $r$  de Spearman con  $p$ -valor  $< 0,05$  entre el contenido promedio de cafeína y la calidad sensorial del café en taza de las variedades Catimor, Caturra y Pache, resultaron ser positivas del tipo media o moderada ( $0,488$ ), es decir que la cantidad de cafeína tiene efecto directo sobre los atributos sensoriales durante la catación del café en taza.

La variedad Caturra obtenida de zonas agrícolas entre  $1000 - 1200$  m.s.n.m, fue la que presentó mejores atributos sensoriales con puntuación promedio de  $84,65$ ; mientras que la variedad

Pache obtenida en zonas agrícolas entre 500 - 800 m.s.n.m calificó con la menor puntuación promedio de 78,60 en calidad de café en taza.

Las variedades de café (Catimor, Caturra y Pache) en general procedentes de los tres niveles altitudinales fueron calificados como muy buenos según la escala de la SCAA y clasificados como comerciales, con grado para intercambiar en el mercado internacional, taza limpia y calidad media.

## Agradecimientos

Los autores agradecen a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto por el financiamiento del presente estudio a través del Instituto de Investigación y Desarrollo (IyD) mediante el concurso de proyectos de investigación docentes 2017.

Además, al Laboratorio de Control de Calidad la Cooperativa Agraria Cafetalera y de Servicios Oro Verde Ltda. en Lamas, lugar en el cual se realizaron las pruebas de catación para determinar la calidad sensorial de las muestras de café.

## Referencias bibliográficas

- Duicela, I., & Sotomayor, I. (2004). *La Calidad del Café. Manual del Cultivo del Café*. INIAP, FUNDRAGO, GTZ. Quevedo. Ecuador.
- Estrella Gamonal, L. (2015). *Evaluación física y sensorial de cuatro variedades de café (Coffea arabica L.) Tolerantes a roya (Hemileia vastatrix), en relación a dos pisos ecológicos de la provincias de lamas y rioja* [Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto].  
<http://hdl.handle.net/11458/518>
- FNCC. (2010). *Café de Colombia*. Federación Nacional de Cafeteros de Colombia.  
<https://www.cafedecolombia.com/particulares/manejo-agronomico/>
- Peréz Gutiérrez, L. B. (2014). *Determinación de la calidad de tres variedades de café (Caturra, Bourbon y Typica o Criollo) de la especie c. arabica l. del municipio de Jitotol, Chiapas*. [Universidad Nacional Agraria Antonio Narro].  
<http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/handle/123456789/533>
- SCAA. (2005). *Protocolo para Catar*. Asociación de Cafés Especiales de América.
- SCAN. (2015). *Evaluación sensorial del café*. Plataforma Nacional de Café Sostenible - Guatemala. <https://xdoc.mx/preview/evaluacion-sensorial-del-cafe-5ea1fba0ac530>
- Vaast, P., Perriot, J., & Cilas, C. (2003). *Mejoramiento y Fortalecimiento en los Procesos de Certificación de Calidades y Comercialización del Café*. Reporte. CIRAD-UNICAFE.

## Conflicto de intereses

Los autores declaramos que no existen conflictos de interés.

## Contribuciones de los autores

Navarro-Ramírez, Enrique: Coordinación del proyecto, preparación de las muestras y análisis estadísticos e interpretación.

Pezo-González, Mario: Toma de muestras en campo, coordinaciones con la catación de las muestras.

García-Paredes, María: Redacción y parte metodológica.

## Estudio de diversidad de la entomofauna en el Centro de Biodiversidad de la Universidad Nacional de San Martín

### Entomofauna diversity study at the Biodiversity Center of the National University San Martín

Doria-Bolaños, Manuel<sup>1</sup>[\[0000-0001-9202-973X\]](https://orcid.org/0000-0001-9202-973X); García-Gonzales,  
Patricia<sup>1</sup>[\[0000-0003-3490-1977\]](https://orcid.org/0000-0003-3490-1977) y Fachin-Ruiz, Grecia<sup>1</sup>[\[0000-0001-7770-7264\]](https://orcid.org/0000-0001-7770-7264)

<sup>1</sup>Universidad Nacional de San Martín, Tarapoto, Perú  
[mdoria@unsm.edu.pe](mailto:mdoria@unsm.edu.pe)

**Resumen.** Analizamos la relación entre la vegetación y la biodiversidad de entomofauna en el Centro de Biodiversidad de la Universidad Nacional de San Martín en periodo lluvioso y seco a niveles altitudinales de 720 y 1000 m.s.n.m. determinando los parámetros de diversidad alfa ( $\alpha$ ) y beta ( $\beta$ ) de la entomofauna. Para la diversidad alfa ( $\alpha$ ) en época seca, se observó mayor riqueza de morfoespecies en bosque secundario, con 50 especies. Para beta ( $\beta$ ) en época seca, se observó un 20 % de su composición en común con las estaciones de muestreo restante. La diversidad alfa ( $\alpha$ ) en época húmeda, se observó mayor riqueza de morfoespecies en bosque secundario con 38 especies y ubicándose en la última posición la unidad de vegetación purma alta con 14 especies, esta estación presentó menor número de individuos. En cuanto a la diversidad beta ( $\beta$ ), en época húmeda se observó que los artrópodos de purma presentan un 20 % de su composición en común con las estaciones de muestreo restante y se detectó el más alto valor de 31 % de similitud entre estaciones de muestreo. Para beta en ambas épocas, se reporta que la mayor cantidad de especies en común se presenta en la época húmeda en el bosque secundario.

**Palabras clave:** Bosque secundario, entomofauna, morfoespecie, purma

**Abstract.** We analyse the relationship between the vegetation and the biodiversity of entomofauna in the Biodiversity Center of the National University of San Martín in the rainy and dry season at altitude levels of 720 and 1 000 m.a.s.l. determining the alpha ( $\alpha$ ) and beta ( $\beta$ ) diversity parameters of the entomofauna. For alpha ( $\alpha$ ) diversity in the dry season, a greater richness of morphospecies was observed in secondary forest, with 50 species. For beta ( $\beta$ ) in the dry season, 20% of its composition was observed in common with the remaining sampling stations. The alpha ( $\alpha$ ) diversity in the humid season, a higher richness of morphospecies was observed in secondary forest with 38 species and the high purma vegetation unit with 14 species being in the last position, this station had a lower number of individuals. Regarding beta ( $\beta$ ) diversity, in the humid season it was observed that the purma arthropods present 20% of their composition in common with the remaining sampling stations and the highest value of 31% similarity between stations was detected sampling. For beta in both seasons, it is reported that the greatest amount of species in common occurs in the humid season in the secondary forest.

**Keywords:** Entomofauna, morphospecies, purma, secondary forest

**Citar como:** Doria-Bolaños, M., García-Gonzales, P., & Fachin-Ruiz, G. (2021). Estudio de diversidad de la entomofauna en el Centro de Biodiversidad de la Universidad Nacional de San Martín. *Revista Agrotecnológica Amazónica*, 1(2), 15-26. <https://doi.org/10.51252/raa.v1i2.177>

**Recibido:** 20/05/2020

**Aceptado:** 20/06/2020

**Publicado:** 19/07/2021

## 1 Introducción

La presente investigación de la entomofauna en el Centro Académico de Investigación y Ecoturismo Biodiversidad, corresponde a la evaluación de diversidad de insectos en el periodo lluvioso y periodo seco de la región San Martín que comprende diferentes unidades de vegetación, sectorizadas a dos niveles altitudinales de 720 y 1 000 m.s.n.m., abarcando principalmente áreas que pertenecen a la cordillera escalera.

La zona en estudio comprende áreas de la cordillera escalera, en tanto la importancia biológica radica en la gran riqueza de biodiversidad de flora y fauna; que además presenta microclimas que favorecen la presencia de especies.

Los insectos representan una parte sustancial de toda la biodiversidad terrestre y su respuesta a alteraciones del medio es altamente significativa. Las características ecológicas y la alta representatividad en todos los ecosistemas de algunos de sus representantes les otorgan una gran potencialidad como herramienta para estudios de conservación, como bioindicadores, para monitoreo ambiental y para valorar la calidad del hábitat (Martín Piera, 1999).

Con el fin de ampliar el conocimiento sobre la diversidad entomológica, se debe medir y evaluar tanto la diversidad alfa (diversidad dentro de las comunidades) como la diversidad beta (diferencias en la diversidad entre comunidades). Para medir la diversidad alfa se dispone de un largo número de índices y modelos, paramétricos y no paramétricos, que nos permiten conocer el valor observado o estimar el valor real de la diversidad y para medir la diversidad beta podemos utilizar innumerables métodos, dentro de los cuales se incluyen diferentes índices y medidas de similaridad – disimilaridad (Demey, Villardon, Di Rienzo & Pla, 2011).

Bajo esta perspectiva, tuvimos como objetivo identificar la diversidad entomológica, en época seca y época lluviosa en la zona que comprende el proyecto, determinando la riqueza, abundancia, equidad y similitud de especies en las zonas de muestreo.

## 2 Materiales y Métodos

### 2.1 Área de estudio

El estudio de la entomofauna se realizó en el Centro Académico de Investigación y Ecoturismo – Biodiversidad de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto (UNSM-T), ubicado en el kilómetro 18 de la carretera Tarapoto – Yurimaguas, distrito de la Banda de Shilcayo, Provincia de San Martín. Geológicamente se encuentra enclavado dentro de la Cordillera oriental de los Andes y un sector de la Llanura Amazónica. Geoestructuralmente está limitado, hacia el Oeste por la Cordillera Central y al Este por el Llano Amazónico.

## 2.2 Metodología

**Elaboración y validación del Mapa Base.** Con la base de datos cartográficos proporcionada por la UNSM-T, se desarrolló la georreferenciación para la elaboración del mapa base del Centro Académico de Investigación y Ecoturismo – Biodiversidad, con la finalidad de proporcionar un contexto geográfico y detallado de la referencia de las 131 hectáreas con que cuenta el Centro en estudio.

**Elaboración del mapa temático y ubicación de las zonas de estudio.** Este tipo de mapa nos mostró la información espacial para indicar la ubicación y la distribución de las unidades de vegetación que existen en el área de estudio. Las parcelas generadas fueron cuatro, siendo ubicadas dos parcelas en zona de Purma Alta (Pu) y dos en zona de Bosque Secundario (Bs). Cada parcela tuvo dimensiones de 50 m x 100 m (0,5 ha), ubicándose también de acuerdo a la gradiente altitudinal (720 y 1 000 m.s.n.m.), como se observa en la tabla 1:

**Tabla 1**

*Ubicación de los puntos de evaluación de entomofauna*

Parcela	Unidad de vegetación	Tipo de trampa	UTM - WGS 84	
			Este	Norte
I (720 m.s.n.m.m.)	Purma alta	Malaise	356803	9285393
	Purma alta	Interceptación	356822	9285357
	Purma alta	Luz	356808	9285345
II (720 m.s.n.m.m.)	Bosque secundario	Malaise	356924	9285581
	Bosque secundario	Interceptación	356946	9285548
	Bosque secundario	Luz	356928	9285534
Parcela	Unidad de vegetación	Tipo de trampa	WGS 84	
			Este	Norte
III (1 000 m.s.n.m.m.)	Purma alta	Malaise	357732	9286357
	Purma alta	Interceptación	357747	9286330
	Purma alta	Luz	357729	9286316
IV (1 000 m.s.n.m.m.)	Bosque secundario	Malaise	357884	9286311
	Bosque secundario	Interceptación	357905	9286278
	Bosque secundario	Luz	357895	9286263

**Establecimiento de trampas.** Determinadas las diferentes unidades de vegetación y los puntos de muestreo en biodiversidad, se establecieron las trampas en campo definitivo tanto en época seca (julio-agosto) y época húmeda (noviembre- diciembre), como se muestra en la tabla 2.

**Tabla 2**

*Fechas de evaluación de los puntos de muestreo*

Sector	Estación de monitoreo	Época seca (Fecha)	Época húmeda (Fecha)
Bosque secundario	Bs-01	21/07/16 – 30/07/16	28/11/16 – 05/11/16
	Bs-02	21/07/16 – 30/07/16	28/11/16 – 05/11/16
Purma alta	Pu-01	02/08/16 – 10/08/16	10/12/16 – 18/12/16
	Pu-02	02/08/16 – 10/08/16	10/12/16 – 18/12/16

Las trampas utilizadas se detallan a continuación en la tabla 3:

**Tabla 3**  
*Trampas para la evaluación de entomofauna*

<b>Tipo de trampa</b>	<b>Descripción</b>	<b>Implantación</b>
Trampa malaise	Consta de un juego de redes formando dos arcos opuestos y en la parte superior se aplicará alcohol al 80%	Se instaló 1 trampa por unidad de vegetación, se colocaron durante dos días, y se colectaron las muestras a las 48 horas.
Trampa de luz	Con la ayuda de un generador portátil de luz y una manta de color blanco, se realizó la captura de insectos.	Se colocó una trampa por unidad de vegetación evaluada, se colocó en lugares abiertos.
Trampa pitfall o de caída	Se colocó un frasco enterrado a flor de suelo conteniendo un atrayente de alimentación consistente en plátano maduro, agua y jabón líquido (aproximadamente 200 ml), para romper la tensión superficial del agua y poder hacer la recolecta de insectos terrestres.	Se realizó a través de transectos colocando de 10 trampas por unidad de vegetación a distancias de 10 m, siendo colectadas las muestras a las 48 horas de la puesta.
Trampas de interceptación	Se colocó una red, a nivel del suelo, dentro de la cual se colocaron envases con solución de alcohol al 80 % con agua con detergente.	Se colocó una trampa por unidad de vegetación evaluada y, se revisó cada 24 horas.

Se suman las trampas de jameo sucesivos, que con el uso de la red entomológica en un transecto de 100 m se realizó 50 pases dobles rozando la vegetación, y la colecta manual mediante un recorrido de toda la unidad experimental por el lapso de 20 minutos evaluando los sustratos florales y herbáceos.

**Recolección de especímenes capturados.** Los especímenes fueron colectados, el contenido transvasando a un colador con papel toalla embebido con alcohol a 96° que luego fueron colocados en frascos herméticos para ser rotulados con datos de colecta.

**Cuantificación de especímenes capturados.** Los especímenes recolectados fueron cuantificados para poder determinar la diversidad de la entomofauna que existe por cada unidad de vegetación.

**Preservación y montaje de los especímenes colectados.** Los especímenes fueron montados para poder determinar la diversidad de la entomofauna que existe por cada unidad de vegetación. Estos se han colocado en cajas entomológicas y a alcohol a 70 % y etiquetados con especificaciones (área de muestreo, unidad de vegetación, fecha, tipo de trampa, coordenadas UTM), para ser montados en caja entomológica que permitió exhibir la diversidad de especies de insectos existentes en el Centro de estudio.

**Estudio e identificación de los insectos colectados.** En el laboratorio se examinaron los especímenes contenidos en cada trampa, utilizando un estereomicroscopio, para la identificaron

se utilizó diversos materiales bibliográficos (claves analíticas). Al mismo tiempo se consultaron con diferentes especialistas para identificación a nivel de morfoespecie.

### 2.3 Análisis estadístico

**Riqueza de Especies.** La riqueza específica es la forma más sencilla de medir la diversidad biológica, ya que se basa únicamente en el número de especies presentes, sin tomar en cuenta el valor de importancia de las mismas (Moreno, 2001).

**Análisis de Abundancia y Diversidad.** Se elaboraron matrices de abundancia total por estación de monitoreo para artropofauna y para la diversidad, se calculó a través de medidas estadísticas que relacionan la riqueza específica (número de especies) con la abundancia (Moreno, 2001). Los índices utilizados fueron el Índice de Shannon-Wiener y el Índice de diversidad de Simpson, las mismas se calcularon en el software M. Excel v. 13.

**Índice de Shannon-Wiener.** Mide el grado promedio de incertidumbre en predecir a qué especie pertenecerá un individuo escogido al azar de una colección. Asume que los individuos son seleccionados al azar y que están representados en la muestra. Su fórmula es (Somarriba, 1999):  $H' = -\sum p_i \times \log_2(p_i)$ , donde:

$H'$  = valor del índice de diversidad

$p_i$  = abundancia relativa de una especie =  $n_i/N$

$n_i$  = abundancia o cobertura de la especie  $i$

$N$  = cobertura o abundancia total de todas las especies

El valor de  $H'$  se encuentra acotado entre 0 y  $\log_2(S)$ , donde “S” es el número total de especies. Tiende a cero en comunidades poco diversas y es igual al logaritmo de la riqueza específica (o  $H'$ max) en comunidades de máxima equidad.

**Índice de Simpson.** Manifiesta la probabilidad de que dos individuos tomados al azar de una muestra sean de la misma especie. Está fuertemente influenciado por la importancia de las especies más dominantes (Magurran, 1989). Este índice discrimina las especies poco abundantes y brinda mayor significancia a las dominantes. Como su valor es inverso a la dominancia, la diversidad puede calcularse como “1 – D” (Krebs, 1985). Se calcula mediante la siguiente fórmula:  $1-D = \sum (P_i)^2$ , donde:

$p_i$  = abundancia o cobertura proporcional de la especie  $i$ , es decir, la cobertura de la especie  $i$  dividida entre la cobertura total de la muestra.

**Índice de Equidad de Pielou (uniformidad).** Mide la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada. Su valor va de 0 a 1, que corresponde a

situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes (Magurran 1989, citado en Moreno, 2001). Se empleó la siguiente formula:

$$J' = \frac{H'}{H'_{max}}$$

Donde:

$$H'_{max} = \log_2 (S)$$

S = número de especies

**Similitud entre hábitats y Zonas de Evaluación.** A fin de describir las relaciones de afinidad entre los diferentes hábitats y zonas de evaluación del área de estudio, se elaboraron dendrogramas de similitud utilizando el índice de similitud de Jaccard (Bouza & Covarrubias, 2013), el cual emplea datos únicamente cualitativos:  $C = f / (a + b - f)$

Donde:

f = número de especies halladas en ambas localidades (A y B)

a = número de especies halladas en la localidad "A"

b = número de especies halladas en la localidad "B"

### 3 Resultados y discusiones

#### 3.1 Diversidad alfa ( $\alpha$ ) en época seca

**Diversidad, dominancia y equidad de morfoespecies de insectos.** Para analizar la diversidad de las morfoespecies de insectos registrados en el área de estudio durante la temporada seca (julio-agosto), se calculó la riqueza de morfoespecies, el Índice de diversidad de Shannon-Wiener ( $H'$ ), así como el Índice de Diversidad de Simpson (1-D) y el Índice de equidad de Pielou ( $J'$ ) para cada estación evaluada (Magurran, 2004).

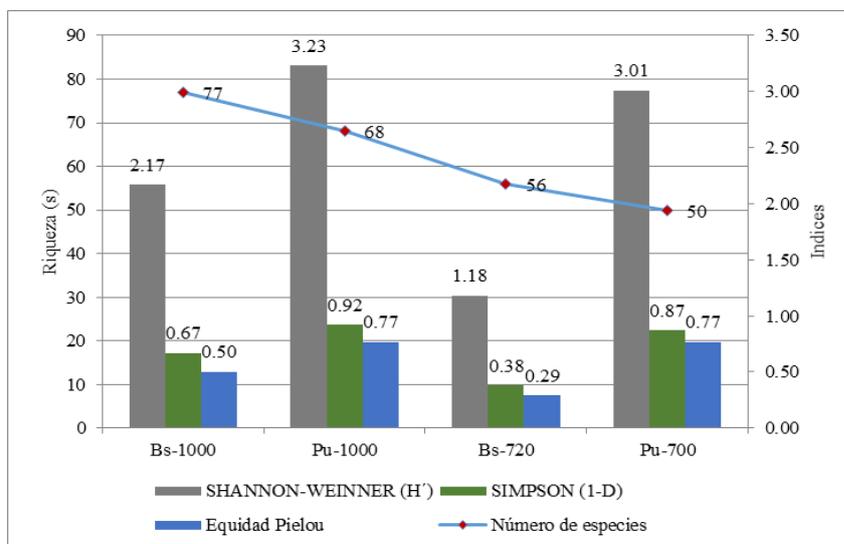
Se evidenció mayor riqueza de morfoespecies en la estación de bosque secundario a 1000 m.s.n.m.m. con 77 especies, y ubicándose en la última posición la estación purma alta a 720 m.s.n.m.m. con 50 especies.

Tal como se observa en la figura 1, en la estación de Purma alta a 1 000 m.s.n.m.m. se encuentra mayor valor de índice de diversidad de Shannon Wiener ( $H'$ ). Las estaciones de muestreo evaluadas presentan un rango de 1,18 a 3,23, se puede concluir que presentan una diversidad intermedia. El menor valor de índice se encuentra en la estación de Bosque secundario a 720 m.s.n.m.m. con 1,18, debido a que de las 56 especies registradas con un número total de 1824 individuos y el 78,2 % lo representa una sola especie de *Termitidae*. Similar situación sucede en

la estación de bosque secundario a 1 000 m.s.n.m.m. que reportó 706 individuos y el 56,8 % lo representa el género *Atta* (Sparrow et al., 1994).

Según el índice de Dominancia de Simpson (1-D), se obtuvo que en las estaciones de muestreo referidas a la unidad de vegetación Purma alta, presentaron valores más altos del índice, es decir cercanos a 1 (rango 0,87 – 0,92). El valor más bajo lo reporta el Bosque secundario a 720 m.s.n.m.m. con 0,38.

Los valores del índice de Equidad de Pielou (J') muestran que en las estaciones de muestreo referidas a la unidad de vegetación bosque secundario, las abundancias de las morfoespecies son diferentes al resto de estaciones de muestreo al presentar el valor del índice más cercano a cero en la temporada seca con rango de (0,50 a 0,29), mientras que estaciones de muestreo referidas a la unidad de vegetación Purma alta presentan una uniformidad de la abundancia de morfoespecies al presentar los índices más cercanos a 1 (0,77) (Stork, 1995).



**Figura 1:** Valores de número de especies, diversidad ( $H'$ ), equidad ( $J'$ ) y dominancia de insectos distribuidos por estación de muestreo.

### 3.2 Diversidad beta ( $\beta$ ) en época seca

**Similitud de entomofauna en época seca.** Se utilizó el Índice de Jaccard para el análisis de similitud de la composición de morfoespecies de insectos ubicadas en cuatro estaciones de monitoreo, siendo entre dos diferentes niveles altitudinales (desde los 720 m.s.n.m.m. a 1000 m.s.n.m.m.) y dos tipos de unidades de vegetación (bosque secundario y Purma alta).

Se observó que la composición de insectos en la unidad de vegetación bosque secundario a 1000 m.s.n.m.m. presenta un promedio de 20 % de su composición en común con las estaciones de muestreo restante. Se detectó el valor más alto de 31 % de similitud entre las estaciones de muestreo (Bosque secundario a 720 m.s.n.m.m. y Purma alta 720 m.s.n.m.m.). Existe sólo un 15

% de similitud de especies entre la estación Purma alta 1 000 m.s.n.m.m. con las estaciones bosque secundario a 720 m.s.n.m.m. y purma alta 720 m.s.n.m.m.

Las morfoespecies más comunes presentes en todas las estaciones de muestreo fueron: *Paraponera grandis*; *Periplaneta americana*, *Paederus* sp, *Geocoris* sp y una especie de la familia vespidae sin identificar.

### 3.3 Diversidad alfa ( $\alpha$ ) en época húmeda

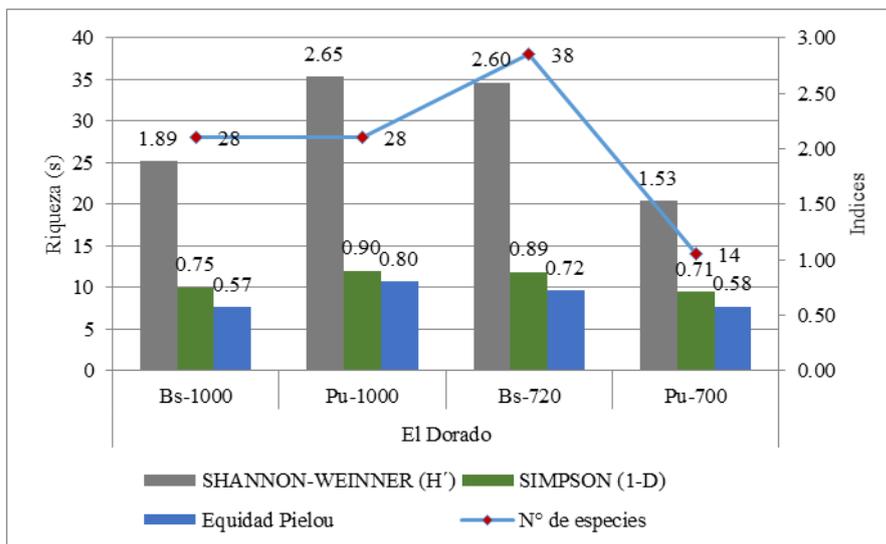
**Diversidad, dominancia y equidad de morfoespecies de insectos.** Para analizar la diversidad de las morfoespecies de insectos registradas en el área de estudio realizado durante la temporada húmeda (noviembre-diciembre), se calculó la riqueza de morfoespecies, el Índice de diversidad de Shannon-Wiener ( $H'$ ), así como el Índice de Diversidad de Simpson (1-D) y el Índice de equidad de Pielou ( $J'$ ) para cada estación evaluada.

Se observó mayor riqueza de morfoespecies en bosque secundario a 720 m.s.n.m.m. con 38 especies y ubicándose en la última posición la unidad de vegetación purma alta de 720 m.s.n.m.m. con 14 especies, a su vez esta estación presento menor número de individuos.

Tal como se observa en la figura 2, en la estación purma a 1 000 m.s.n.m.m. se encuentra el mayor valor de índice de diversidad de Shannon Wiener ( $H'$ ). Las estaciones de muestreo evaluadas presentan un rango de 1,53 a 2,65, en tanto se puede concluir que presentan una diversidad baja a intermedia. El menor valor de índice se encuentra en la estación de muestreo purma alta a 720 m.s.n.m.m. con 1,53, debido a que presenta 14 especies con un número total de 564 individuos y el 45,3 % lo representa *Trigona* sp. Similar situación sucede con el bosque secundario a 1 000 m.s.n.m.m. que reportó 1 081 individuos y el 45,5 % y lo representa la especie *Formica* sp.

Según el índice de Dominancia de Simpson (1-D), se observó mayor predominancia en Purma alta 1 000 m.s.n.m.m. con 0,90; respecto a la unidad de vegetación de bosque secundario que registró 0,89. Por otra parte, se evidenció en todas las estaciones de evaluación en época húmeda registran un índice superior a 0,5 y el valor más bajo lo reporta purma alta de 720 m.s.n.m.m. con 0,71 (Whittaker, 1972).

De acuerdo a los valores del índice de Equidad de Pielou ( $J'$ ), el mayor valor de uniformidad lo reportó purma alta de 1 000 m.s.n.m.m. con 0,80. La abundancia de las morfoespecies son diferentes al resto de estaciones de muestreo al presentar el valor del índice más cercano a cero en la temporada húmeda en bosque secundario de 1 000 m.s.n.m.m. y 720 m.s.n.m.m., siendo 0,57 y 0,58 respectivamente (Tuomisto & Ruokolainen, 1998).



**Figura 2:** Valores de número de especies, diversidad ( $H'$ ), equidad ( $J'$ ) y dominancia de insectos distribuidos por estación de muestreo.

### 3.4 Diversidad beta ( $\beta$ ) en época húmeda

**Similitud de entomofauna.** Se utilizó el Índice de Jaccard para el análisis de similitud de la composición de morfoespecies de insectos, ubicadas en cuatro estaciones de monitoreo, siendo entre dos diferentes niveles altitudinales (desde los 720 m.s.n.m.m. a 1 000 m.s.n.m.m.) y dos tipos de unidades de vegetación (bosque secundario y purma).

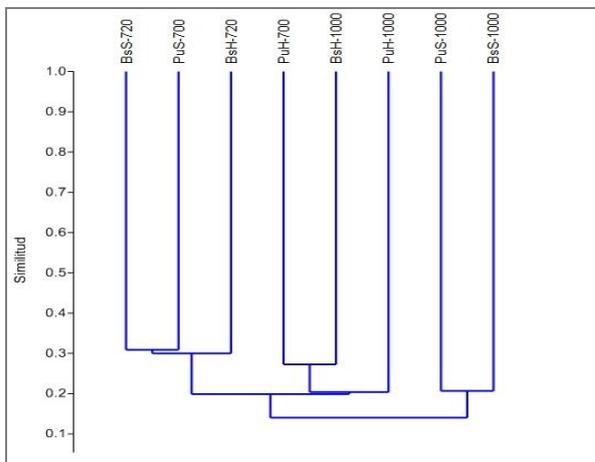
Se evidenció que la composición de artrópodos de purma 720 m.s.n.m.m. presenta sólo un 20 % de su composición en común con las estaciones de muestreo restante. Además, se detectó que el valor más alto es de 31 % de similitud entre las estaciones de muestreo (bosque secundario a 1 000 m.s.n.m.m. y purma alta 1 000 m.s.n.m.m.), viéndose mayor la influencia del nivel altitudinal que el tipo de vegetación.

Existe sólo un 17 % de similitud de especies entre la estación purma alta 1000 m.s.n.m.m. con la estación purma alta de 720 m.s.n.m.m., a pesar que ambas pertenecen al mismo tipo de unidad de vegetación. Las morfoespecies más comunes presentes en todas las estaciones de muestreo fueron: *Paraponera grandis*, *Formica* sp, *Gryllus* sp, *Periplaneta americana* y *Arenivaga* sp.

### 3.5 Diversidad beta ( $\beta$ ) en ambas épocas

**Similitud de entomofauna en ambas épocas de evaluación.** Se aplicó el Índice de Jaccard para el análisis de similitud de la composición de morfoespecies de insectos ubicadas en cuatro estaciones de monitoreo, siendo entre dos diferentes niveles altitudinales (desde los 720 m.s.n.m.m. y 1 000 m.s.n.m.m.) y dos tipos de unidades de vegetación (bosque secundario y purma alta), a su vez considerándose evaluaciones en época seca y época húmeda.

Se observa en la figura 3, que se han generado cinco grupos, de las cuales se han originado por la época de evaluación, además se observa que el nivel altitudinal a influenciado más que el tipo de vegetación sólo para el caso de época seca son los niveles altitudinales de 720 m.s.n.m.m. y 1 000 m.s.n.m.m.



**Figura 3:** Dendrograma del índice de similitud de Jaccard que muestra las relaciones de los tipos de estaciones de muestreo, basado en la composición de morfoespecies de insectos comprendido en época seca y época húmeda.

En la tabla 4, se reporta que la mayor cantidad de especies en común por la misma estación de muestreo alcanzaron un 31% entre las estaciones de muestreo bosque secundario en época húmeda a 720 m.s.n.m.m. con bosque secundario en época seca a 720 m.s.n.m.m., ante ello se observa que gran parte de las mismas especies se encuentran en esta estación de muestreo no importando la época.

Asimismo, se evidencia que la mayor cantidad de especies en común se presenta en la época húmeda entre el bosque secundario a 720 m.s.n.m.m., con bosque secundario 1000 m.s.n.m.m., alcanzando un 29 % en común de su composición. La menor cantidad de especies en común se registra entre la época seca y húmeda en la unidad de vegetación purma alta, siendo entre las estaciones de muestreo purma alta de época húmeda de 720 m.s.n.m.m. y purma de época seca de 1 000 m.s.n.m.m., alcanzando solo un 9 %.

**Tabla 4**

*Similitud de Jaccard de insectos para las estaciones de muestro evaluados*

Estación de Monitoreo	BsS 1000	PuS 1000	BsS 720	PuS 720	PuH 720	BsH 720	PuH 1000	BsH 1000
BsS-1 000	-	0,21	0,19	0,21	0,12	0,14	0,12	0,17
PuS-1 000	0,21	-	0,15	0,14	0,09	0,13	0,10	0,13
BsS-720	0,19	0,15	-	0,31	0,15	0,31	0,18	0,18
PuS-720	0,21	0,14	0,31	-	0,21	0,29	0,13	0,16
PuH-720	0,12	0,09	0,15	0,21	-	0,21	0,14	0,27
BsH-720	0,14	0,13	0,31	0,29	0,21	-	0,27	0,29
PuH-1 000	0,12	0,10	0,18	0,13	0,14	0,27	-	0,27
BsH-1 000	0,17	0,13	0,18	0,16	0,29	0,29	0,27	-

## 4 Conclusiones

Se registró un total de 187 morfoespecies, a su vez distribuidos en época seca 164 (71,62 %) y en época húmeda 65 (28,38 %). Se resalta que la mayor cantidad de morfoespecies en época seca se reportan en bosque a 1 000 m.s.n.m.m. y en época húmeda se reportan en bosque secundario a 720 m.s.n.m.m, a su vez la menor cantidad de morfoespecies se reportan en purma alta a 720 m.s.n.m.m tanto en época seca y época húmeda.

La abundancia total reportada en el presente estudio en el Centro Académico de Investigación y Ecoturismo – Biodiversidad de la Universidad Nacional San Martín –Tarapoto, reporta 5 920 individuos, distribuidos estos en época seca 2 981 (49,65 %) y en época húmeda (50,35 %).

Los resultados del presente estudio muestran cómo influye la época de evaluación, unidad de vegetación con la altitud generándose diferentes condiciones de hábitat expresada en la diversidad beta.

Las morfoespecies más comunes presentes en todas las estaciones de muestreo en época seca fueron: *Paraponera grandis*, *Blattidae* 01, *Paederus* sp, *Geocoris* sp y una especie de Vespidae no identificado, mientras que en época húmeda fueron: *Paraponera grandis*, *Formica* sp, *Gryllus* sp, *Periplaneta americana* y *Arenivaga* sp. Finalmente las morfoespecies más comunes presentes en todas las estaciones de muestreo a pesar de la época de evaluación fueron: *Paraponera grandis*, *Periplaneta americana* y *Formica* sp.

No se reportaron especies de artrópodos endémicos, amenazados o con alguna importancia socioeconómica de acuerdo a la IUCN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza) y legislación nacional (D.S. 004-2014-MINAGRI).

## Referencias bibliográficas

- Bouza, C. N., & Covarrubias, D. (2013). Estimación del índice de diversidad de Simpson en m sitios de muestreo. *Investigación Operacional*, 26(2), 187-195.  
<http://www.invoperacional.uh.cu/index.php/InvOp/article/view/217>
- Demey, J., Vicente Villardon, J. L., Di Rienzo, J. A., & Pla, L. (2011). Medidas de distancia y similitud. En *Valoración y análisis de la diversidad funcional y su relación con los servicios ecosistémicos* (Serie Técn, pp. 47-59).  
<https://www.researchgate.net/publication/260137073>
- Krebs, C. J. (1985). *Ecología: estudio de la distribución y la abundancia* (Segunda Ed). México, D.F. : Harla.
- Magurran, A. E. (1989). *Diversidad ecológica y su medición*. Barcelona: Vedral.

- Magurran, A. E. (2004). *Measuring Biological Diversity* (Blackwell Science Ltd (ed.)). Malden, USA. <http://www.bio-nica.info/Biblioteca/Magurran2004MeasuringBiological.pdf>
- Martín Piera, F. (1999). Apuntes sobre Biodiversidad y Conservación de Insectos: Dilemas, Ficciones y ¿Soluciones? *Aracnet Boletín Electrónico de Entomología* . <http://sea-entomologia.org/aracnet/2/biodiv/>
- Moreno, C. E. (2001). *Métodos para medir la biodiversidad* (Pimera Edí). Centro de Investigaciones Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. <http://entomologia.rediris.es/sea/manytes/metodos.pdf>
- Somarriba, E. (1999). *Diversidad Shannon*. CATIE, Turrialba (Costa Rica). <http://hdl.handle.net/11554/6079>
- Sparrow, H. R., Sisk, T. D., Ehrlich, P. R., & Murphy, D. D. (1994). Techniques and Guidelines for Monitoring Neotropical Butterflies on JSTOR. *Conservation Biology*, 8(3), 800-809. <https://www.jstor.org/stable/2386521>
- Stork, N. (1995). Measuring and inventorying arthropod diversity in Temperate and Tropical forest. En T.J.B Boyle and B. Boontawe (Ed.), *Measuring and Monitoring Biodiversity in Tropical and Temperate Forests*. Bogor, Indonesia. [https://www.cifor.org/publications/pdf\\_files/Books/Biodiv-n.pdf](https://www.cifor.org/publications/pdf_files/Books/Biodiv-n.pdf)
- Tuomisto, H., & Ruokolainen, K. (1998). *Uso de especies indicadoras para determinar características del bosque y de la tierra* (T. T. Yliopisto (ed.)). Kalliola, Risto J., Geocología y desarrollo amazónico: estudio integrado en la zona de Iquitos, Perú.
- Whittaker, R. H. (1972). Evolution and Measurement of Species Diversity. *Taxon*, 21(2-3), 213-251. <https://doi.org/10.2307/1218190>

## Conflicto de intereses

Los autores declaramos que no existen conflictos de interés.

## Contribuciones de los autores

Doria-Bolaños, Manuel: Coordinación del proyecto y análisis estadísticos e interpretación.

García-Gonzales, Patricia: Toma de muestras en campo.

Fachin-Ruiz, Grecia: Redacción y parte metodológica.

## Actividad antioxidante de *Aspidosperma excelsum* Benth, *Dracontium lorentense* Krause y *Pothemorphe peltata* (L) Miq.

### Antioxidant activity of *Aspidosperma excelsum* Benth, *Dracontium lorentense* Krause y *Pothemorphe peltata* (L) Miq.

Salazar-Díaz, Juan<sup>1</sup>[\[0000-0002-4803-7262\]](https://orcid.org/0000-0002-4803-7262); Guerrero-Marina, Jaime<sup>1</sup>[\[0000-0003-2460-4071\]](https://orcid.org/0000-0003-2460-4071) y Rodríguez-Espejo, Yoni<sup>1</sup>[\[0000-0001-5154-1403\]](https://orcid.org/0000-0001-5154-1403)

<sup>1</sup>Universidad Nacional de San Martín, Tarapoto, Perú  
[jjsalazar@unsm.edu.pe](mailto:jjsalazar@unsm.edu.pe)

**Resumen.** La actividad antioxidante de las tres plantas Remo caspi (*Aspidosperma excelsum* Benth), Sacha jergón (*Dracontium lorentense* Krause) y Hojas de Santa maría (*Pothemorphe peltata* (L) Miq.), fue evaluada utilizando el método del DPPH. Se prepararon los extractos hidro-alcohólicos mediante maceración exhaustiva durante una semana. Todos los extractos se concentraron bajo vacío hasta su completa sequedad y se guardaron en frascos ámbar, en refrigeración debidamente etiquetada y pesada hasta su siguiente uso. Los resultados de evaluación de la actividad antioxidante de las plantas, la actividad captadora de radicales libres de los extractos se expresó como valor de IC50 (mg/mL) (cantidad necesaria para inhibir la formación de radicales DPPH en un 50%). El valor bajo de IC50 refleja mejor la acción eliminadora de radicales libres. Aunque la mayoría de las muestras evaluadas mostraron buena capacidad antioxidante con este método (DPPH), los ensayos de los extractos hidro-alcohólicos demuestran que las cortezas de Remo caspi IC50 (1.84mg/mL), los cormos de Sacha jergón IC50 (5.34mg/mL) y las hojas de Santa maría IC50 (1.93mg/mL), según los resultados, se podría considerar como fuentes prometedoras de metabolitos secundarios con actividad antioxidante.

**Palabras clave:** Actividad antioxidante, *Aspidosperma excelsum* Benth, *Dracontium lorentense* Krause, poder reductor, *Pothemorphe peltata* (L) Miq.

**Abstract.** The antioxidant activity of the three plants Remo caspi (*Aspidosperma excelsum* Benth), Sacha jergón (*Dracontium lorentense* Krause) and Santa maría leaves (*Pothemorphe peltata* (L) Miq.), was evaluated using the DPPH method. Hydro-alcoholic extracts were prepared by maceration exhaustive for one week. All the extracts were concentrated under vacuum until completely dry and stored in amber bottles, in properly labeled and heavy refrigeration until their next use. The results of the evaluation of the antioxidant activity of the plants the activity of collecting Free radicals of the extracts were expressed as IC50 value (mg / mL) (amount needed to inhibit DPPH radical formation by 50%). The low IC50 value reflects better free radical scavenging action, although most of the evaluated samples showed good antioxidant capacity with this method (DPPH), tests of hydro-alcoholic extracts show that the Ages of Remo Caspi IC50 (1.84mg / mL), Sacha jergón IC50 corms (5.34mg / mL) and Santa Maria leaves IC50 (1.93mg / mL), according to the results, it could be considered as promising sources of secondary metabolites with antioxidant activity.

**Citar como:** Salazar-Díaz, J., Guerrero-Marina, J., & Rodríguez-Espejo, Y. (2021). Actividad antioxidante de *Aspidosperma excelsum* Benth, *Dracontium lorentense* Krause y *Pothemorphe peltata* (L) Miq. *Revista Agrotecnológica Amazónica*, 1(2), 27-39. <https://doi.org/10.51252/raa.v1i2.190>

**Recibido:** 18/04/2020  
**Aceptado:** 18/06/2020  
**Publicado:** 19/07/2021

**Keywords:** *Aspidosperma excelsum* Benth, antioxidant activity, *Dracontium lorentense* Krause, *Pothemorphe peltata* (L) Miq., reducing power

## 1 Introducción

La lucha contra la oxidación de los alimentos en el curso de su transformación tecnológica, del almacenamiento y distribución, es la problemática que surge la inquietud de conocer cuál es la actividad antioxidante de algunas especies vegetales conocidas comúnmente como Remo caspi, Sacha jergón y Hojas de Santa maría.

Conocedores de que en la mayoría de las especies vegetales se encuentran sustancias como: compuestas polifenólicas, el ácido ascórbico (Vit. C), carotenoides, etc. capaces de atrapar radicales libres evitando la oxidación, se planteó determinar la actividad antioxidante de dichas especies vegetales seleccionadas; teniendo como objetivos la obtención de extractos hidroalcohólicos de las plantas en estudio, determinación de la concentración de fenoles y flavonoides totales, evaluación del poder reductor y actividad antioxidante de los extractos.

Como sustancias antioxidantes destacan: Vitamina E, Vitamina C, Betacarotenos, flavonoides y licopeno, entre otros. Los antioxidantes cumplen funciones protectoras frente a desordenes propios del equilibrio redox del organismo, disminuyendo los efectos adversos que causan radicales libres, principalmente las especies reactivas de oxígeno que se derivan de la respiración celular (Akyol et al., 2016; Bianchi & Falcioni, 2016).

Para Arosena Chao & Chavez Cerna (2018) los antioxidantes son compuestos que pueden retardar la oxidación de moléculas, inhibiendo la iniciación y/o propagación de las reacciones en cadena de la formación de radicales libres. Los antioxidantes se dividen en dos categorías principalmente: sintéticos y naturales. Los sintéticos son compuestos de estructuras fenólicas con varios grados de sustitución alquílica, mientras que los naturales pueden ser compuestos fenólicos (tocoferoles, flavonoides y ácidos fenólicos), compuestos nitrogenados (alcaloides, derivados de la clorofila, aminoácidos y aminas) o carotenoides, así como el ácido ascórbico.

En los antecedentes del estudio, Alvarado Chávez (2017) determinó la actividad antioxidante y citotóxica de 35 plantas medicinales de la Cordillera Negra en distintas concentraciones reportando que el IC<sub>50</sub> (µg/mL) se pudo realizar a Tecuar, Lengua de perro, Santa lucia y Aliso, por presentar mayor capacidad de captación de radicales libres, demostrando que hay actividad antioxidante en la mayoría de las 35 plantas medicinales investigadas.

Por otra parte, Echavarría et al. (2016) evaluó la capacidad antioxidante de los extractos de 16 plantas medicinales mediante el método DPPH (radical 1,1-difenil-2-picrilhidrazil). La actividad captadora de radicales libres de los extractos se expresó como valor de IC<sub>50</sub> (µg/mL) (cantidad necesaria para inhibir la formación de radicales DPPH en un 50%) aunque la mayoría de las muestras evaluadas mostraron buena capacidad antioxidante con este método (DPPH), los ensayos de los extractos hidro-alcohólicos demostraron que la alcachofa (IC<sub>50</sub> 9,89 µg/ mL),

moringa (IC50 11,4 µg/mL) y borraja (IC50 14,0 µg/mL) presentaron mayor capacidad antioxidante.

La investigación resulta entonces importante ya que los resultados contribuyen al descubrimiento de nuevas especies vegetales con actividad antioxidante en la provincia y región de San Martín-Perú, lo cual permite avizorar nuevas aplicaciones de la flora amazónica en biocomercio de gran auge en la actualidad, así mismo continuar la búsqueda de otras especies en la exuberante, rica y extensa amazonia peruana.

## 2 Materiales y Métodos

### 2.1 Material

Se utilizaron tres especies vegetales para el estudio: Remo caspi (*Aspidosperma excelsum Benth*), Sacha jergón (*Dracontium lorentense Krause*) y Hoja de santa maría (*Pothemorphe peltata* (L) Miq.). Se colectaron aproximadamente 3 kg de cada especie vegetal de la “Asociación para la conservación y el aprovechamiento sostenible de la biodiversidad” de Chazuta. Estos se secaron en el laboratorio acondicionados para el aire natural, con corriente de aire a la sombra por 15 días, después de procedió a molerlo hasta una malla de 20 mesh.

### 2.2 Reactivos

Se procedió a la preparación de los reactivos para la determinación de la curva patrón, los cuales fueron los siguientes:

**Preparación de Solución Stock (ST) de ácido gálico (1g/L):** se pesó 25 mg de ácido gálico, y se colocó en una fiola de 25 mL, inmediatamente se aforo con agua destilada.

**Preparación de la Solución patrón de ácido gálico (0,1 mg/mL):** de la solución ST preparada anteriormente se midió 2,5 mL y diluyo en una fiola de 25 mL con agua destilada.

**Preparación de Solución de Carbonato de sodio al 20%p:** consistió en pesar 5g. de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> y colocar en una fiola de 25 mL disolviendo con 15 mL de agua destilada y seguidamente se aforo la fiola.

**Preparación de la Solución de Folin Ciocalteu 1 N:** consistió en diluir 12,5 mL del reactivo comercial en una fiola 25 mL aforando con agua destilada y protegiendo de la luz se guardó en frasco color ámbar en refrigeración.

### 2.3 Método 1

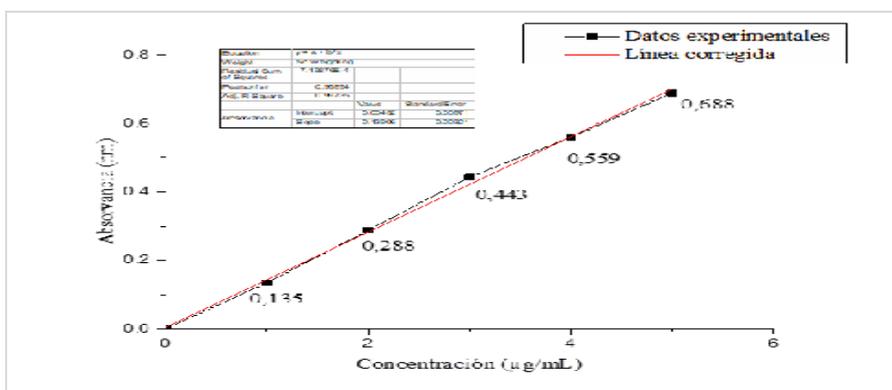
**Obtención de los extractos hidroalcohólicos:** para la extracción por maceración se utilizó alcohol etílico de 70°C, suficiente cantidad como para cubrir el sólido y aumentar un volumen de 10 % para que este suelto y mejore la extracción. Luego, se filtró los extractos de la misma

planta, se concentró en rota evaporador, hasta obtener una masa viscosa y para el secado total del extracto se llevó a la estufa a 40°C. Finalmente, se guardó el sólido seco en un frasco ámbar refrigerada a 4°C.

**Determinación de compuestos fenólicos:** se siguió el método de Folin-Ciocalteu, descrito por Gutiérrez Avella et al. (2008) y Doroteo et al. (2013); utilizamos una curva de calibración de ácido gálico con un rango de concentración de 1 a 5 mg/L. Cada uno de los extractos fueron evaluados a una concentración de 0,1 mg/mL. Luego se realizó la lectura de los tubos a 760 nm y se determinó la recta  $Y = B X + C$  y  $R^2 = +- 1$  (ver Tabla 1 y Figura 1).

**Tabla 1**  
Cantidad promedio de fenoles totales expresado como ácido gálico equivalente (AGE)

Jergón sacha		Santa maría		Remo caspi	
Abs	mg AGE/ g muestra	Abs	mg AGE/ g muestra	Abs	mg AGE/ g muestra
0,097	5,15	0,262	14,70	0,287	16,15
0,059	2,95	0,575	32,82	0,311	17,53
0,105	5,61	0,303	17,07	0,244	13,66
<b>Media</b>	<b>4,57±1,42</b>	<b>Media</b>	<b>21,53±9,98</b>	<b>Media</b>	<b>15,78±1,96</b>
CV	0,31	CV	0,46	CV	0,12



**Figura 1:** Curva de calibración del Ácido Gálico (AG)

Para determinar los fenoles en las muestras se hizo lo siguiente:

1. 2 mg de extracto seco se disolvió en 50 mL de agua destilada, y se mezcló adecuadamente verificando que este homogéneo.
2. De la de la disolución preparada, se utilizó 0,50 mL al cual se agregó 0,75 mL de Folin Ciocalteu, se dejó en reposo por 5 minutos.
3. Luego se adicione 0,75 mL de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> al 20%, agitando adecuadamente hasta homogenizarlo y se dejó en reposo por 90 minutos a temperatura ambiente.
4. Enseguida se hizo las lecturas de absorbancia a 760 nm, se hizo un registro de tres lecturas por cada tubo para corroborar el adecuado funcionamiento del equipo, cuyo resultado en la

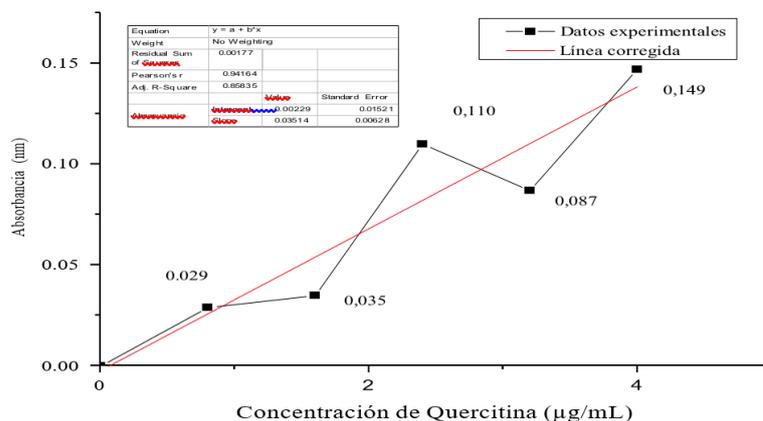
muestra, se expresa en mg de ácido gálico/ g de extracto. El mismo procedimiento se realizó con cada extracto de las plantas en estudio

**Determinación de Flavonoides:** se siguió el método colorimétrico con cloruro férrico, propuesto por Ivanova et al. (2010) también citado por Doroteo et al. (2013); utilizando para la curva de calibración el flavonoide Quercetina, donde se preparan diferentes diluciones de quercetina, se añadió 1,25 mL de agua destilada seguido de 150 µL de nitrito de sodio al 5%, dejando reaccionar por 5 minutos, luego agregamos cloruro de aluminio al 10%, dejando reposar por 5 minutos, finalmente se añadió 0,5 mL de NaOH 1M y agua destilada hasta completar un volumen final de reacción de 2,5 mL.

Igual tratamiento se realizó con las muestras y se interpretó la absorbancia en el espectrofotómetro a 510 nm. Se expresó el contenido de flavonoides de las muestras en mg de quercetina/g de extracto hidroalcohólicos (ver Tabla 2 y Figura 2).

**Tabla 2**  
*Cantidad promedio de flavonoides totales expresado como quercetina*

Jergón sachá		Santa maría		Remo caspi	
Abs	mg quercetina/ g muestra	Abs	mg quercetina/ g muestra	Abs	mg quercetina/ g muestra
0,017	0,52	0,043	2,02	0,038	1,74
0,023	0,87	0,045	2,14	0,039	1,79
0,031	1,33	0,048	2,31	0,040	1,85
<b>Media</b>	<b>0,90±0,41</b>	<b>Media</b>	<b>2,16±0,15</b>	<b>Media</b>	<b>1,79±0,06</b>
CV	0,449	CV	0,067	CV	0,032



**Figura 2:** Curva de calibración para flavonoides totales

## 2.4 Método 2

**Determinación del poder reductor:** esta capacidad de los extractos, de su poder reductor frente a una solución de iones férrico ( $Fe^{3+}$ ) fue medido por el método de Hazra et al. (2008), citado por Doroteo et al. (2013); se dispuso una solución de extractos hidroalcohólicos de concentración de 1 mg/mL y teniendo una concentración final de 0 a 0,4 mg/mL, fue mezclada

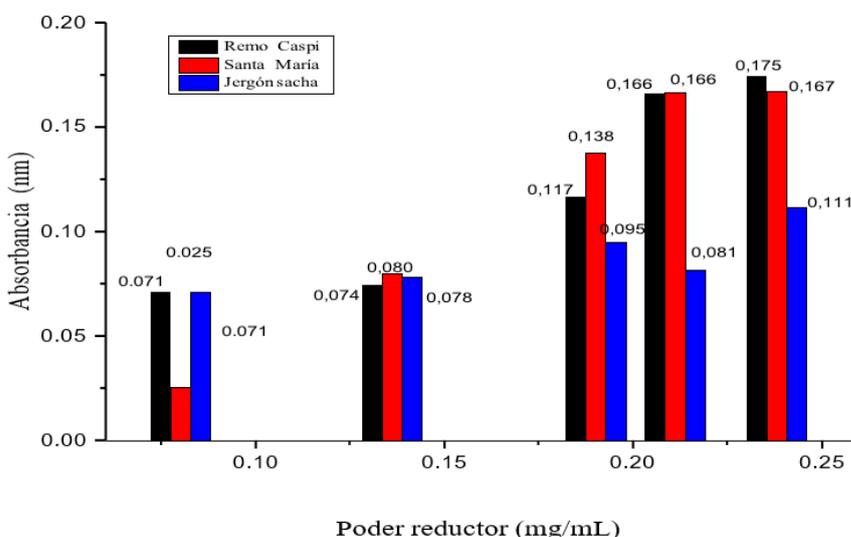
con 0,5 mL de solución amortiguadora de pH 6,6 y 0,5 mL de solución de hexacianoferrato al 0,1%, incubando a 50°C por 20 minutos en baño maría, luego de la reacción, se agregó 0,5 mL de solución de Tricloroacético (TCA) al 10%, culminado la primera reacción.

Después 1 ml de la solución anterior final, se agregó 1 mL de agua destilada y 0,1 mL de cloruro férrico anhidro al 0,01% dejando reaccionar por 10 minutos a temperatura ambiente y luego se midió la absorbancia a 700 nm, este proceso se realizó por duplicado con agua destilada como blanco. Una absorbancia superior de la mezcla de reacción indica un poder reductor mayor (ver Tabla 3 y Figura 3).

**Tabla 3**

*Absorbancias de las muestras a diferentes concentraciones en la evaluación del poder reductor*

	Determinaciones				
	1	2	3	4	5
<b>Muestra de Remo Caspi</b>					
Concentración (mg/mL)	0,080	0,136	0,190	0,211	0,238
Absorbancia	0,068	0,054	0,091	0,151	0,153
	0,070	0,053	0,094	0,151	0,154
	0,066	0,054	0,092	0,151	0,153
Absorbancia Promedio	0,071	0,074	0,117	0,166	0,175
<b>Muestra de Hojas de Santa María</b>					
Concentración (mg/mL)	0,080	0,136	0,190	0,211	0,238
Absorbancias	0,025	0,080	0,139	0,166	0,167
	0,028	0,083	0,145	0,167	0,167
	0,023	0,076	0,129	0,166	0,167
Absorbancia Promedio	0,025	0,080	0,138	0,166	0,167
<b>Muestra de Jergón sacha</b>					
Concentración (mg/mL)	0,080	0,136	0,190	0,211	0,238
Absorbancias	0,071	0,078	0,095	0,080	0,111
	0,071	0,078	0,094	0,081	0,111
	0,071	0,079	0,096	0,083	0,112
Absorbancia Promedio	0,071	0,078	0,095	0,081	0,111



**Figura 3:** Poder reductor; comparación de las absorbancias de los extractos de Remo caspi (1), San maría (2) y Jergón sacha (3).

**Evaluación de la actividad antioxidante:** se realizó mediante la prueba de DPPH conocido como el método de Mensor et al. (2001) también citado por Doroteo et al. (2013), donde se evaluó la actividad antioxidante *in vitro* de los extractos hidroalcohólicos.

Para lo cual, fue necesario la preparación de diluciones en etanol acuoso de los extractos hidroalcohólicos hasta obtener concentraciones de 0 a 150,0 µg/mL. 1,0 mL de cada una de las diluciones con 0,5 mL de una solución 0,3 mM de DPPH en etanol y se dejó reaccionar a temperatura ambiente por 30 minutos; y luego se procedió a medir la absorbancia de la mezcla a 517 nm., el porcentaje de actividad antioxidante de cada muestra se calculó de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$\text{Actividad antioxidante (\%)} = (\text{AC} - \text{AM} - \text{AB}) / \text{AC} \times 100$$

Donde:

AM es la absorbancia de la muestra + DPPH, AB es la absorbancia del blanco (muestra + etanol) y AC es la absorbancia del blanco del reactivo (DPPH + etanol).

## 2.5 Análisis estadístico

La investigación fue abordada por un diseño completamente aleatorizado (DCA), al cual fue realizado análisis de la varianza (ANOVA) para estudiar las diferencias entre las muestras. Para cada prueba, se realizaron tres repeticiones con muestras preparadas utilizando el software estadístico XLSTAT 2009.4.03.

## 3 Resultados y discusiones

Es conocido que la actividad antioxidante puede darse cuanto mayor sea el contenido de polifenoles totales, hay reportes de actividad antioxidante IC<sub>50</sub> de 25,12 µg/mL del *Dracontium* sp (Rivera-Parada, 2013), del *Pothemorphe peltata* (L) Miq IC<sub>50</sub> = 1,2 µg / mL (Lopes et al., 2013), lo cual corrobora los resultados de fenoles totales con una mayor actividad antioxidante del *Pothemorphe peltata* (L) Miq; no hay reportes de actividad del *Aspidosperma* sp, quizás porque la composición fitoquímica de esta especie es mayoritariamente rica en alcaloides indólicos y otros, de actividad mayoritariamente antimalárica según Sosa Amay (2009) y Oliveira et al. (2009).

Bermúdez Riofrío (2017), reporta en su estudio el contenido de flavonoides de la especie *Pothemorphe peltata* (L) Miq hoy reconocido como *Piper peltatum*, la cantidad de 564 mg de quercetina/g de extracto seco, también Moyano Aguay (2019) encuentra el contenido de flavonoides en 86,62 ±13,67 mg de quercetina/g de extracto estudiando las raíces de la especie de la selva de Ecuador, en ambos casos son cantidades altas respecto a lo encontrado de las hojas de la presente investigación.

A la concentración de 0,036 g de extracto/ml, el poder reductor de todos los extractos tienden a igualar su actividad: un factor notorio del poder reductor de las hojas de santa maría (*Pothemorphe peltata* (L) Miq.) es mantener un nivel ascendente al aumentar la concentración del extracto, mientras el sachá jergón (*Dracontium* sp) mantiene un ligero incremento al aumentar la concentración, lo que indicaría que los componentes antioxidantes son mínimos en comparación a la matriz del extracto por tanto, su poder antioxidante será menor; mientras las especies *Aspidosperma* sp y *Pothemorphe peltata* (L) Miq. mantienen un nivel de incremento constante de reductor al aumentar la concentración de los extractos, comparando las absorbancias tendrían mayor poder reductor por tanto mayor poder antioxidante.

Como se observa en las tablas 4 y 5, en el ensayo de DPPH de todos los extractos de las distintas plantas el más activo fue el de Sachá Jergón (*Dracontium* sp) con un valor de IC50 (5,34 mg/mL) seguido de Santa María (*Pothemorphe peltata* (L) Miq ) con un IC50 (1,93 mg/mL) y Remo Caspi (*Aspidosperma* sp) con un IC50 (1,84 mg/mL). La actividad antioxidante es considerable en comparación a los reportes de DPPH IC50 (µg extracto/mL) de Ratania 10,45 ± 0,48; Uña de gato 12,05 ± 0,47; Maíz morado 28,89 ± 0,81; Aguaymanto > 100,00; Maca > 100,00; y Yacón 64,52 ± 0,66 (Doroteo et al., 2013; Rivera-Parada, 2013).

**Tabla 4**

*Determinación del porcentaje de inhibición del DPPH según concentraciones por cada planta*

	0,39	0,78	1,56	3,12	6,24
Especie	ug/ml	ug/ml	ug/ml	ug/ml	ug/ml
<i>Pothemorphe peltata</i> (L) Miq	13%	25%	43%	72%	82%
<i>Aspidosperma</i> sp	14%	26%	46%	73%	85%
<i>Dracontium</i> sp	6%	11%	18%	31%	59%

**Tabla 5**

*Actividad antioxidante de cada planta*

Planta	IC50 mg/10mL	IC50 mg/mL	IC50 C.A./IC50 ácido ascorbico	VCEAC 1 g ácido ascorbico (g)
Remo Caspi	0,02	1,84	17,99	17,99
Santa Maria	0,02	1,93	21,81	21,81
Sachá Jergón	0,05	5,34	52,33	52,33

Del mismo modo, los resultados se relacionan con el estudio de Echavarría et al. (2016), en el que la actividad captadora de radicales libres de los extractos expresaron como valor de IC50 (µg/mL) buena capacidad antioxidante de los extractos hidro-alcohólicos de la alcachofa (IC50 9,89 µg/mL), moringa (IC50 11,4 µg/mL) y borraja (IC50 14,0 µg/mL).

Santos et al. (2013) hizo una revisión bibliográfica del género *Aspidosperma* y encontró 20 especies de la selva amazónica, como *A. alburn*, *A. Austraje*, *A. cuspa*, *A. cilindrocarpon*, *A.*

*vargasii*, etc, en la cuales encontró como compuestos quimiotaxonómicos (compuestos que están presentes en todas las especies) a los alcaloides indólicos.

Por otro lado, de Araújo & de Barros Viana (2020) identificaron en la especie *Aspidosperma pyrifolium* alcaloides indólicos, compuestos fenólicos (taninos, flavonoides, quinonas); entonces en el extracto etanólico realizado de la planta de estudio *Aspidosperma* sp. muy probable que contenga alcaloides indólicos y compuestos fenólicos como flavonoides, taninos, quinonas; estos compuestos polares son los que participan en la propiedad de ser antioxidantes.

En base a la búsqueda bibliográfica realizada, se obtuvo un limitado reporte, ya que el análisis de antioxidante para la *Aspidosperma* sp, es el primer estudio realizado; sin embargo, la investigación realizada por de Araújo & de Barros Viana (2020) evaluó el poder antioxidante, pero, por otro método, en este caso utilizó una fracción acuosa del extracto etanólico de semillas de *A. pyrifolium* sobre oxidativo de neutrófilos del metabolismo a través del ensayo de quimioluminiscencia (QL) utilizando luminol (QL lum) y lucigenina (QL luc). El extracto acuoso a concentraciones de 10, 20 y 50  $\mu\text{g} / \text{mL}$  fue capaz de reducir la quimioluminiscencia dependiente de luminol, mientras que en la QL dependiente de lucigenina todas las concentraciones reducen la emisión de QL.

Martins et al. (2016) realizaron una investigación de la actividad antioxidante *Aspidosperma nitidum*, a partir de extractos etanólicos, utilizando un 2,2- ensayo de difenil-1- picrilhidrazilo DPPH, los resultados del IC<sub>50</sub> fueron  $99,14 \pm 2,3 \mu\text{g mL}^{-1}$ ); y si este valor lo comparamos con el Remo Caspi (*Aspidosperma* sp) con un IC<sub>50</sub> ( $1,84 \pm 0,043 \text{ mg/mL}$ ), vemos que nos da una valor de IC<sub>50</sub> menor, entonces se consideraría a la *Aspidosperma* sp, como una especie con muy buena actividad antioxidante y muy probablemente se deba a los alcaloides y compuestos fenólicos que son los metabolitos quimiotaxonómicos del género *Aspidosperma*.

Para la especie *Pothemorphe peltata* se tuvo ausencia de investigaciones como antioxidante, por ello recurimos a buscar información de la familia a la que pertenecen: *Piperaceae*. Así, encontramos el estudio de Agbor et al. (2005), quienes estudiaron la capacidad antioxidante de 14 hierbas de Camerún. Las muestras liofilizadas extraídas en metanol fueron analizadas usando dos métodos de ensayo de antioxidantes reactivo de Folin-Ciocalteu y el poder antioxidante reductor férrico (FRAP).

Los resultados para las hojas de la especie *Piper* de la familia *Piperaceae*, tuvieron actividad antioxidante altos para el método de Folin, así tenemos para la *Piper guineense*, las hojas tiene un poder oxidante de  $491,55 \pm 9,36$ ; para la *P. nigrum*,  $385,64 \pm 19,57$ . Comparando estos resultados con la especie estudiada *Pothemorphe peltata* (L) Miq., conocida como Santa María, con un IC<sub>50</sub>  $1,93 \pm 0,04 \text{ mg/mL}$ , vemos que estos valores del poder de antioxidante de la planta estudiada son bajos.

En cuanto al género *Dracontium*, la literatura científica carece sobre el análisis de antioxidantes, por ello, buscamos en la familia que pertenece: *Araceae*, y encontramos el estudio de Bello et al. (2020), quienes investigaron especies de la familia *Araceae*, como la *Anchomanes Difformis*, cuya capacidad antioxidante mostró una capacidad más significativa en términos de captación de radicales DPPH ( $43,64 \pm 0,94$  mg GAE / g extracto); y si los comparamos con la especie *Dracontium sp*, resultó  $5,34 \pm 0,12$  mg/mL. Entonces vemos un poder oxidante muy bajo.

#### 4 Conclusiones

Según el poder reductor, se encontró que la concentración de 0,036 g de extracto/ml, en todos los extractos tienden a igualar su actividad, sin embargo, es notorio que las especies *Aspidosperma excelsum Benth* y *Pothemorphe peltata* (L) Miq. tienen una tendencia al incremento de su nivel reductor al aumentar la concentración de los extractos, comparando las absorbancias.

En la evaluación de la actividad antioxidante, se encontró que el mayor porcentaje de inhibición del DPPH fue en *Aspidosperma excelsum Benth*, seguido de *Pothemorphe peltata* (L) Miq. Y finalmente el *Dracontium lorentense Krause* corroborado por el valor del IC50( $\mu\text{g/mL}$ ).

#### Agradecimientos

Los autores agradecen a la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, por el aporte financiero para el desarrollo de la presente investigación aprobado con Resolución N° 138-2015-UNSM/CU-R/NLU y por el apoyo con sus laboratorios, equipos y algunos insumos para la ejecución del presente.

Asimismo, a la Asociación de conservación de plantas medicinales y productores artesanales del Distrito de Chazuta, por su participación, proporcionando las plantas medicinales en la cantidad necesaria para la presente investigación.

#### Referencias bibliográficas

- Agbor, G. A., Oben, J. E., Ngogang, J. Y., Xinxing, C., & Vinson, J. A. (2005). Antioxidant Capacity of Some Herbs/Spices from Cameroon: A Comparative Study of Two Methods. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(17), 6819-6824. <https://doi.org/10.1021/jf050445c>
- Akyol, H., Riciputi, Y., Capanoglu, E., Caboni, M. F., & Verardo, V. (2016). Phenolic Compounds in the Potato and Its Byproducts: An Overview. *International Journal of Molecular Sciences*, 17(6), 835. <https://doi.org/10.3390/IJMS17060835>

- Alvarado Chávez, B. (2017). *Actividad antioxidante y citotóxica de 35 plantas medicinales de la Cordillera Negra* [Universidad Nacional Mayor de San Marcos].  
<https://hdl.handle.net/20.500.12672/5653>
- Arosena Chao, M. A., & Chavez Cerna, R. H. (2018). *Evaluación del extracto del fruto de mullak'a (Muehlenbeckia volcanica (Benth.) Endl.) sobre las características de calidad de la carne molida de alpaca (Vicugna pacos) en refrigeración* [Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. <https://hdl.handle.net/20.500.12672/9393>
- Bello, O. M., Jagaba, S. M., Ogbesejana, A. B., Dada, O. A., Bello, O. E., Kabo, K. S., & Okunola, J. O. (2020). Antidiabetics, antioxidant, enzyme inhibitory activity and polyphenolic profile of polyphenol rich extracts from three underutilized and indigenous vegetables (UIVs) from Nigeria. *Scientific African*, 10, e00628.  
<https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2020.e00628>
- Bermúdez Riofrío, J. C. (2017). *Evaluación de la actividad antiinflamatoria y citotóxica in vitro de hojas de Piper peltatum L.* [Escuela Superior Politécnica de Chimborazo].  
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/7938>
- Bianchi, V. E., & Falcioni, G. (2016). Reactive oxygen species, health and longevity. *AIMS Molecular Science*, 3(4), 479-504. <https://doi.org/10.3934/MOLSCI.2016.4.479>
- de Araújo, D. P., & de Barros Viana, G. S. (2020). *Aspidosperma pyrifolium* Mart. antioxidants features and neuronal tissues. En *Oxidative Stress and Dietary Antioxidants in Neurological Diseases* (pp. 189-198). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-817780-8.00013-X>
- Doroteo, V. H., Díaz, C., Terry, C., & Rojas, R. (2013). Compuestos fenólicos y actividad antioxidante in vitro de 6 plantas peruanas. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 79(1), 13-20. [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1810-634X2013000100003](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2013000100003)
- Echavarría, A., Regnault, H. D., Lisbeth, N., Matute, L., Jaramillo, C., Astudillo, L. R. de, & Benitez, R. (2016). Evaluación de la capacidad antioxidante y metabolitos secundarios de extractos de dieciséis plantas medicinales. *CIENCIA UNEMI*, 9(20), 29-35.  
<https://doi.org/10.29076/issn.2528-7737vol9iss20.2016pp29-35p>
- Gutiérrez Avella, D. M., Ortiz García, C. A., & Mendoza Cisneros, A. (2008). Medición de Fenoles y Actividad Antioxidante en Malezas Usadas para Alimentación Animal. En Universidad Autónoma de Querétaro (Ed.), *Simposio de Metrología*.  
[https://www.cenam.mx/simposio2008/sm\\_2008/memorias/m2/sm2008-m220-1108.pdf](https://www.cenam.mx/simposio2008/sm_2008/memorias/m2/sm2008-m220-1108.pdf)
- Hazra, B., Biswas, S., & Mandal, N. (2008). Antioxidant and free radical scavenging activity of *Spondias pinnata*. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 8(1), 63.  
<https://doi.org/10.1186/1472-6882-8-63>
- Ivanova, V., Stefova, M., & Chinnici, F. (2010). Determination of the polyphenol contents in

- Macedonian grapes and wines by standardized spectrophotometric methods. *Journal of the Serbian Chemical Society*, 75(1), 45-59. <https://eprints.ugd.edu.mk/314/>
- Lopes, A. P., Bagatela, B. S., Rosa, P. C. P., Nanayakkara, D. N. P., Carlos Tavares Carvalho, J., Maistro, E. L., Bastos, J. K., & Perazzo, F. F. (2013). Antioxidant and Cytotoxic Effects of Crude Extract, Fractions and 4-Nerolidylcatechol from Aerial Parts of *Pothomorphe umbellata* L. (Piperaceae). *BioMed Research International*, 2013, 1-5. <https://doi.org/10.1155/2013/206581>
- Martins, F. J., Caneschi, C. A., Vieira, J. L. F., Barbosa, W., & Raposo, N. R. B. (2016). Antioxidant activity and potential photoprotective from amazon native flora extracts. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 161, 34-39. <https://doi.org/10.1016/j.jphotobiol.2016.05.012>
- Mensor, L. L., Menezes, F. S., Leitão, G. G., Reis, A. S., dos Santos, T. C., Coube, C. S., & Leitão, S. G. (2001). Screening of Brazilian plant extracts for antioxidant activity by the use of DPPH free radical method. *Phytotherapy Research*, 15(2), 127-130. <https://doi.org/10.1002/ptr.687>
- Moyano Aguay, M. B. (2019). *Determinación de la actividad diurética del extracto hidroalcohólico de raíz de Piper peltatum L. en Rattus norvegicus*. [Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/9706>
- Oliveira, V. B., Freitas, M. S. M., Mathias, L., Braz-Filho, R., & Vieira, I. J. C. (2009). Atividade biológica e alcalóides indólicos do gênero *Aspidosperma* (Apocynaceae): uma revisão. *Revista Brasileira de Plantas Medicinais*, 11(1), 92-99. <https://doi.org/10.1590/S1516-05722009000100015>
- Rivera-Parada, L. L. (2013). Caracterización fitoquímica, farmacéutica y alimenticia de *Papa culebrera* india (*Dracontium spruceanum* (Schott) G.H.Zhu, Araceae) y *Sande* (*Brosimum utile* (Kunth) Oken, Moraceae) del Jardín Botánico de Plantas Medicinales del CEA de CORPOAMAZONIA, Mocoa, Putumayo. En *Corporación para el Desarrollo Sostenible del Sur de la Amazonia CORPOAMAZONIA* (pp. 1-11). <http://www.corpoamazonia.gov.co/files/Investigaciones/Caracterizacion.pdf>
- Santos, A. C. B., Silva, M. A. P., Santos, M. A. F., & Leite, T. R. (2013). Levantamento etnobotânico, químico e farmacológico de espécies de Apocynaceae Juss. ocorrentes no Brasil. *Revista Brasileira de Plantas Medicinais*, 15(3), 442-458. <https://doi.org/10.1590/S1516-05722013000300019>
- Sosa Amay, F. E. (2009). *Estudio fitoquímico de la corteza de la raíz de Aspidosperma desmanthum Benth. ex Müll. Arg. con actividad antiplasmodial* [Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. <https://hdl.handle.net/20.500.12672/629>

## Conflicto de intereses

Los autores declaramos que no existen conflictos de interés.

## Contribuciones de los autores

Salazar-Díaz, Juan: Coordinación del proyecto y análisis estadísticos e interpretación.

Guerreo-Marina, Jaime: Toma de muestras en campo y experimentación.

Rodríguez-Espejo, Yoni: Redacción y parte metodológica.

## Formulación de dieta artificial para la crianza de *Spodoptera frugiperda* utilizando insumos de la región de San Martín

### Formulation of artificial diets for the raising of *Spodoptera frugiperda* using inputs from the San Martín region

Cerna-Mendoza, Agustín<sup>1</sup>[\[0000-0002-4827-9966\]](#); Coronado, Manuel F.<sup>1</sup>[\[0000-0002-3263-6869\]](#); Doria-Bolaños, Manuel<sup>1</sup>[\[0000-0001-9202-973X\]](#); García-Gonzales, Patricia<sup>1</sup>[\[0000-0003-3490-1977\]](#) y Fachin-Ruiz, Grecia<sup>1</sup>[\[0000-0001-7770-7264\]](#)

<sup>1</sup>Universidad Nacional de San Martín, Tarapoto, Perú  
[acerna@unsm.edu.pe](mailto:acerna@unsm.edu.pe)

**Resumen.** El cogollero del maíz (*Spodoptera frugiperda*) es la plaga más importante de este cultivo en la región San Martín, su crianza masiva, para fines de estudiar su biología, crianza de enemigos naturales y otros, se ve limitada por la falta de insumos; por esta razón el objetivo del estudio fue evaluar los diferentes parámetros fisiológicos y biológicos de *S. frugiperda*, criada en una dieta artificial elaborada con insumos de la región. Se utilizó 35 larvas de primer ínstar para cada tratamiento, cada larva representó una repetición. Para el desarrollo larval, se utilizó una incubadora a 30±1 °C y fotofase 14h. Se evaluó el porcentaje de viabilidad y la duración de los diferentes instares, peso de pupas y deformaciones; el número de mudas se determinó midiendo la capsula cefálica de larvas; en adultos se evaluó la duración del periodo de pre-oviposición, oviposición y post-oviposición, y la fecundidad bruta. Los resultados sugieren que la dieta ESALQ-modificada es la más adecuada para la crianza *S. frugiperda*, ya que mostró una viabilidad larval de 54,3% y 5 instares, las pupas tuvieron mayor peso y los adultos presentaron mayor fecundidad (848,2 huevos por hembra); las pupas sobre la dieta con insumos de la región, presentaron deficiente quitinización de los primeros segmentos abdominales y 0% de viabilidad.

**Palabras clave:** Dieta artificial, harina de plátano, polvillo de arroz, *S. frugiperda*

**Abstract.** Fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) is the most important pest of this crop in the San Martín region. Its massive breeding, for the purpose of studying its biology, breeding of natural enemies and others, is limited by the lack of inputs; for this reason, the objective of the study was to evaluate the different physiological and biological parameters of *S. frugiperda*, raised on an artificial diet made with inputs from the region. 35 first instar larvae were used for each treatment, each larva represented a repetition. For larval development, an incubator was used at 30±1°C and photophase 14h. The percentage of viability and the duration of the different instars, pupal weight and deformations were evaluated; the number of molts was determined by measuring the cephalic capsule of larvae; in adults the duration of the pre-oviposition, oviposition and post-oviposition period, and gross fertility were evaluated. The results suggest that the ESALQ-modified diet is the most suitable for raising *S. frugiperda*, since it showed a larval viability of 54.3% and 5 instars, the pupae had greater weight and the adults presented higher fecundity (848.2 eggs per female); the pupae on the diet with inputs from the region, presented deficient chitinization of the first abdominal segments and 0% viability.

**Keywords:** Artificial diet, banana flour, rice powder, *S. frugiperda*

**Citar como:** Cerna-Mendoza, A., Coronado, M.F., Doria-Bolaños, M., García-Gonzales, P., & Fachin-Ruiz, G. (2021). Formulación de dieta artificial para la crianza de *Spodoptera frugiperda* utilizando insumos de la región de San Martín. *Revista Agrotecnológica Amazónica*, 1(2), 40-52. <https://doi.org/10.51252/raa.v1i2.103>

**Recibido:** 13/04/2020

**Aceptado:** 06/07/2020

**Publicado:** 31/07/2021

## 1 Introducción

En la región San Martín son plagas de gran interés agrícola, el gusano cogollero (*Spodoptera* sp.) en arroz, maíz y otros cultivos, el barrenado de los tallos (*Diatraea* sp.) en caña de azúcar, maíz, arroz, y otras poáceas, que deberían ser conocidas y estudiadas estableciendo módulos de crianza en ambientes adecuados.

El uso de dietas artificiales para la crianza de insectos en el país tiene escasos reportes, así podemos mencionar la crianza de lepidópteros (*Spodoptera* sp., y *Diatraea* sp.), en la costa peruana y la crianza de mosca de la fruta (*Ceratitis capitata*) a través del proyecto “MOSCAMED” como uno de los más importantes, por su alcance y tecnología utilizados. En tanto, hay insuficientes empresas formalizadas, que se dediquen a la crianza y/o producción y comercialización de insectos como ocurre en Europa y algunos países de la región (Brasil, Cuba, Costa Rica, etc.).

El Perú es uno de los países pioneros en América Latina donde se implementó el manejo integrado de plagas en el cultivo del algodón y pionero en el control biológico, la crianza masal de *Trichogramma* spp se implementó en la década del 50, utilizando técnicas de crianza avanzadas para la época y con asesoramiento de especialistas de la Universidad de California-EUA. Hasta el 2000, se han introducido al país 93 especies benéficas (la mayoría parasitoides) de las cuales se han establecido 28, y todas ellas cuanto sus presas y/o hospederos, han sido criadas con dietas naturales y liberadas en forma inoculativa en cultivos perennes y semiperennes (Valdivieso & Bartra, 2000).

El sistema de crianza utilizado en algunos centros de investigación (Universidades, Institutos Tecnológicos, Institutos de Investigación, empresas privadas, etc.) para proveerse de insectos en sus diferentes estadios, es alimentándolos con “dietas naturales”, con las consiguientes desventajas: indisponibilidad del alimento fresco y oportuno, sobredimensionamiento de jaulas y ambientes debido al volumen de los mismos y contaminación biológica (entomopatógenos) y química (residuos de pesticidas); pues los objetivos de tales crianzas son básicamente la investigación en biología. Así, la crianza de insectos utilizando dietas artificiales se convierte en uno de los componentes importantes de la entomología tanto básica cuanto aplicada.

Para la crianza de *S. frugiperda*, en la ESALQ-USP, Brasil viene utilizando una dieta patrón compuesta de: frejol, harina de trigo y torta de soya, agar, vitaminas, sales minerales y antibióticos, insumos escasos y costosos en nuestra región, por lo que pretendemos, como objetivo del estudio, reemplazar la harina de trigo por polvillo de arroz, y la torta de soya por harina de plátano (50%) y harina de maíz suave (50%), existentes en nuestra región, para la crianza de cogollero.

## 2 Materiales y Métodos

Se utilizó equipo básico para la preparación de las dietas: cocina de 02 hornillas a gas, licuadora, batidora eléctrica, olla a presión, recipientes graduados de polietileno, pipeteador, pipetas (10 ml, 1 ml), probeta de 01 l, coladores (10 cm y 20 cm), refrigeradora, cámara de vacío con luz ultravioleta y luz normal, balanza analítica de 1000 g, estufa para esterilizar, vasijas plásticas de diferentes volúmenes, incubadora, destilador de agua, congeladora mediana.

Como fuentes de carbohidratos y proteínas se empleó: frejol, germen de trigo, levadura, caseína, proteína y afrecho de soya, solución vitamínica, sales de Wesson, cloreto de colina. Los insumos regionales incorporados a la dieta artificial, fueron: frejol huasca, polvillo de arroz (subproducto del pilado de arroz), harina de plátano y harina de maíz suave. Se preparó una solución vitamínica fortificante recomendada por Parra (1996), compuesta de vitaminas diluidas en dextrosa (Tabla 1); y también se preparó la dilución de sales de Wesson.

**Tabla 1**

*Solución vitamínica fortificante y sales Wesson, utilizada para la elaboración de dietas artificiales para insectos en la ESALQ-USP*

SOLUCIÓN VITAMÍNICA		SALES WESSON	
Vitamina	Cantidad	Sal mineral	Cantidad (%)
Vitamina A concentrada (200 000 unidades por gramo)	4,5 g	Carbonato de calcio	21,00
Vitamina D concentrada (400 000 unidades por gramo)	0,25 g	Fosfato de calcio	14,90
Alfa-tocoferol	5,0 g	Sulfato de cobre (5H <sub>2</sub> O)	0,04
Ácido ascórbico	45,0 g	Fosfato férrico	1,47
Inositol	5,0 g	Sulfato de magnesio	9,00
Cloreto de colina	75,0 g	Sulfato Manganoso	0,02
Menadiona	2,25 g	Sulfato de potasio y aluminio	0,009
Ácido p-aminobenzoico	5,0 g	Cloreto de potasio	12,00
Niacina	4,5 g	Iodeto de potasio	0,005
Riboblavina	1,0 g	Monofosfato de potasio	31,00
Hidrocloreto de piridoxina	1,0 g	Cloreto de sodio	10,50
Hidrocloreto de tiamina	1,0 g	Fluoreto de sodio	0,057
Pantotenato de calcio	3,0 g		
Biotina	20,0 mg		
Ácido fólico	90,0 mg		
Vitamina B12	1,35 mg		

Fuente: Tomado de Parra (1996)

La composición de las dietas patrón (dieta ESALQ-USP) y modificada con insumos de la región utilizadas en la presente investigación, se muestran en la Tabla 2.

### 2.1 Establecimiento del módulo de crianza

Se colectaron larvas de *Spodoptera frugiperda* en cultivos de maíz y caña de azúcar en distritos de Tarapoto, Morales y Banda de Shilcayo durante el periodo de marzo-diciembre 2014, para establecer el módulo de cría, los módulos fueron mantenidos con dieta natural (tallos frescos y hojas de maíz); los adultos de *Spodoptera* obtenidos de las colectas de campo fueron manejados

en una caja de crianza de (45 cm x 70 cm y 33-53 cm de altura) (ver Figura 1), acondicionando plántulas de arroz (estado de macollamiento) en forma de florero para obtención de posturas y refugio de adultos, no se suministró alimento adicional para adultos; las posturas fueron colectadas diariamente y acondicionadas en placas de Petri hasta la eclosión de las larvas. Las larvas de primer ínstar fueron acondicionadas en tapers de 20 cm x 30 cm con trozos de cogollo de maíz; el cambio de dieta fue interdiario.

**Tabla 2**

*Composición de una dieta artificial (patrón) utilizada en la ESALQ-USP-BRASIL y una modificada con insumos de la región San Martín, para la crianza de *Spodoptera frugiperda*.*

DIETA ESALQ-USP		DIETA CON INSUMOS REGIONALES	
Insumo	Cantidad	Insumo	Cantidad (%)
Frejol	37,5 g	Frejol huasca	37,5 g
Germen de trigo	30,0 g	Polvillo arroz	30,0 g
Proteína de soya*	15,0 g	Harina de plátano	15,0 g
Caseína*	15,0 g	Harina de maíz suave	15,0 g
Levadura	18,75 g	Levadura	18,75 g
Solución vitamínica	4,5 ml	Solución vitamínica	4,5 ml
Ácido ascórbico	1,8 g	Ácido ascórbico	1,8 g
Ácido sórbico	0,9 g	Ácido sórbico	0,9 g
Nipagin (metilparahidroxibenzoato)	1,5 g	Nipagin (metilparahidroxibenzoato)	1,5 g
Tetraciclina	56,5 mg	Tetraciclina	56,5 mg
Formaldehído (40%)*	1,8 ml	Formaldehído (40%)*	1,8 ml
Agar	11,5 g	Agar	11,5 g
Agua destilada	600 ml	Agua destilada	600 ml

Para mantener las colonias, se utilizó como alimento natural, plantas de maíz, obtenidas de parcelas instaladas en forma secuencial (siembra mensual durante el periodo marzo 2014 – marzo 2015) en el distrito de Morales (ciudad universitaria).



**Figura 1:** Secuencia de manejo del pie de cría de *Spodoptera frugiperda*: **A.** Jaula de crianza para manejo de adultos; **B.** Macollo de arroz utilizado como refugio y sustrato de postura para adultos. **C.** Posturas, colecta y acondicionamiento en placas de Petri. **D.** Larvas recién eclosionadas; **E.** acondicionamiento de larvas de primer ínstar en tallos frescos de maíz utilizado como sustrato alimenticio; **F** y **G.** Larvas de cuarto ínstar y pupas listas para ser acondicionadas en la jaula.

## 2.2 Preparación de la dieta artificial

El frejol cocinado y frío, se mezcló con los demás ingredientes (excepto el agar), se agregó agua y se batió en la licuadora. El agar fue disuelto en forma separada en agua caliente, luego los dos contenidos fueron mezclados, homogenizados con un agitador eléctrico, y transferida a los recipientes de crianza (vasos descartables de polipropileno de 30 ml (altura 45 mm, diámetro superior 35 mm y diámetro inferior 25 mm). Los anticontaminantes y vitaminas fueron adicionados a la dieta cuando ésta alcanzó de 60 °C a 65 °C.

## 2.3 Instalación del ensayo

Se probaron tres dietas (tratamientos) en un DCA: T1= dieta natural (hojas y tallos tiernos de maíz); T2= dieta ESALQ-USP, Brasil modificada, compuesta de: frejol, harina de trigo, torta de soya, levadura, solución vitamínica, ácido ascórbico, ácido sórbico, nipagin, tetraciclina, agar y agua destilada; T3= dieta modificada con insumos de la región: se reemplazó la harina de trigo por polvillo de arroz, y la torta de soya por harina de plátano (50%) y harina de maíz suave (50%).

En cada tratamiento se instalaron 35 larvas de primer ínstar de la primera generación (F1) a 24 horas después de la eclosión, cada larva constituyó una repetición.

Después de realizar la infestación, los vasos fueron acondicionados en una incubadora a  $30\pm 1$  °C hasta la pupación. En forma interdiaria, se midió la capsula cefálica de 15 larvas marcadas; en la dieta natural se cambió el alimento interdiario. Se realizó el sexado de pupas al momento de ser colectadas, según Butt & Cantu (1962) citado por Silveira Garcia et al. (2014), también se evaluó las deformaciones y peso de cada una. Luego fueron acondicionadas en jaulas de madera para *S. frugiperda*. Se formó 05 parejas de adultos en T1 y T2 respectivamente, para evaluar longevidad y fertilidad.

Las posturas de cada hembra fueron colectadas en forma diaria, etiquetadas y se contó el número de huevos por postura (masa).

El desarrollo de larvas se mantuvo en una incubadora de 110 l marca MMM, modelo FRIOCELL 111 a temperatura constante 30°C y fotofase 14h; la emergencia de adultos, y la obtención de posturas fue a temperatura ambiente (24 °C a 28 °C aproximadamente), con humedad relativa del aire de  $70\pm 10\%$  y fotofase de 14 horas.

## 3 Resultados y discusiones

El porcentaje de viabilidad de larvas en dietas artificiales es muy variable, y los datos reportados en diferentes experimentos inclusive para las mismas dietas varía; así, la dieta T2 (dieta ESALQ-USP) utilizada como dieta patrón en el presente experimento con 54,29% de viabilidad,

corresponde a la dieta reportada por Greene et al. (1976) modificada por Parra (1996) que fue probada también por Arévalo Maldonado & Zenner de Polanía (2009) en Colombia donde obtuvieron 100% de viabilidad de larvas en la F1, 86,5% en la F2 y 76,5 en la F3; y al igual que en el presente estudio una viabilidad de pupas del 100%. La dieta natural (T1) que consistió de hojas y cogollos frescos de maíz, alcanzó una viabilidad larval de 71,43%, (Tabla 3), siendo también inferior a 83,33% reportado por Arévalo Maldonado & Zenner de Polanía.

La dieta T3 fue inviable (viabilidad larvas 5,71% y viabilidad de pupas 0%). *S. frugiperda*, presentó alta mortalidad de larvas en el primer y último ínstar. En el último ínstar, no se produjo la muda completa, quedando parte de la exuvia adherida al cuerpo de la larva en el primer y segundo segmento abdominal (Figura 2, B y C). Sin embargo, dieta natural y ESALQ no alcanzaron sobrevivencia superior a 75%, preconizada por Singh (1977, 1983, 1985) como mínimo exigido para considerar a una dieta adecuada para el desarrollo de un determinado insecto.

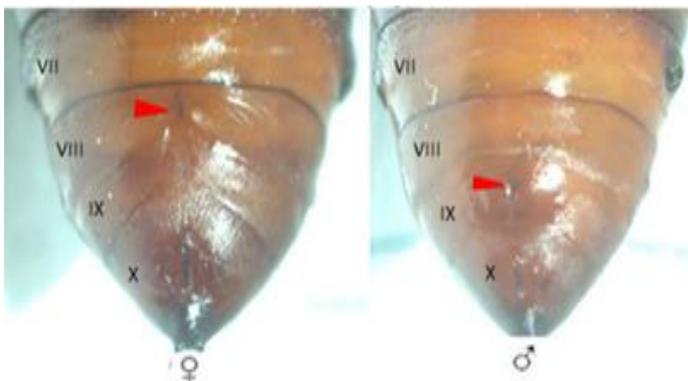
Ambas dietas testadas, de acuerdo a su composición, pueden ser calificadas como merídicas, puesto que contienen más de un ingrediente de composición desconocida o inadecuadamente definida (Dougherty, 1959), como es el caso frejol huasca, polvillo de arroz harina de plátano y harina de maíz suave y, por tanto, constituirse en dietas inadecuadas para el desarrollo y crecimiento del cogollero del maíz, ya que una dieta nutricionalmente completa en cultivo axénico, para la mayoría de insectos debe contener todos o la mayor parte de los siguientes elementos: proteínas o aminoácidos (10 esenciales), carbohidratos, ácidos grasos, colesterol, colina, inositol, ácido pantoténico, nicotinamida, tiamina, riboflavina, ácido fólico, piridoxina, vitamina B12, caroteno o vitamina A, tocoferol, ácido ascórbico, minerales y agua (Vanderzant, 1974).



**Figura 2.** Pupas de *Spodoptera frugiperda* criadas en dos dietas artificiales: **A.** Pupa normal obtenida en la dieta estándar T2, utilizada en la ESALQ-USP, Brasil (compuesta de frejol, harina de trigo, torta de soya, levadura, solución vitamínica, ácido ascórbico, ácido sórbico, nipagin, tetraciclina, agar y agua destilada); **B, C.** Pupas con deficiente quitinización de los primeros segmentos abdominales (nótese las flechas), obtenidas en dieta modificada con insumos de la región, donde se reemplazó la harina de trigo por polvillo de arroz, y la torta de soya por harina de plátano (50%) y harina de maíz suave (50%) (T3).

El peso de pupas en dieta natural (T1) y en la dieta ESALQ-USP (T2), fue de 0,147 g y 0,197 g respectivamente (Tabla 3), valores parecidos al T2, encontró Arévalo Maldonado & Zenner de Polanía (2009) (0,16 - 0,21g). Las pupas obtenidas en T3 (dieta modificada), mostraron falta de quitinización en los primeros segmentos abdominales (deformación apreciada en la Figura 2, B y C); de algunas pupas deformes, emergieron también adultos deformes (Figura 5 D). El porcentaje de deformación fue de 100% en pupas y adultos.

*S. frugiperda*, presenta dimorfismo sexual en estado de pupas tal como se observa en la Figura 3, lo que permitió formar las parejas con pupas de la misma edad para la evaluación de adultos.



**Figura 3.** Dimorfismo sexual en pupas de *Spodoptera frugiperda*; obsérvese el orificio urogenital de las hembras en el octavo y en machos en el noveno segmento abdominal.

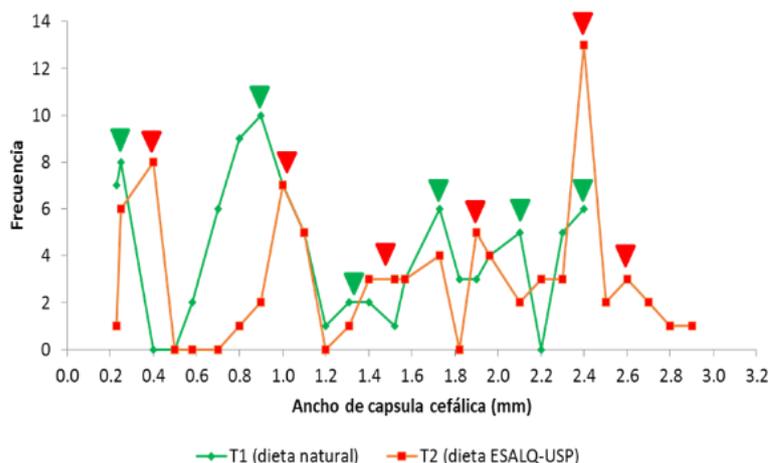
### 3.1 Estados de desarrollo *S. frugiperda*

La figura 4, muestra el número de estadios para los dos primeros tratamientos (T1 y T2), el tratamiento T3, con insumos modificados no fue considerado porque presentó alta mortalidad de larvas en el primer ínstar. *S. frugiperda*, presentó 6 estadios para ambos tratamientos, con una pequeña diferencia, las larvas fueron más vigorosas en la dieta artificial, como se aprecia en el gráfico, en el último estadio, el ancho de la cápsula cefálica fue mayor a 2,5 mm, mientras que en la dieta natural fue menor a 2,5 mm, por tanto, también dieron origen a pupas de mayor peso, como se aprecia en el Tabla 3 y a adultos más fecundos.

**Tabla 3**  
Viabilidad de larvas y pupas (%), peso de pupas y razón sexual para *S. frugiperda* criada en dieta artificial

Tratamientos*	N° larvas infestadas	Viabilidad larvas (%)		Viabilidad pupas (%)	Peso pupas (g)	Relación sexual		Proporción
		N°	%			Hembras	Machos	
T1: Dieta natural	35	25	71,43	100,00	0,147	16	9	0,64
T2: Dieta ESALQ	35	19	54,29	100,00	0,197	12	7	0,63
T3: Dieta modificada	35	2	8,71	0,00	0,165	2	0	

(\*) T1: Dieta natural compuesta de hojas y tallos frescos maíz; T2: Dieta testigo utilizada en la ESALQ-USP, Brasil, compuesta de frejol, harina de trigo, torta de soya, levadura, solución vitamínica, ácido ascórbico, ácido sórbico, nipagin, tetraciclina, agar y agua destilada; T3: Dieta artificial modificada con insumos de la región, donde se reemplazó la harina de trigo por polvillo de arroz, y la torta de soya por harina de plátano (50%) y harina de maíz suave (50%).



**Figura 4.** Distribución de frecuencia del ancho de capsula cefálica de *Spodoptera frugiperda* desarrollada en dieta natural (T1) y en la dieta artificial utilizada en la ESALQ-USP, Brasil (compuesta de frejol, harina de trigo, torta de soya, levadura, solución vitamínica, ácido ascórbico, ácido sórbico, nipagin, tetraciclina, agar y agua destilada) (T2). Las zetas, indican el número de mudas (i1=instar 1; i2=instar 2; i3=instar 3; i4=instar 4; i5=instar 5; i6=instar 6).

En la dieta modificada (T3) con insumos de la región, se observó un alargamiento de la fase larval, y alta mortalidad en los estadios 4 y 5 (Figura 5, B y C).



**Figura 5.** Efecto de la dieta artificial modificada con insumos de la región, donde se reemplazó la harina de trigo por polvillo de arroz, y la torta de soya por harina de plátano (50%) y harina de maíz suave (50%) sobre *Spodoptera frugiperda*: **A.** Larva con desarrollo normal, obtenida en la dieta estándar utilizada en la ESALQ-USP, Brasil (compuesta de frejol, harina de trigo, torta de soya, levadura, solución vitamínica, ácido ascórbico, ácido sórbico, nipagin, tetraciclina, agar y agua destilada); **B,C.** Larvas de último estadio y pre-pupa muertas; **D.** Adulto emergido con deformaciones.

Villa Castoreña & Catalán Valencia (2004) al determinar el número de estadios de esta misma especie criada con hojas y tallos de maíz, encontraron un máximo de 5 estadios, y un ancho cefálico promedio para el quinto ínstar de 2,77 mm; mientras que Arévalo Maldonado & Zenner de Polanía (2009) encontraron en promedio de seis a ocho estadios utilizando la misma dieta

ESALQ. Por otra parte, Murúa et al. (2003) obtuvieron hasta 10 en una dieta a base de arroz, fécula de maíz y germen de trigo. Frente a ello, Kester & Smith (1984) mencionan que la nutrición en los insectos influye en la duración de los diferentes estadios (número y tiempo), mortalidad y desempeño reproductivo (fecundidad).

### 3.2 Fase de adultos

La duración del ciclo biológico de *S. frugiperda* se muestra en la Tabla 4, en la dieta natural (T1) y en la dieta artificial ESALQ-USP (T2), fue de 36,74 y 38,56 días respectivamente, sin diferencia para la fase de huevo y pupa, en dieta natural, las fases de larva y preoviposición, fue menor mientras que las fases de oviposición y post oviposición fueron mayores que en la dieta ESALQ. Los valores son análogos a los encontrados por Arévalo Maldonado & Zenner de Polanía (2009).

**Tabla 4**

*Estados de desarrollo y duración (días) de S. frugiperda criada en dos dietas artificiales*

Tratamientos*	Estados de desarrollo y duración (días)**						Total
	Huevo	Larva	Pupa	Pre oviposición	Oviposición	Post oviposición	
T1	2,17±0,15	20,32±0,48	4,05±0,39	5,60±1,52	3,80±1,79	0,80±0,45	36,74
T2	2,33±0,06	22,37±0,50	4,26±0,26	4,40±0,55	4,20±1,30	1,00±0,00	38,56
T3	x	30	x	x	x	x	x

(\*) T1: Dieta natural compuesta de hojas y tallos frescos maíz; T2: Dieta testigo utilizada en la ESALQ-USP, Brasil, compuesta de frejol, harina de trigo, torta de soya, levadura, solución vitamínica, ácido ascórbico, ácido sórbico, nipagin, tetraciclina, agar y agua destilada; T3: Dieta artificial modificada con insumos de la región, donde se reemplazó la harina de trigo por polvillo de arroz, y la torta de soya por harina de plátano (50%) y harina de maíz suave (50%).

(\*\*) ± Desviación estándar del error.

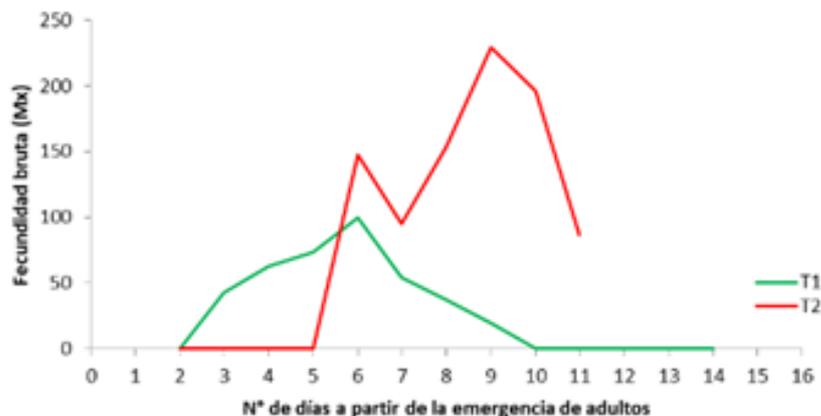
Como se mencionó para los estadios de larvas y pupas, la mortalidad del T3 fué alto, los adultos murieron al momento de la emergencia o recién emergidos, en tanto también se observó mortalidad de parejas copulando en el tratamiento T2.

La fecundidad bruta (Mx) para hembras criadas en dieta natural (T1) y en la dieta artificial ESALQ-USP (T2) fué de 388,4 y 848,2 huevos por hembra respectivamente (Figura 6), valores parecidos a los reportados por Arévalo Maldonado & Zenner de Polanía (2009) en las mismas dietas con 743 y 905,8 huevos por hembra respectivamente.

Producir insectos de calidad, es el objetivo final de los laboratorios destinados a éste fin; la calidad de insectos dependiendo del objetivo de las crianzas debe ser monitoreado permanentemente, en Europa por ejemplo, para las crianzas masales con fines de control biológico existe una serie de normas padronizadas, desarrolladas en alianza con la Organización Internacional de Control Biológico (IOBC) y empresarios de biocontrol para testes de calidad en crianzas de diversos enemigos naturales utilizados en cultivos protegidos.

Así, la calidad está relacionada con la razón sexual, fecundidad, longevidad, predación, tamaño de adulto, actividad de vuelo y desempeño en campo (van Lenteren, 1993). El peso de adultos,

está a su vez relacionado directamente con el peso de las pupas al día siguiente de su formación (Bustillo, 2019).



**Figura 6.** Fecundidad bruta para *Spodoptera frugiperda* desarrollada en dieta natural (T1) y en la dieta artificial utilizada en la ESALQ-USP, Brasil (compuesta de frejol, harina de trigo, torta de soya, levadura, solución vitamínica, ácido ascórbico, ácido sórbico, nipagin, tetraciclina, agar y agua destilada) (T2).

*S. frugiperda*, es un lepidóptero cuyo imago puede vivir en promedio de 7 a 8 días, sobreviviendo en éste estado de los nutrientes almacenados en sus tejidos gordurosos; tal como afirma Chapman (1982) que es bastante evidente en adultos de Lepidoptera que no se alimentan. En estos casos los procesos metabólicos del adulto dependen de las reservas de los estadios inmaduros. Larvas de *Anthonomus grandis* (Coleoptera) almacenan colina e inositol suficientes para permitir el desarrollo del huevo, mismo si estos nutrientes fuesen excluidos de la dieta del adulto.

Según la bibliografía consultada, para la cría experimental de *S. frugiperda* se emplea diversidad de dietas artificiales; la mayor parte de estas son elaboradas teniendo como base harinas de frejol, soja, maíz, alfalfa, germen de trigo, entre otros, adicionadas con distintos complejos vitamínicos e importantes cantidades de agar de alta pureza y de elevado costo (Burton, 1969; Burton & Perkins, 1989; Perkins, 1979; Singh, 1985; Valverde et al., 1995).

## 4 Conclusiones

La dieta artificial T2, utilizada en la ESALQ-USP, Brasil, compuesta de frejol, harina de trigo, torta de soya, levadura, solución vitamínica, ácido ascórbico, ácido sórbico, nipagin, tetraciclina, agar y agua destilada, fue adecuada para el desarrollo de *S. frugiperda*. Esto permitió su desarrollo larval, con una viabilidad y duración semejante a la dieta natural. Los adultos, tuvieron una fecundidad igual al doble de aquellos provenientes de dieta natural y, además, fueron ligeramente más grandes y vigorosos; del mismo modo, las larvas presentaron

mayor tamaño de capsula cefálica y las pupas tuvieron mayor peso promedio que aquellas provenientes de dieta natural.

La dieta modificada (T3) con insumos de la región, prolongó el ciclo larval de *S. frugiperda* y presentó alta mortalidad para el primer y último instar larval, y las pupas presentaron deficiente quitinización de los primeros segmentos abdominales, malformación que conllevó a la muerte de las mismas y algunos adultos que consiguieron emerger, presentaron deformaciones (alas principalmente) y murieron a pocas horas de la emergencia.

## Agradecimientos

Los autores agradecen al Instituto de Investigación y Desarrollo de la Universidad Nacional de la San Martín (UNSM-T) por el financiamiento y acompañamiento de la ejecución de la investigación.

Al laboratorio de Entomología de la Facultad de Ciencias Agrarias, por brindar la infraestructura y todas las facilidades para la ejecución del presente trabajo.

## Referencias bibliográficas

- Arévalo Maldonado, H., & Zenner de Polanía, I. (2009). Evaluación de dietas merídicas para la cría en laboratorio de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 12(1).  
<https://doi.org/10.31910/rudca.v12.n1.2009.644>
- Burton, R. L. (1969). *Mass rearing the corn earworm in the laboratory* (pp. 7-8).
- Burton, R. L., & Perkins, W. D. (1989). Rearing the corn earworm and fall armyworm for maize resistance studies. *Toward insect resistant maize for the third world, Centro Internacional de Mejoramiento de Maiz y Trigo, Mexico, DF*, 37-45.
- Bustillo, A. (2019). La nutrición en insectos. Sociedad Colombiana de Entomología. Medellín. *Boletín de Divulgación*.
- Butt, B. A., & Cantu, E. (1962). Sex determination of lepidopterous pupae. En *Agricultural Research Service, U.S. Dept. of Agriculture*.
- Chapman, R. F. (1982). *The Insects: Structure and Function* (Tercera).
- Dougherty, E. C. (1959). Introduction to axenic culture of invertebrate metazoa: a goal. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 77(2), 27-54. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.1959.tb36891.x>
- Greene, G. L., Leppla, N. C., & Dickerson, W. A. (1976). Velvetbean Caterpillar: A Rearing Procedure and Artificial Medium123. *Journal of Economic Entomology*, 69(4), 487-488.  
<https://doi.org/10.1093/jee/69.4.487>
- Kester, K. M., & Smith, C. M. (1984). Effects of diet on growth, fecundity and duration of

- tethered flight of *Nezara viridula*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 35(1), 75-81.  
<https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.1984.tb03363.x>
- Murúa, M. G., Defagóm Víctor Hugo, & Virla, E. G. (2003). Evaluación de cuatro dietas artificiales para la cría de *Spodoptera frugiperda* (Lep.: Noctuidae) destinada a mantener poblaciones experimentales de himenópteros parasitoides. *Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas*, 29(1), 43-51. <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/52530>
- Parra, J. R. P. (1996). *Técnicas de criação de insetos para programas de controle biológico*. Piracicaba, SP: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz/Fundação de Estudos Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo. 134 p.
- Perkins, W. D. (1979). Laboratory Rearing of the Fall Armyworm. *The Florida Entomologist*, 62(2), 87-91. <https://doi.org/10.2307/3494084>
- Silveira Garcia, M., Rossato Busato, G., Pinheiro Giolo, F., Manzoni, C., Bernardi, O., Zart, M., & Medeiros Nunes, A. (2014). Tabela de vida de fertilidade de *helicoverpa zea* (boddie, 1850) (lepidoptera: noctuidae) em duas dietas artificiais. *Current Agricultural Science and Technology*, 12(1), 51-55. <https://doi.org/10.18539/cast.v12i1.4469>
- Singh, P. (1977). *Artificial Diets for Insects, Mites, and Spiders* | Pritam Singh | Springer. Springer US. <https://www.springer.com/gp/book/9781468483512>
- Singh, P. (1983). A general purpose laboratory diet mixture for rearing insects. *International Journal of Tropical Insect Science*, 4(04), 357-362.  
<https://doi.org/10.1017/S1742758400002393>
- Singh, P. (1985). Multiple species rearing diets. En *Handbook of Insect Rearing 1* (pp. 19-44).
- Valdivieso, L. W., & Bartra, C. E. (2000). *Control biológico en el Perú* (RAAA (ed.)).
- Valverde, L., de Toledo, Z. A., & Popich, S. (1995). Ciclo biológico de *Spodoptera frugiperda* (J.E: Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). *Acta Zoológica Lilloana*, 43(1), 131-143.
- van Lenteren, J. C. (1993). Quality control for natural enemies used in greenhouses. *Organisation Internationale de Lutte Biologique et Integree contre les Animaux et les Plantes Nuisibles*, 89-92. <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=FR9304542>
- Vanderzant, E. S. (1974). Development, Significance, and Application of Artificial Diets for Insects. *Annual Review of Entomology*, 19(1), 139-160.  
<https://doi.org/10.1146/annurev.en.19.010174.001035>
- Villa Castoreña, M. M., & Catalán Valencia, E. A. (2004). Determinación de estadios larvales de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) para la construcción de un modelo de predicción. *Folia Entomológica Mexicana*, 43(3), 307-312.  
<https://www.redalyc.org/pdf/424/42443306.pdf>

## Conflicto de intereses

Los autores declaramos que no existen conflictos de interés.

## Contribuciones de los autores

Cerna-Mendoza, Agustín: Coordinación del proyecto y experimentación.

Coronado, Manuel F. y Doria-Bolaños, Manuel: Redacción y parte metodológica.

García-Gonzales, Patricia y Fachin-Ruiz, Grecia: Análisis estadístico e interpretación.

## Aplicación del GIS en la caracterización edafoclimática, del distrito de Cacatachi – provincia de San Martín, con fines de producción agrícola rentable y sostenible

### Application of GIS in the edaphoclimatic characterization of the Cacatachi district - San Martín province, for profitable and sustainable agricultural production purposes

Castillo-Díaz, Tedy<sup>1</sup>[\[0000-0002-4802-9115\]](#); Lopez-Fulca, Roaldo<sup>1</sup>[\[0000-0002-2333-253X\]](#) y Ramirez-Navarro, Williams<sup>1</sup>[\[0000-0002-8165-094X\]](#)

<sup>1</sup>Universidad Nacional de San Martín, Tarapoto, Perú  
[tcastillo@unsm.edu.pe](mailto:tcastillo@unsm.edu.pe)

**Resumen.** La caracterización edafoclimática de los suelos es un proceso que contribuye a la planificación de las siembras con mejores perspectivas rentables, siendo el punto de partida de la actividad productiva agropecuaria. El objetivo fue generar una base de datos geoespaciales integrada de condiciones edafoclimáticas del distrito de Cacatachi, de consulta dinámica a través de mapas temáticos como de fisiografía, capacidad de uso, características físicas y químicas de suelos y de uso actual de las tierras. Para ello se empleó un software GIS utilizando información de instituciones públicas que iniciaron el proceso; asimismo, la metodología de trabajo tuvo dos etapas, a nivel de gabinete y a nivel de campo. El resultado fue la base de datos Quantum GIS (QGIS), que facilita el manejo de la información edafoclimática, con 104 mapas en detalle, cuyas representaciones espaciales exponen la caracterización de las zonas estratificadas en el proyecto, donde se hicieron las calicatas, de los cuales se hicieron los análisis químicos, físicos y biológicos de los horizontes identificados en los perfiles. La información edafoclimática generada nos aproxima a una microzonificación en detalle, que se convierte en herramienta orientadora de las siembras de cultivos, en función a las potencialidades nutricionales, fisiográficas y climáticas de los suelos, segmentados en sectores productivos.

**Palabras clave:** Caracterización edafoclimática, mapas temáticos, productividad, programa Quantum GIS

**Abstract.** The edaphoclimatic characterization of soils is a process that contributes to the planning of plantings with better profitable prospects, being the starting point of agricultural production activity. The objective was to generate an integrated geospatial database of edaphoclimatic conditions of the Cacatachi district, for dynamic consultation through thematic maps such as physiography, use capacity, physical and chemical characteristics of soils and current land use. For this, GIS software was used using information from public institutions that started the process; Likewise, the work methodology had two stages, at the cabinet level and at the field level. The result was the Quantum GIS database (QGIS), which facilitates the management of edaphoclimatic information, with 104 detailed maps, whose spatial representations expose the characterization of the stratified areas in the project, where the pits were made, of the which were made the chemical, physical and biological analyses of the horizons identified in the profiles. The edaphoclimatic information generated brings us closer to a micro-zoning in detail, which becomes a guiding tool for planting crops, based on the nutritional, physiographic and climatic potential of the soils, segmented into productive sectors.

**Citar como:** Castillo-Díaz, T., Lopez-Fulca, R., & Ramirez-Navarro, W. (2021). Aplicación del GIS en la caracterización edafoclimática, del distrito de Cacatachi – provincia de San Martín, con fines de producción agrícola rentable y sostenible. *Revista Agrotecnológica Amazónica*, 1(2), 53-67. <https://doi.org/10.51252/raa.v1i2.192>

**Recibido:** 20/04/2020

**Aceptado:** 20/06/2020

**Publicado:** 19/07/2021

**Keywords:** Edaphoclimatic characterization, thematic maps, productivity, Quantum GIS software

## 1 Introducción

La agricultura es una de las principales actividades económicas por los altos productivos (Stojanovic, 2019), además representa un papel muy importante en la sostenibilidad de un país (Rizaldi et al., 2019), por otra parte, es el encargado de preservar la seguridad alimentaria a nivel internacional (Lesmo Duarte et al., 2018). Sin embargo, la seguridad alimentaria se está convirtiendo en una problemática de gran importancia, debido a factores como la industrialización y la rápida urbanización, que están agotando los recursos hídricos y las tierras (Lyford, 2017).

La agricultura se encuentra en el sector más crítico en cuanto a la producción de alimentos, frente a la inminente amenaza, depender de métodos tradicionales es inminente para que el hombre pueda satisfacer sus necesidades básicas (Nabati et al., 2020). Es por ello, que la adopción de nuevos mecanismos o herramientas tecnológicas son fundamentales para maximizar los recursos naturales que van en disminución (Mok et al., 2020), y sobre todo que se contribuya al desarrollo de la agricultura sostenible, teniendo como bases antecedentes y barreras existentes en dicho sector (Laurett et al., 2021).

*Smart Farming* (agricultura inteligente) es un término nuevo en el sector agrícola, cuyo objetivo es reemplazar las técnicas tradicionales en soluciones basadas en Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC), para aumentar la producción, reducir costos en insumos y mejorar la calidad de los productos (Moysiadis et al., 2021). Los Sistemas de Información Geográfica (GIS), es una de las herramientas que proporciona recursos de información geográficos que sirven como apoyo al sector agrícola para el trabajo en las tierras (Longley & Frank Goodchild, 2020). Además, Kahveci (2017) afirma que, el uso de las TIC, la teledetección, GIS y GNSS en la agricultura va en aumento gradual en los países desarrollados.

En el entorno agrícola existe la variabilidad espacial conjunta del suelo y el clima, ofreciendo así la oportunidad de delimitar zonas edafoclimáticas, que servirán para mejorar la gestión de los recursos. Asimismo, Nabati et al. (2020) sostiene que, la zonificación de tierras con respecto al clima, topografía, suelo y relieve son características que influyen en la producción de un determinado producto, es por ello que, Perez-Garcia et al. (2019) afirman que los GIS posibilitan la clasificación y mapeo de cultivos con información georreferenciada, además, ayudan a optimizar la producción utilizando mejores prácticas de gestión (Mani et al., 2021).

En Indonesia, se creó un mapa de equilibrio de uso de la tierra/cobertura de la tierra (LULC) basado en SIG, utilizaron imágenes de satélite 7 ETM y mapas activos con el fin de evaluar los cambios en el uso de las tierras. Los resultados del procesamiento de las imágenes de campo fueron basados en los criterios del coeficiente de Cohen Kappa, obteniendo precisión e

idoneidad. Se concluye que los datos geoespaciales obtenido en el mapa de equilibrio de LULC son esenciales para la toma de decisiones que planifiquen el desarrollo regional de la provincia de Sulawesi, Indonesia (Saing et al., 2021).

En la región Lambayeque, Perú el Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) desarrollo un SIG denominado PETEFA, esta herramienta proporciona información sobre las estaciones meteorológicas, tipo de suelo, usos de la tierra y georreferenciación, asimismo ofrece información temporal sobre la salud de los cultivos a lo largo de su vida, además la versión móvil permite que los agricultores de mantengan informados sobre el estado de cada una de sus parcelas (Palomino et al., 2018).

En el entorno local la región San Martín expone actualmente un vertiginoso desarrollo de la producción agropecuaria, destacando el despegue con cultivos como el café, cacao, palma aceitera, cítricos, sacha inchi, etc, cuya expansión de sus áreas, lo ubica a nivel del Perú como una región abastecedora de alimentos, y como tal, hay importancia de lineamientos sobre estos cultivos, sobre todo en los temas de mejoramiento genético, extensión en labores agronómicas, en post cosecha, y sobre todo en la obtención de rendimiento rentables de los cultivos (GOESAM, 2020).

En los últimos años ha cobrado importancia el concepto de la caracterización edafoclimática, de los territorios, entendiéndose las micro zonificaciones a nivel del suelo y de las condiciones del clima, en las zonas o distritos altamente productivos (Aguirre-Forero et al., 2018). En San Martín, el Instituto de Investigación de la Amazonía Peruana (IIAP), el Gobierno Regional y algunas municipalidades distritales, ya iniciaron este fenomenal proceso, desde el año 2004, en niveles de macro y meso zonificación, mas no en niveles micro, que son herramientas de planificación, que hace falta a los gobiernos locales con amplios potenciales de desarrollos rurales (GOESAM, 2009).

La caracterización edafoclimática de los suelos, expone una gran importancia, desde el punto de vista de la planificación de las siembras y cosechas, con criterios de orientación hacia cosechas rentables y para tomar decisiones a partir de la referenciación geográfica de la calidad agroecológica que se tiene de los suelos y de sus condiciones climáticas que presentan las zonas productoras (Giannini Kurina et al., 2018), como proyecto piloto, se estudió el área geográfica del distrito de Cacatachi, en función a un programa GIS, que muestra los contenidos edafoclimáticas, en base a los pisos altitudinales y capacidad de uso de los suelos, con los señalamientos técnicos y con sus respectivos potenciales productivos.

Este estudio tiene dos fases con los siguientes objetivos. Fase 1: utilizar un programa libre de SIG el para el análisis espacial del distrito de Cacatachi – provincia de San Martín, para generar de una base de datos geoespaciales (acondicionamiento cartográfico), que permita consultar de

manera fácil a través de una tabla de atributos las diferentes características físicas de la zona de interés; el acondicionamiento cartográfico temático de suelos, fisiografía, capacidad de uso mayor de los suelos y uso actual de la tierra. Fase 2: diseñar e implementar un aplicativo geográfico a nivel de escritorio, que almacene información temática de las características edafoclimáticas del distrito de Cacatachi.

La investigación se justifica debido a la importancia del tema en estudio; bajo este contexto Zhang & Cao (2019) infieren que, la aplicación de los GIS en la agricultura es un campo de investigación nuevo e importante, pues ayuda al desarrollo sostenible, planificación y gestión de los campos agrícolas, asimismo Sun et al. (2018) mencionan que los mapas temáticos de información agrícola reflejan el estado actual de la agricultura en una región y genera valor con referencia a la formulación de políticas agrícola y planes económicos.

## 2 Materiales y Métodos

### 2.1 Nivel de gabinete

#### Fase I

**Diseño de la investigación:** se determinaron los objetivos, productos, disponibilidad de tiempo y recursos financieros. Seguidamente se realizó la evaluación de la información, y viabilidad de la investigación. Posterior se definió el plan general, cronograma de actividades, presupuesto, la orientación de la base de datos y el nivel de estudio.

El inventario y recopilación de la información espacial y numérica consistió en recabar informes, reportes, mapas e imágenes, para propósitos de la zonificación de los cultivos, de las diferentes instituciones y por elaboración propia obteniendo: mapa topográfico, mapa de suelos y pendiente, mapa de temperatura mínima media absoluta anual, mapa de temperatura máxima media absoluta, mapa de isoyetas (precipitación total anual).

**Técnica de recopilación de Información climática:** se recopiló información climatológica de temperaturas medias, máximas y mínimas y los valores pluviométricos de los años hidrológicos húmedos medios y secos de la estación meteorológica CO – Tarapoto conducido por el SENAMHI San Martín, permitiendo utilizarlos para la caracterización edafoclimática del distrito de Cacatachi.

**Recopilación de material cartográfico:** se recopiló información cartográfica base y temática a diferentes escalas como son: mapa edafológico, ecológico, fisiográfico, etc. para su posterior análisis y comparación con los requerimientos edafoclimáticos de los cultivos.

**Generación de mapas temáticos:** se adecuo los cortes cartográficos a la propuesta de límites referenciales (oficiales) del distrito de Cacatachi, así como la base de datos que le corresponde.

Para este procedimiento cartográfico de composición de mapas o procesamiento de la base de datos para el distrito de Cacatachi, se realizó utilizando el programa QUANTUM GIS 2.4.; utilizando para ello los elementos de núcleo y otros complementos.

Cabe mencionar que en el presente trabajo no se generaron los mapas temáticos, éstos fueron elaborados en el proceso de meso ZEE de la Sub Cuenca del río Cumbaza.

## Fase II

**Metodología:** cartográficamente, el presente trabajo cuenta con archivos tipo \*. SHP, que representan los temáticos de suelo fisiográfica, uso actual capacidad de uso mayor de suelos referidas al distrito de Cacatachi, se tomó así mismos datos de la georreferenciación de los puntos de muestro de calicatas, estos datos son los principales insumos para realizar el aplicativo SIG, que muestra los temáticos y el análisis del suelo de las zonas muestreadas de Cacatachi.

Con los insumos vectorizados, se realizó el procesamiento y edición, con el uso del programa QGIS 2.4 y se definió el análisis espacial como parte del modelo conceptual, permitiendo definir las entidades del proyecto además de sus relaciones.

Posteriormente, se procedió a generar el modelo lógico el cual permitió establecer las tablas y sus atributos además crear las llaves primarias y las llaves de paso; que por la característica de la relación de las tablas que es de “muchos a muchos”, y se adicionó una tabla de paso.

Para plasmar todo el proceso que se describió, en la creación de las tablas de la base de datos se empleó el programa PostgreSQL, sirviendo de plataforma para enlazar la información geográfica.

**Especificación de la base de datos:** entre los componentes primarios que se consideró en el diseño conceptual y físico de la base de datos tuvimos: capas temáticas, polígonos, líneas y puntos, se tiene:

Tablas de atributos y tablas de enlace a otras bases de datos, que consiste en el diseño tabular de los datos que se organiza con manejadores de base de datos relacionales, creando archivos espacio y mantenimiento, modificación y protección.

Anotaciones y diseño de la presentación de los resultados tanto gráfico y numérica. Se adaptó usar como herramienta de aplicación el Sistema de Información Geográfica (SIG) de código libre para plataformas GNU/Linux, Unix, Mac OS y Microsoft Windows. Permite manejar formatos raster y vectoriales a través de las bibliotecas GDAL y OGR, así como bases de datos.

## 2.2 Nivel de campo

En base al mapa de capas fisiográficas y de Capacidad de Uso de los suelos, que se recopiló del distrito de Cacatachi, de fuentes de Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana, de la ONERN y del Gobierno Regional de San Martín, se estratificó los sectores a ser estudiados, sus niveles de composición nutricional y de sus características químicas de los suelos, para tal efecto se geo referenció cada una de las zonas seccionadas entre sí, de tal manera que todo el área superficial del distrito fue analizado sus características de suelo.

El distrito de Cacatachi, según sus características fisiográficas y de capacidad de uso, se secciono en 6 sectores, en cada una de ellas se hizo las calicatas, para toma de datos.

Las calicatas tuvieron una dimensión de excavación de 1,2 m x 1,5 m x 1,50 m de profundidad.

Previo a la excavación de las calicatas, se hizo una descripción fisiográfica de los sectores estudiados, capturando su altitud respecto al nivel del mar, su composición vegetal y productiva.

En cada calicata se diferenció en horizontes, en cada horizonte visto en perfil, se extrajeron muestras representativas del suelo, que fueron llevadas al Laboratorio de Suelos del Facultad de Ciencias Agrarias de la UNSM donde se analizaron su textura, su pH, sus contenidos de N-P-K.

Con los resultados obtenidos en el Laboratorio de Suelos se trabajó la construcción del mapa de características edáficas de cada uno de los sectores diferenciados, exponiéndonos las capacidades nutricionales y los potenciales productivos.

La data climatológica, del distrito de Cacatachi, fue recopilada de la Dirección Regional del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología- SENAMHI – San Martín, la misma que corresponde a la base climatológica de la Estación Meteorológica de Tarapoto, por encontrarse en el radio de observación.

## 3 Resultados y discusiones

### 3.1 Construcción del programa libre de SIG el para el análisis espacial del distrito de Cacatachi

La herramienta SIG de carácter libre que se utilizó en el procesamiento de los datos geoespaciales fue el Programa denominado Quantun GIS, en su versión 2.4; con este programa se realizó la composición de los mapas para el distrito de Cacatachi. Para su uso no exige adquirir una licencia o permiso, se lo baja o instala libremente por la web sin otros protocolos.

La información que se acondicionó en función a los límites políticos del distrito de Cacatachi, fueron los temáticos de las características físicas de la ZEE Cumbaza, tales como la capa fisiográfica, suelos, capacidad de uso de los suelos y uso actual de las tierras que ejecutó la

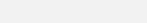
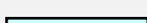
Dirección de Medio Ambiente del Proyecto Especial Huallaga Central Bajo Mayo, en el año 2009.

### 3.2 Mapas generados y su descripción

La información que se detalla, corresponde a algunos estudios temáticos elaborados para la meso ZEE de la Sub Cuenca del Río Cumbaza (Gobierno Regional de San Martín (2007.), que fueron acondicionado para el distrito de Cacatachi, que forma parte de esta unidad funcional de gestión.

**Mapa 1. Fisiografía del distrito de Cacatachi:** el mapa 1, indica la predominancia de Montañas y Valles Intramontanos de relieve plano en un 37%, 1 688,62 ha, áreas planas depresionadas de origen coluvio aluvial, con drenaje de bueno a moderado, que permite desarrollar cultivos como el arroz, maíz etc. Mientras que las Montañas Altas de laderas moderadamente inclinadas se observan en un 21% con 943,78 ha, con relieve relativamente plano, pendientes que van de 4 a 8 %, suelos profundos a moderadamente profundos. Tiene Colinas altas ligera a moderadamente disectadas con un 14%, 629,90 ha; colinas que presentan cimas sub-redondeadas y laderas cortas con pendientes entre 40 y 60 %. Montañas altas de laderas irregulares de modo empinado el 10,83% con 494,46 ha; cimas de montañas colinadas representa el 8,20 % con 374,51 ha; Montañas altas de laderas moderada inclinada el 4,01 % con 182,90 ha; Montañas bajas de laderas empinadas el 1,49 % con 68,21 ha; Montañas valle intramontano de pendiente muy empinada el 1,12 % con 50,96 ha, Montaña con valles intramontano de pendiente moderadamente inclinada con 0,85 % con 36,82 ha y la zona urbana con 0,84 % igual a 38,54 ha.

**Tabla 1.**  
*Características fisiográficas del distrito de Cacatachi*

Símbolo	Descripción	Superficie	
		ha	%
	Cimas con montañas colinadas	374,51	8,20
	Montañas Valles intramontado de relieve plano	1688,62	36,98
	Montañas Valles intramontado de pendiente moderadamente inclinada.	38,62	0,85
	Montañas Valles intramontado de pendiente muy empinada	50,96	11,12
	Montañas altas de laderas moderadamente inclinadas	182,90	4,01
	Montañas altas de laderas moderadamente inclinadas	943,78	20,67
	Montañas altas de laderas irregulares moderadamente inclinadas	55,38	1,21
	Montañas altas de laderas irregulares moderadamente inclinadas	494,46	10,83
	Montañas bajas de laderas empinadas	68,21	1,49
	Colinas altas ligeramente altas a disectadas	629,90	13,80
	Zona urbana	38,58	0,84
<b>Total área SIG</b>		<b>4565,92</b>	<b>100,00</b>

Fuente: Gobierno Regional de San Martín (2007), meso ZEE Cumbaza.

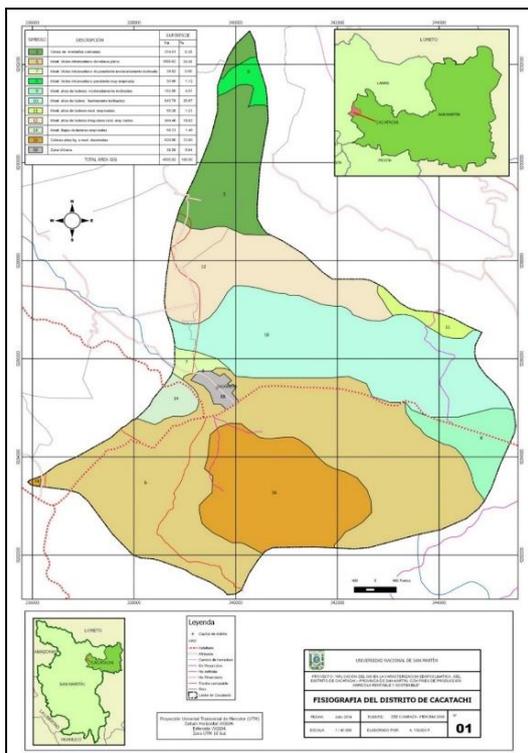


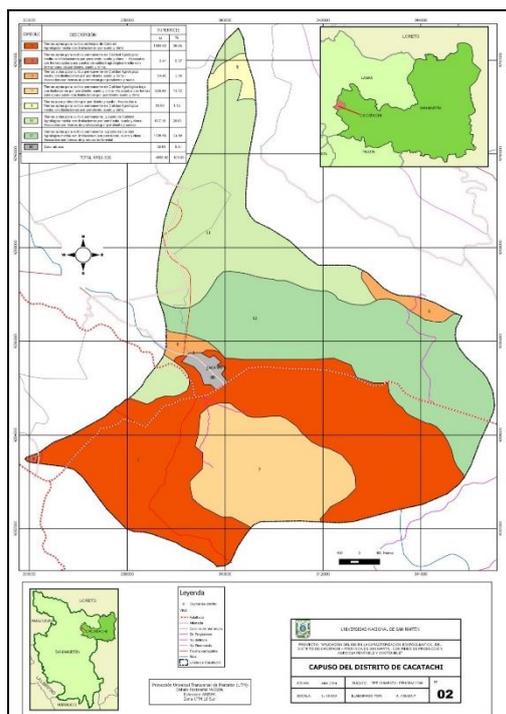
Figura 1: Fisiografía del distrito de Cacatachi

**Mapa 2. Capacidad de uso de la tierra:** el mapa 2 de Capacidad de uso de la Tierra, nos indica que en el distrito de Cacatachi predominan las Tierras aptas para cultivos en limpio con 36,98 % y con 1 682,62 ha; tierras aptas para cultivos permanentes y pasto de Calidad Agroecológica media con limitaciones por pendiente, suelo y clima; asociados con tierras de producción forestal en un 24,68%, con 1 126,68 ha; de Tierras aptas para cultivo permanente y pasto de Calidad Agroecológica media con limitaciones por pendiente, suelo y clima; asociados con tierras de protección por pendiente y suelos, en un 20,53%, con 937,18 ha; como Tierras aptas para cultivo permanente de calidad Agroecológica baja con limitaciones por pendiente, suelo y clima; asociados con tierras aptas para pasto con limitaciones por pendiente, suelo y clima, en un 13,72%, con 626,49 ha; tal como se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla 2.**  
*Características de capacidad de uso de las tierras el distrito de Cacatachi*

Símbolo	Descripción	Superficie	
		ha	%
	Tierras aptas para cultivo en limpio de Calidad Agrológica media con limitaciones en el suelo y clima.	1 688,62	36,98
	Tierras aptas para cultivo permanente de Calidad Agrológica media con limitaciones por pendiente, suelo y clima – Asociados con tierras aptas para pastos de calidad agrológica media con limitaciones de pendiente, suelo y clima.	3,41	0,07
	Tierras aptas para cultivo permanente de Calidad Agrológica media con limitaciones por pendiente, suelo y clima – Asociados con tierras de protección por pendiente y suelo.	94,00	2,06
	Tierras aptas para cultivo permanente de Calidad Agrológica baja con limitaciones por pendiente, suelo y clima – Asociados con tierras aptas para pastos con limitaciones por pendiente, suelo y clima.	626,49	13,72
	Tierras para protección por pendiente y suelo – Asociados a Tierras aptas para cultivo permanente de Calidad Agrológica media con limitaciones por pendiente, suelo y clima.	50,96	1,12
	Tierras aptas para cultivo permanente y pasto de Calidad Agrológica media con limitaciones por pendiente, suelo y climas – Asociados con tierras de protección por pendiente y suelos.	937,18	20,53
	Tierras aptas para cultivo permanente y pasto de Calidad Agrológica media con limitaciones por pendiente, suelo y climas – Asociados con tierras de producción forestal.	1 126,68	24,68
	Zona urbana	38,58	0,84
<b>Total área SIG</b>		<b>4 565,92</b>	<b>100,00</b>

Fuente: Gobierno Regional de San Martín (2007), meso ZEE Cumbaza

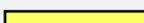
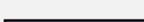


**Figura 2.** Características de capacidad de uso de las tierras el distrito de Cacatachi

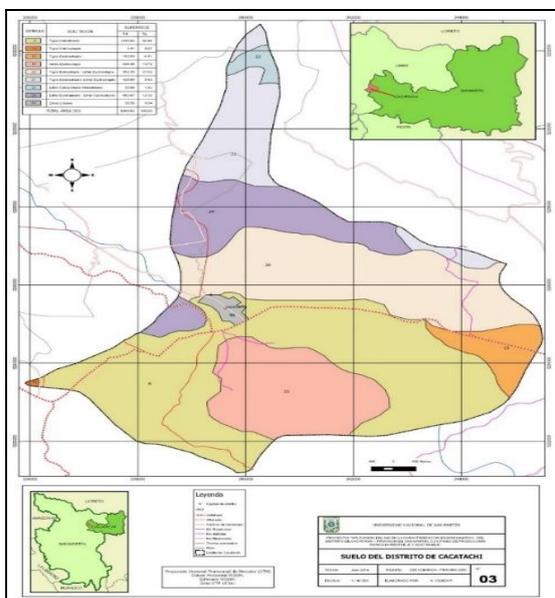
**Citar como:** Castillo-Diaz, T., Lopez-Fulca, R., & Ramirez-Navarro, W. (2021). Aplicación del GIS en la caracterización edafoclimática, del distrito de Cacatachi – provincia de San Martín, con fines de producción agrícola rentable y sostenible. *Revista Agrotecnológica Amazónica*, 1(2), 53-67.  
<https://doi.org/10.51252/raa.v1i2.192>

**Mapa 3. Características de los suelos del distrito de Cacatachi:** el mapa 3, de las características de suelos del distrito de Cacatachi, muestra una superficie de 4 565,92 ha, que se encuentra distribuido de la siguiente manera: un 37% pre dominan los suelos Typic Ustorthents que representa el 1 688,62 has ,seguido de los Suelos Typic Eustrustepts-Lithic Dystrustepts en un 21,52% equivalentes a 982,39 ha, en el orden le sigue suelos Vertic Dystrustepts en un 14% con 626,49 ha, mientras que Typic Dystrustepts –Lithic Dystrustepts con 429,89 ha, Typic Dystrustepts con 182,90 ha, Lithic Calciustepts-Miscelaneo con 50,96 ha la zona urbana con 38,58 ha y entre otros tipos de suelos tal como se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla 3.**  
*Características del suelo del distrito de Cacatachi*

Símbolo	Soil Taxon	Superficie	
		ha	%
	Typic Ustorthents	1 688,62	36,98
	Typic Calciustepts	3,41	0,07
	Typic Dystrustepts	182,90	4,01
	Vertic Dystrustepts	626,49	13,72
	Typic Eustrustepts - Lithic Dystrustepts	982,39	21,52
	Typic Dystrustepts - Lithic Dystrustepts	429,89	9,42
	Lithic Calciustepts - Miscelcan	50,96	1,12
	Lithic Dystrustepts - Lithic Calciustepts	562,67	12,32
	Zona urbana	38,58	0,84
<b>Total área SIG</b>		<b>4 565,92</b>	<b>100,00</b>

Fuente: Gobierno Regional de San Martín (2007), meso ZEE Cumbaza

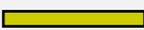


**Figura 3.** Características de los suelos del distrito de Cacatachi

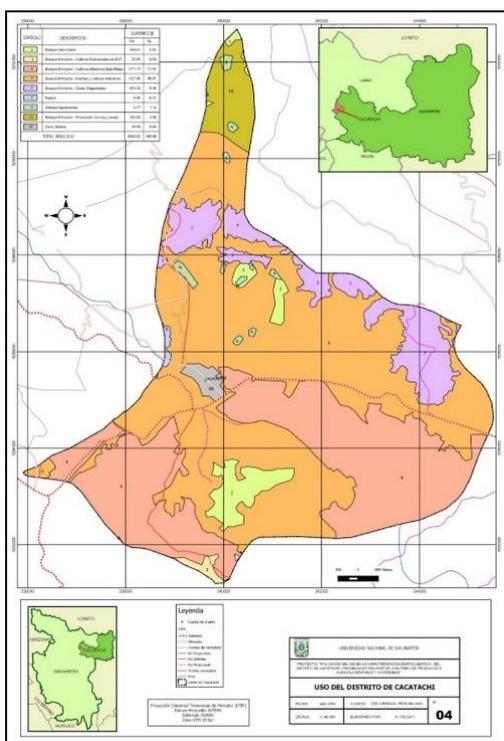
**Citar como:** Castillo-Diaz, T., Lopez-Fulca, R., & Ramirez-Navarro, W. (2021). Aplicación del GIS en la caracterización edafoclimática, del distrito de Cacatachi – provincia de San Martín, con fines de producción agrícola rentable y sostenible. *Revista Agrotecnológica Amazónica*, 1(2), 53-67.  
<https://doi.org/10.51252/raa.v1i2.192>

**Mapa 4. Uso actual de las tierras del distrito de Cacatachi:** el mapa 4, de Uso actuales, indica que más del 50%, del territorio del distrito de Cacatachi está conformado por Bosque antrópico, entre purmas y cultivos intensivos que equivale a 2 327,46 ha; el 30% corresponde a Bosque Antrópico, con cultivos Intensivos bajo Riego, representando 1 371,73 ha ; mientras que el 9,49 % corresponde a Bosque Antrópico de Zonas degradadas con 433,24 ha, mientras que el área ocupada por Bosque Antrópico – producción de uva y cacao está ocupada en un 3,58 %, con 163,65 ha, con bosques secundarios abarca el 3,59 %, con 164,01 ha; con 0,50 %, 22,80 ha; con 0,50 %, 22,80 ha; entre otras características que se observa en la siguiente tabla, ver mapa.

**Tabla 4.**  
*Características de uso actual - distrito de Cacatachi*

Símbolo	Descripción	Superficie	
		ha	%
	Bosque Secundario	164,01	3,59
	Bosque Antrópico – Cultivos Estacional en BST	22,80	0,50
	Bosque Antrópico - Cultivos Intensivos de Bajo Riesgo	371,73	30,04
	Bosque Antrópico - Pumas y Cultivos Intensivos	2 327,46	50,97
	Bosque Antrópico - Zonas Degradadas	433,24	9,49
	Pastos	9,45	0,21
	Sistema Agroforestal	0,77	1,12
	Bosque Antrópico - Producción de uva y cacao	163,65	3,58
	Zona urbana	38,58	0,84
<b>Total área SIG</b>		<b>4 565,92</b>	<b>100,00</b>

Fuente: Gobierno Regional de San Martín (2007), meso ZEE Cumbaza



**Figura 4.** Usos actuales de las tierras del distrito de Cacatachi

## 4 Conclusiones

Se creó una base de datos en Programa Quantum GIS (QGIS) que permite el manejo de la información edafoclimática, en base a la información geomorfológica, capacidad de uso de los suelos, a las características físicas químicas de los suelos y además se contrapusieron el mapa de los actuales usos de las tierras, en función a lo cual, producto del análisis y modelamiento de las capas temáticas, más el descriptivo para ubicar las diferentes calicatas, el sistema nos genera un total de 104 mapas, en detalle, cuyas representaciones espaciales nos exponen la caracterización edáfica y climática, considerando las zonas estratificadas en el proyecto, donde se hicieron las calicatas, de los cuales se hicieron luego en el Laboratorio de suelos, los respectivos análisis de las características químicas, físicas y biológicas de los horizontes identificados en los perfiles.

Se generaron los siguientes mapas temáticos: mapa fisiográfico, que describe las características del relieve fisiográfico del distrito de Cacatachi; mapa de la capacidad de uso de las tierras, que explica las potencialidades que presentan las tierras en función a su capacidad de uso mayor; mapa de las características del suelo, que detalla las condiciones de los suelos y mapa del uso actual de las tierras del distrito de Cacatachi.

El resultado de esta caracterización edafoclimática brinda diferentes alternativas a los decisores considerando otros aspectos como: inversión en siembras, aplicación de tecnologías, sistemas de riego, uso de variedades mejoradas, así como también la articulación a mercados estables.

La composición cartográfica estructurada, nos presenta datos procesados en el laboratorio que representan características físico químicas del área de estudio, entre ambas suman gran cantidad de información, el reto es, como entre si se conectan o relacionan, como de un determinado espacio visualizo indicadores espaciales y por otro lado diferentes datos como son el PH, clima y coordenadas.

Los mapas generados se convierten en herramientas claves para la planificación en las sucesivas campañas de siembras de los principales cultivos, es decir como una plataforma integradora y orientadora de lo que se debe sembrar y sobre todo en que zonas del distrito se debe practicar agricultura de riego, con cultivos permanentes, con pasturas y además que zonas o espacios no tienen más capacidades que las de protección.

## Agradecimientos

A la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, por el financiamiento del proyecto de investigación a partir de cuyos resultados se genera el presente artículo.

## Referencias bibliográficas

- Aguirre-Forero, S. E., Piraneque-Gambasica, N. V., & Vásquez-Polo, J. R. (2018). Características edáficas y su relación con usos del suelo en Santa Marta, Colombia. *Entramado*, 14(1), 242–250. <https://www.redalyc.org/journal/2654/265457559017/html/>
- Giannini Kurina, F., Hang, S., Cordoba, M. A., Negro, G. J., & Balzarini, M. G. (2018). Enhancing edaphoclimatic zoning by adding multivariate spatial statistics to regional data. *Geoderma*, 310, 170–177. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2017.09.011>
- GORESAM. (2009). *Las potencialidades y limitaciones del departamento de San Martín*. <http://siar.regionsanmartin.gob.pe/documentos/potencialidades-limitaciones-departamento-san-martin-zonificacion>
- GORESAM. (2020). *San Martín es la sexta región con mayor crecimiento de sus exportaciones*. <https://www.regionsanmartin.gob.pe/Noticias?url=noticia&id=6143>
- Kahveci, M. (2017). Contribution of GNSS in precision agriculture. *Proceedings of 8th International Conference on Recent Advances in Space Technologies, RAST 2017*, 513–516. <https://doi.org/10.1109/RAST.2017.8002939>
- Laurett, R., Paço, A., & Mainardes, E. W. (2021). Sustainable development in agriculture and its antecedents, barriers and consequences – an exploratory study. *Sustainable Production and Consumption*, 27, 298–311. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2020.10.032>
- Lesmo Duarte, N. D., Ferreira da Silva, A., Schlindwein, M. M., & Solis Mendoza, B. A. (2018). Agricultura Familiar Campesina: un análisis de la producción de cultivos tradicionales en el Departamento de Concepción - Paraguay. *Investigación Agraria*, 20(2), 136–142. <https://doi.org/10.18004/investig.agrar.2018.diciembre.136-142>
- Longley, P. A., & Frank Goodchild, M. (2020). Geographic Information Science and Systems. In *International Encyclopedia of Human Geography* (Segunda Ed, pp. 29–36). <https://doi.org/10.1016/b978-0-08-102295-5.10557-8>
- Lyford, J. (2017). Food security in the developing world. *Journal of Nutrition Education and Behavior*, 49(5), 451. <https://doi.org/10.1016/j.jneb.2017.01.010>
- Mani, P. K., Mandal, A., Biswas, S., Sarkar, B., Mitran, T., & Meena, R. S. (2021). Remote Sensing and Geographic Information System: A Tool for Precision Farming. In *Geospatial Technologies for Crops and Soils* (pp. 49–111). [https://doi.org/10.1007/978-981-15-6864-0\\_2](https://doi.org/10.1007/978-981-15-6864-0_2)
- Mok, W. K., Tan, Y. X., & Chen, W. N. (2020). Technology innovations for food security in Singapore: A case study of future food systems for an increasingly natural resource-scarce world. *Trends in Food Science and Technology*, 102, 155–168. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.06.013>
- Moysiadis, V., Sarigiannidis, P., Vitsas, V., & Khelifi, A. (2021). Smart Farming in Europe.
- Citar como:** Castillo-Díaz, T., López-Fulca, R., & Ramírez-Navarro, W. (2021). Aplicación del GIS en la caracterización edafoclimática, del distrito de Cacatachi – provincia de San Martín, con fines de producción agrícola rentable y sostenible. *Revista Agrotecnológica Amazónica*, 1(2), 53-67. <https://doi.org/10.51252/raa.v1i2.192>

- Computer Science Review*, 39, 100345. <https://doi.org/10.1016/j.cosrev.2020.100345>
- Nabati, J., Nezami, A., Neamatollahi, E., & Akbari, M. (2020). GIS-based agro-ecological zoning for crop suitability using fuzzy inference system in semi-arid regions. *Ecological Indicators*, 117, 106646. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106646>
- Palomino, W., Morales, G., Huaman, S., & Telles, J. (2018). PETEFA: Geographic Information System for Precision Agriculture. *Proceedings of the 2018 IEEE 25th International Conference on Electronics, Electrical Engineering and Computing, INTERCON 2018*, 1–4. <https://doi.org/10.1109/INTERCON.2018.8526414>
- Perez-Garcia, C. A., Pérez-Atray, J. J., Hernández -Santana, L., Gustabello-Cogle, R., & Becerra-de Armas, E. (2019). Sistema de Información Geográfica para la agricultura cañera en la provincia de Villa Clara. *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*, 13(2), 30–46. <https://rcci.uci.cu/?journal=rcci&page=article&op=view&path%5B%5D=1796>
- Rizaldi, T., Putranto, H. A., Riskiawan, H. Y., Setyohadi, D. P. S., & Riaviandy, J. (2019). Decision support system for land selection to increase crops productivity in Jember Regency Use Learning Vector Quantization (LVQ). *Proceedings - 2019 International Conference on Computer Science, Information Technology, and Electrical Engineering, ICOMITEE 2019*, 82–85. <https://doi.org/10.1109/ICOMITEE.2019.8921033>
- Saing, Z., Djainal, H., & Deni, S. (2021). Land use balance determination using satellite imagery and geographic information system: case study in South Sulawesi province, Indonesia. *Geodesy and Geodynamics*, 12(2), 133–147. <https://doi.org/10.1016/j.geog.2020.11.006>
- Stojanovic, M. (2019). Biomimicry in agriculture: is the Ecological System-Design Model the Future Agricultural Paradigm? *Journal of Agricultural and Environmental Ethics*, 32, 789–804. <https://doi.org/10.1007/s10806-017-9702-7>
- Sun, Z., Wang, D., & Zhong, G. (2018). Extraction of farmland geographic information using OpenStreetMap data. *2018 7th International Conference on Agro-Geoinformatics, Agro-Geoinformatics 2018*. <https://doi.org/10.1109/Agro-Geoinformatics.2018.8476088>
- Zhang, F., & Cao, N. (2019). Application and research progress of Geographic Information System (GIS) in agriculture. *2019 8th International Conference on Agro-Geoinformatics, Agro-Geoinformatics 2019*. <https://doi.org/10.1109/Agro-Geoinformatics.2019.8820476>

## Conflicto de intereses

Los autores declaramos que no existen conflictos de interés.

## Contribuciones de los autores

Castillo-Diaz, Tedy: Coordinación del proyecto y análisis estadísticos e interpretación.

Lopez-Fulca, Roaldo: Redacción y parte metodológica.

Ramirez-Navarro, Wiliams: Revisión final del artículo.