

# REBIOL

REVISTA DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA



Facultad de Ciencias Biológicas  
Universidad Nacional de Trujillo



ISSN: 2313-3171(En Línea)

Volumen: 40

Numero: 2

Julio - Diciembre, 2020

## ARTÍCULOS ORIGINALES/ORIGINAL PAPERS

- Efecto antioxidante del extracto hidroalcohólico de *Annona muricata* L. frente a estrés oxidativo inducido por acrilamida en hígado de ratón / **Antioxidant effect of the hydroalcoholic extract from *Annona muricata* L. against oxidative stress induced by acrylamide in the liver of the mouse** .....133
- Inhibición del crecimiento de *Listeria monocytogenes* ATCC 19115 y *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853 por aceite esencial de *Citrus sinensis* (L.) Osbeck / **Inhibition of growth of *Listeria monocytogenes* ATCC 19115 and *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853 by essential oil of *Citrus sinensis* (L.) Osbeck** .....141
- Crecimiento y supervivencia de postlarvas del camarón de río *Cryphiops caementarius* alimentadas con dietas suplementadas con páprika / **Growth and survival of river shrimp postlarvas *Cryphiops caementarius* feed with diets supplemented with paprika** .....149
- Detección de genes de resistencia a carbapenémicos en *Escherichia coli* y *Klebsiella pneumoniae* aislados de un Centro de Salud de Trujillo – Perú / **Detection of carbapenem resistance genes in *Escherichia coli* and *Klebsiella pneumoniae* isolated from a Health Center of Trujillo – Perú** .....160
- Cuantificación de alcaloides de *Ladenbergia oblongifolia* (Humb. ex Mutis) L. Andersson "rbol de la quina" / **Quantification of alkaloids of *Ladenbergia oblongifolia* (Humb. ex Mutis) L. Andersson "quina tree"** .....170
- Efecto citoprotector del extracto mixto de *Solanum tuberosum* L. "papa", *Minthostachys mollis* L. "muña" y *Uncaria tomentosa* L. "uña de gato" en las lesiones ulcerosas de ratas inducidas por etanol / **Cytoprotective effect of the combined extract of *Solanum tuberosum* L. "potatoe", *Minthostachys mollis* L. "muña" and *Uncaria tomentosa* L. "cat's claw" in ulcer lesions of rats induced by ethanol** .....177
- Demanda, colecta y calidad del agua de lluvia en la comunidad nativa Yahuahua, Nieva, Amazonas (Perú) / **Demand, collection and quality of rainwater in the native community Yahuahua, Nieva, Amazonas (Perú)** .....188
- Importancia de los entomopatógenos en el control de la plaga *Spodoptera frugiperda* (Smith) en el cultivo del maíz morado / **Importance of entomopathogens in the control of the pest *Spodoptera frugiperda* (Smith) in the purple corn crop** .....206
- Aspectos tróficos de *Ethmidium maculatum* "machete", región La Libertad, 2016 / **Trophic aspects of *Ethmidium maculatum* "machete", La Libertad region, 2016** .....218
- Relación entre el nivel de conocimiento y las prácticas de fotoprotección sobre los efectos de la radiación solar en la población del Distrito de Moquegua, 2015 / **Relationship between the level of knowledge and photo protection practices on the effects of solar radiation in the population of the Moquegua District, 2015** .....231
- Caracterización taxonómica y fitoquímica de *Cinchona pubescens* Y *Ladenbergia oblongifolia* en el ámbito del Valle Alto Huallaga – Región Huánuco / **Taxonomic and phytochemical characterization of *Cinchona pubescens* and *Ladenbergia oblongifolia* in the upper Huallaga Valley area - Huanuco Region** .....242
- Análisis proximal fisicoquímico y metabólico de frutos del ecotipo *Capsicum chinense* Jacq. "ají supano" para fines industriales / **Proximal physicochemical and metabolic analysis of fruits of the *Capsicum chinense* Jacq. ecotype "aj supano" for industrial purposes** .....256
- Caracterización de la avifauna del humedal Choc Choc / **Characterization of the Choc Choc wetland bird** .....265

## ARTÍCULOS DE REVISIÓN

- Origen del SARS-COV-2:  selección natural o selección adaptativa? / **Origin of SARS-COV-2: natural o selection or adaptative selection?** .....286
- Sinopsis biológica de *Engraulis ringens* (Jenyns, 1842) Anchoveta / **Biological synopsis of *Engraulis ringens* (Jenyns, 1842) Anchovy** .....298

## NOTA CIENTÍFICA

- Registro de *Asio flammeus* (Aves: Strigidae) para el área de Conservación Privada Lomas del Cerro Campana, La Libertad / **Record of *Asio flammeus* (Birds: Strigidae) for the Lomas del Cerro Campana Private Conservation Area, La Libertad** .....318

**Foto de la portada:** Larva de *Harmonia axyridis* (Pallas, 1773), tomada el 15 de Julio de 2020, Polonia, Olsztyn: Gutkowo. Autor de la fotografía: Andrzej Jadwiszczak.

## Artículo Original

# EFFECTO ANTIOXIDANTE DEL EXTRACTO HIDROALCOHÓLICO DE *Annona muricata* L. FRENTE A ESTRÉS OXIDATIVO INDUCIDO POR ACRILAMIDA EN HÍGADO DE RATÓN

## ANTIOXIDANT EFFECT OF THE HYDROALCOHOLIC EXTRACT FROM *Annona muricata* L. AGAINST OXIDATIVE STRESS INDUCED BY ACRYLAMIDE IN THE LIVER OF THE MOUSE

Cinthy Aspaño-Villalaz<sup>1</sup>, Sarah Pajuelo-Mendoza<sup>2</sup>, Jesús Morales-Aniceto<sup>2</sup>, Abhel Calderón-Peña<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Profesor del Departamento de Química Biológica y Fisiología Animal, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional de Trujillo, Av. Juan Pablo II s/n Ciudad Universitaria. Trujillo-Perú.

<sup>2</sup> Bachiller en Ciencias Biológicas, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional de Trujillo, Av. Juan Pablo II s/n Ciudad Universitaria. Trujillo-Perú.

**Autor para correspondencia: [acalderonp@unitru.edu.pe](mailto:acalderonp@unitru.edu.pe)**

Cinthy Aspaño-Villalaz:  <https://orcid.org/0000-0002-7776-5488>

Sarah Pajuelo-Mendoza:  <https://orcid.org/0000-0003-4103-295X>

Jesús Morales-Aniceto:  <https://orcid.org/0000-0003-0298-8799>

Abhel Calderón-Peña:  <https://orcid.org/0000-0001-7953-9874>

**Recibido: 11 de junio 2020 / Aceptado: 26 de diciembre 2020**

### RESUMEN

*Annona muricata* posee compuestos bioactivos con propiedades antioxidantes. El objetivo de esta investigación fue determinar el efecto antioxidante del extracto hidroalcohólico de *A. muricata* frente al estrés oxidativo inducido por acrilamida en hígado de ratón. Se obtuvo el extracto hidroalcohólico de hojas de *A. muricata*; se indujo estrés oxidativo usando acrilamida vía intraperitoneal; se formaron cinco grupos: tres experimentales GE10, GE30 y GE50 (tratados con extracto a dosis de 10, 30 y 50 mg/Kg pc, respectivamente), un grupo control negativo (CN) sin inducción de estrés oxidativo, un grupo control positivo (CP) con inducción de estrés oxidativo, ambos tratados con solución salina fisiológica. El estrés oxidativo se determinó mediante la técnica de reacción de sustancias al ácido tiobarbitúrico; a los resultados se aplicaron las pruebas de normalidad de Shapiro-Wilk, análisis de varianza (ANAVA) y Tukey, con un 95% de confianza. La prueba de Shapiro-Wilk mostró una tendencia normal de cada grupo; la prueba ANAVA mostró un  $p < 0,05$ ; en la prueba Tukey se formaron 3 grupos homogéneos: a (CN=3,52±0,27  $\mu\text{g}$  malondialdehído/g de hígado ( $\mu\text{gMDA/gH}$ ) y GE30=3,22±0,39  $\mu\text{gMDA/gH}$ ), b (CP=4,87±0,20  $\mu\text{gMDA/gH}$  y GE10=4,56±0,28  $\mu\text{gMDA/gH}$ ) y c (GE50=2,37±0,25  $\mu\text{gMDA/gH}$ ). Se determinó que existe efecto antioxidante del extracto hidroalcohólico de *A. muricata* L. frente a estrés oxidativo inducido por acrilamida en hígado de ratón, siendo la dosis de 50 mg/Kg pc la que mostró el mayor efecto antioxidante, la cual generó una concentración de 2,37  $\mu\text{gMDA/g}$  de tejido hepático.

**Palabras claves:** *Annona muricata*, estrés oxidativo, antioxidantes

### ABSTRACT

*Annona muricata* has bioactive compounds with antioxidant properties. The objective of this research was to determine the antioxidant effect of the hydroalcoholic extract of *A. muricata* against the oxidative stress induced by acrylamide in mouse liver. The hydroalcoholic extract of *A. muricata* leaves was obtained; oxidative stress was induced using acrylamide intraperitoneally; five groups were formed: three experimental GE10, GE30 and GE50 (treated with extract at doses of 10, 30 and 50 mg/Kg bw, respectively), a negative control group (CN) without induction of oxidative stress, a positive control group (PC) with induction oxidative stress, both treated with physiological saline. Oxidative stress was determined using the technique of reaction of substances to thiobarbituric acid; Shapiro-Wilk normality tests, analysis of variance (ANOVA) and Tukey were applied to the results, with 95% confidence. The Shapiro-Wilk test showed a normal trend for each group; the ANOVA test showed a  $p < 0.05$ ; In the Tukey test, 3 homogeneous groups were formed: a (CN = 3.52 ± 0.27  $\mu\text{g}$  malondialdehyde/g liver ( $\mu\text{gMDA/gH}$ ) and GE30 = 3.22 ± 0.39  $\mu\text{gMDA/gH}$ ), b (CP = 4.87 ± 0.20  $\mu\text{gMDA/gH}$  and GE10 = 4.56 ± 0.28  $\mu\text{gMDA/gH}$ ) and c (GE50 = 2.37 ± 0.25  $\mu\text{gMDA/gH}$ ). It was determined that there is an antioxidant effect of the hydroalcoholic extract of *A. muricata* L. against the oxidative stress induced by acrylamide in mouse liver, being the dose of 50 mg / Kg bw the one that showed the highest antioxidant effect, which generated a concentration of 2.37  $\mu\text{gMDA} / \text{g}$  of liver tissue.

**Keywords:** *Annona muricata*, oxidative stress, antioxidants

DOI: <http://dx.doi.org/10.17268/rebiol.2020.40.02.01>

## 1. INTRODUCCIÓN

El estrés oxidativo es el desequilibrio entre las moléculas oxidantes y antioxidantes, a favor de las oxidantes, que causa el envejecimiento y un gran número de enfermedades (Sánchez-Rodríguez y Mendoza-Núñez, 2019); es un estado fisiológico donde se generan altos niveles de especies reactivas de oxígeno y nitrógeno (ERON) y radicales libres (Saha et al., 2017). Las ERON, ya sean endógenas o exógenas, causan modificaciones oxidativas en hidratos de carbono, lípidos, proteínas y ADN (Liguori et al., 2018; Singh et al., 2019). El estrés oxidativo genera patologías como cáncer, aterosclerosis, diabetes, trauma e inflamación (Li et al., 2016), enfermedades relacionadas con la edad como las cardiovasculares, neurodegenerativas, pulmonares, renales, incluyendo también la sarcopenia y la fragilidad (Liguori et al., 2018); es un mecanismo patológico que contribuye al inicio y progresión de la lesión hepática (Li et al., 2015). La lipoperoxidación generada por las ERON o un radical libre se inicia cuando interactúan con un ácido graso poliinsaturado propio de las membranas o de las lipoproteínas, originando una reacción en cadena que libera numerosas moléculas, siendo el malondialdehído (MDA) un aldehído que se ha utilizado comúnmente como marcador de estrés oxidativo (Saldaña-Balmori et al., 2003; Contesse, 2010).

En las plantas existen sustancias bioactivas que actúan como antioxidantes, protegiendo la salud humana y animal mediante la disminución de los efectos del estrés oxidativo (Kahkeshani et al., 2015). Las plantas medicinales, que contienen vitaminas C, E y carotenoides, antocianidinas, flavonoides, antocianinas y otros compuestos fenólicos, tienen la capacidad de reducir la toxicidad de los radicales libres y las ERON (Correa et al., 2012; Delgado et al., 2010). Entre las plantas medicinales tenemos a *Annona muricata* L. (guanábana o graviola); es una especie endémica de Perú, es silvestre neotropical y presenta una distribución amplia; es heliófila, higrófila, psamófila, argilícola y eutrofa, habita las vertientes occidentales de Perú. *A. muricata* es un árbol de tres a cuatro metros de alto y muy ramificado, sus frutos contienen componentes beneficiosos para la salud humana; los pueblos indígenas antiguos y actuales han utilizado y utilizan el tallo, hojas y semillas de la familia Annonaceae en medicina tradicional (Leiva et al., 2018). Se ha demostrado que los preparados de hojas de esta planta contienen metabolitos como carbohidratos, polifenoles, flavonoides, esteroides libres, saponinas y alcaloides (Poma et al., 2014). Posee actividad antioxidante, antiinflamatoria, antidiabética (Adefegha et al., 2015; Vit et al., 2014), e induce apoptosis en células de cáncer de mama (Moghadamtousi et al., 2014).

La presente investigación tuvo por objetivo el determinar el efecto antioxidante del extracto de hojas de *Annona muricata* L. frente a estrés oxidativo inducido por acrilamida en hígado de ratón.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### **Obtención del extracto hidroalcohólico de hojas de *Annona muricata***

Se colectó 1 Kg de hojas frescas en buen estado de árboles de *A. muricata* L. del Jardín Botánico "Manuel Fernández Honores" de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de Trujillo. Las hojas fueron lavadas con agua corriente y luego con agua destilada, posteriormente se llevaron a estufa marca MEMMERT calibrada a 45°C, hasta su secado total. Una vez secas, fueron molidas en molino manual marca CORONA, y cernidas en tamiz de 0,5 mm marca Amping Yuansheng Mesh Co., Ltd. hasta la obtención de un polvo fino. Se tomó 100 g de este polvo fino y se procedió a maceración en un litro de etanol al 70 % en frascos ámbar de cierre hermético con agitación durante 5 min diarios por 10 días. Posteriormente, se filtró al vacío con papel filtro marca Boeco 389 punto blanco, con tamaño nominal de poro de 8-12 µm, evaporándose luego el filtrado por convección mediante ventilación continua hasta la obtención del extracto, el cual fue conservado en frasco ámbar en refrigeración (2-4 °C) hasta su utilización (Torres et al., 2007).

### **Animales de laboratorio y consideraciones éticas**

Se emplearon veinticinco ratones BALB/c machos de 12 semanas de edad, con un peso de 30 g  $\pm$  2 g, obtenidos del Instituto Nacional de Salud, todos los animales utilizados en este estudio se colocaron en jaulas de polietileno, en grupos de cinco individuos. Estos animales se alojaron en el laboratorio de Neurofisiología del Departamento de Química Biológica y Fisiología Animal de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de Trujillo. Los animales de laboratorio fueron aclimatados por quince días previos al inicio del experimento y mantenidos en un periodo cíclico de 12 horas de luz/oscuridad, alimentados con una mezcla de alimento balanceado y maíz y, con agua a libre disposición (Arts et al., 2014). El manejo y cuidado de los individuos se realizaron bajo protocolos de ética según la "Guía de manejo y cuidado de animales de laboratorio: ratón" (Instituto Nacional de Salud, 2008). Como punto final, se aplicó eutanasia mediante sobredosis con 1,3 mg de pentobarbital sódico con una inyección vía intraperitoneal (ip) a cada animal de experimentación siguiendo las normas de bioética animal (Rollin, 2009; Barrios, et al., 2011; Zatroch et al., 2017).

### **Inducción de estrés oxidativo y diseño del estudio**

La inducción del estrés oxidativo fue realizada con acrilamida marca Merckmillipore, la cual se pesó y diluyó en agua destilada estéril (5 mg/mL), la solución preparada se inyectó vía ip en dosis única equivalente a 50 mg/Kg de peso corporal (pc), según el peso de cada individuo (Ansar et al., 2016), a todos los individuos que conformaban los grupos de investigación, con excepción del grupo control negativo.

Los veinticinco ratones fueron divididos aleatoriamente en cinco grupos, cada grupo formado por cinco ratones, de la siguiente manera:

Control negativo (CN): recibieron una dosis única 0,20 mL de solución salina fisiológica (SSF) estéril vía ip y 0,50 mL de SSF por sonda orogástrica desde el día de la inyección cada 24 horas por dos días.

Control positivo (CP): recibieron acrilamida vía ip y 0,50 mL de SSF por sonda orogástrica desde el día de la inyección cada 24 horas durante 48 horas.

Grupos experimental 10 mg/Kg (GE10): recibieron acrilamida vía ip, además de una dosis de 10 mg/Kg pc del extracto hidroalcohólico de *A. muricata* resuspendido en agua destilada estéril, mediante sonda orogástrica desde el día de la inyección cada 24 horas durante 48 horas.

Grupos experimental 30 mg/Kg (GE30): recibieron acrilamida vía ip, además de una dosis de 30 mg/Kg pc del extracto hidroalcohólico de *A. muricata* resuspendido en agua destilada estéril, mediante sonda orogástrica desde el día de la inyección cada 24 horas durante 48 horas.

Grupos experimental 50 mg/Kg (GE50): recibieron acrilamida vía ip, además de una dosis de 50 mg/Kg pc del extracto hidroalcohólico de *A. muricata* resuspendido en agua destilada estéril, mediante sonda orogástrica desde el día de la inyección cada 24 horas durante 48 horas.

### **Determinación del estrés oxidativo**

Inmediatamente después del punto final se realizó una laparotomía y se reseccionó de manera total el hígado; la determinación del estrés oxidativo se realizó mediante la reacción de las sustancias al ácido 2-tiobarbitúrico (TBARS), el cual mide la concentración de malondialdehído, que es una medida indirecta de la lipoperoxidación, que demuestra el grado de estrés oxidativo que posee el tejido (Halliwell y Chirico, 1993).

### **Análisis estadístico**

A los datos obtenidos se les aplicó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilks con el software libre Shapiro-Wilk test for normality con un nivel de confianza del 95% (Statistical tools for high-throughput data analysis, 2020). Se calculó el promedio y desviación estándar de los resultados de cada grupo. Así mismo, se utilizó el software libre One-way ANOVA (Analysis

of Variance) with post-hoc Tukey HSD (Honestly Significant Difference) Test Calculator for comparing multiple treatments (Vasavada, 2016) para realizar el análisis de varianza y prueba de comparación de medias de Tukey, ambas pruebas con un nivel de confianza del 95,0%.

### 3. RESULTADOS

La prueba Shapiro-Wilk (95% de confianza) mostró la probabilidad crítica de cada uno de los grupos: CN = 0,12; CP = 0,34; GE10 = 0,80; GE30 = 0,18 y GE50 = 0,25; confirmándose que todos los grupos obedecen a una distribución normal. Al aplicar la prueba ANAVA con el 95% de confianza, se obtuvo un  $p < 0,05$ .

En la Tabla 1 se observa las medias y desviaciones estándar de las concentraciones de malondialdehído (MDA) por gramo de hígado de cada grupo; además, se muestra el resultado de la prueba Tukey (95% de confianza), en el cual se observa la formación de tres grupos homogéneos: grupo a (baja concentración de MDA), grupo b (mayor concentración de MDA) y grupo c (con la menor concentración de MDA de todos los grupos homogéneos formados).

**Tabla 1.** Promedios y desviaciones estándar (DE) de las concentraciones de malondialdehído ( $\mu\text{g}$  MDA/g hígado) y grupos homogéneos formados en el análisis realizado con la Prueba de Tukey (95,0% de confianza)

<i>Grupos</i>	<i>Promedio de MDA (<math>\mu\text{g}</math> de MDA/g hígado) <math>\pm</math> DE</i>	<i>Prueba de Tukey, grupos homogéneos</i>
CN	3,52 $\pm$ 0,27	a
GE30	3,22 $\pm$ 0,39	a
CP	4,87 $\pm$ 0,20	b
GE10	4,56 $\pm$ 0,28	b
GE50	2,37 $\pm$ 0,25	c

CN: Control Negativo, CP: Control Positivo, GE10: Grupo Experimental 10 mg/Kg, GE30: Grupo Experimental 30 mg/Kg, GE50: Grupo Experimental 50 mg/Kg.

### 4. DISCUSIÓN

Al aplicar la prueba Shapiro-Wilk con 95% a cada uno de los grupos (CN = 0,12; CP = 0,34; GE10 = 0,80; GE30 = 0,18 y GE50 = 0,25), estos mostraron un  $p > 0,05$ , por lo cual se infiere que obedecen a una distribución normal. Estos resultados permitieron aplicar la prueba ANAVA, que obtuvo un  $p < 0,05$ . En la tabla 1 se observa que existe diferencias estadísticamente significativas; como se aprecia, a medida que se aumenta la dosis (GE10 = 10 mg/kg pc, GE30 = 30 mg/kg pc, GE50 = 50 mg/kg pc) disminuye la concentración de MDA, esto indica una disminución en la lipoperoxidación y, por consiguiente, en el estrés oxidativo. El grupo CN (3,51  $\mu\text{g}$  MDA/g hígado) muestra un valor bajo de MDA en comparación con el grupo CP (4,87  $\mu\text{g}$  MDA/g hígado), este último mostró mayor lipoperoxidación debido a que se indujo estrés oxidativo con acrilamida y solamente recibió SSF como tratamiento (CP vs CN:  $p < 0,05$ ). Debido a que la acrilamida es un alqueno tipo 2 es un mediador endógeno del estrés oxidativo celular; los alquenos de tipo 2 actúan sinérgicamente con aldehídos insaturados generados endógenamente para amplificar el daño celular y, por lo tanto, acelerar los procesos que implican estrés oxidativo (LoPachin y Gavin, 2012).

Después de ingresar al cuerpo, aproximadamente el 50% de la acrilamida se metaboliza a glicidamida (su metabolito epóxido) por la enzima CYP2E1 del citocromo P-450 (Sumner et al., 1992). La acrilamida y la glicidamida tienen características electrofílicas y la capacidad de

formar aductos. La acrilamida produce una respuesta tóxica aguda dependiente del tiempo en el tejido hepático. Así mismo, la acrilamida produce un aumento de la bilirrubina directa, que es altamente específica para la enfermedad hepática y la disminución de la albúmina, que es la proteína plasmática más abundante producida por los hepatocitos (Rivadeneira-Domínguez et al., 2018). Así mismo, se producen lesiones no neoplásicas adicionales (en ratones B6C3F<sub>1</sub>) como angiectasia y necrosis del hígado (Beland et al., 2015). Se reportó que CYP2E1, un inductor de radicales libres de oxígeno, juega un papel crítico en el daño del ADN inducido por el estrés oxidativo y, está relacionado con hepatocarcinogénesis asociada con etanol (Bradford et al., 2005). También, la inducción de CYP2E1 influye de manera importante sobre la activación de procarcinógenos y la enfermedad hepática progresiva (Gyesi et al., 2019).

Las diferentes dosis del extracto hidroalcohólico de *A. muricata* (tabla 1) correspondientes a los grupos GE10, GE30 y GE50, mostraron 4,56; 3,22 y 2,37 µg MDA/g hígado, respectivamente, demostrando el efecto antioxidante del extracto a dosis dependiente. Además, se realizó la prueba Tukey con la cual al analizar los resultados entre los pares de grupos CN vs GE10 ( $p < 0,05$ ) y CP vs GE10 ( $p > 0,05$ ) se demuestra que GE10 no posee efecto antioxidante; en cambio, al comparar CN vs GE30 ( $p > 0,05$ ) y CP vs GE30 ( $p < 0,05$ ) sí se evidencia un efecto antioxidante; así mismo, la comparación de CN vs GE50 ( $p < 0,05$ ) y CP vs GE50 ( $p < 0,05$ ), demuestra diferencias estadísticas significativas, confirmando que GE50 posee mayor actividad antioxidante, ya que disminuye la concentración de MDA por debajo de la concentración de MDA de CN. Los compuestos bioactivos del extracto son los responsables del efecto antioxidante en hígado de ratón. Existen reportes en los que se ha determinado que los compuestos de las hojas son mayormente terpenos, terpenoides, taninos, flavonoides, saponinas, alcaloides, esteroides (Gajalakshmi et al., 2012; Agu y Okolie, 2017; Nugraha et al., 2019) y, otro componente abundante del aceite esencial de la hoja es  $\delta$ -cadineno (Gyesi et al., 2019). Además, se realizaron ensayos *in vitro* que demuestran la capacidad antioxidante (capacidad de eliminación de DPPH y, desintoxicación del radical hidroxilo) de extractos de hojas de *A. muricata*, que es atribuible a flavonoides, alcaloides y fenoles (Agu y Okolie, 2017).

Los resultados encontrados en este estudio (tabla 1) concuerdan con los obtenidos en la investigación de Adewole y Ojewole (2008), en el cual se analizó el hígado de rata diabética (tratada con estreptozotocina) y se utilizó el extracto de hojas de *A. muricata*, este extracto produjo una disminución del estrés oxidativo. Así mismo, Fernández (2012), determinó el efecto antioxidante del extracto de *A. muricata* en hígado de conejo tratados con glucosa, obteniendo una disminución en la concentración de MDA. Probablemente los fenoles, compuestos antioxidantes no enzimáticos, contenidos en el extracto etanólico obtenido de las hojas para este trabajo, serían los responsables de la capacidad antioxidante en hígado, específicamente los flavonoides y taninos (Gavamukulya et al., 2014). Se ha mostrado una correlación positiva entre concentración de polifenoles totales y actividad antioxidante (George et al., 2012; Coria-Tellez et al., 2016). Existen trabajos que reportan que el extracto de *A. muricata* reduce la lipoperoxidación hepática en ratas diabéticas e inhiben la glicación en BSA-fructosa; además, se identificaron varias biomoléculas conocidas por ser antioxidantes potentes como los ácidos clorogénico y cafeico, procianidinas B2 y C1, (epi) catequina, quercetina, quercetina-hexósidos y kaempferol (Benatti et al., 2018).

## 5. CONCLUSIONES

Se determinó que existe efecto antioxidante del extracto hidroalcohólico de *A. muricata* L. frente a estrés oxidativo inducido por acrilamida en hígado de ratón, siendo la dosis de 50 mg/Kg pc la que mostró el mayor efecto antioxidante, la cual generó una concentración de 2,37 µg MDA/g de tejido hepático.

## 6. CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

CAV y ACP elaboraron el borrador del artículo. SPM y JAM fueron responsables del cuidado y alimentación de los animales de laboratorio. ACP obtuvo el extracto hidroalcohólico de *A. muricata* L., indujo el estrés oxidativo en los ratones y dosificó el extracto. Todos los autores participaron en la ejecución del método de TBARS. ACP realizó el análisis estadístico.

## 7. CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no existe conflicto de interés.

## 8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adefegha, S., Oyeleye, S., y Oboh, G. (2015). Distribution of phenolic contents, antidiabetic potentials, antihypertensive properties, and antioxidative effects of soursop (*Annona muricata* L.) fruit parts in vitro. *Biochemistry research international*, 2015, 347673. <https://doi.org/10.1155/2015/347673>.
- Adewole, S., y Ojewole, J. (2008). Protective effects of *Annona muricata* Linn. (Annonaceae) leaf aqueous extract on serum lipid profiles and oxidative stress in hepatocytes of streptozotocin-treated diabetic rats. *African journal of traditional, complementary, and alternative medicines: AJTCAM*, 6(1), 30-41. <https://doi.org/10.4314/ajtcam.v6i1.57071>.
- Agu, K., y Okolie, P. (2017). Proximate composition, phytochemical analysis, and in vitro antioxidant potentials of extracts of *Annona muricata* (Soursop). *Food Science & Nutrition*, 5(5), 1029-1036. doi:10.1002/fsn3.498.
- Ansar, S., Siddiqi, N., Zargar, S., Ganaie, M., y Abudawood, M. (2016). Hepatoprotective effect of Quercetin supplementation against Acrylamide-induced DNA damage in wistar rats. *BMC complementary and alternative medicine*, 16(1), 327. <https://doi.org/10.1186/s12906-016-1322-7>.
- Arts, J., Kramer, K., Arndt, S., y Ohl, F. (2014). Sex Differences in Physiological Acclimatization after Transfer in Wistar Rats. *Animals: an open access journal from MDPI*, 4(4), 693-711. <https://doi.org/10.3390/ani4040693>.
- Barrios, E., Espinoza, M., Leal, U., Ruiz, N., Pinto, V., y Jurado, B. (2011). Bioética y el empleo de animales de experimentación en investigación. *Salus*, 15(2), 28-34.
- Beland, F., Olson, G., Mendoza, M., Marques, M., y Doerge, D. (2015). Carcinogenicity of glycidamide in B6C3F1 mice and F344/N rats from a two-year drinking water exposure. *Food and chemical toxicology: an international journal published for the British Industrial Biological Research Association*, 86, 104-115. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2015.09.017>.
- Benatti, A., Carnevalli, N., Rodrigues, R., Machado, M., da Silva, N., y Salmen, F. (2018). *Annona Muricata* Linn. Leaf as a source of antioxidant compounds with in vitro antidiabetic and inhibitory potential against  $\alpha$ -amylase,  $\alpha$ -glucosidase, lipase, non-enzymatic glycation and lipid peroxidation. *Biomedicine y Pharmacotherapy*, 100, 83-92. doi: 10.1016/j.biopha.2018.01.172.
- Bradford B, Kono H, Isayama F, Kosyk O, Wheeler M, Akiyama T, Bleye L, Krausz K, Gonzalez F, Koop D, y Rusyn I. (2005). Cytochrome P450 CYP2E1, but not nicotinamide adenine dinucleotide phosphate oxidase, is required for ethanol-induced oxidative DNA damage in rodent liver. *Hepatology*, 41(2): 336-344. doi:10.1002/hep.20532.
- Contesse B. (2010). *Evaluación de la lipoperoxidación in vitro, a través de las reacciones del 3-metil-2-benzotiazolidon hidrazona (MBTH) y del ácido tiobarbitúrico (TBARS)*. Tesis de titulación. Universidad de Chile.
- Coria-Tellez, A., Montalvo-Gonzalez, E., Yahia, E., y Obledo-Vazquez, E. (2016). *Annona muricata*: A comprehensive review on its traditional medicinal uses, phytochemicals,

- pharmacological activities, mechanisms of action and toxicity. *Arabian Journal of Chemistry*, 11(5): 1-30. doi: 10.1016/j.arabjc.2016.01.004.
- Correa, J., Ortiz, D., Larrahondo, J., Sanchez, M., y Pachón, H. (2012). Actividad antioxidante en guanábana (*Annona muricata*); una revisión bibliográfica. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas*, 11(2), 111-126.
- Delgado, L., Betanzos, G., y Sumaya, M. (2010). Importancia de los antioxidantes dietarios en la disminución del estrés oxidativo. *Investigación y Ciencia*, 50, 10-15.
- Fernández, A. (2012). *Efecto antioxidante e hipoglicemiante del extracto hidroalcohólico de las hojas de Annona muricata L. "guanábana" en Oryctolagus cuniculus "conejo" var. New Zeland*. Tesis para obtención de título. Universidad Nacional de Trujillo.
- Gajalakshmi, S., Vijayalakshmi, S., y Rajeswari, D. (2012). Phytochemical and pharmacological properties of *Annona muricata*: a review. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences.*, 4(2), 3-6.
- Gavamukulya, Y., Abou-Ellella, F., Wamunyokoli, F., y AEI-Shemy, H. (2014). Phytochemical screening, anti-oxidant activity and in vitro anticancer potential of ethanolic and water leaves extracts of *Annona muricata* (Graviola). *Asian Pac J Trop Med.*; 7(Suppl 1): S355-S363. doi: 10.1016/S1995-645(14)60258-3.
- George, C., Kumar, D., Rajkumar, V., Suresh, P., y Ashok, K. (2012). Quantitative assessment of the relative antineoplastic potential of the n-butanolic leaf extract of *Annona muricata* Linn. In normal and immortalized human cell lines. *Asian Pacific Journal of Cancer Prevention: APJCP*, 13: 699-704. doi:http://dx.doi.org/10.7314/APJCP.2012.13.2.699.
- Gyesi, J., Opoku, R., y Borquaye, L. (2019). Chemical Composition, Total Phenolic Content, and Antioxidant Activities of the Essential Oils of the Leaves and Fruit Pulp of *Annona muricata* L. (Soursop) from Ghana. *Biochemistry research international*, 2019, 4164576. https://doi.org/10.1155/2019/4164576.
- Halliwell, B., y Chirico, S. (1993). Lipid peroxidation: it's mechanism, measurement and significance. *American Journal of Clinical. Nutrition*, 57(5suppl), 715S-725S. doi: 10.1093/ajcn/57.5.715S
- Instituto Nacional de Salud. (2008). *Guía de manejo y cuidado de animales de laboratorio: ratón*. Recuperado de: <https://repositorio.ins.gob.pe/xmlui/bitstream/handle/INS/117/CNPB-0002.pdf?sequence=3&isAllowed=y>.
- Kahkeshani, N., Saeidnia, S., y Abdollahi, M. (2015). Role of antioxidants and phytochemicals on acrylamide mitigation from food and reducing its toxicity. *Journal of food science and technology*, 52(6), 3169–3186. https://doi.org/10.1007/s13197-014-1558-5.
- Leiva S, Gayoso G, y Chang L. (2018). *Annona muricata* L. "guanábana" (Annonaceae), una fruta utilizada como alimento en el Perú prehispánico. *Arnaldoa.*; 25(1): 127-140.
- Li, S., Hong, M., Tan, H., Wang, N., y Feng, Y. (2016). Insights into the Role and Interdependence of Oxidative Stress and Inflammation in Liver Diseases. *Oxidative medicine and cellular longevity*, 2016, 4234061. https://doi.org/10.1155/2016/4234061.
- Li, S., Tan, H., Wang, N., Zhang, Z., Lao, L., Wong, C., y Feng, Y. (2015). The Role of Oxidative Stress and Antioxidants in Liver Diseases. *International journal of molecular sciences*, 16(11), 26087-26124. https://doi.org/10.3390/ijms161125942.
- Liguori, I., Russo, G., Curcio, F., Bulli, G., Aran, L., Della-Morte, D., Gargiulo, G., Testa, G., Cacciatore, F., Bonaduce, D., y Abete, P. (2018). Oxidative stress, aging, and diseases. *Clinical interventions in aging*, 13, 757–772. https://doi.org/10.2147/CIA.S158513
- LoPachin, R., y Gavin, T. (2012). Molecular mechanism of acrylamide neurotoxicity: lessons learned from organic chemistry. *Environmental health perspectives*, 120(12), 1650–1657. https://doi.org/10.1289/ehp.1205432.
- Moghadamtousi, S. Z., Kadir, H. A., Paydar, M., Rouhollahi, E., y Karimian, H. (2014). *Annona muricata* leaves induced apoptosis in A549 cells through mitochondrial-mediated

- pathway and involvement of NF- $\kappa$ B. *BMC complementary and alternative medicine*, 14, 299. <https://doi.org/10.1186/1472-6882-14-299>.
- Nugraha, A., Damayanti, Y., Wangchuk, P., y Keller, P. (2019). Anti-infective and anti-cancer properties of the *Annona* species: their ethnomedicinal uses, alkaloid diversity, and pharmacological activities. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 24(23), 4419. <https://doi.org/10.3390/molecules24234419>.
- Poma, E., Requis, E., Gordillo, G., y Fuertes, C. (2014). Estudio fitoquímico y actividad antiinflamatoria de la *Annona muricata* L. (guanábana) de Cuzco. *Ciencia e Investigación*, 14(2), 29-33.
- Rivadeneira-Domínguez, E., Becerra-Contreras, Y., Vázquez-Luna, A., Díaz-Sobac, R., y Rodríguez-Landa, J. (2018). Alterations of blood chemistry, hepatic and renal function, and blood cytometry in acrylamide-treated rats. *Toxicology reports*, 5, 1124–1128. <https://doi.org/10.1016/j.toxrep.2018.11.006>.
- Rollin B. (2009). Ethics and euthanasia. *The Canadian veterinary journal = La revue veterinaire canadienne*, 50(10), 1081-1086.
- Saha, S., Lee, S., Won, J., Choi, H., Kim, K., Yang, G., Dayem, A., y Cho, S. (2017). Correlation between Oxidative Stress, Nutrition, and Cancer Initiation. *International journal of molecular sciences*, 18(7), 1544. <https://doi.org/10.3390/ijms18071544>.
- Saldaña-Balmori Y, Ramirez-González H, y Delgadillo-Gutiérrez H. (2003). Acción de algunos antiinflamatorios no esteroideos sobre la lipoperoxidación hepática inducida por etanol. *Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas*, 22(1), 16-24.
- Sánchez-Rodríguez, M., y Mendoza-Núñez, V. (2019). Oxidative Stress Indexes for Diagnosis of Health or Disease in Humans. *Oxidative medicine and cellular longevity*, 2019, 4128152. <https://doi.org/10.1155/2019/4128152>.
- Singh, A., Kukreti, R., Saso, L., y Kukreti, S. (2019). Oxidative Stress: A Key Modulator in Neurodegenerative Diseases. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 24(8), 1583. <https://doi.org/10.3390/molecules24081583>.
- Statistical tools for high-throughput data analysis. (25 de noviembre del 2020). Shapiro-Wilk test of normality. <http://www.sthda.com/english/rsthda/shapiro-wilk.php>
- Sumner, S., MacNeela, J., y Fennell, T. (1992). Characterization and quantitation of urinary metabolites of [1, 2, 3-<sup>13</sup>C] acrylamide in rats and mice using carbon-13 nuclear magnetic resonance spectroscopy. *Chemical Research in Toxicology*, 5(1), 81–89. doi:10.1021/tx00025a014.
- Torres, P., Aguilar, J., Rodríguez, A., y Pretel, O. (2007). Efecto de *Mirabilis jalapa* L. frente a radicales libres inducidos por *Escherichia coli* en *Rattus rattus* variedad albinus. *Revista de Biología*.; 10: 53-58.
- Vasavada, N. (2016). One-way ANOVA (ANalysis of VAriance) with post-hoc Tukey HSD (Honestly Significant Difference) Test Calculator for comparing multiple treatments. [https://astatsa.com/OneWay\\_Anova\\_with\\_TukeyHSD/](https://astatsa.com/OneWay_Anova_with_TukeyHSD/).
- Vit, P., Santiago, B., y Pérez-Pérez E. (2014). composición química y actividad antioxidante de pulpa, hoja y semilla de guanábana *Annona muricata* L. *Interciencia*, 39(5), 350-353.
- Zatroch, K., Knight, C., Reimer, J., y Pang, D. (2017). Refinement of intraperitoneal injection of sodium pentobarbital for euthanasia in laboratory rats (*Rattus norvegicus*). *BMC veterinary research*, 13(1), 60. <https://doi.org/10.1186/s12917-017-0982-y>.

**Citar como:**

Aspajo-Villalaz, C.; Pajuelo-Mendoza, S.; Morales-Aniceto, J.; Calderón-Peña, A. 2020. Efecto antioxidante del extracto hidroalcohólico de *Annona muricata* L. frente a estrés oxidativo inducido por acrilamida en hígado de ratón. *REBIOL* 40(2): 133-140. DOI: <http://dx.doi.org/10.17268/rebiol.2020.40.02.01>.

## Artículo Original

# INHIBICIÓN DEL CRECIMIENTO DE *Listeria monocytogenes* ATCC 19115 Y *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853 POR ACEITE ESENCIAL DE *Citrus sinensis* (L.) Osbeck

INHIBITION OF GROWTH OF *Listeria monocytogenes* ATCC 19115 AND *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853 BY ESSENTIAL OIL OF *Citrus sinensis* (L.) Osbeck

Lucia Baltodano Bringas<sup>1</sup>, Lizeth Velásquez Vidaurre<sup>1</sup>, David Zavaleta-Verde<sup>2</sup>, Pedro Mercado Martínez<sup>2, a, \*</sup>

<sup>1</sup> Escuela de Microbiología y Parasitología, Universidad Nacional de Trujillo, Av. Juan Pablo II s/n Ciudad Universitaria. Trujillo-Perú.

<sup>2</sup> Laboratorio de Fisiología y Genética Bacteriana, Universidad Nacional de Trujillo, Av. Juan Pablo II s/n Ciudad Universitaria. Trujillo-Perú.

<sup>a</sup> Laboratorio Genética, Reproducción Asistida y Biología-Molecular, Universidad Privada Antenor Orrego, Av. América Sur 3145, Trujillo-Perú.

\*Autor responsable: peemercado\_1@hotmail.com

Lucia Baltodano:  <https://orcid.org/0000-0003-0167-3496>

Lizeth Velásquez:  <https://orcid.org/0000-0003-0821-9368>

David Zavaleta-Verde:  <https://orcid.org/0000-0003-0382-8420>

Pedro Mercado:  <https://orcid.org/0000-0002-0339-2885>

Recibido: 31 de mayo 2020 / Aceptado: 20 de noviembre 2020

## RESUMEN

Los Aceites Esenciales (AEs) son sustancias líquidas, volátiles, con propiedades antimicrobianas y se pueden obtener de desechos orgánicos como las cáscaras de frutas cítricas, por ello el objetivo de la investigación fue inhibir el crecimiento de *Listeria monocytogenes* ATCC 19115 y *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853 usando el aceite esencial de cáscara de *Citrus sinensis* (L.) Osbeck var. *huando*. La extracción del AE se realizó mediante el método de destilación por arrastre con vapor de agua y la Concentración Mínima Inhibitoria (CMI) se determinó utilizando la técnica de macrodilución en tubo. Se utilizaron 12 tubos problema más uno de control, conteniendo caldo BHI, el AE a distintas concentraciones, y el inóculo bacteriano en fase exponencial media y estandarizado a  $1,5 \times 10^8$  UFC/mL, obteniendo un volumen final de 2 mL, estos fueron incubados a 37 °C por 24 horas. Se encontró que la Concentración Mínima Inhibitoria de *C. sinensis* var. *huando* frente a *L. monocytogenes* fue 20 µg/mL y frente a *P. aeruginosa* de 40 µg/mL. Se concluyó que el AE de cáscara de *C. sinensis* (L.) Osbeck var. *huando* inhibe el crecimiento de *L. monocytogenes* y *P. aeruginosa*; siendo su mejor efecto en bacterias Grampositivas.

**Palabras claves:** *Citrus sinensis* (L.) Osbeck var. *huando*, Concentración Mínima Inhibitoria, *Listeria monocytogenes*, *Pseudomonas aeruginosa*

## ABSTRACT

Essential Oils (EOs) are liquid, volatile substances with antimicrobial properties and can be obtained from organic waste such as citrus fruit peels, therefore the objective of the research was to inhibit the growth of *Listeria monocytogenes* ATCC 19115 and *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853 using the essential oil of *Citrus sinensis* (L.) Osbeck var. *huando*, the EO extraction was carried out using the steam distillation method and the Minimum Inhibitory Concentration (MIC) was determined using the tube macrodilution technique. Twelve test tubes plus one control tube were used, containing BHI broth, EO at different concentrations, and the bacterial inoculum in medium exponential phase and standardized at  $1.5 \times 10^8$  CFU / mL, obtaining a final volume of 2 mL, these were incubated at 37°C for 24 hours. The Minimum Inhibitory Concentration of *C. sinensis* var. *huando* on *L. monocytogenes* was 20 µg / mL and on *P. aeruginosa* 40 µg / mL. It was concluded that the shell EO of *C. sinensis* (L.) Osbeck var. *huando* inhibits the growth of *L. monocytogenes* and *P. aeruginosa*; being its best effect on Gram-positive bacteria.

**Keywords:** *Citrus sinensis* (L.) Osbeck var. *huando*, Minimum Inhibitory Concentration, *Listeria monocytogenes*, *Pseudomonas aeruginosa*

DOI: <http://dx.doi.org/10.17268/rebiol.2020.40.02.02>

## 1. INTRODUCCIÓN

Las bacterias patógenas más frecuentes en Salud Pública están presentes en reservorios como el agua y los animales, y se estima que son causante de 2,2 millones de muertes al año, siendo los niños la población más afectada (Argote et al., 2017). El transporte y almacenamiento de alimentos es fundamental para garantizar su seguridad; sin embargo, estas condiciones a menudo están fuera del control del fabricante, como, por ejemplo, la ruptura en la cadena de frío podría permitir que bacterias como *L. monocytogenes* presentes en estos alimentos alcancen niveles perjudiciales para la salud del consumidor (Carrizo et al., 2014).

De las siete especies del género de *Listeria* que se conocen, solo dos son patógenas: *L. monocytogenes* (en humanos y animales), y *Listeria ivanovii* (solo en animales) (Ocampo et al., 2019; Barrientos et al., 2015). La listeriosis en humanos se manifiesta clínicamente desde una gastroenteritis febril hasta formas invasivas más graves (sepsis, meningitis, rombencefalitis, infecciones perinatales y abortos) y tiene como grupos de riesgo a mujeres embarazadas, neonatos, ancianos y enfermos inmunodeprimidos (Lourenço et al., 2018). El análisis de la fisiología del microorganismo ha demostrado que se une a receptores para sus proteínas de superficie y logra penetrar la célula huésped; ya en citoplasma sintetiza la proteína que induce la formación de la actina que favorece la motilidad y consecuentemente la invasión a otras células. También se ha encontrado que puede crear nichos en vacuolas y permanecer en un estado de no crecimiento y de resistencia, siendo esta una posible explicación del largo periodo de incubación, alta resistencia a antibióticos, e incluso la presencia de portadores asintomáticos (Fan et al., 2019).

*P. aeruginosa* es una bacteria Gramnegativa ubicua que puede sobrevivir en una amplia gama de entornos, debido a su versatilidad metabólica, variedad de mecanismos de adaptación, resistencia a fármacos y mínimos requerimientos nutricionales. Esta bacteria es reconocida como un patógeno oportunista y comúnmente asociada a infecciones nosocomiales y neumonía por el uso de ventiladores mecánicos (Pang et al., 2019). *P. aeruginosa* ha cobrado importancia por su rol en producir mayoritariamente infecciones respiratorias intrahospitalarias; asimismo, es un importante productor de infecciones en individuos cuya barrera mucocutánea ha perdido su continuidad. Además, este microorganismo puede ser potencialmente mortal (Moradali et al., 2017). La capacidad de formar biopelículas, resistencia natural y adquirida frente a los antibióticos son también características de *P. aeruginosa* que ha hecho a este microorganismo un problema latente para las infecciones intrahospitalarias (Moradali et al., 2017; Correa et al., 2015). Por otro lado, es importante ahondar en el tema de enfermedades intrahospitalarias, ya que la mayoría de los pacientes, generalmente los que están en unidad de cuidados intensivos (UCI), terminan infectándose por *P. aeruginosa* (Lujan, 2014).

Diversos procesos físico químicos, como los tratamientos térmicos, la irradiación UV, el almacenamiento a bajas temperaturas y el uso de conservantes químicos, han sido implementados con el fin de evitar la proliferación microbiana en los alimentos, sin embargo se han investigado el uso de métodos alternativos que ayuden a mejorar la conservación de alimentos, pero sin afectar sus características de sabor, nutrición y seguridad; sin aumentar significativamente los costos de producción, procesamiento y comercialización. Dentro de las alternativas de origen natural se encuentran los aceites esenciales (AEs), los cuales son fracciones líquidas volátiles que son posibles extraerlos de los diversos órganos de las plantas (Pardo et al., 2017) o material vegetal considerados como desperdicios (Pérez et al., 2017). Asimismo, estos muestran actividad antioxidante y poseen actividad antibacteriana y antifúngica, evaluadas como una fuente potencial de nuevos compuestos antimicrobianos (Velásquez et al., 2015).

Según Torrenegra et al. (2017) “el término aceite esencial es utilizado para referirse a sustancias líquidas, volátiles, de carácter lipofílico y con propiedades aromáticas. Estas sustancias son

sintetizadas por las plantas como metabolitos secundarios y pueden ser extraídas mediante métodos físicos como la destilación a vapor o hidrodestilación. Los aceites esenciales tienen un papel importante en la protección de las plantas, pues actúan como agentes antibacterianos, antivirales, antifúngicos e insecticidas. Poseen una composición química compleja que consiste en una mezcla de sustancias orgánicas como hidrocarburos, alcoholes, aldehídos, cetonas, ésteres, etc. Algunos aceites esenciales se extraen de las células localizadas en la parte externa coloreada de la cáscara de los frutos cítricos”.

El género *Citrus* incluye a casi 1700 especies ampliamente consumidas por la población y valoradas por la venta de sus frutos, agrupados bajo el nombre de "cítricos"; destacan especies como, *C. sinensis* (L.) Osbeck (naranja), *C. reticulata* (mandarina), *C. aurantifolia* (limón), *C. paradisi* (pomelo) por su importancia económica (Torrenegra et al., 2017; Murillo et al., 2018), además están recibiendo mucha atención por sus propiedades nutritivas y biológicas debido a que son una fuente de compuestos bioactivos como “vitaminas, carotenoides, fibra y compuestos fenólicos, flavanonas, antocianinas y ácido hidroxicinámico”. Por otro lado, su industrialización genera subproductos como cáscara y semilla (más de la mitad del peso de fruta) que son considerados como desperdicios, los cuales tienen posible uso para la extracción de aceites esenciales (Murillo et al., 2018).

Los AEs de estos frutos son utilizados por su alta disponibilidad, mínimos efectos secundarios, mejor biodegradabilidad comparado con antibióticos y preservantes disponibles (Sultanbawa, 2016; Al-Jabri y Hossain, 2016), además se ha encontrado que la naranja contiene aceites esenciales que poseen características fitoterapéuticas, antifúngicas y antibacterianas (se han realizado estudios frente a “*Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas aeruginosa* y *Salmonella typhimurium*, *Campylobacter*, *Enterococcus faecalis*, *Vibrio parahemolyticus*, *Listeria monocytogenes*, y otros” (Perdones et al., 2016; Argote et al., 2017).

La cáscara de *C. sinensis* (L.) Osbeck, considerada como desecho orgánico que tienen como destino final el basurero municipal (Castañeda-Antonio et al., 2018), ha sido reportada como un excelente sustrato para varios productos de valor agregado, tales como aceites esenciales, pectina, antioxidantes naturales, antimicrobiano. Posee componentes bioactivos, beneficiosos para la salud; los compuestos fenólicos y poli fenólicos que exhiben actividades antimicrobianas, antioxidantes, quimiopreventivas y quimioterapéuticas (Yang et al., 2017; Campo et al., 2017). Además, la nueva tendencia en investigación es explorar las propiedades de los residuos generados por las industrias y buscar el manejo de estos residuos como alternativa para el control de microorganismos patógenos y que afecten la seguridad alimentaria.

Considerando que, en la actualidad, el Perú produce grandes cantidades de *C. sinensis* (L.) Osbeck, y que su cáscara es descartada como desecho, pero que es una fuente potencial de productos secundarios con actividad antibacteriana, el objetivo de la investigación fue inhibir el crecimiento de *L. monocytogenes* ATCC 19115 y *P. aeruginosa* ATCC 27853 usando el aceite esencial de cáscara de *C. sinensis* (L.) Osbeck var. *huando*.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### Obtención del aceite esencial

Se utilizó 10 Kg de cáscara de *C. sinensis* (L.) Osbeck var. *huando* procedente de Moche – Perú y certificada por el Herbario de la Universidad Privada Antenor Orrego, a partir de la cual se destiló por arrastre de vapor obteniéndose 10 mL del AE, el cual fue conservado en recipientes esterilizados previamente (121 °C, 1 atm y 15 min), ausencia de luz y temperatura de refrigeración (4 °C), hasta los análisis posteriores (Berka-Zougali et al., 2012; Pumaylle et al., 2012). Se preparó una solución madre del AE a la concentración de 40 mg/mL (se usó como emulsificante Tween 80 estéril), a partir de la cual se hizo diluciones en caldo *Brain Heart Infusion* (BHI) hasta obtener la concentración de 4 mg/mL, considerada como la solución stock de trabajo.

### Reactivación y estandarización de los inóculos bacterianos.

Se utilizaron las cepas de *L. monocytogenes* ATCC 19115 y *P. aeruginosa* ATCC 27853, las cuales fueron reactivadas en ATCC® Medium 44 (Brain Heart Infusion Agar [BHI]) y ATCC® Medium 18 (Trypticase Soy Agar [TSA]) respectivamente. Para la preparación de los inóculos, en el caso de *L. monocytogenes* ATCC 19115 se incubó a 37 °C por 6 horas, tiempo en el cual alcanzó la fase exponencial media, creciendo a una velocidad de 0,835/hr<sup>-1</sup>; mientras que *P. aeruginosa* ATCC 27853 se incubó a 37 °C por 7 horas creciendo a una velocidad de 0,924/hr<sup>-1</sup>, luego se procedió a estandarizarlos a una concentración de 1,5x10<sup>8</sup> UFC/mL (0,5 Mac Farland).

### Determinación de la concentración mínima inhibitoria (CMI)

Se procedió según la técnica de macrodilución en caldo (Clinical and Laboratory Standards Institute [CLSI]), 2015). Para ello se usó 13 tubos de ensayo, en los cuales se incorporó 1,6 mL de caldo BHI doble concentrado, luego al primer tubo se adicionó 1,6 mL de la solución stock de trabajo [4 mg/mL] de esa manera se logró alcanzar una concentración de 3200 µg/mL; a partir de este primer tubo se realizaron diluciones seriadas al medio hasta el tubo de ensayo número 12. Seguido, a cada tubo de ensayo se incorporó 0,4 mL del inóculo bacteriano estandarizado [1,5x10<sup>8</sup> UFC/mL] de manera que las concentraciones finales de aceite esencial fueron 2560; 1280; 640; 320; 160; 80; 40; 20; 10; 5; 2,5; 1,25 µg/mL. El tubo número 13 sirvió como control negativo, y solo contenía caldo BHI y el inóculo bacteriano. Finalmente, los sistemas fueron incubados a 37 °C por 24 horas, tiempo en el cual se realizó la lectura y determinación de la CMI. Se utilizó un diseño experimental clásico con tres repeticiones para determinar la CMI.

### Análisis estadístico

Se utilizó la prueba estadística no paramétrica Q de Cochran (p=0,05) para evaluar la efectividad de 12 concentraciones distintas del aceite esencial de *C. sinensis* (L.) Osbeck var. *huando* para inhibir el crecimiento de *L. monocytogenes* y *P. aeruginosa*. Se utilizó el software RStudio-1.2.5033.

## 3. RESULTADOS

A partir de cáscara de *C. sinensis* (L.) Osbeck var. *huando* se obtuvo 10 mL de aceite esencial, del cual se prepararon 12 concentraciones distintas para determinar la CMI mediante la técnica de macro dilución en caldo. La Tabla 1 muestra las concentraciones mínimas del aceite esencial de *C. sinensis* (L.) Osbeck var. *huando* que se necesita para inhibir el crecimiento visible de *L. monocytogenes* ATCC 19115 y *P. aeruginosa* ATCC 27853 después de 24 horas de incubación a 37 °C.

**Tabla 1.** Concentraciones del aceite esencial de *C. sinensis* (L.) Osbeck var. *huando* que inhiben el crecimiento de *L. monocytogenes* ATCC 19115 y *P. aeruginosa* ATCC 27853.

Aceite esencial	Concentración mínima inhibitoria (µg/mL)	
	<i>L. monocytogenes</i> ATCC 19115	<i>P. aeruginosa</i> ATCC 27853
<i>Citrus sinensis</i> (L.) Osbeck var. <i>huando</i>	20*	40*

\* Q (2) = 33, p<0,05

#### 4. DISCUSIÓN

Los aceites esenciales de las especies del género *Citrus*, tienen diversos mecanismos de acción sobre las bacterias, actúan sobre la membrana celular, pared celular, enzimas metabólicas, cambio del flujo de protones, síntesis de proteínas y el sistema genético (Bassanetti et al., 2017; Ambrosio et al., 2017). Es por ello que en la Tabla 1 se muestran las concentraciones del AE de *C. sinensis* (L.) Osbeck var. *huando* que inhiben a *L. monocytogenes* ATCC 19115 y *P. aeruginosa* ATCC 27853 respectivamente.

Al analizar estadísticamente los resultados de inhibición de cada concentración del AE evaluada, se encontró diferencias entre ellas ( $Q(2) = 33$ ,  $p < 0.05$ ). Además, se determinó que la concentración mínima para inhibir a *L. monocytogenes* ATCC 19115 fue de 20  $\mu\text{g/mL}$ ; mientras que para inhibir a *P. aeruginosa* ATCC 27853 fue de 40  $\mu\text{g/mL}$ , entendiéndose que concentraciones superiores a estas, también inhibieron el crecimiento de dichas bacterias (Tabla 1).

Al comparar las CMI para cada bacteria evaluada, los resultados muestran que, el AE de *C. sinensis* (L.) Osbeck var. *huando* tiene mejor actividad antibacteriana frente a Gram positivos que a Gram negativos, estos datos concuerdan con los obtenidos por Campo et al. (2017) quienes reportaron mayor sensibilidad de los Gram positivos, usando extractos de quitasano y de cáscara de *C. sinensis* (L.) Osbeck. Por otro lado, Murillo et al. (2018), realizaron estudios de CMI de diversos cítricos, entre ellos naranja, y revelaron el potencial de los AEs para inhibir el crecimiento de bacterias gramnegativas y grampositivas, demostrando que *P. aeruginosa* y *S. typhimurium* fueron las más resistentes de todo el grupo de bacterias.

Vignola et al. (2020), hicieron una recopilación de estudios sobre la acción antibacteriana de los AEs de cítricos, e informaron que estos tienen acción sobre diversas bacterias patógenas contaminantes de alimentos, como *Escherichia coli* (ATCC 0157:H7), *Pseudomonas aeruginosa* (ATCC 27853), *Salmonella enteritidis* (ATCC 13076), *Staphylococcus aureus* (ATCC 25923), *Salmonella typhimurium*, *Listeria monocytogenes*, *Campylobacter*, *Lactobacillus plantarum* ES147 y ATCC 8014, *Leuconostoc mesenteroides* MS1 y otras; esto se debe a compuestos comunes presentes en los AEs, como el limoneno, terpineno, octanal y mirceno (Bey-Ould et al., 2016; Castañeda-Antonio et al., 2018); también linalol y timol (Argote et al., 2017).

La acción antibacteriana de los aceites esenciales presentes en la cáscara de *C. sinensis* (L.) Osbeck puede deberse también, al contenido de polifenoles (flavonoides, flavonas, isoflavonas), los cuales son abundantes en la cáscara, y cumplen funciones de defensa en la planta, como agentes antimicrobianos, protección contra herbívoros y radiación UV (Geraci et al., 2017). Ordoñez-Gómez et al. (2018) informaron que diversas cáscaras de cítricos, tienen acción inhibitoria contra el radical libre 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH) y que esta acción se debe a la presencia de compuestos bioactivos, como los ácidos fenólicos y glucósidos de flavanona, la naringina y la hesperidina, los llamados flavonoides cítricos.

Las dos bacterias estudiadas son de interés en la inocuidad de los alimentos, debido a que son frecuentes las enfermedades bacterianas por su ingesta, en ese sentido se ha encontrado que los AEs de los cítricos, además de los usos antimicrobianos, antioxidantes pueden ser usados como preservantes en los alimentos, por sus altos niveles de polifenoles (Hernández-Carillo et al., 2015).

## 5. CONCLUSIONES

El aceite esencial de cáscara de *C. sinensis* (L.) Osbeck var. *huando* inhibe el crecimiento de *L. monocytogenes* ATCC 19115 a una concentración mínima de 20 µg/mL, mientras que a 40 µg/mL inhibe a *P. aeruginosa* ATCC 27853; siendo su mejor efecto en bacterias Grampositivas.

## 6. AGRADECIMIENTO

Los autores expresan su agradecimiento al Laboratorio de Fisiología y Genética Bacteriana, de la Universidad Nacional de Trujillo, por el uso de sus instalaciones para llevar a cabo el presente trabajo.

## 7. CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

El presente trabajo formó parte de la tesis para titulación de Biólogo-Microbiólogo de Lucía Baltodano y Lizeth Velásquez. Pedro Mercado y David Zavaleta participaron en la condición de asesor y co-asesor, respectivamente, con las actividades propias reglamentadas.

## 8. CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no existe conflicto de interés.

## 9. FINANCIAMIENTO

El trabajo fue autofinanciado en su totalidad.

## 10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Al-Jabri, N. N., y Hossain, M. A. (2016). Chemical composition and antimicrobial potency of locally grown lemon essential oil against selected bacterial strains. *Journal of King Saud University – Science*, 60(30), 1-7. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jksus.2016.08.008>.
- Ambrosio, C. M. S., Alencar, S. M., Sousa, R. L. M., Moreno, A. M., y Da Gloria, E. M. (2017). Antimicrobial activity of several esencial oils on pathogenic and beneficial bacteria. *Industrial Crops and Products*, 97, 128-136. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.11.045>.
- Argote, F. E., Suarez, Z. J., Tobar, M. E., Perez, J. A., Hurtado, A. M., y Delgado, J. (2017). Evaluación de la capacidad inhibitoria de aceites esenciales en *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli*. *Biotecnología En El Sector Agropecuario Y Agroindustrial*, 15(2), 52-60. [https://doi.org/10.18684/bsaa\(15\).593](https://doi.org/10.18684/bsaa(15).593).
- Barrientos H. E. W., Lucas L. J. R., Ramos D. D., Reбата T. M., y Arbaiza F. T. (2015). Presencia de *Listeria monocytogenes* en Canales Porcinas en Lima, Perú. *Revista De Investigaciones Veterinarias Del Perú*, 26(1), 135-139. <https://doi.org/10.15381/rivep.v26i1.10907>.
- Bassanetti, I., Carcelli, M., Buschini, A., Montalbano, S., Leonardi, G., Pelagatti, P., Tosi, G., Massi, P., Fiorentini, L., y Rogolino, D. (2017). Investigation of antibacterial activity of new classes of essential oils derivatives. *Food Control*, 73(B), 606-612. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2016.09.010>.
- Berka-Zougali, B., Ferhat, M. A., Hassani, A., Chemat, F., y Allaf, K. S. (2012) Comparative study of essential oils extracted from *Algerian Myrtus communis* L. leaves using microwaves and hydrodistillation. *Int J Mol Sci*, 13(4), 4673-95. <https://doi.org/10.3390/ijms13044673>.
- Bey-Ould, Z., Haddadi-Guemghar, H., Boulekbache-Makhlouf, L., Rigou, P., Remini, H., Adjaoud, A., Khoudja, N. K., y Madani, K. (2016). Composición de aceites esenciales, actividad antibacteriana y antioxidante del extracto hidrodestilado de frutos de *Eucalyptus globulus*. *Cultivos y productos industriales*, 89, 167-175. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.05.018>.

- Campo, Y., Delgado, M. A., Roa, Y., y Mora, G. (2017). Efecto antimicrobiano del quitosano y cascara de naranja en el tratamiento de aguas residuales. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 19(4), 381-388. <https://dx.doi.org/10.18271/ria.2017.312>.
- Carrizo, R., Audicio, N., Kurina, M., y Ponzi, M. (2014). Antibacterial activity of lime (*Citrus x aurantifolia*) essential oil against *Listeria monocytogenes* in tyndallised apple juice. *Revista de la Sociedad Venezolana de Microbiología*, 34(1), 10-14.
- Castañeda-Antonio, D., Rivera-Tapia, A., Choy Flores, E., Munguía-Pérez, R., Portillo-Reyes, R., y Muñoz, J. (2018). Actividad antimicrobiana del aceite de naranja residual. *UNED Research Journal*, 10(2), 469-474. <https://doi.org/10.22458/urj.v10i2.2175>.
- Clinical and Laboratory Standards Institute [CLSI]. (2015). Estándares de desempeño para pruebas de susceptibilidad de disco antimicrobiano; estándar aprobado, doceava edición CLSI documento M02-A12. Instituto de Estándares Clínicos y de Laboratorio, Wayne, PA. EE.UU.
- Correa, K. A., Bravo, M. V., Silva, R. A., y Montiel, M. (2015). Susceptibilidad a antibióticos de *Pseudomonas aeruginosa* aislada de agua de consumo humano de la comunidad Santa Rosa de Agua, Maracaibo, estado Zulia. *Revista de la Sociedad Venezolana de Microbiología*, 35(2), 83-88.
- Fan, Z., Xie, J., Li, Y., y Wang, H. (2019). Listeriosis in mainland China: A systematic review. *Int J Infect Dis*, 81, 17-24. <https://doi.org/10.1016/j.ijid.2019.01.007>.
- Geraci, A., Di Stefano, V., Di Martino, E., Schillaci, D., y Schicchi, R. (2017) Componentes de aceite esencial de cáscaras de naranja y actividad antimicrobiana. *Investigación de productos naturales*, 31(6), 653-659, <https://doi.org/10.1080 / 14786419.2016.1219860>.
- Hernández-Carrillo, J. G., Valdez-Fragoso, A., Welti-Chanes, J., y Mújica-Paz, H. (2015). Tracing phenolic compounds through manufacturing of edible films from orange and grapefruit peels. *Revista mexicana de ingeniería química*, 14(3), 567-578.
- Lourenço, J., Leclercq, A., Lecuit, M., y Charlier, C. (2018). Listeriosis, *EMC - Tratado de Medicina*, 22,1-9. [https://doi.org/10.1016/S1636-5410\(18\)91427-3](https://doi.org/10.1016/S1636-5410(18)91427-3).
- Lujan, D. (2014). *Pseudomonas aeruginosa*: un adversario peligroso. *Acta Bioquim Clin Latinoam*, 48(4), 465-474.
- Moradali, M. F., Ghods, S., y Rehm, B. H. (2017). *Pseudomonas aeruginosa* Lifestyle: A Paradigm for Adaptation, Survival, and Persistence. *Frontiers in cellular and infection microbiology*, 7, 39. <https://doi.org/10.3389/fcimb.2017.00039>.
- Murillo, E., Correa, J., Cerquera, C., y Méndez, J. (2018). Potencial antimicrobiano y citotóxico del aceite esencial de *Citrus aurantium* Engl (naranja agria) y *Swinglea glutinosa* Merr (limón de cerco). *Revista Cubana De Plantas Medicinales*, 23(3).
- Ocampo, I. D., González, C., Moreno, S. L., Calderón, C., Flórez-Elvira, L. J., Olaya, M. B., Rivera Sánchez, S. P., y Lesmes, M. C. (2019). Presencia de *Listeria monocytogenes* en quesos frescos artesanales comercializados en Cali-Colombia. *Acta Agronómica*, 68(2), 108-114. <https://doi.org/10.15446/acag.v68n2.77185>.
- Ordoñez-Gómez, E. S., Reátegui-Díaz, D., y Villanueva-Tiburcio, J. E. (2018). Polifenoles totales y capacidad antioxidante en cáscara y hojas de doce cítricos. *Scientia Agropecuaria*, 9(1), 113-121. <https://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2018.01.13>.
- Pang, Z., Raudonis, R., Glick, B. R., Lin, T. J., y Cheng, Z. (2019). Antibiotic resistance in *Pseudomonas aeruginosa*: mechanisms and alternative therapeutic strategies. *Biotechnol Adv*, 37(1), 177-192. <https://dx.doi.org/10.1016/j.biotechadv.2018.11.013>.
- Pardo, C. G., Monsalve, G. S., Tupaz, H. A., Espinosa, Y., y Jaramillo, G. I. (2017). Efecto antimicrobiano del aceite esencial de *Citrus reticulata* sobre *Fusobacterium nucleatum* asociada a enfermedad periodontal. *Revista Colombiana De Biotecnología*, 19(2), 7-14. <https://doi.org/10.15446/rev.colomb.biote.v19n2.57921>.
- Perdones, Á., Escriche, I., Chiralt, A., y Vargas, M. (2016). Effect of chitosan-lemon essential oil coatings on volatile profile of strawberries during storage. *Food Chem*, 197(A), 979-86. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.11.054>.

- Pérez, A., Vitola, D., Villarreal, J., Noya, B. M., Pérez, P. Y., Ramírez, S. A., y Rangel, P. M. (2017). Actividad antimicrobiana de aceites esenciales de naranja dulce (*Citrus sinensis*) y limón criollo (*Citrus aurantifolia*) como control en el añublo bacterial de la panícula del arroz. *Alimentech ciencia y tecnología alimentaria*, 15(2), 28 – 44. <https://doi.org/10.24054/16927125.v2.n2.2017.2966>.
- Pumaylle, K., Quiroz, L., Bejarano, D., y Silva, R. (2012). Extraction, characterization and evaluation of antibacterial activity of essential oil of *Senecio graveolens* Wedd (Wiskataya). *Scientia agropecuaria*, 3, 291-302. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2012.04.03>.
- Sultanbawa, Y. (2016). Aceites esenciales en aplicaciones alimentarias: aspectos australianos en V. Preedy (Ed.), *Aceites esenciales en la conservación, el sabor y la seguridad de los alimentos* (pp. 155–159). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-416641-7.00016-X>.
- Torrenegra, M. E., Pájaro, N. P., y León, G. (2017). Actividad antibacteriana in vitro de aceites esenciales de diferentes especies del género Citrus. *Revista Colombiana De Ciencias Químico-Farmacéuticas*, 46(2), 160-175. <https://doi.org/10.15446/rcciquifa.v46n2.67934>.
- Velásquez, M., Álvarez, R., Tamayo, P., y Carvalho, C. (2015). Evaluación in vitro de la actividad fungistática del aceite esencial de mandarina sobre el crecimiento de *Penicillium* sp. *Ciencia & Tecnología Agropecuaria*, 15(1), 7-14. [https://doi.org/10.21930/rcta.vol15\\_num1\\_art:392](https://doi.org/10.21930/rcta.vol15_num1_art:392).
- Vignola, M., Serra, M., y Andreatta, A. (2020). Actividad Antimicrobiana de Diversos Aceites Esenciales en Bacterias Benéficas, Patógenas y Alterantes de Alimentos. *Revista Tecnología Y Ciencia*, (37), 92-100. <https://doi.org/10.33414/rtyc.37.92-100.2020>.
- Yang, C., Chen, H., Chen, H., Zhong, B., Luo, X., y Chun, J. (2017). Antioxidant and anticancer activities of essential oil from gannan navel orange peel. *Molecules*, 22(8),1391. <https://doi.org/10.3390/molecules22081391>.

**Citar como:**

Baltodano, L.; Velásquez, L.; Zavaleta-Verde, D.; Mercado, P. 2020. Inhibición del crecimiento de *Listeria monocytogenes* ATCC 19115 y *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853 por aceite esencial de *Citrus sinensis* (L.) Osbeck. *REBIOL* 40(2): 141-148. DOI: <http://dx.doi.org/10.17268/rebiol.2020.40.02.02>.

## Artículo Original

# CRECIMIENTO Y SUPERVIVENCIA DE POSTLARVAS DEL CAMARÓN DE RÍO *Cryphiops caementarius* ALIMENTADAS CON DIETAS SUPLEMENTADAS CON PÁPRIKA

## GROWTH AND SURVIVAL OF RIVER SHRIMP POSTLARVAS *Cryphiops caementarius* FEED WITH DIETS SUPPLEMENTED WITH PAPRIKA

Rocío Díaz Mendoza, Lady Díaz Valverde, Walter Reyes-Avalos\*

Universidad Nacional del Santa, Perú. Laboratorio de Acuicultura ornamental. Facultad de Ciencias Escuela de Biología en Acuicultura. Av. Universitaria s/n Urbanización Bellamar, Nuevo Chimbote, Ancash, Perú.

\*Autor para correspondencia: wreyes@uns.edu.pe

Rocío Díaz Mendoza:  <https://orci.org/0000-0001-7136-5195>

Lady Díaz Valverde:  <https://orci.org/0000-0002-5188-1595>

Walter Reyes-Avalos:  <https://orci.org/0000-0002-4277-9521>

Recibido: 24 de junio 2020 / Aceptado: 9 de noviembre 2020

### RESUMEN

El objetivo fue evaluar el crecimiento y supervivencia de postlarvas del camarón de río *Cryphiops caementarius* alimentadas con dietas suplementadas con páprika. Las postlarvas procedieron del río Lacramarca (Ancash, Perú). El cultivo fue realizado en 12 acuarios (12 L) con agua salobre (12‰) donde fueron sembradas postlarvas a 227 postlarvas m<sup>-2</sup>. Una dieta basal fue suplementada con harina de páprika (*Capsicum annuum*) en las proporciones de 0, 200, 250 y 300 mg kg<sup>-1</sup>. La tasa de alimentación fue del 10% de la biomasa por día. El experimento duró 60 días y se determinaron los parámetros de crecimiento en longitud y peso, así como la supervivencia. El crecimiento en longitud de las postlarvas no fue afectado (p>0,05) por las dietas con 200 a 300 mg kg<sup>-1</sup> de páprika, pero fue diferente con las alimentadas sin páprika. El crecimiento en peso fue mayor (p<0,05) con 300 mg kg<sup>-1</sup> de páprika a los 15 días de cultivo y, a los 30 días, el crecimiento fue mayor (p<0,05) con 250 y 300 mg kg<sup>-1</sup> de páprika. La supervivencia fue alta (95% - 97%) en las postlarvas alimentadas con páprika y de baja (75%) alimentadas sin páprika. El uso de páprika en la dieta tiene efectos benéficos en el crecimiento y supervivencia de las postlarvas de esta especie de camarón.

**Palabras claves:** *Capsicum*, suplemento alimenticio, postlarvas, camarón, *Cryphiops*

### ABSTRACT

The aim was to evaluate the growth and survival of postlarvae of river shrimp *Cryphiops caementarius* fed with diets supplemented with paprika. Postlarvae came from the Lacramarca river (Ancash, Peru). Culture was carried out in 12 aquariums (12 L) with brackish water (12 ‰), where postlarvae (13.50 mm total length) were stocked to 227 postlarvae m<sup>-2</sup>. A basal diet was supplemented with paprika flour (*Capsicum annuum*) in the proportions of 0, 200, 250 and 300 mg kg<sup>-1</sup>. The feeding rate was 10% of the biomass per day. Experiment lasted 60 days and growth parameters in length and weight were determined, as well as survival. Postlarvae growth in length was not affected (p>0.05) by diets with 200 to 300 mg kg<sup>-1</sup> of paprika, but was different with those fed without paprika. Growth in weight was greater (p<0.05) with 300 mg kg<sup>-1</sup> of paprika at 15 days of culture and, at 30 days, growth was greater (p<0.05) with 250 and 300 mg kg<sup>-1</sup> of paprika. Survival was high (95% - 97%) in postlarvae fed paprika and low (75%) fed without paprika. The use of paprika in the diet has beneficial effects on the growth and survival of the postlarvae of this species of shrimp.

**Keywords:** *Capsicum*, food supplement, postlarvae, shrimp, *Cryphiops*

## 1. INTRODUCCIÓN

El camarón *Cryphiops caementarius* es una especie endémica de los ríos de la vertiente occidental de los Andes, que se distribuye desde Lambayeque en Perú hasta Valparaíso en Chile (Méndez, 1981; Moscoso, 2012). Esta especie tiene importancia económica y comercial en las zonas donde hay abundancia poblacional, como en los ríos Ocoña, Majes-Camaná, Tambo (Wasiw y Yépez, 2015) y Cañete (Wasiw y Yépez, 2017), cuya extracción de 997 t (PRODUCE, 2018), ingresaron al mercado de Lima principalmente. Algunos estudios con la especie de camarón se refieren a aspectos bio ecológicos (Icochea et al., 1988; Escobar et al., 2017), reproductivos (Reyes et al., 2010; Reyes, 2014) y nutricionales (Cornejo et al., 2015; Terrones y Reyes, 2018; Cabrera et al., 2019), entre otros. La nutrición de los crustáceos es un tema que merece atención y principalmente aquellos insumos que al suplementarse en las dietas coadyuvan con el crecimiento y la supervivencia para permitir el cultivo comercial.

Páprika *Capsicum annum* es una planta herbácea, cuyo fruto contiene selenio, zinc y cobre que son cofactores de las enzimas que participan en los procesos de oxidación-reducción de los crustáceos (Carrillo et al., 2000). También poseen mono, di y triglicéridos, ácidos grasos libres, vitamina C y carotenoides como carotenos ( $\beta$ -caroteno, criptoxantina, etc.) y xantofilas (luteínas, cis-capsantina, trans-capsantina, zeaxantinas, violaxantina) (Fernández, 2007). La capsantina y la capsorrubina son los principales carotenoides de *C. annum* que representa más del 60% del total de los carotenoides que dan el color rojo al fruto, siendo bastante raro porque estas sustancias no se encuentran en otros vegetales (Plaza y Ugaz, 1997; Kumar et al., 2011).

Los carotenoides protegen las células de los efectos de compuestos oxidantes y peroxidantes (Kurshize et al., 1990). Además, los carotenoides y flavonoides de *C. annum* contribuyen con su capacidad antioxidante del ácido graso docosahexanoico y del colesterol (Sun et al., 2007).

En *Litopenaeus vannamei* los antioxidantes naturales (vitaminas E y C) y los carotenoides de la dieta, estimulan el crecimiento al disminuir la concentración de radicales libres y los trastornos que se derivan de su presencia en el organismo (Carrillo et al., 2000); además incrementa la respuesta inmune (Tapia et al., 2008). En *Macrobrachium rosenbergii*, los carotenoides de la dieta ocasionan incremento de los hemocitos y de la profeniloxidasas (Kumar et al., 2009).

En crustáceos, los carotenoides mejoran el crecimiento y supervivencia. En *M. rosenbergii*, mayores parámetros de crecimiento se logran con 50 y 200 mg kg<sup>-1</sup> de astaxantina en la dieta (Kumar et al., 2009). En *L. vannamei*, mayor crecimiento y alta supervivencia se obtiene con dietas suplementadas con 200 y 250 mg kg<sup>-1</sup> del carotenoide de *C. annum* (Arredondo-Figueroa et al., 2003). Además, los carotenoides de *Phaffia rhodozyma*, *Adonis aestivalis* y *Spirulina* sp. en dietas, también mejoran la supervivencia, el crecimiento y el rendimiento para *L. vannamei* (Ponce-Palafox et al., 2006). Sin embargo, no se ha investigado el uso de páprika *C. annum* en la dieta del camarón *C. caementarius*, pero es probable que los componentes nutricionales presentes en la harina de páprika tengan similares efectos como aquellos de otros crustáceos marinos y de agua dulce. Por consiguiente, el objetivo fue evaluar el crecimiento y supervivencia de postlarvas del camarón de río *C. caementarius* alimentadas con dietas suplementadas con harina de páprika.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### Los animales

Las postlarvas (N = 220) de camarón fueron capturadas de la desembocadura del río Lacramarca (09°07'70" S y 78°34'20" W) (Santa, Ancash, Perú). El transporte terrestre duró 30 min y se realizó en baldes plásticos (20 L). En laboratorio, las postlarvas de la especie *C. caementarius* fueron reconocidas con clave taxonómica (Méndez, 1981), luego aclimatadas durante siete días en acuarios (50 L) con agua potable sin cloro y alimentadas a partir del tercer día de aclimatación con balanceado comercial para camarón (30% de proteína bruta). En este estudio, se tuvo en cuenta la Ley peruana vigente (Ley 27265, Ley de protección a los animales domésticos y a los

animales silvestres mantenidos en cautiverio) y se ha hecho todo lo posible para minimizar el sufrimiento durante el mantenimiento de los camarones.

### Sistema de cultivo

El cultivo fue realizado en 12 acuarios de vidrio (0,30 x 0,22 x 0,20 m y de 0,066 m<sup>2</sup>) con 10 L de agua salobre (12‰) para disminuir el canibalismo (Cano et al., 2014). El agua de mar (35‰) procedió de la playa El Dorado (Nuevo Chimbote) y en laboratorio se dejó decantar durante dos días para luego ser filtrada en tamiz (20 µm) y almacenada en recipientes (50 L) de plástico. El agua potable fue aireada durante 48 h para eliminar el cloro. Las postlarvas seleccionadas al azar (n = 180 postlarvas) para el experimento fueron sembradas a la densidad de 227 postlarvas m<sup>-2</sup> (15 por acuario).

### Dietas

La dieta basal fue la formulada para *M. rosenbergii* (Sosa, 2004) (Tabla 1). Los frutos rojos deshidratados de p  prika *C. annum* fueron adquiridos en el mercado Buenos Aires (Nuevo Chimbote) y molidos hasta obtener polvo fino. Para los tratamientos experimentales, la dieta basal fue molida y luego suplementada con harina de p  prika (*Capsicum annum*) en las proporciones de 200, 250 y 300 mg kg<sup>-1</sup>, mezclada y peletizada en h  medo en prensa casera y los filamentos fueron secados a temperatura ambiente (21,6 ± 0,8  C) durante 48 h. Los filamentos fueron cortados (5 mm de largo y 3 mm de di  metro) para ser almacenados en recipientes de pl  stico de cierre herm  tico. La dieta basal sin p  prika fue el tratamiento control. Cada tratamiento dietario tuvo tres repeticiones. Las postlarvas fueron alimentadas tres veces al d  a (08:00, 13:00 y 18:00 h), durante seis d  as por semana, en las proporciones diarias de 20%, 20% y 60%, respectivamente, dado el comportamiento alimenticio nocturno de la especie (Icochea et al., 1988). La tasa de alimentaci  n fue del 10% de la biomasa h  meda por d  a.

**Tabla 1.** Composici  n de la dieta y contenido proximal (Sosa, 2004) usado en el experimento con postlarvas de *C. caementarius*.

Insumos	%
Harina de pescado	28,0
Harina de soya	21,0
Polvillo de arroz	23,0
Harina de ma��z	17,0
Zeolita	2,0
Melaza de ca��a	4,7
Aceite de pescado	2,0
Aceite de soya	2,0
Vitaminas y minerales	0,3
Prote��na cruda	30,0
L��pidos totales	6,0
Fibra	3,0
ED (Kcal kg <sup>-1</sup> )	2800

### Par  metros zoot  cnicos

Las postlarvas fueron muestreadas cada 30 d  as. La longitud total (desde escotadura postorbital hasta el extremo posterior del telson) se midi   con regla graduada (± 0,5 mm) con los animales posicionados ventralmente. El peso total se determin   en balanza anal  tica digital (± 0,01 mg).

Los parámetros zootécnicos fueron ganancia porcentual (GP), tasa de crecimiento absoluto (TCA), tasa de crecimiento específica (TCE) y la supervivencia (S), cuyas fórmulas fueron las siguientes:

$$GP (\%) = \left( \frac{X_2 - X_1}{X_1} \right) \times 100$$

$$TCA (\text{g día}^{-1} \text{ o cm día}^{-1}) = \frac{X_2 - X_1}{t_2 - t_1}$$

$$TCE (\% \text{ día}^{-1}) = \frac{\ln X_2 - \ln X_1}{t_2 - t_1} \times 100$$

$$S (\%) = \left( \frac{N_f}{N_i} \right) \times 100$$

donde  $X_1$  y  $X_2$  es el peso húmedo (mg) o longitud total (mm), inicial y final;  $t_1$  y  $t_2$  es la duración en días;  $\ln X_1$  y  $\ln X_2$  es el logaritmo natural del peso o longitud inicial y final.  $N_o$  y  $N_i$  es el número inicial y final de camarones.

### Calidad de agua

Los desechos que se acumularon en los acuarios fueron extraídos con sifón dos veces por semana lo que permitió reponer el volumen de agua en 25%. La calidad del agua fue monitoreada cada dos días y se registró temperatura del agua con termómetro digital ( $\pm 0,01^\circ\text{C}$ ), oxígeno con Oxímetro YSI 55 ( $\pm 0,01 \text{ mg L}^{-1}$ ), pH con pH metro digital Pocket ( $\pm 0,01$  unidades) y salinidad con refractómetro ATAGO ( $\pm 1\%$ ). Además, cada 15 días se determinó alcalinidad total, amonio total y nitritos con kit colorimétrico Nutrafin ( $\pm 0,5 \text{ mg L}^{-1}$ ).

### Análisis estadístico

Los datos fueron sometidos a la prueba de homogeneidad de varianza y la normalidad fue determinada con la prueba de Shapiro-Wilk. Los datos se expresaron como media  $\pm$  desviación estándar. Las diferencias entre las medias de los tratamientos fueron determinadas mediante análisis de varianza de una vía ( $\alpha = 0,05$ ) y con la prueba post hoc de Duncan. Los análisis estadísticos se efectuaron con el software estadístico SPSS versión 18 para Windows.

## 1. RESULTADOS

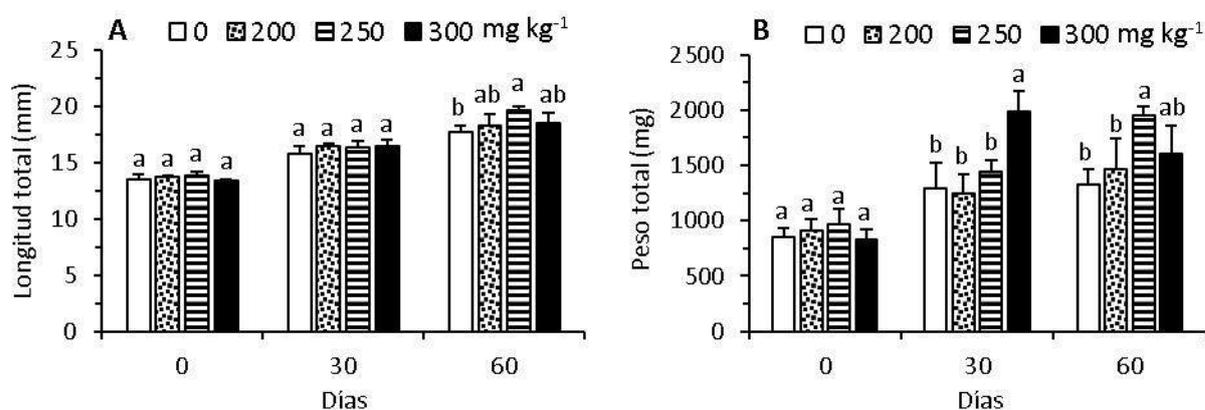
### Crecimiento

Las postlarvas alimentadas con paprika no presentaron diferencias ( $p > 0,05$ ) en el crecimiento en longitud durante los primeros 30 días de cultivo; sin embargo, a los 60 días, hubo mayor crecimiento en longitud cuando fueron alimentadas con páprika en la dieta ( $p < 0,05$ ) en relación con la dieta control; pero la mayor tendencia a crecer más en longitud se obtuvo con 250 mg  $\text{kg}^{-1}$  de páprika, siendo diferente ( $p < 0,05$ ) solo con la dieta control (Fig. 1A, Tabla 2).

Las postlarvas alcanzaron mayor peso (1988 mg) cuando fueron alimentadas con 300 mg  $\text{kg}^{-1}$  de páprika durante los primeros 30 días de cultivo, el cual fue diferente ( $p < 0,05$ ) a los demás tratamientos (1240 a 1443 mg). En cambio, a los 60 días, el peso de las postlarvas fue mayor (1947 mg) con 250 mg  $\text{kg}^{-1}$  de páprika en la dieta, el mismo que fue diferente ( $p < 0,05$ ) de las postlarvas alimentadas con 200 mg  $\text{kg}^{-1}$  (1460 mg) y con la dieta control (1328 mg); aunque fue similar ( $p < 0,05$ ) con aquellas alimentadas con 300 mg  $\text{kg}^{-1}$  de páprika (1605 mg) (Fig.1B, Tabla 2).

## Supervivencia

La supervivencia de postlarvas se mantuvo alta (95% - 97%) y sin diferencias ( $p > 0,05$ ) en los tratamientos donde se alimentó con p aprika, en cambio todas ellas fueron diferentes ( $p < 0,05$ ) con la dieta control (75%) (Tabla 2).



**Figura 1.** Crecimiento en longitud (A) y peso (B) de postlarvas de *C. caementarius* alimentadas con dietas suplementadas con p aprika, despu es de 60 días de cultivo en agua salobre (12%). Letras diferentes sobre la columna indica diferencia significativa ( $p < 0,05$ ).

**Tabla 2.** Parámetros de crecimiento en longitud, peso y supervivencia de postlarvas de *C. caementarius* alimentadas con dietas suplementadas con p aprika, a los 60 días de cultivo en agua salobre (12%) (Media  $\pm$  desviación est andar).

Par�metros	P�aprika			
	0 mg kg <sup>-1</sup>	200 mg kg <sup>-1</sup>	250 mg kg <sup>-1</sup>	300 mg kg <sup>-1</sup>
Longitud total inicial (mm)	13,50 $\pm$ 0,46 <sup>a</sup>	13,67 $\pm$ 0,15 <sup>a</sup>	13,83 $\pm$ 0,32 <sup>a</sup>	13,37 $\pm$ 0,15 <sup>a</sup>
Longitud total final (mm)	17,67 $\pm$ 0,65 <sup>b</sup>	18,30 $\pm$ 1,04 <sup>ab</sup>	19,63 $\pm$ 0,35 <sup>a</sup>	18,50 $\pm$ 0,95 <sup>ab</sup>
GP (%)	0,07 $\pm$ 0,00 <sup>b</sup>	0,08 $\pm$ 0,02 <sup>ab</sup>	0,10 $\pm$ 0,01 <sup>a</sup>	0,08 $\pm$ 0,01 <sup>ab</sup>
TCA (mm d�a <sup>-1</sup> )	0,45 $\pm$ 0,01 <sup>b</sup>	0,48 $\pm$ 0,08 <sup>ab</sup>	0,58 $\pm$ 0,05 <sup>a</sup>	0,54 $\pm$ 0,07 <sup>ab</sup>
TCE (% longitud d�a <sup>-1</sup> )	856,33 $\pm$ 73,82 <sup>a</sup>	907,67 $\pm$ 102,81 <sup>a</sup>	971,00 $\pm$ 135,10 <sup>a</sup>	823,67 $\pm$ 103,08 <sup>a</sup>
Peso total inicial (mg)	1328,00 $\pm$ 135,30 <sup>b</sup>	1460,67 $\pm$ 281,61 <sup>b</sup>	1947,33 $\pm$ 90,91 <sup>a</sup>	1605,67 $\pm$ 255,19 <sup>ab</sup>
Peso total final (mg)	56,77 $\pm$ 29,42 <sup>b</sup>	60,01 $\pm$ 14,30 <sup>b</sup>	102,46 $\pm$ 21,39 <sup>a</sup>	94,35 $\pm$ 7,51 <sup>ab</sup>
GP (%)	7,86 $\pm$ 3,46 <sup>b</sup>	9,22 $\pm$ 3,08 <sup>b</sup>	16,27 $\pm$ 1,15 <sup>a</sup>	13,03 $\pm$ 2,54 <sup>ab</sup>
TCA (mg d�a <sup>-1</sup> )	0,73 $\pm$ 0,31 <sup>b</sup>	0,78 $\pm$ 0,15 <sup>b</sup>	1,17 $\pm$ 0,17 <sup>a</sup>	1,11 $\pm$ 0,07 <sup>ab</sup>
TCE (% peso d�a <sup>-1</sup> )	75,56 $\pm$ 7,70 <sup>b</sup>	95,55 $\pm$ 3,85 <sup>a</sup>	97,68 $\pm$ 3,85 <sup>a</sup>	95,53 $\pm$ 3,85 <sup>a</sup>
Supervivencia (%)				

GP: Ganancia porcentual. TCA: Tasa de crecimiento absoluta. TCE: Tasa de crecimiento específica. Datos con letras diferentes en superíndices en una fila indica diferencia significativa ( $p < 0,05$ ).

## Calidad del agua

Durante la experiencia, los parámetros de calidad del agua del cultivo de postlarvas fue similar ( $p > 0,05$ ) entre tratamientos. La temperatura del agua varió entre 23,22 C a 23,47 C, el oxígeno disuelto varió de 6,19 mg L<sup>-1</sup> a 6,27 mg L<sup>-1</sup>, el pH varió entre 7,0 a 7,8 y la alcalinidad fue de 70

mg L<sup>-1</sup>. El amonio total varió entre 0,03 mg L<sup>-1</sup> a 0,11 mg L<sup>-1</sup> y los nitritos entre 0,12 mg L<sup>-1</sup> a 0,15 mg L<sup>-1</sup> (Tabla 3).

**Tabla 3.** Parámetros físicos y químicos del agua salobre (12‰) del cultivo de postlarvas de *C. caementarius*, después de 60 días de alimentación con dietas suplementadas con páprika (Media  $\pm$  desviación estándar).

Parámetros	Páprika			
	0 mg kg <sup>-1</sup>	200 mg kg <sup>-1</sup>	250 mg kg <sup>-1</sup>	300 mg kg <sup>-1</sup>
Temperatura (C)	23,47 $\pm$ 0,06 <sup>a</sup>	23,22 $\pm$ 0,39 <sup>a</sup>	23,40 $\pm$ 0,14 <sup>a</sup>	23,37 $\pm$ 0,25 <sup>a</sup>
Oxigeno (mg L <sup>-1</sup> )	6,27 $\pm$ 0,05 <sup>a</sup>	6,27 $\pm$ 0,09 <sup>a</sup>	6,24 $\pm$ 0,11 <sup>a</sup>	6,19 $\pm$ 0,16 <sup>a</sup>
pH (Unidades)	6,80 $\pm$ 0,11 <sup>a</sup>	6,9 $\pm$ 0,08 <sup>a</sup>	6,9 $\pm$ 0,09 <sup>a</sup>	7,0 $\pm$ 0,10 <sup>a</sup>
Alcalinidad (mg L <sup>-1</sup> )	70,0 $\pm$ 0,17 <sup>a</sup>	70,0 $\pm$ 0,38 <sup>a</sup>	70,0 $\pm$ 0,17 <sup>a</sup>	70,0 $\pm$ 0,33 <sup>a</sup>
Amonio total (mg L <sup>-1</sup> )	0,11 $\pm$ 0,11 <sup>a</sup>	0,04 $\pm$ 0,01 <sup>a</sup>	0,03 $\pm$ 0,02 <sup>a</sup>	0,05 $\pm$ 0,01 <sup>a</sup>
Nitritos (mg L <sup>-1</sup> )	0,14 $\pm$ 0,01 <sup>a</sup>	0,15 $\pm$ 0,01 <sup>a</sup>	0,13 $\pm$ 0,02 <sup>a</sup>	0,12 $\pm$ 0,02 <sup>a</sup>

Datos con letras diferentes en superíndices en una misma fila indica diferencia significativa ( $p < 0,05$ ).

## 2. DISCUSIÓN

La calidad del agua del cultivo de postlarvas de *C. caementarius*, fue similar a lo registrado para el ambiente natural de la especie de camarón (Yépez y Bandín, 1998; Wasiw y Yépez 2015) y los valores de amonio total ( $\leq 0,07$  mg L<sup>-1</sup>) y nitritos ( $\leq 0,15$  mg L<sup>-1</sup>) estuvieron dentro de lo aceptable para especies acuáticas de agua dulce (Timmons et al., 2002). Por consiguiente, la calidad del agua no influyó en el crecimiento ni en la supervivencia de las postlarvas del camarón.

En el presente estudio se demostró por primera vez que las postlarvas de *C. caementarius* alimentadas con dietas suplementadas con páprika (200 a 300 mg kg<sup>-1</sup>) crecen más y mantienen alta supervivencia, que aquellas alimentadas sin páprika en la dieta. Estos resultados sugieren que la páprika en la dieta tiene efectos benéficos en las postlarvas de esta especie de camarón. Similares efectos suceden en *Penaeus semisulcatus* alimentado con harina de páprika en la dieta (Gçer et al., 2006), en *L. vannamei* alimentado con astaxantina extraída de páprika (Arredondo-Figueroa et al., 2003) y en *M. rosenbergii* y *P. vannamei* alimentados con astaxantina pura (Kumar et al., 2009; Quintana-López et al., 2019).

El crecimiento en longitud de las postlarvas de *C. caementarius* no fue afectado ( $p > 0,05$ ) por las diferentes concentraciones de páprika en las dietas, pero solo aquellas que fueron alimentadas con 250 mg kg<sup>-1</sup> de páprika en la dieta fue diferente ( $p < 0,05$ ) del control, lo que sugiere que la páprika tiene un efecto leve en incrementar la longitud de las postlarvas. Sin embargo, el crecimiento en peso de las postlarvas tuvo diferente comportamiento que el de la longitud. En los primeros 30 días de cultivo, el mayor crecimiento en peso de las postlarvas fue obtenida con 300 mg kg<sup>-1</sup> de páprika en la dieta, pero disminuyó en los siguientes 30 días y fue similar con aquellas alimentadas con 200 mg kg<sup>-1</sup> de páprika e incluso con la dieta control. Estos resultados indican que las postlarvas de esta especie de camarón soportan alta concentración de páprika durante corto periodo de cultivo (15 días), pero la disminución del peso con el tiempo sugiere un efecto adverso, y es probable que la harina de páprika en alta concentración en la dieta haya excedido la capacidad de metabolización de los carotenoides. Similares resultados suceden en *L. vannamei* de 5 a 6 g de peso, donde los carotenoides esterificados de páprika llegan a saturarse en el tejido muscular con el incremento de la concentración de carotenoides de la dieta

(200 a 250 mg kg<sup>-1</sup>) y con el tiempo de cultivo (14 a 28 días), seguido de agotamiento (Arredondo-Figueroa et al., 2003); aunque, en ejemplares de 2,5 g, la absorción y transporte de astaxantina en el tejido del camarón es saturado con niveles entre 200 a 400 mg kg<sup>-1</sup> de astaxantina en la dieta (Yamada et al., 1990).

El crecimiento en peso de las postlarvas de *C. caementarius*, a los 60 días de cultivo, fue mayor ( $p < 0,05$ ) con 250 y 300 mg kg<sup>-1</sup> de páprika, en relación con las otras dietas; sin embargo, el crecimiento es favorecido por la dieta con 250 mg kg<sup>-1</sup> de páprika porque hubo incremento del peso en el último mes de cultivo que ocasionó mayores parámetros de crecimiento, como la TCE en peso que fue de 1,17 % día<sup>-1</sup>. Estos resultados sugieren que las postlarvas aprovecharon muy bien los carotenoides de la páprika de la dieta, pues en juveniles de *M. rosenbergii* alimentados con 50 y 200 mg kg<sup>-1</sup> de astaxantina en la dieta, la TCE fue de 0,38 y 0,46 % día<sup>-1</sup>, respectivamente (Kumar et al., 2009). Es probable que los componentes de la páprika hayan conducido a un incremento de la frecuencia de muda (que no medimos en la experiencia) y a la mayor acumulación de biomasa. La páprika reduce significativamente la descomposición del colesterol y la degradación del ácido graso docosahexanoico en los alimentos durante la cocción (Sun et al., 2007). El colesterol en la dieta es precursor de la hormona ecdisona que regula la muda de los crustáceos (Bonilla-Gómez et al., 2012; Kumar et al., 2018). Esto explicaría el mayor crecimiento en peso de las postlarvas de *C. caementarius* alimentadas con páprika en la dieta, y por ello, es probable que las postlarvas tuvieron más energía que le permitió acumular en biomasa. En *L. vannamei*, mayor asimilación de nutrientes se logra cuando las dietas son suplementadas con 200 y 250 mg kg<sup>-1</sup> de carotenoides extraída de páprika (Arredondo-Figueroa et al., 2003). Además, los carotenoides como la astaxantina en la dieta también incrementan la frecuencia de muda en *P. japonicus* (Petit et al., 1997) y en *M. rosenbergii* (Kumar et al., 2009).

La inclusión de carotenoides como la astaxantina favorece no solo el crecimiento sino también la supervivencia de los animales acuáticos por la mayor resistencia a enfermedades (Meyers, 2000). En *M. rosenbergii*, los carotenoides estimulan la actividad de la fenoloxidasa y la respuesta inmune (Kumar et al., 2009) y actúa como antioxidante involucrado en la protección de lípidos y de ácidos grasos del cuerpo (Parakarma et al., 2009). De igual manera, sucede en *L. vannamei* (Kurshize et al., 1990; Carrillo et al., 2000). En la presente investigación, las postlarvas de *C. caementarius* alimentadas con páprika en la dieta (200 a 300 mg kg<sup>-1</sup>) mantuvieron una significativa ( $p < 0,05$ ) alta supervivencia (95% a 97%) que aquellas alimentadas sin páprika (75%), lo que es otra evidencia de que los carotenoides fueron asimilados y contribuyeron con mantener o mejorar las condiciones fisiológicas de los animales durante el periodo experimental. Zhang et al. (2013), consideraron que la astaxantina en la dieta aumenta la resistencia al estrés ambiental de los juveniles de *L. vannamei*, mediante el cual mantiene el estado saludable de los animales y con ello una alta tasa de supervivencia.

La páprika (*C. annuum*) posee capsantina en alta proporción (>50%) que es el antioxidante más eficaz que  $\beta$ -caroteno y, los ésteres de sus ácidos grasos tienen la misma capacidad de eliminar los radicales libres (Matsufuji et al., 1998; Gómez-García y Ochoa-Alejo, 2013). Los radicales libres son producidos por el metabolismo normal y están involucrados en varias condiciones fisiológicas y patológicas de los organismos, pero cuando hay desequilibrio entre los antioxidantes y los oxidantes, los radicales que se acumulan provocan daño a las macromoléculas (cidos nucleicos, proteínas y lípidos), lo que conduce a daños en los tejidos en diversas enfermedades (Phaniendra et al., 2015). Esto también explicaría la mayor supervivencia obtenida con las postlarvas de *C. caementarius* que fueron alimentadas con páprika en la dieta. En adultos de *L. vannamei*, alta supervivencia (92% y 94%) se logra con 200 y 250 mg kg<sup>-1</sup> de carotenoides extraídos de *C. annuum* en comparación con la dieta control (80%) (Arredondo-Figueroa et al., 2003). En *P. japonicus*, se logra alta supervivencia (86%) alimentados con dietas suplementadas con 200 mg kg<sup>-1</sup> de astaxantina (Yamada et al., 1990). En juveniles de *L. vannamei*, se logra alta supervivencia (87% y 95%) con 75 y 150 mg kg<sup>-1</sup> de xantofilas extraídas

de *Tagetes erecta*, respectivamente (Aguirre-Hinojosa et al., 2012). En *P. semisulcatus* alimentado con 100 mg kg<sup>-1</sup> carotenoides extraído de *C. annuum* se logra mantener alta supervivencia (83%) en relación con la dieta control (75%) (Göçer et al., 2006). Es conveniente investigar la respuesta antioxidante e inmune de las postlarvas de *C. caementarius* alimentadas con paprika en la dieta.

### 3. CONCLUSIONES

El crecimiento en longitud de las postlarvas de *C. caementarius* no fue afectado ( $p > 0,05$ ) por las dietas suplementadas con paprika (200 a 300 mg kg<sup>-1</sup>), pero fue diferente con aquellas alimentadas sin paprika. El crecimiento en peso fue mayor ( $p < 0,05$ ) con 300 mg kg<sup>-1</sup> de paprika a los 15 días de cultivo. En cambio, a los 30 días, el crecimiento en peso fue mayor ( $p < 0,05$ ) con 250 y 300 mg kg<sup>-1</sup> de paprika. La supervivencia fue alta (95% - 97%) en las postlarvas alimentadas con paprika y baja (75%) en aquellas alimentadas sin paprika. El uso de paprika en la dieta tiene efectos beneficos en el crecimiento y la supervivencia de las postlarvas de esta especie de camaron.

### 4. CONTRIBUCION DE LOS AUTORES

**RDM:** Concepcion y diseno del estudio, adquisicion de datos, analisis de datos, redaccion del borrador del articulo, aprobacion definitiva de la version a publicar.

**LDV:** Concepcion y diseno del estudio, adquisicion de datos, interpretacion de los datos, revision del borrador del articulo, aprobacion definitiva de la version a publicar.

**WRA:** Conceptualizacion del estudio, revision de los datos, revision critica del contenido intelectual y aprobacion definitiva de la version a publicar.

### 5. CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no existe conflicto de interes.

### 6. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Aguirre-Hinojosa, E., Garza-Aguirre, R. C., Pina-Valdez, P., Montoya-Olvera, R., Torres, J. O., y Nieves-Soto, M. (2012). Pigmentary and zootechnical responses of juvenile *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) maintained on diets supplemented with xanthophylls of marigold *Tagetes erecta* flowers. *The Israeli Journal of Aquaculture-Bamidgeh*, 64, 795-802. <http://hdl.handle.net/10524/31830>.
- Arredondo-Figueroa, J., Pedroza-Islas, R., Ponce-Palafox, J., y Vernon, E. (2003). Pigmentation of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*, Boone, 1931) with esterified and saponified carotenoides from red chile (*Capsicum annuum*) in comparison to astaxanthin. *Revista Mexicana de Ingeniería Quımica*, 2, 101-108.
- Bonilla-Gomez, J. L., Chiappa-Carrara, X., Galindo, C., Jeronimo, G., Cuzon, G., y Gaxiola, G. (2012). Physiological and biochemical changes of wild and cultivated juvenile pink shrimp *Farfantepenaeus duorarum* (Crustacea: Penaeidae) during molt cycle. *Journal of Crustacean Biology*, 32(4), 597-606. <https://doi.org/10.1163/193724012X630679>.
- Cabrera, E., Marcelo, Z., Reyes W., y Azanero, C. (2019). Efecto de dietas con alta concentracion de *Saccharomyces cerevisiae* sobre la proliferacion de hemocitos en camarones *Cryphiops caementarius* machos. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Peru*, 30(3), 1057-1067 <http://dx.doi.org/10.15381/rivep.v30i3.16733>.

- Cano, F., Carrión, S., y Reyes, W. (2014). Efecto de altas densidades de siembra en el crecimiento y supervivencia de postlarvas de *Cryphiops caementarius* (Crustacea: Palaemonidae) en agua salobre. *Revista Citecsa*, 5(8), 62-78. [https://revistas.unipaz.edu.co/index.php/revcitecsa/article/view/77/pdf\\_15](https://revistas.unipaz.edu.co/index.php/revcitecsa/article/view/77/pdf_15).
- Carrillo, O., Vega, F., Nolasco, H., y Gallardo, N. (2000). *Aditivos alimentarios como estimuladores del crecimiento de camarón*. 90-101 pp. En: Cruz-Suarez, L. E., Ricque-Marie, D., Tapia-Salazar, M., Olvera-Novoa, M. A., y Civera, R. (Eds.). *Avances en Nutrición Acuícola V. Memorias del V Simposium Internacional de Nutrición Acuícola*. Mérida, Yucatán., México 19-22. <https://interconsorcio.com/wp-content/uploads/2019/06/Aditivos-alimentarios-como-promotores-de-crecimiento.pdf>.
- Cornejo, J., Pérez, L., y Reyes, W. (2015). Effect of *Saccharomyces cerevisiae* yeast in the diet of male shrimp *Cryphiops caementarius* (Crustacea, Palaemonidae) on total and differential hemocytes count. *Revista Bio Ciencias*, 3(3), 173-186. <http://dx.doi.org/10.15741/revbio.03.03.04>.
- Escobar, C., Pachamoro, M., y Reyes, W. (2017). Supervivencia y crecimiento de machos adultos del camarón de río *Cryphiops caementarius* Molina, 1782 (Crustacea, Palaemonidae) expuestos a salinidades. *Ecología Aplicada*, 16(2), 75-82. <http://dx.doi.org/10.21704/rea.v16i2.1010>.
- Fernández, P. (2007). Extracción convencional de oleoresina de pimentón dulce y picante I. Generalidades, composición, proceso e innovaciones y aplicaciones. *Grasa y Aceites*, 58(3), 252-263.
- Göçer, M., Yanar, M., Kumlu, M., y Yanar, Y. (2006). The effects of red pepper, marigold flower, and synthetic astaxanthin on pigmentation, growth, and proximate composition of *Penaeus semisulcatus*. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 30, 359-365. <https://journals.tubitak.gov.tr/veterinary/issues/vet-06-30-4/vet-30-4-3-0503-25.pdf>.
- Gómez-García, M. R., y Ochoa-Alejo, N. (2013). Biochemistry and molecular biology of carotenoid biosynthesis in chili peppers (*Capsicum* spp.). *International Journal of Molecular Sciences*, (14), 19025-19053. <http://www.doi.org/10.3390/ijms140919025>.
- Icochea, E., Culquichicon, Z., y Veneros, B. (1988). Consumo de oxígeno y ritmo respiratorio del camarón de río *Cryphiops caementarius*. *Rebiol*, 8(1), 17-30.
- Kumar, V., Pillai, B. R. Sahoo, P. K. Mohanty, J., y Mohanty, S. (2009). Effect of dietary astaxanthin on growth and immune response of giant freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* (de Man). *Asian Fisheries Science*, 22, 61-69.
- Kumar, R., Dwivedi, N., Singh, R., Kumar, S., Rai, V.P., y Singh, M. (2011). A review on molecular characterization of pepper of capsaicin and oleoresin. *International Journal of Plant Breeding and Genetics*, 5(2), 99-110. <https://www.doi.org/10.3923/ijpb.2011.99.110>.
- Kumar, V., Kumar, A., Romano, M., Allen, K.M., Bowman, B. A., Thompson, K. R., y Tidwell, J. H. (2018). Metabolism and nutritive role of cholesterol in the growth, gonadal development, and reproduction of crustaceans. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*, 26(2), 254-273. <https://doi.org/10.1080/23308249.2018.1429384>.
- Kurshize, M., Okimasu, E. E., Inoue, E., y Utsuna, K. (1990). Inhibition of oxidative injury of biological membranes by astaxanthin. *Physiological Chemistry and Physics and Medical NMR*, 22, 27-38.
- Matsufuji, H., Nakamura, H., Chino, M., y Takeda, M. (1998). Antioxidant activity of capsanthin and the fatty acid esters in paprika (*Capsicum annum*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46, 3468-3472.
- Méndez, M. (1981). Claves de identificación y distribución de los langostinos y camarones (Crustacea: Decapoda) del mar y ríos de la costa del Perú. *Boletín del Instituto del Mar del Perú*, 5, 1- 170. <http://biblioiarpe.imarpe.gob.pe/handle/123456789/1028>.
- Meyers, S. (2000). *Papel del carotenoide astaxantina en nutrición de especies acuáticas*. pp 473-491 p. En: Civera-Cerecedo, R., Pérez-Estrada, C. J., Ricque-Marie, D., y Cruz-Suarez, L. D. (Eds.). *Avances en Nutrición Acuícola IV. Memorias del IV Simposium Internacional de*

- Nutrición Acuícola. Noviembre 15-18, 2000. La Paz, B.C.S., México. [https://www.uanl.mx/utillerias/nutricion\\_acuicola/IV/archivos/28meyers.pdf](https://www.uanl.mx/utillerias/nutricion_acuicola/IV/archivos/28meyers.pdf).
- Moscoso, V. (2012). Catálogo de crustáceos decápodos y estomatópodos del Perú. *Boletín del Instituto del Mar del Perú*, 27(1-2), 8-207. <http://biblioimarpe.imarpe.gob.pe/handle/123456789/2190>.
- Parakarma, M. G. I. S., Rawat, K.D., Venkateshwarlu, G., y Reddy, A. K. (2009). Feeding vitamins, antioxidants and cod liver oil enriched formulated feed influences the growth, survival and fatty acid composition of *Macrobrachium rosenbergii* (de Man, 1879) postlarvae. *Sri Lanka Journal of Aquatic Sciences*, 14, 59-74. <https://doi.org/10.4038/sljas.v14i0.2200>.
- Petit, H., Nègre-Sadargues, G., Castillo, R., y Trilles, J. P. (1997). The effects of dietary astaxanthin on growth and moulting cycle of postlarval stage of the prawn, *Penaeus japonicus* (Crustacea, Decapoda). *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology*, 117A(4), 539-544. [https://doi.org/10.1016/S0300-9629\(96\)00431-8](https://doi.org/10.1016/S0300-9629(96)00431-8).
- Phaniendra, A., Jestadi, D. B., y Periyasamy, L. (2015). Free radicals: Properties, sources, targets, and their implication in various diseases. *Indian Journal of Clinical Biochemistry*, 30(1), 11-26. <https://doi.org/10.1007/s12291-014-0446-0>.
- Plaza, A., y Ugaz, O. L. (1997). Colorantes naturales y la oleoresina de paprika. *Revista de Quımica*, 11(1), 73-93.
- Ponce-Palafox, J. T., Arredondo, J., Ponce, J., y Vermon, E. (2006). Carotenoids from plants used in diets for the culture of the pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Revista Mexicana de Ingenierıa Quımica*, 5, 157-165.
- PRODUCE (Ministerio de la Produccion). (2018). Anuario estadıstico pesquero y acuıcola 2017. La actividad productiva del sector en numeros. Peru. [http://ogeiee.produce.gob.pe/images/Anuario/Pesca\\_2017.pdf](http://ogeiee.produce.gob.pe/images/Anuario/Pesca_2017.pdf).
- Quintana-Lopez, A., Hurtado-Oliva, M. A., Manzano-Sarabia, M., Lopez-Peraza, D. J., Hernandez, C., Garcıa, A., y Palacios, E. (2019). Effect of rearing conditions on astaxanthin accumulation in the white shrimp *Penaeus vannamei* (Boone, 1931). *Latin American Journal of Aquatic Research*, 47(2), 303-309. <https://doi.org/10.3856/vol47-issue2-fulltext-10>.
- Reyes, W., Melgarejo, G., y Rojas, E. (2010). Maduracion, muda y crecimiento de hembras del camaron de rıo *Cryphiops caementarius* con ablacion del pedunculo ocular, en condiciones de laboratorio. *Sciendo*, 13(2), 80-87. <https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/SCIENDO/article/view/325/302>
- Reyes, W. (2014). Interrelacion del ciclo de muda, el ciclo ovario y el Desarrollo embrionario en hembras de *Cryphiops caementarius* Molina 1782 (Crustacea, Palaemonidae). *Revista Intropica*, 9, 33-42. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5111592>.
- Sosa, A. (2004). *Proceso productivo de "camaron gigante de Malasia" Macrobrachium rosenbergii en la camaronera Carlos Fon L. en la Provincia de Viru La Libertad - Peru*. [Informe de Suficiencia Profesional para Tıtulo no publicado]. Universidad Nacional del Santa. Peru.
- Sun, T., Xu, Z., Wu, C. T., Janes, M., Prinyawiwatkul, W., y No, H. K. (2007). Antioxidant activities of different colored sweet bell peppers (*Capsicum annuum* L.). *Journal of Food Science*, 72(2), 98-102. <https://www.doi.org/10.1111/j.1750-3841.2006.00245.x>.
- Tapia, M., Ricque, D., Nieto M., y Cruz, L. (2008). Uso de pigmentos de flor de campasuchil *Tagetes erecta* como Aditivos en Alimentos para camaron *L. vannamei*. 492-513 pp. En: Cruz, E., Ricque, D., Tapia, M., Nieto, M. G., Villarreal, D. A., Pablo, J., Viana, M. T. (Eds.). Avances en nutricion Acuıcola IX. IX Simposio Internacional de Nutricion Acuıcola 24-27 noviembre. Universidad Autonoma de Nuevo Leon, Monterrey, Nuevo Leon, Mexico. <http://eprints.uanl.mx/id/eprint/8437>.
- Terrones, S., y Reyes W. (2018). Efecto de dietas con ensilado biologico de residuos de molusco en el crecimiento del camaron *Cryphiops caementarius* y tilapia *Oreochromis niloticus* en

- co-cultivo intensivo. *Scientia Agropecuaria*, 9(2), 167-176. <http://www.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2018.02.01>.
- Timmons, M. B., Ebeling, J. M., Wheaton, F. W., Summerfelt, S. T., y Vinci, B. J. (2002). *Sistemas de recirculación para la acuicultura*. 2da. Edic. Fundación Chile.
- Wasiw, J., y Yépez, V. (2015). Evaluación poblacional del camarón *Cryphiops caementarius* en ríos de la costa sur del Perú. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 26(2), 166-181. <http://dx.doi.org/10.15381/rivep.v26i2.11103>.
- Wasiw, J., y V. Yépez. (2017). Evolución de la condición poblacional del camarón *Cryphiops caementarius* en el río Cañete (200-2015). *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 28(1), 13-32. <http://dx.doi.org/10.15381/rivep.v28i1.12942>.
- Yamada, S., Tanaka, Y., Sameshima M., y Ito, Y. (1990). Pigmentation of prawn (*Penaeus japonicus*) with carotenoids. I. Effect of dietary astaxanthin,  $\beta$ -carotene, and canthaxanthin on pigmentation. *Aquaculture*, 87, 323-330. [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(90\)90069-Y](https://doi.org/10.1016/0044-8486(90)90069-Y).
- Yépez, V., y Bandín, R. (1998). Evaluación del recurso camarón de río *Cryphiops caementarius* en los ríos Ocoña, Majes-Camaná y Tambo. Octubre 1997. *Informe Progresivo del Instituto del Mar del Perú*, 77, 3-25. <http://biblioimarpe.imarpe.gob.pe/handle/123456789/1259>.
- Zhang, J., Liu, Y-J., Tian, L-X., Yang, H-J., Liang, G-H., Yue, Y. R., y Xu, D. H. (2013). Effects of dietary astaxanthin on growth, antioxidant capacity and gene expression in Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture Nutrition*, 19(6), 917-927. <https://doi.org/10.1111/anu.12037>.

**Citar como:**

Díaz, R.; Díaz, L.; Reyes-Avalos, W. 2020. Crecimiento y supervivencia de postlarvas del camarón de río *Cryphiops caementarius* alimentadas con dietas suplementadas con páprika. REBIOL 40(2):149-159. DOI: <http://dx.doi.org/10.17268/rebiol.2020.40.02.03>.

## Artículo Original

# DETECCIÓN DE GENES DE RESISTENCIA A CARBAPENÉMICOS EN *Escherichia coli* Y *Klebsiella pneumoniae* AISLADOS DE UN CENTRO DE SALUD DE TRUJILLO – PERÚ

## DETECTION OF CARBAPENEMIC RESISTANCE GENES IN *Escherichia coli* AND *Klebsiella pneumoniae* ISOLATED FROM A HEALTH CENTER OF TRUJILLO - PERU

Yessenia González Enríquez<sup>1</sup>, Gabriela Huayán Muñoz<sup>1</sup>, David Zavaleta-Verde<sup>2\*</sup>, Pedro Mercado Martínez<sup>2a</sup>, Ruth Castillo Díaz<sup>a</sup>

<sup>1</sup> Escuela de Microbiología y Parasitología, Universidad Nacional de Trujillo, Av. Juan Pablo II s/n Ciudad Universitaria. Trujillo-Perú.

<sup>2</sup> Laboratorio de Fisiología y Genética Bacteriana, Universidad Nacional de Trujillo, Av. Juan Pablo II s/n Ciudad Universitaria. Trujillo-Perú.

<sup>a</sup> Laboratorio Genética, Reproducción Asistida y Biología-Molecular, Universidad Privada Antenor Orrego, Av. América Sur 3145, Trujillo-Perú.

\* Autor de correspondencia: ezverde@unitru.edu.pe

Yessenia González:  <https://orcid.org/0000-0001-9097-5626>

Gabriela Huayán:  <https://orcid.org/0000-0002-6609-7971>

David Zavaleta-Verde:  <https://orcid.org/0000-0003-0382-8420>

Pedro Mercado:  <https://orcid.org/0000-0002-0339-2885>

Ruth Castillo:  <https://orcid.org/0000-0001-5365-2350>

Recibido: 27 de agosto 2020 / Aceptado: 21 de octubre 2020

### RESUMEN

Los genes blaKPC y blaOXA-48 codifican enzimas carbapenemasas en muchas enterobacterias, confiriéndoles resistencia a los antibióticos carbapenémicos, por ello la presente investigación tuvo por objetivo detectar genes blaKPC y blaOXA-48 en cultivos de *Escherichia coli* y *Klebsiella pneumoniae*, aislados a partir de urocultivos positivos en el Instituto Regional de Enfermedades Neoplásicas - IREN Norte, Perú. A 100 cultivos bacterianos, se determinó fenotípicamente la presencia de enzimas carbapenemasas, y los cultivos que resultaron positivos a estas pruebas, fueron sometidos a la detección de genes blaKPC y blaOXA-48 en ADN genómico y plasmídico, mediante PCR convencional. Se encontró que el 59 % de los cultivos bacterianos mostraron fenotípicamente producir betalactamasas de espectro extendido (BLEE), además n=6 resultaron ser positivos a carbapenemasas, pero, en la detección molecular, ninguno de los cultivos bacterianos evidenció poseer los genes buscados. Por lo que se concluyó que en los cultivos de *E. coli* y *K. pneumoniae*, aislados a partir de urocultivos positivos en el Instituto Regional de Enfermedades Neoplásicas - IREN Norte, Perú, no se detectó los genes blaKPC y blaOXA-48, sin embargo, fenotípicamente el 6 % evidenciaron poseer carbapenemasas.

**Palabras claves:** *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, blaKPC, blaOXA-48 y carbapenemasas.

### ABSTRACT

The blaKPC and blaOXA-48 genes encode carbapenemase enzymes into many enterobacteria, giving them resistance to carbapenem antibiotics, for this reason, the present investigation aimed to detect blaKPC and blaOXA-48 genes in *Escherichia coli* and *Klebsiella pneumoniae* cultures, isolated from positive urine cultures at the Regional Institute of Neoplastic Diseases - IREN Norte, Peru. At in 100 bacterial cultures, the presence of carbapenemase enzymes was phenotypically determined, and the cultures that were positive in these tests were subjected to the detection of blaKPC and blaOXA-48 genes in genomic and plasmid DNA, by conventional PCR. It was found that 59 % of bacterial cultures showed phenotypically producing extended-spectrum betalactamases (BLEE), in addition, n=6 turned out to be positive to carbapenemases, but, in molecular detection, none of the bacterial cultures proved to possess the genes sought. So, it was concluded that in the crops of *E. coli* and *K. pneumoniae*, isolated from positive urine cultures at the Regional Institute of Neoplastic Diseases - IREN Norte, Peru, the blaKPC and blaOXA-48 genes were not detected, however, phenotypically 6 % reported possessing carbapenemases.

**Keywords:** *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, blaKPC gene, blaOXA-48 gene and carbapenems.

## 1. INTRODUCCIÓN

Dentro del grupo de antibióticos, de amplio espectro más utilizados, se encuentran los carbapenémicos, los cuales son hidrolizados por enzimas carbapenemasas de las bacterias, ocasionado el aumento de resistencia a estos antibióticos a nivel mundial (Ferranti et al., 2018). Estas enzimas están incluidas en las clases A, B y D, según la clasificación de Ambler, donde, “las enzimas clases A y D incluyen a  $\beta$ -lactamasas que tienen un residuo de serina en su sitio activo y pertenecen a serin-betalactamasas”, por otro lado, “las enzimas de clase B tienen uno o dos iones zinc como cofactor enzimático, denominándose metalo-betalactamasas” (Katchanov et al., 2018).

Se ha demostrado que, las carbapenemasas, son frecuentes en bacilos Gram negativos, principalmente en *Klebsiella pneumoniae* y *Escherichia coli*, además, “las carbapenemasas frecuentemente identificadas son enzimas del tipo KPC, NDM-1, IMP, VIM, OXA-48 (de oxacilinas) y OXA-181” (Nordmann et al., 2012). Especial atención recibe la enzima KPC, detectada en Carolina del Norte en 1996, y codificada por el gen blaKPC localizado en el transposón Tn4401, o en elementos genéticos similares a Tn4401 (Escandón-Vargas et al., 2017). Por otro lado, OXA-48 es una betalactamasa de clase D, que hidroliza las penicilinas y los carbapenémicos; el gen que lo codifica es blaOXA-48 y se ha detectado solo en plásmidos de bacterias de la familia Enterobacteriaceae (Poirel et al., 2012).

Los fármacos utilizados en las quimioterapias en pacientes con cáncer, poseen propiedades mutagénicas y genotóxicas que afectan el genoma bacteriano contribuyendo a la resistencia a los antibióticos (Chistyakov et al., 2018). En Los centros de salud de pacientes oncológicos se ha reportado a *E. coli* y *K. pneumoniae*, como los patógenos bacterianos más comunes y de mayor producción de betalactamasas de espectro extendido (BLEE) (Chander y Shrestha, 2013). En España, un estudio reportó que de 203 aislamientos confirmados de *K. pneumoniae*, productora de carbapenemasas, 153 presentaron el gen blaOXA-48 y 6 el gen blaKPC (Oteo et al., 2013); así mismo; otra investigación en el mismo país recolectó 3 901 aislamientos de *K. pneumoniae*, de donde 171 fueron carbapenemasas positivos, de los cuales, 85 de ellos presentaron el gen blaOXA-48 (Yoon et al., 2018).

En países latinoamericanos también se han reportado estos genes; en Brasil, se aislaron 297 especies bacterianas, de los cuales, 100 (33,7 %) fueron positivos para KPC, de estos *K. pneumoniae* tuvo la tasa de positividad más alta de (60,0 %) (Saldanha et al., 2016). Un estudio en Chile demostró una incidencia moderada para *E. coli* productora de BLEE en la Unidad de Cuidados Intensivos, en tanto *K. pneumoniae* fue la que tuvo mayor incidencia. El estudio concluyó que las Enterobacterias resistentes a carbapenémicos, es un problema que afecta a 79 % de los servicios hospitalarios estudiados (Acuña et al., 2017).

En el Perú, el primer reporte de KPC en *K. pneumoniae* fue en el 2013, pero en el 2016 se informó la caracterización de la enzima KPC-2 producida en *K. pneumoniae* ST340 (Horna et al., 2017). Por otro lado, entre los años 2013 y 2017, se estudió la presencia de genes de resistencia a los carbapenémicos en enterobacterias aisladas en 12 hospitales, donde se identificaron 83 cepas con carbapenemasas, de las cuales 26 (31,3 %) portaron el gen blaKPC (Sacsquispe-Contreras y Bailón-Calderon, 2018).

El incremento de la resistencia bacteriana frente a los antibióticos es un problema mundial, sobre todo contra aquellos antibióticos que son considerados como últimas alternativas y recursos para el tratamiento, como lo son los carbapenémicos. En el Perú es de interés en salud pública, la detección de estas bacterias y debido a que son pocos los estudios en la zona norte de nuestro país sobre el tema expuesto, se realizó un estudio descriptivo con el objetivo de detectar genes blaKPC y blaOXA-48 en cultivos de *E. coli* y *K. pneumoniae* aislados a partir de urocultivos positivos en el Instituto Regional de Enfermedades Neoplásicas – IREN Norte, Perú.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### Material biológico

Se evaluaron 72 cultivos de *Escherichia coli* y 28 de *Klebsiella pneumoniae*, aislados de urocultivos positivos y proporcionados por el servicio de laboratorio clínico del Instituto Regional de Enfermedades Neoplásicas - IREN Norte, Perú. Además, se usó como controles para los ensayos, las cepas bacterianas *K. pneumoniae* ATCC® 700603, *E. coli* ATCC® 25922, *K. pneumoniae* ATCC® BAA-1705 y *K. pneumoniae* ATCC® BAA-1706.

### Métodos y técnicas

#### Test de sensibilidad a antibióticos para detección de BLEE

Se realizó de acuerdo con los lineamientos del Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI, 2015). El método fue la difusión en discos (Figura 3), en la cual se usó placas de Petri con Agar Mueller Hinton, y discos de ceftazidima 30 ug, ceftazidima-ácido clavulánico 30/10 ug, cefotaxima 30 ug y cefotaxima-ácido clavulánico 30/10 ug. Se aplicó el mismo método para las cepas control, *K. pneumoniae* ATCC 700603, como control positivo; y *E. coli* ATCC 25922, como control negativo.

#### Detección fenotípica de enzimas carbapenemasas

Se realizó de acuerdo con los lineamientos del CLSI propuestos para el método de Hodge modificado (Argente et al., 2017; CLSI, 2015). Se utilizó como antibiótico al meropenem 10 ug, y como cepas controles, *K. pneumoniae* ATCC BAA-1705, como control positivo; y *K. pneumoniae* ATCC BAA-1706, como control negativo (Figura 4).

#### Detección fenotípica de enzimas carbapenemasas clase A

Se utilizó el test con Ácido Fenil Borónico (Pasteran et al., 2010). Se trabajó con los cultivos bacterianos que resultaron positivos en el método de Hodge modificado, y se siguió el procedimiento del test de difusión de doble disco usando como antibióticos, discos de imipenem 10 ug y meropenem 10 ug (Figura 5),

#### Detección fenotípica de enzimas carbapenemasas clase D

Se utilizó el test con discos de Piperacilina/Tazobactam (Huang et al., 2014). Se trabajó con los cultivos bacterianos que resultaron positivos en el método de Hodge modificado, y se siguió el procedimiento propuesto por el CLSI (2015), usando como antibióticos, discos de meropenem 10 ug y piperacilina/tazobactam 100/10 ug.

#### Detección molecular de genes blaKPC y blaOXA-48

Los cultivos bacterianos positivos a las pruebas fenotípicas en donde se detectó enzimas carbapenemasas, fueron sometidas a este ensayo.

A dichos cultivos, se extrajo y purificó ADN genómico usando el kit *Gene Jet Genomic Dna Purif*, y para la extracción y purificación de ADN plasmídico se usó el kit *Gene JET Plasmid Miniprep*. Se evaluó la integridad del ADN genómico y plasmídico mediante electroforesis, así como también la concentración y pureza mediante espectrofotometría con una relación de absorbancia 260/280.

Para realizar la detección de los genes en estudio mediante la Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR), se utilizó el kit *Platinum PCR SuperMix*, electroforesis en gel de agarosa al 1 %, y para el registro fotográfico un equipo *BioDocAnalyze*. Las cepas bacterianas usadas como controles fueron *K. pneumoniae* ATCC® BAA-1705, como control positivo; y *E. coli* ATCC® 25922, como control negativo (Figura 6).

### 3. RESULTADOS

A 72 cultivos de *Escherichia coli* y 28 de *Klebsiella pneumoniae*, aislados de urocultivos positivos y proporcionados por el servicio de laboratorio clínico del Instituto Regional de Enfermedades Neoplásicas - IREN Norte, Perú, se les realizó ensayos para detectar fenotípicamente enzimas tipo betalactamasas de espectro extendido (BLEE) y carbapenemasas, resultados que se muestran en las Tablas 1-3.

**Tabla 1.** Número de cultivos bacterianos de *E. coli* y *K. pneumoniae*, en los cuales se detectó fenotípicamente enzimas tipo betalactamasas de espectro extendido (BLEE).

Bacterias	Cultivos evaluados N	Evidencian fenotípicamente BLEE	
		N	%
<i>E. coli</i>	72	44	61
<i>K. pneumoniae</i>	28	15	54
Total	100	59	59

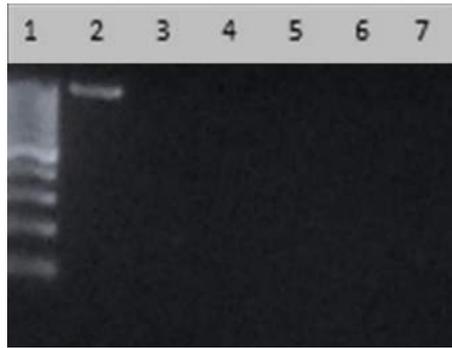
**Tabla 2.** Número de cultivos de *E. coli* y *K. pneumoniae* que evidenciaron fenotípicamente poseer enzimas carbapenemasas, según el Test de Hodge modificado (MHT).

Bacterias	Cultivos evaluados N	Evidencian fenotípicamente Carbapenemasas	
		N	%
<i>E. coli</i>	72	5	7
<i>K. pneumoniae</i>	28	1	4
Total	100	6	6

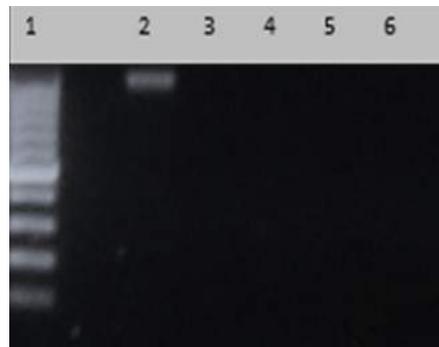
**Tabla 3.** Número de cultivos de *E. coli* y *K. pneumoniae* que evidencian producir enzimas tipo carbapenemasas de clase A y D.

Bacterias	Cultivos evaluados N	Evidencian Carbapenemasas Clase A		Evidencian Carbapenemasas Clase D	
		N	%	N	%
<i>K. pneumoniae</i>	1	0	0	0	0
Total	6	4	67	0	0

A los 4 cultivos de *E. coli* que resultaron positivos a la prueba con Ácido Fenil Borónico, que indicó fenotípicamente poseer carbapenemasas clase A, se realizó ensayos para detectar genes blaKPC en ADN genómico y plasmídico respectivamente, mediante PCR convencional; los resultados de dichos ensayos se muestran en las Figuras 1 y 2.



**Figura 1.** Detección de gen blaKPC en ADN genómico por PCR convencional. Carriles: 1) Marcador de Peso Molecular (100pb); 2) Control positivo; 3) Control negativo; 4-7) cultivos bacterianos evaluados.



**Figura 2.** Detección de gen blaKPC en ADN plasmídico por PCR convencional. Carriles: 1) Marcador de Peso Molecular (100pb); 2) Control positivo; 3-6) cultivos bacterianos evaluados.

#### 4. DISCUSIÓN

Las infecciones en el tracto urinario son las más frecuentes en las personas, y, *Escherichia coli* junto con *Klebsiella pneumoniae* son las bacterias que más predominan como causantes de estas infecciones. Estos patógenos han desarrollado alta resistencia contra los betalactámicos debido a la producción de las enzimas denominadas betalactamasas de espectro extendido (BLEE) (Chander y Shrestha, 2013). En este estudio, como se muestra en la Tabla 1, el 59 % (n=59) de los cultivos bacterianos estudiados evidenció fenotípicamente poseer BLEE, siendo más frecuente en cultivos de *E. coli* (61 %) que *K. pneumoniae* (54 %). Estos datos se sustentan en el estudio de Chander y Shrestha (2013) quienes encontraron que *E. coli* está relacionado con los más altos porcentajes de BLEE a diferencia de *K. pneumoniae*.

Se ha reportado resistencia a los carbapenémicos en bacterias productoras de BLEE, en las cuales coexisten genes que codifican para enzimas que confieren resistencia a otros antibióticos, eso explica como las enzimas carbapenemasas confieren resistencia a la mayoría de los betalactámicos (Bakthavatchalam et al., 2016), es por ello, que en las prueba fenotípica para detectar a las enzimas carbapenemasas, el 7 % de los cultivos de *E. coli* evaluados resultaron positivos al test de Hodge modificado, mientras que en el caso de *K. pneumoniae* solo el 4 % resultaron positivos (Tabla 2). Sin embargo, esta prueba puede presentar resultados como falsos positivos de hasta 25 %. Informes reportaron que ello podría deberse a la hiper producción del Amp C y a miembros de la familia de BLEES como CTX-M (Pasteran et al., 2010). Por tanto,

debido a la falsa positividad que puede presentar el test del Hodge modificado, se realizó la prueba con discos de ácido Fenil Borónico como confirmación, debido a que éste tiene la propiedad de inhibir a las carbapenemasas de clase A. En tal sentido, como se observa en la Tabla 3, de los 6 cultivos que resultaron positivos al test de Hodge modificado, 4 reaccionaron positivamente ante el Ácido Fenil Borónico, siendo todas *E. coli*.

Por otro lado, para confirmar la presencia de carbapenemasas de clase D se realizó el test con discos de piperacilina/tazobactam, debido a que, OXA-48 presenta alta resistencia a tales discos. A pesar de ello, no se confirmó ningún cultivo bacteriano positivo para esta prueba (Tabla 3). Estos resultados coinciden con estudios realizados en Lima – Perú durante los años 2013 al 2017, donde ya se ha reportado enzimas de clase A (enzima KPC) sin embargo, hasta la fecha no se ha reportado ninguna enzima de clase D (enzima OXA – 48) (Sacsquispe-Contreras y Bailón-Calderón, 2018).

En la prueba de PCR que se realizó a los 4 cultivos bacterianos que resultaron positivos a la prueba con Ácido Fenil Borónico no se evidenció ningún resultado positivo para la detección de genes blaKPC y blaOXA-48 ni para la reacción con el ADN genómico (Figura 1) ni para con el ADN plasmídico (Figura 2). En el caso de la ausencia del gen blaKPC, esto puede ser explicado debido a que en las carbapenemasas de clase A no solo está la enzima KPC, sino otras enzimas como las de tipo IMI, SME, NMC y GES como lo afirman Cifuentes et al. (2012), que en este caso no fueron motivo de estudio, pero que muy probablemente pudieron haberlos portado. Sobre la ausencia del gen blaOXA 48 que codifica para la enzima OXA – 48, estos resultados se apoyan en estudios como lo mencionan Vera-Leiva et al. (2017), donde se ha detectado la presencia de esta enzima en países europeos, África y Chile, mas no existe reporte de la detección de esta enzima en Perú.

En el Perú los últimos casos reportados para la presencia del gen blaKPC corresponden al año 2017 en un estudio realizado en Lima (Horna et al., 2017), sin embargo, en Trujillo Perú aún, no se han reportado enterobacterias portadoras de estos genes.

## **5. CONCLUSIONES**

En los 100 cultivos de *Escherichia coli* y *Klebsiella pneumoniae*, asilados a partir de urocultivos positivos en el Instituto Regional de Enfermedades Neoplásicas - IREN Norte, Perú; no se detectó presencia de los genes blaKPC y blaOXA-48, sin embargo, el 6 % de ellos evidenciaron fenotípicamente poseer enzimas carbapenemasas.

## **6. AGRADECIMIENTOS**

Los autores expresan su agradecimiento a los responsables del Laboratorio de Genética, Reproducción Asistida y Biología-Molecular, de la Universidad Privada Antenor Orrego, y del Laboratorio de Fisiología y Genética Bacteriana, de la Universidad Nacional de Trujillo, por brindar sus instalaciones para la realización de las pruebas moleculares y fenotípicas, respectivamente, de la presente investigación.

## **7. CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES**

Todos los autores participaron en la redacción del manuscrito inicial, revisión bibliográfica, y en la revisión y aprobación del manuscrito final. Y.G., G.H y D.Z. realizaron los ensayos de detección fenotípica. Y.G., G.H., R.C. y P.M. realizaron los ensayos de detección genotípica.

## **8. CONFLICTO DE INTERESES**

Los autores declaran no tener conflicto de interés alguno.

## 9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acuña, M., Cifuentes, M., Silva, F., Rojas, A., Cerda, J., y Labarca, J. (2017). Incidencia de bacterias multirresistentes en unidades de cuidados intensivos de hospitales chilenos. *Rev Chilena Infectol*, 34(6), 570-575. <https://doi.org/10.4067/S0716-10182017000600570>.
- Argente, M., Miró, E., Martí, C., Vilamala, A., Alonso-Tarres, C., Ballester, F., Calderón, A., Gallés, C., Gasós, A., Mirelis, B., Morta, M., Olsina, M., Sauca, G., Sierra, M., Rivera, A., Navarro, F. (2017). Molecular characterization of OXA-48 carbapenemase-producing *Klebsiella pneumoniae* strains after a carbapenem resistance increase in Catalonia. *Enferm Infecc Microbiol Clin*. 37(2), 82-89. <https://doi.org/10.1016/j.eimc.2018.02.003>.
- Bakthavatchalam, Y., Anandan, S., y Veeraraghavan, B. (2016). Laboratory Detection and Clinical Implication of Oxacillinase-48 like Carbapenemase: The Hidden Threat. *J Glob Infect Dis*, 8(1), 41-50. <http://dx.doi.org/10.4103/0974-777X.176149>.
- Cifuentes, M., García, P., San Martín, P., Silva, F., Zúñiga, J., Reyes, S., Rojas, R., Ponce, R., Quinilla, R., Delpiano, L., y Wolff, M. (2012). Primer caso de detección de blaKPC en Chile: desde Italia a un hospital público de Santiago. *Rev Chilena Infectol*. 29(2), 224-228. <http://dx.doi.org/10.4067/S0716-10182012000200018>.
- Chander, A., y Shrestha, C. (2013). Prevalence of extended spectrum betalactamase producing *Escherichia coli* and *Klebsiella pneumoniae* urinary isolates in a tertiary care hospital in Kathmandu, Nepal. *BMC Research Notes*, 6, 487-493. <http://dx.doi.org/10.1186/1756-0500-6-487>.
- Chistyakov, V., Prazdnova, E., Mazanko, M., Churilov, M., y Chmyhalo, V. (2018). Increase in Bacterial Resistance to Antibiotics after Cancer Therapy with Platinum-Based Drugs. *Mol Biol*, 52(2), 232-236. <https://doi.org/10.1134/S0026893317050077>.
- Clinical and Laboratory Standards Institute [CLSI]. (2015). Estándares de desempeño para pruebas de susceptibilidad de disco antimicrobiano; estándar aprobado, doceava edición CLSI documento M02-A12. Instituto de Estándares Clínicos y de Laboratorio, Wayne, PA. EE.UU.
- Escandón-Vargas, K., Reyes, S., Gutiérrez, S., y Villegas, M. (2017). The epidemiology of carbapenemases in Latin America and the Caribbean. *Expert Rev Anti Infect Ther*, 15, 277-297. <http://dx.doi.org/10.1080/14787210.2017.1268918>.
- Ferranti, M., Schiaroli, E., Palmieri, M., Palmieri, M., Repetto, A., Vecchiarelli, A., Francisci, D., Mencacci, A., y Monari, C. (2018). Carbapenemase-producing Enterobacteriaceae isolates resistant to last-line antibiotics in an Italian general hospital. *New Microbiol*. 41(4),274-281. PMID: 30252925.
- Horna, G., Velasquez, J., Fernandez, N., Tamariz, J., y Ruiz, J. (2017). Characterization of the first KPC-2- producing *Klebsiella pneumoniae* ST340 from Perú. *J Glob Antimicrob Resist*, 9, 36-40. <https://doi.org/10.1016/j.jgar.2016.12.011>.
- Huang, T., Poirel, L., Bogaerts, P., Berhin, C., Nordmann, P., y Glupczynski, Y. (2014). Temocillin and piperacillin/tazobactam resistance by disc diffusion as antimicrobial surrogate markers for the detection of carbapenemase producing Enterobacteriaceae in geographical areas with a high prevalence of OXA-48 producers. *J Antimicrob Chemother*, 69(2), 445-450. <http://dx.doi.org/10.1093/jac/dkt367>.
- Katchanov, J., Asar, L., Klupp, E.M., Both, A., Rothe, C., König, C., Rohde, H., Kluge, S., y Maurer, F.P. (2018). Carbapenem-resistant Gram-negative pathogens in a German university medical center: Prevalence, clinical implications and the role of novel  $\beta$ lactam/ $\beta$ -

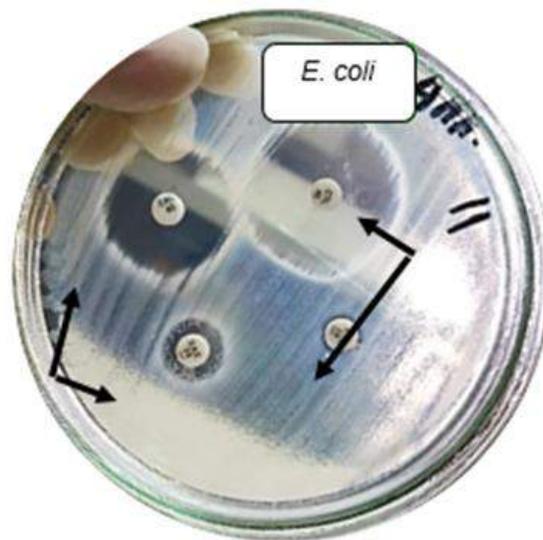
lactamase inhibitor combinations. *PLoS One*, 13(4): e0195757. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0195757>.

- Nordmann, P., Dortet, L., y Poirel, L. (2012). Carbapenem resistance in Enterobacteriaceae: here is the storm! *Trends Mol Med*, 18,263. <http://dx.doi.org/10.1016/j.molmed.2012.03.003>.
- Oteo, J., Saez, D., Bautista, V., Fernandez-Romero, S., Hernandez-Molina, J.M., Perez-Vasquez, M., Aracil, B., y Campos, J. (2013). Carbapenemase-Producing Enterobacteriaceae in Spain in 2012. *Antimicrob Agents Chemother.* 57(12), 6344-6347. <http://dx.doi.org/10.1128/AAC.01513-13>.
- Pasteran, F., Mendez, T., Rapoport, M., Guerriero, L., y Corso, A. (2010). Controlling False – Positive Results Obtained with the Hodge and Masuda Assays for Detection of Class A Carbapenemase in Species of Enterobacteriaceae by Incorporating Boronic Acid. *J Clin Microbiol*, 48(4), 1323-1332. <http://dx.doi.org/10.1128/JCM.01771-09>.
- Poirel, L., Bonnin, R., y Nordmann, P. (2012). Características genéticas del plásmido generalizado que codifica la carbapenemasa OXA-48. *Agentes antimicrobianos y quimioterapia*, 56(1), 559–562. <http://dx.doi.org/10.4067/S0716-10182017000500476>.
- Saldanha, P.C., Souza, A., Garcia, S., Gomez, S., Monteiro-Neto, V., Melo, M.M., García, A.C., Gómez, R., Goncalves, S., y Quaresma, M.R. (2016). Phenotypic and molecular detection of the blaKPC gene in clinical isolates from inpatients at hospitals in São Luis, MA, Brazil. *BMC Infect Dis*, 16,737. <https://doi.org/10.1186/s12879-016-2072-3>.
- Sacsquispe-Contreras, R., y Bailón-Calderon, H. (2018). Identificación de genes de resistencia a carbapenémicos en enterobacterias de hospitales de Perú, 2013-2017. *Rev Peru Med Exp Salud Pública*, 35(2), 25-64. <http://dx.doi.org/10.17843/rpmesp.2018.352.3829>.
- Vera-Leiva, A., Barría-Loaiza, C., Carrasco-Anabalón, S., Lima, C., Aguayo-Reyes, A., Domínguez, M., Bello-Toledo, H., y González-Rocha, G. (2017). KPC: *Klebsiella pneumoniae* carbapenemasa, principal carbapenemasa en enterobacterias. *Rev Chilena Infectol*, 34(5), 476-484. <http://dx.doi.org/10.4067/S0716-10182017000500476>.
- Wojkowska-Mach, J., Godman, B., Glassman, A., Kurdi, A., Pilc, A., Rozanska, A., Skoczyński S., Wałaszek, M., y Bochenek, T. (2018.) Antibiotic consumption and antimicrobial resistance in Poland; findings and implications. *Antimicrob Resist Infect Control*, 7, 136-146. <https://doi.org/10.1186/s13756-018-0428-8>.
- Yoon, E.J., Kim, J.O., Kim, D., Lee, H., Yang, J.W., Lee, K.J., y Jeong, S.H. (2018). *Klebsiella pneumoniae* Carbapenemase Producers in South Korea between 2013 and 2015. *Front Microbiol*, 25, 9-56. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.00056>.

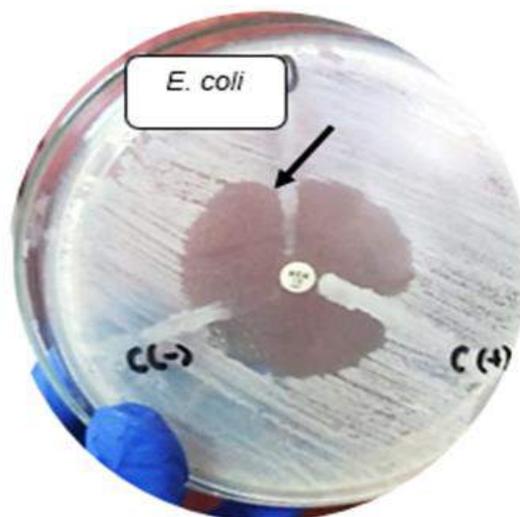
**Citar como:**

González, Y.; Huayán, G.; Zavaleta-Verde, D.; Mercado, P.; Castillo, R. 2020. Detección de genes de resistencia a carbapenémicos en *Escherichia coli* y *Klebsiella pneumoniae* aislados de un centro de salud de Trujillo - Perú. *REBIOL* 40(2):160 -169. DOI: <http://dx.doi.org/10.17268/rebiol.2020.40.02.04>.

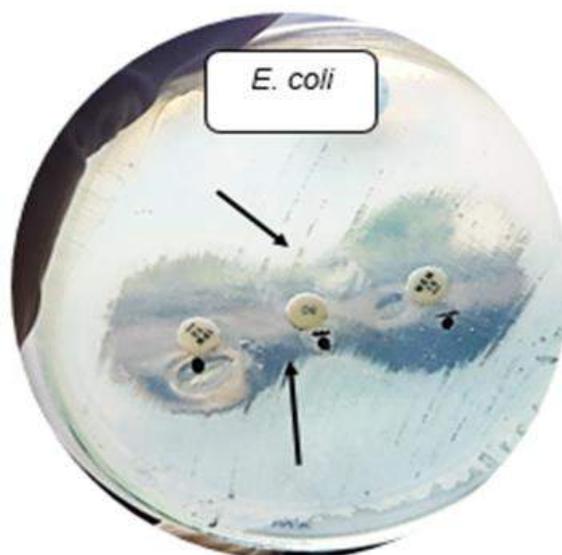
ANEXO:



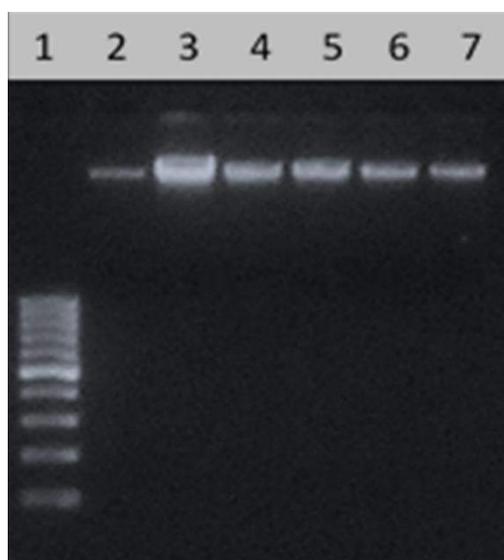
**Figura 3.** Diferencias entre los diámetros de los halos de inhibición que confirmaron un resultado positivo a la prueba de sensibilidad antimicrobiana para detectar BLEE en uno de los cultivos bacterianos evaluados.



**Figura 4.** Hendidura que indicó un resultado positivo a la prueba de Hodge modificado, confirmando la presencia fenotípica de carbapenemasas en uno de los cultivos bacterianos evaluados.



**Figura 5.** Ensanchamiento de halos hacia el Ácido Fenil Borónico (APB), indicó resultado positivo a la presencia de enzimas carbapenemasas de clase A.



**Figura 6.** Perfil electroforético para verificar integridad de ADN genómico. Carriles: 1) Marcador de Peso Molecular (100pb); 2) Control positivo; 3) Control negativo; 4-7) cultivos bacterianos evaluados

## Artículo Original

# CUANTIFICACIÓN DE ALCALOIDES DE *Ladenbergia oblongifolia* (HUMB. EX MUTIS) L. ANDERSSON “ÁRBOL DE LA QUINA”

## QUANTIFICATION OF ALKALOIDS OF *Ladenbergia oblongifolia* (HUMB. EX MUTIS) L. ANDERSSON “QUINA TREE”

Segundo E. López-Medina<sup>1\*</sup>, José Mostacero-León<sup>1</sup>, Noe Ildefonso Costilla-Sánchez<sup>2</sup>; Armando E. Gil-Rivero<sup>1</sup>; Anthony J. De La Cruz-Castillo<sup>1</sup>; Luigi Villena-Zapata<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Nacional de Trujillo. Av. Juan Pablo II S/N; Ciudad Universitaria, Trujillo - Perú.

<sup>2</sup> Facultad de Ingeniería Química, Universidad Nacional de Trujillo, Av. Juan Pablo II s/n. Ciudad Universitaria, Trujillo, Perú

<sup>3</sup> Facultad de Ciencias Naturales y Aplicadas. Universidad Nacional Intercultural Fabiola Salazar Leguía de Bagua

Autor para correspondencia: [slopezm@unitru.edu.pe](mailto:slopezm@unitru.edu.pe)

Segundo E. López-Medina:  <https://orcid.org/0000-0001-7719-8607>

José Mostacero-León:  <https://orcid.org/0000-0003-2556-3013>

Noe Ildefonso Costilla-Sánchez:  <https://orcid.org/0000-0002-0762-6271>

Armando E. Gil-Rivero:  <https://orcid.org/0000-0002-4521-5588>

Anthony J. De La Cruz-Castillo:  <https://orcid.org/0000-0002-5409-6146>

Luigi Villena-Zapata:  <https://orcid.org/0000-0001-9430-0028>

Recibido: 22 de octubre 2020 / Aceptado: 17 de diciembre 2020

### RESUMEN

Dentro de la megafitodiversidad del Perú, se enmarcan muchas especies de los géneros *Cinchona*, *Ladenbergia* y *Remijia*; conocidas indistintamente por los pobladores de las Comunidades andino-amazónicas como “árboles de la quina”, “quina” o “cascañillas” y a las que le atribuyen propiedades medicinales frente a la malaria, enfermedades bronco-respiratorias y especialmente el Covid-19. Sin embargo, la explotación indiscriminada y el poco interés de la investigación ha contribuido a la extinción y confusión en la identificación de las especies en géneros diferentes; ante ello se propuso como objetivo investigación cuantificar los alcaloides de *Ladenbergia oblongifolia* “árbol de la quina”; a fin de fomentar la revalorización de esta especie como recurso etnobotánico promisorio que busque correlacionar sus principios activos o metabolitos secundarios con las consiguientes acciones farmacológicas que le atribuyen. Para ello se empleó corteza y hojas de *L. oblongifolia*, procedentes de Chiclin, Chicama, Ascope, La Libertad, Perú; la determinación taxonómica se realizó en el *Herbarium Truxillense* (HUT); mientras que la extracción y cuantificación de alcaloides en el Laboratorio de Métodos Instrumentales, Departamento de Química, Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional de Trujillo. Se concluye que las hojas de *L. oblongifolia* contienen 0,1039 mmol alcaloides/g materia seca, pudiendo extraerse estos metabolitos directamente de las hojas, sin necesidad de cortar o destruir los árboles, por lo que urge implementar mecanismos de uso de las hojas en lugar de la corteza, evitando así su extinción.

**Palabras claves:** Metabolito secundario, alcaloides hojas, árbol nacional, flora, Perú.

### ABSTRACT

The megadiversity of Peru, has many species framed in the genus *Cinchona*, *Ladenbergia* and *Remijia*, and that the inhabitants of the Andean-Amazonian Communities know them indistinctly as "quina trees", "quina" or "cascañillas" and which they attribute medicinal properties to them against malaria, broncho-respiratory diseases and especially Covid-19. However, the indiscriminate exploitation and the little interest of the investigation has contributed to the extinction and confusion in the identification of the species in different genera; In view of this, the research objective was to quantify the alkaloids of *Ladenbergia oblongifolia* "quina tree"; in order to promote the revaluation of this species as a promising ethnobotanical resource that seeks to correlate its active principles or secondary metabolites with the consequent pharmacological actions attributed to it. For this, bark and leaves of *L. oblongifolia* were used, from Chiclin, Chicama, Ascope, La Libertad, Peru; the taxonomic determination was carried out in the *Herbarium Truxillense* (HUT); while the extraction and quantification of alkaloids in the Laboratory of Instrumental Methods, Department of Chemistry, Faculty of Chemical Engineering of the National University of Trujillo. It is concluded that the leaves of *L. oblongifolia* contain 0.1039 mmol alkaloids / g dry matter, and these metabolites can be extracted directly from the leaves, without the need to cut or destroy the trees, so it is urgent to implement mechanisms of use of the leaves instead of the bark, thus avoiding their extinction.

**Keywords:** Secondary metabolite, alkaloids, national tree, flora, Peru.

DOI: <http://dx.doi.org/10.17268/rebiol.2020.40.02.05>

## 1. INTRODUCCIÓN

Se conoce que a diferentes especies de los géneros *Cinchona*, *Ladenbergia* y *Remijia*, pertenecientes a las Rubiaceae se les llama comúnmente “árboles de la quina”, “quina” o “cascarilla”. *Cinchona* cuenta con 25 especies; de las cuales 4 son endémicas para el Perú. *Ladenbergia* tiene 35 especies, de las cuales 7 son endémicas; mientras que *Remijia* cuenta con 45 especies, 1 endémica para el Perú; todas ampliamente distribuidas desde Costa Rica hasta Bolivia (Brako y Zarucchi, 1993; Mostacero et al., 2009; APG-IV, 2016; Cuví, 2018).

*Ladenbergia oblongifolia*, es un árbol de 16 a 20 metros de altura; con hojas oblongo-lanceoladas u oblongo-ovadas; inflorescencia en panículas pedunculadas de flores blancas, confundiendo fácilmente con especies del género *Cinchona* (Gallego y Diaz, 2008). Esta especie es de notable importancia maderera y medicinal, lo que ha generado su explotación indiscriminada de las especies de los géneros *Cinchona*, *Ladenbergia* y *Remijia*. Sin embargo, todavía es posible encontrar relictos en los bosques de neblina del país, como los de Upaypíteq, Palpíteq, Hualte, Tute, Huacapampa y Pandachi, localizados en el distrito de Kañaris, provincia de Ferreñafe, donde albergan una enorme biodiversidad que debe ser preservada (Gómez et al., 2016; Huamán et al., 2019; Lucero, 2019).

Como parte de la medicina tradicional los pobladores maceran e ingieren la corteza de estos árboles para contrarrestar el paludismo, enfermedades respiratorias, la neumonía y recientemente a la letal pandemia Covid-19. Igualmente es empleada para combatir catarros crónicos, dolores estomacales y prevenir la caída del cabello; para disminuir las autoinflamaciones y mejorar la autoinmunidad persistente (Alfaro y Paz, 2020; Eras et al., 2019; Gómez et al., 2016; Mostacero et al., 2009; Maldonado et al., 2020; Ruiz, 2020). Cabe resaltar que las especies del género *Cinchona* son muy conocidas por su contenido en alcaloides del tipo: quinina, quinidina, cinconina y cinconidina, que tienen efectos, ampliamente empleados para el tratamiento de enfermedades inmunológicas y virales como el virus SARS-CoV-2; cuya concentración de alcaloides puede variar, incluso dentro de la misma especie debido a la localidad, altitud, tipo de suelo, estado fenológico y época de cosecha (Maldonado et al., 2017; Cuví, 2018; Alfaro y Paz, 2020; Liu et al., 2020; Yao et al., 2020).

Para especies del género *Ladenbergia*, se ha identificado la presencia de glucósidos triterpenoides, procedentes de la corteza de *L. hexandra* (Furukawa et al., 2017). En cambio, en *L. oblongifolia* se desconoce la presencia de metabolitos secundarios, por ello se hace imprescindible su cuantificación y posterior determinación. Ante ello se propuso como objetivo de investigación cuantificar la presencia de alcaloides en corteza y hojas de *L. oblongifolia* “árbol de la quina”.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### Colecta de material biológico

El material biológico procedió de Chiclín, Chicama, Ascope, La Libertad, Perú; ubicado entre -7,837771, -79,161478. Este material constó de hojas y tallos (corteza), además de ramas floríferas para su registro en el Herbarium Truxillense (HUT); registro que permitió extender la certificación y Código: 60465 y 60466 correspondiente para *Ladenbergia oblongifolia* (Humb. ex Mutis) L. Andersson “árbol de la quina”.



**Figura 1.** Ejemplar de *Ladenbergia oblongifolia* “árbol de la quina”, junto al rector de la Universidad Nacional de Trujillo: Dr. Carlos Vásquez Boyer.

### **Preparación de la muestra**

Parte del material colectado fué transportado al Laboratorio de Métodos Instrumentales, Departamento de Química, Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional de Trujillo, donde se realizó la extracción y cuantificación de alcaloides según la metodología descrita por (Sharapin et al., 2000). Tanto hojas como tallos fueron secados en estufa a 45°C por siete días; para luego ser triturados en un molino de granos de la marca IKA, hasta alcanzar tamaños de partícula que van entre 0,1 y 0,2 mm de diámetro. Para la maceración del molido se pesaron 5 g, los que previamente humedecidos con carbonato de sodio al 5% (p/p), se dejaron reposar por 30 minutos, para luego secarlos en estufa por dos horas a 50 °C. A continuación, este contenido se mezcló con 50 mL de diclorometano por un periodo de 72 horas para su extracción. Luego las disoluciones fueron “sonicadas” dos veces por 15 minutos, dejando un espacio de reposo de 10 minutos para completar la extracción; en un equipo sonicador de la marca J. P. Selecta S. A.

Para el secado se evaporó el diclorometano en una campana extractora a la temperatura de 60° C hasta  $\frac{1}{4}$  de su volumen original; transfiriendo este contenido a un embudo de decantación junto con 15 mL de HCl al 5%(p/v) y agitándolo lentamente por 5 minutos. Luego se mantuvo en reposo durante 15 minutos, para que se separe la fase ácida en un vaso de precipitación de 100 mL, para finalmente adicionarle hidróxido de amonio hasta conseguir un pH de 9,5.

Para la extracción del contenido final se adicionó 30 mL de cloroformo. Se agitó suavemente durante 5 minutos y se mantuvo en reposo por 15 minutos. La fase orgánica se depositó en un vaso de precipitación de 100 mL, dejándose evaporar completamente el cloroformo a 60°C. Por último, el contenido final fue disuelto con 30.0 mL de ácido sulfúrico estándar, quedando listo para su valoración.

### **Cálculo de alcaloides totales**

Para la valoración de la muestra, se agregó en una bureta una disolución estándar de NaOH a la concentración de 0,1025 M; paralelamente se le añadió 3 gotas del indicador rojo de metilo al vaso que contenía alcaloides-ácido sulfúrico, luego se dio inicio a la valoración hasta que la coloración roja cambie a amarillo. Todo este procedimiento se repitió dos veces más, para luego hacer el cálculo de alcaloides totales aplicando la siguiente expresión de acuerdo a la valoración por retroceso:

$$\text{mmol Alcaloides totales} = \text{mmol de H}_2\text{SO}_4 - \text{mmol NaOH}$$

$$\text{mmol Alcaloides totales/g de muestra seca} = \text{mmol Alcaloides}/5.0 \text{ g}$$

### Análisis estadístico

Los resultados obtenidos fueron analizados estadísticamente con el software R. Se estimó la desviación estándar, análisis de varianza y la prueba de rangos múltiples de Duncan.

### 3. RESULTADOS

Los resultados estadísticos de la cuantificación de alcaloides en muestras de *L. oblongifolia* “árbol de la quina”, indican la presencia de  $0,0997 \pm 0,0026$  mmol alcaloides/g materia seca en la corteza fresca,  $0,1111 \pm 0,0024$  mmol alcaloides/g materia seca en la corteza seca y  $0,1039 \pm 0,0064$  mmol alcaloides/g materia seca en las hojas. Predominando una mayor concentración de alcaloides en la corteza seca y en las hojas de *L. oblongifolia* “árbol de la quina”. La tabla 1 resume el análisis de varianza, demostrándose la existencia de diferencias estadísticamente significativa en el contenido de mmoles de alcaloides totales/g, debido a que el valor p-de significancia es menor que 0,05 ( $p=0,0004989 < 0,05$ ). De la misma manera la tabla 2, corrobora la existencia de diferencias estadísticamente significativa mediante la prueba de rangos de Duncan, demostrándose que el material biológico constituido por la corteza seca, fue la que presentó el mayor promedio, seguido por las hojas y finalmente la corteza fresca.

**Tabla 1.** Análisis de varianza del estudio cuantificación de alcaloides de *Ladenbergia oblongifolia* “árbol de la quina”

Análisis unidireccional de medias	
data: mmoles and Tipo	
F = 34,827, num df = 2, denom df = 6, p-value = 0,004989*	
Nota: *La prueba se realizó con 95,0% de confianza	

**Tabla 2.** Grupos homogéneos de la prueba de rangos múltiples de Duncan, del estudio de cuantificación de alcaloides de *Ladenbergia oblongifolia* “árbol de la quina”

Material Biológico	Promedio	Subconjunto *
Corteza seca	0,1111	a
Hojas	0,1039	b
Corteza fresca	0,0997	c

Nota: Las medias con letras diferentes son significativamente diferentes.

### 4. DISCUSIÓN

La cuantificación de alcaloides en muestras de corteza fresca y seca y de hojas de *L. oblongifolia*, resalta la presencia de una alta concentración de alcaloides en las hojas de la especie en estudio. Investigaciones de Córdor et al. (2009), sostienen la presencia de quinina, quinidina, cinconidina y cinconina en las cortezas de *Cinchona*. Mientras que para el género *Ladenbergia*, se ha

identificado la presencia de glucósidos triterpenoides, procedentes de la corteza de *L. hexandra* (Furukawa et al., 2017)

Si bien los resultados del análisis de varianza y de la prueba de Duncan corroboran la existencia de diferencias estadísticamente significativas (Tablas 1 y 2). El empleo de las hojas para fines medicinales contribuye en evitar cortar y destruir un árbol para hacer macerados, evitándose la tala indiscriminada de *L. oblongifolia*. Según lo reportado por Cuvi (2018), Aymard (2019) y Albán et al. (2020); los pobladores andino- amazónicos de diferentes localidades del Perú denominan a diferentes especies de plantas con el nombre común o vulgar de “quina”, “árbol de la quina” o “cascarilla”, que los taxónomos han ubicado indistintamente a través del tiempo en los géneros *Cinchona*, *Ladenbergia* y *Remijia*, todos pertenecientes a la familia de las Rubiaceae. Sin embargo, muchas personas no muy bien entendidas en el tema confunden fácilmente las especies de *Cinchona* con *Ladenbergia* o viceversa. Tal es el caso de *Ladenbergia oblongifolia*, que en un principio estuvo considerada como *Cascarilla caduciflora* o *Cascarilla magnifolia*, pero que posteriormente se sinonimizó a *Cinchona caduciflora*, la que luego pasó a ser *Cinchona grandiflora* y esta a su vez *Cinchona magnifolia* o *Cinchona rostrata* y en ese transcurrir de los estudios taxonómicos se sinonimizó con *Ladenbergia magnifolia*, la que actualmente está reconocida como *L. oblongifolia* (Brako y Zarucchi, 1993; Mostacero et al., 2009; APG-IV, 2016). De allí que Vargas (2002) refiere que las especies de género *Ladenbergia*, comparten hábitat con las especies del género *Cinchona* y son muy parecidas, sin embargo, la diferencia morfológica radica en la ausencia de pubescencia, tamaño de sus hojas, las que además son oscuras de forma redondeada; además de poseer diferente coloración y tamaño de las flores y tipo de dehiscencia de los frutos.

Por otro lado, el empleo de las especies pertenecientes a la familia Rubiaceae para combatir el paludismo, resfriados y/o reforzar el sistema inmunológico ha sido y siguen siendo utilizadas con muy buenos resultados. A pesar de ello, grande fue la sorpresa por parte de los pobladores que el árbol en referencia, no pertenece al género *Cinchona*, sino más bien al género *Ladenbergia* y específicamente a *L. oblongifolia*, demostrándose además que tanto hojas como corteza seca, contienen cantidades equivalentes de alcaloides. Cabe resaltar que investigaciones de Cuesta (2017), sostienen que *L. oblongifolia* por pertenecer a la misma familia de *C. officinalis* cuenta con propiedades medicinales semejantes para el tratamiento del paludismo y de resfriados, y de ser así porque no pensar que pueda combatir el COVID-19 (Maldonado et al., 2020), abriéndose la brecha de desarrollar numerosas investigaciones para la determinación de estos compuestos y su aplicación en la cura de este tipo de enfermedades.

## 5. CONCLUSION

Se cuantificaron los alcaloides de *Ladenbergia oblongifolia* “Arbol de la quina”, encontrando mayor cantidad en corteza seca seguida de hojas y corteza fresca, pudiéndose extraer estos metabolitos directamente de las hojas, sin necesidad de cortar o destruir los árboles, evitando así su extinción.

## 6. AGRADECIMIENTOS

Un agradecimiento especial al Laboratorio de Métodos Instrumentales, Departamento de Química, Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional de Trujillo, por brindarnos las facilidades para llevar a cabo esta investigación en su establecimiento. De la misma manera al *Herbarium Truxillense* (HUT) por la caracterización y registro botánico de la especie en estudio.

## 7. CONTRIBUCIÓN DE AUTORES

Segundo E. López-Medina:	Concepción de la idea, interpretación de datos y aprobación final de informe.
José Mostacero-León:	Concepción de la idea, interpretación de datos y aprobación final de informe.
Noe Ildelfonso Costilla-Sánchez:	Ejecución del trabajo de laboratorio.
Armando E. Gil-Rivero:	Redacción de informe.
Anthony J. De La Cruz-Castillo:	Recolección y procesamiento de datos.
Luigi Villena-Zapata:	Análisis y diseño estadístico.

## 8. CONFLICTO DE INTERESES

No existe conflicto de intereses entre los autores.

## 9. FINANCIAMIENTO

Autofinanciamiento

## 10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albán, J., Chilquillo, E., Melchor, B., Arakaki, M., León, B., y Suni, M. (2020). *Cinchona* L. "Árbol de la Quina": repoblamiento y reforestación en el Perú. *Revista peruana de biología*, 27(3): 423 - 426.
- Alfaro, A., y Paz, M. (2020). Hidroxicloroquina: Del fármaco de herencia Inca. *Acta Médica Costarricense*, 62 (2): 57-64.
- Aymard, G. (2019). Breve reseña de los aspectos taxonómicos y nomenclaturales actuales del género *Cinchona* (Rubiaceae-Cinchoneae). *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 43: 234-241.
- APG-IV. (2016). An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. *Bot. J. Linn. Soc*, 181 (1): 1-20.
- Brako, L., y Zarucchi, J. (1993). Catálogo de las Angiospermas y Gimnospermas del Perú. *Monogr. Syst. Bot. Missouri Bot. Garden*, Vol 45.
- Cóndor, E., Oliveira, B., Loayza, K., Reyna, V. (2009). Estudio químico de los tallos de *Cinchona pubescens* Vahl. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 75 (1): 54-63.
- Cuesta, B. (2017). Estudio etnobotánico para plantas contra la malaria. Grado en Farmacia. Universidad de Complutense. Madrid, España. 21 pp. <https://eprints.ucm.es/55678/>
- Cuvi, N. (2018). "Tecnociencia y colonialismo en la historia de las *Cinchona*", *Asclepio*, 70 (1): 1-13.
- Eras, V., Moreno, J., Yaguana, M., Poma, R., y Paredes, D. (2019). Balance hormonal para la fase de brotación y enraizamiento *in vitro* de explantes de *Cinchona officinalis* L., provenientes de relictos boscosos de la provincia de Loja. *Bosques Latitud Cero*, 9(1):58 - 68.
- Furukawa, M., Kamo, S., Makino, M., Kurita., M., Tabata, K., Matsuzaki, K., Suzuki, T., y Uchiyama, T. (2017). Triterpenoid glycosides from *Ladenbergia hexandra* Klotzsch. *Phytochemistry* 136: 147-155.
- Gallego, M., y Diaz, Y. (2008). Propagación asexual de cascarillo (*Ladenbergia oblongifolia* Mutis) en condiciones de vivero en el municipio de Popayan en el departamento de Cauca. Tesis Ingeniero Forestal. Universidad de Cauca, Colombia.
- Gómez, A., Beraum, L., Gómez, O., y Llatas, E. (2016). Las quinas de los bosques de neblina del distrito de Kañaris- Lambayeque. Instituto Nacional de Innovación Agraria. Estación Experimental Agraria Vista Florida – Lambayeque. Ministerio de Agricultura y Riego.

- Huamán, L., Albán, J., y Chilquillo, E. (2019). Aspectos taxonómicos y avances en el conocimiento del estado actual del árbol de la quina (*Cinchona officinalis* L.) en el norte de Perú. *Ecología Aplicada* 18(2):145-153.
- Liu, J., Cao, R., Xu, M., Wang, X., Zhang, H., y Hu, H. (2020). Hydroxychloroquine, a less toxic derivative of chloroquine, is effective in inhibiting SARS-CoV-2 infection in vitro. *Cell Discov*, 6(1): 1-4.
- Lucero, C. (2019). Propuesta de creación del Área de Conservación Privada Bosques Montanos de Upaypitaq – Kañaris. Tesis Ingeniero Ambiental. Universidad de Lambayeque. Chiclayo, Perú.
- Maldonado, C., Barnes, C., Cornett, C., Holmfred, E., Hansen, S., Persson, C., Antonelli, A., y Ronsted, N. (2017). Phylogeny predicts the quantity of antimalarial alkaloids within the iconic yellow *Cinchona* Bark (Rubiaceae: *Cinchona calisaya*). *Frontiers in Plant Science* 8(391): 1-16.
- Maldonado, C., Paniagua, N., Bussmann, R., Zenteno, F., Fuentes, A. (2020). La importancia de las plantas medicinales, su taxonomía y la búsqueda de la cura a la enfermedad que causa el coronavirus (COVID-19). *Ecología en Bolivia* 55(1): 1-5.
- Mostacero, J., Mejía, F. y Gamarra, O. (2009). *Fanerógamas del Perú: taxonomía, utilidad y ecogeografía*. 1ra Edición. Ed. CONCYTEC. Trujillo, Perú. 1330 pp.
- Ruiz, P. (2020). El sulfato de quinina en 1828, por Rafael Hernández, de la Academia Médica de Barcelona. *GIMBERNAT*, 73: 71-86.
- Sharapin, N., Machado, L., Souza, E., Rocha, E., Valverde, E., Lopes, J. (2000). *Fundamentos de Fitotecnología de Productos Fitoterapéuticos*. Ed. Convenio Andrés Bello. Bogotá, Colombia. 230p.
- Vargas, W. (2002). *Guía ilustrada de las plantas de las montañas del Quindío y los Andes Centrales*. Ed. Universidad de Caldas. Manizales, Colombia. 813 pp.
- Yao, X., Ye, F., Zhang, M., Cui, C., Huang, B., y Niu, P. (2020). In Vitro Antiviral Activity and Projection of Optimized Dosing Design of Hydroxychloroquine for the Treatment of Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2 (SARS-CoV-2). *Clinical Infectious Diseases*, 71(15):732-739. doi:10.1093/cid/ciaa237

**Citar como:**

López-Medina, E.; Mostacero León, J., Costilla-Sánchez, N.; Gil-Rivero, E.; De La Cruz-Castillo, A.; Villena-Zapata, L. 2020. Cuantificación de alcaloides de *Ladenbergia oblongifolia* (Humb. ex Mutis) L. Andersson "árbol de la quina". *REBIOL* 40(2): 170-176. DOI: <http://dx.doi.org/10.17268/rebiol.2020.40.02.05>.

## Artículo Original

# EFFECTO CITOPROTECTOR DEL EXTRACTO MIXTO DE *Solanum tuberosum* L. “PAPA”, *Minthostachys mollis* L. “MUÑA” y *Uncaria tomentosa* L. “UÑA DE GATO” EN LAS LESIONES ULCEROSAS DE RATAS INDUCIDAS POR ETANOL

## CYTOPROTECTIVE EFFECT OF THE COMBINED EXTRACT OF *Solanum tuberosum* L. “POTATOE”, *Minthostachys mollis* L. “MUÑA” and *Uncaria tomentosa* L. “CAT'S CLAW” IN ULCER LESIONS OF RATS INDUCED BY ETHANOL

Luis Felipe Gonzales LLontop<sup>1</sup>, Julio Chico Ruiz<sup>2</sup>, Mariel del Rocío Chotón Calvo<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Laboratorio de Biología, Facultad de Educación. Universidad Nacional “Toribio Rodríguez de Mendoza”, Av. Higos Urco s/n Chachapoyas-Perú.

<sup>2</sup> Laboratorio de Cultivos Celulares. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Nacional de Trujillo, Av. Juan Pablo II s/n Ciudad Universitaria. Trujillo-Perú.

Luis Felipe Gonzalez LLontop:  <https://orcid.org/0000-0001-7944-2642>

Julio Chico Ruiz:  <http://orcid.org/0000-0002-7287-321X>

Mariel del Rocío Chotón Calvo:  <https://orcid.org/0000-0001-6870-9268>

\*Autor para correspondencia: [luis.gonzales@untrm.edu.pe](mailto:luis.gonzales@untrm.edu.pe)

Recibido: 19 de julio 2020 / Aceptado: 26 de noviembre 2020

### RESUMEN

Se determinó el efecto citoprotector del extracto mixto de *Solanum tuberosum* L. “papa”, *Minthostachys mollis* L. “muña” y *Uncaria tomentosa* L. “uña de gato” en las lesiones ulcerosas de ratas inducidas por etanol, empleándose 40 ratas de tres meses de edad y de 250 ± 10g de peso corporal. Se usó 05 grupos de 08 animales cada uno a los cuales se les aplicó una dosis del extracto de 0,4 mL/Kg y otra de 0,8mL/Kg. Después de una hora se indujo la injuria administrando por vía orogástrica con 1 mL de etanol. Los grupos fueron confrontados con el sucralfato a una dosis de 30 mg/kg. El daño se observó a las 06 horas después del tratamiento. Los resultados demostraron que con el extracto se logró un 96.2% ( $p < 0,05$ ) de reducción de las lesiones; en cambio aplicando sucralfato se alcanzó un 91,5%. En el análisis microscópico y macroscópico se encontró diferencias significativas de las lesiones gástricas entre el grupo control (II) y los grupos III, IV y V ( $p < 0.001$ ). En las condiciones experimentales ensayadas los extractos administrados presentaron un efecto citoprotector sobre la mucosa gástrica dañada.

**Palabras claves:** *Solanum tuberosum*, *Minthostachys mollis* L., *Uncaria tomentosa* L., lesiones ulcerosas

### ABSTRACT

The cytoprotective effect of the combined extract of *Solanum tuberosum* L. "potatoe", *Minthostachys mollis* L. "muña" and *Uncaria tomentosa* L. "cat's claw" was determined in the ulcer lesions of rats induced by ethanol, using 40 rats of 3 months old and 250 g average weight. 05 groups of 08 animals each were used to which a dose of the extract of 0.4 mL/Kg and another of 0.8mL/Kg was applied. After one hour, the injury was induced by administering the orogastric route with 1 mL of ethanol. The groups were compared with sucralfate at a dose of 30 mg/kg. The damage was observed at 06 hours after treatment. The results showed that with the extracts a 96.2% ( $p < 0.05$ ) decrease in lesions was obtained; while using sucralfate it was possible to obtain 91.5%. In the microscopic and macroscopic analysis, significant differences were found in gastric lesions between the control group (II) and groups III, IV and V ( $p < 0.001$ ). Under the experimental conditions tested, the administered extracts presented a cytoprotective effect on the damaged gastric mucosa.

**Keywords:** *Solanum tuberosum*, *Minthostachys mollis* L., *Uncaria tomentosa* L., ulcerative lesions.

## 1. INTRODUCCIÓN

El conocimiento empírico de la medicina natural fundamentado en creencias, costumbres y hábitos indígenas de las diferentes culturas desempeñó un papel muy importante en la conservación de la salud, la prevención, el diagnóstico y la sofocación de las enfermedades físicas y mentales. Hoy día existe una inclinación acentuada por el mayor conocimiento y la utilidad de las medicinas alternativas, entre las que destaca la medicina complementaria (UMSA, 2011). El uso terapéutico de las plantas medicinales que actúan sobre distintos padecimientos humanos estriba en ser económicas, certeras y de fácil disponibilidad (Gallegos, 2016). Los fitoquímicos presentes en las plantas medicinales simbolizan un potencial curativo indispensable en la medicina debido a sus efectos farmacológicos. Muchas especies vegetales han sido estudiadas y analizadas detectándose una gran actividad gastroprotectora (Alva et al., 2015).

La papa fermentada “tocosh” es frecuentemente considerada en la medicina alternativa, estableciendo su principio activo en la penicilina. La actividad antibiótica del tocosh (Ramos, 2017) fue demostrada por el Centro de Investigación de Medicina Tradicional y Farmacología, indicando al “tocosh” como una medicina pre-incaica con grandes ventajas nutricionales y farmacológicas muy destacadas, se le reconoce como la "Penicilina natural del Perú". También su poder terapéutico está demostrado en el tratamiento de afecciones como la gastritis crónica en humanos junto con el extracto del San Pedro usado en animales (Gonzales et al., 2020).

También se ha encontrado una alta actividad antioxidante de *Uncaria tomentosa* y los extractos de sus hojas ricos en ácidos hidroxibenzoicos y proantocianidinas, incluidas las procianidinas, flavalignanos y propelargonidinas (Honorio et al., 2016) para el tratamiento de cáncer de mama y melanomas, con una correlación positiva entre el contenido de proantocianidinas y la capacidad antioxidante (Lozada et al., 2015; Nuñez et al., 2015; Navarro et al., 2019). Además, se halló una alta eficacia antibacteriana en *Pseudomonas aeruginosa*, *Enterococcus faecalis*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* (Ulloa, 2015; Moya, 2017; Tapia, 2019). Rodríguez y Santa María (2017) demostraron la eficacia antifúngica in vitro de *Uncaria tomentosa* y *Eucalyptus globulus* frente a *Candida* sp. concluyendo que ambas especies tienen similar eficacia en la inhibición de crecimiento del hongo.

Huari (2014) ensayó un extracto de las hojas de *Minthostachys mollis* sobre colonias de *Streptococcus mutans* causante de la caries dental y concluyó que el aceite esencial de *Minthostachys mollis* al 100 % comparado con el control positivo (amoxicilina) presentó menor efecto antibacteriano. Gutiérrez (2017) al evaluar los compuestos fenólicos del extracto de las hojas de muña en el queso Tipo Paria, administrando concentraciones de 100, 200 y 300 ppm encontró un elevado efecto antioxidante debido a los compuestos fenólicos que posee la planta.

Conociendo estas actividades farmacológicas de los vegetales, podemos tratar, por ejemplo, la injuria ulcerosa que se presenta como un trastorno de los mecanismos defensivos de la barrera de la mucosa por elementos destructivos exógenos como el alcohol, tabaco, café, comidas irregulares, insomnios, preocupaciones, el tratamiento con AINES y la contaminación por *Helicobacter pylori* (Chiaroni et al., 2018). En el tratamiento farmacológico de la úlcera gástrica y duodenal encontramos los antiseoretos de ácidos, los antagonistas del receptor 2H<sub>2</sub>, los protectores de la mucosa y los antiácidos. La actividad protectora que deseamos demostrar se presenta como una alternativa aplicada en la población de escasos recursos económicos y también como una fuente de materia prima para nuevos fármacos.

Lo expuesto nos motivó a evaluar el efecto citoprotector de un extracto mixto de *Solanum tuberosum* L. “papa”, *Minthostachys mollis* L. “muña” y *Uncaria tomentosa* L. “uña de gato” en las lesiones ulcerosas de ratas inducidas por etanol.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### Material biológico

Estuvo conformada por 40 ratas machos de la especie *Rattus rattus* var. *albinus*, las cuales se distribuyeron en 5 grupos de 8 ratas cada uno y acondicionadas en jaulas metálicas con luz y alimento concentrado (crecimiento).

### Material vegetal

El tocosh se adquirió en el mercado yerbateros del distrito San Luis, Provincia de Lima, región Lima. Fue machacado en un mortero para lograr una mejor homogenización y conservación. Finalmente se obtuvo un polvo oreado, del cual se pesó 10g.

Las hojas de muña se adquirieron en el distrito de Chachapoyas, departamento de Amazonas. La “uña de gato” se obtuvo en la provincia de Tarapoto, departamento de San Martín. Las especies fueron identificadas por el curador del Herbario de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas. Se usaron 30 hojas de *Minthostachys mollis* L. “muña” (Bussmann y Sharon, 2016). Previamente se colocaron dentro de una prensa para el secado correspondiente. Luego el vegetal seco se molió en un mortero para lograr una mejor homogenización y conservación. Se obtuvo un polvo seco, pesándose 5g.

La corteza de *Uncaria tomentosa* L. “uña de gato” se cortó en trozos (Urdanibia y Taylor, 2018). y se licuó en 500mL de agua destilada; luego se filtró en papel filtro (Whatman N°1), obteniéndose una concentración depurada. Esta fue secada en una estufa a 35°C por dos días hasta evaporar el solvente; finalmente se obtuvo un polvo seco (5g).

Los 20 gramos del total de concentración del producto fueron disueltos en 80mL de agua destilada obteniéndose un extracto puro.

### Método

Se utilizaron 40 ratas machos de la especie *Rattus rattus* var. *albinus*, de 03 meses de edad y  $250 \pm 10$  g de peso corporal, provenientes del bioterio de la Facultad de Medicina de la Universidad Nacional de Trujillo. Los animales fueron manipulados según las Normas de Ética de Experimentación Animal (Pardo, 2008). Los animales se aclimataron durante 07 días a una temperatura de 20 a 22°C, distribuidos aleatoriamente en 05 grupos de 08 animales cada uno, recibiendo agua libre y alimento (crecimiento). Al octavo día los animales fueron puestos en ayunas por 24 horas antes de suministrarles el extracto vegetal. Se les pesó y asignó una rotulación, se anotó en una ficha de recolección de datos (Beltrán, 2015). Se aplicaron los tratamientos por tres días a través de una sonda orogástrica a través de una cánula metálica, consistentes en una dosis de la esencia del vegetal y una dosis de sucralfato que fue comparado con los grupos testigo y control, teniendo en cuenta la definición de los siguientes grupos: Inducción de lesiones ulcerosas por consumo de etanol absoluto (Marhuenda, 2005).

Grupo I: testigo que solo recibió solución salina fisiológica (SSF 0,9%).

Grupo II: ratas con úlcera gástrica (grupo control) recibieron una dosis de solución salina fisiológica (SSF) y una hora después fueron inducidos con etanol absoluto.

Grupo III: una dosis de 0,4 mL/Kg del extracto vegetal después de una hora se aplicó una dosis de etanol absoluto.

Grupo IV: dos dosis de 0,4 mL/Kg del extracto vegetal después de una hora se aplicó una dosis de etanol absoluto.

Grupo V: una dosis de sucralfato después de una hora se aplicó una dosis de etanol absoluto.

Repeticiones: Se trabajaron con 5 grupos de 08 animales cada uno (Beltrán, 2015).

### **Extracción de la cavidad gástrica y estudio histopatológico**

Seis horas después de la lesión gástrica con etanol, las ratas fueron anestesiadas con pentobarbital sódico (50mg/Kg de peso, vía intraperitoneal) y se procedió a una laparotomía, seguida de gastrectomía. Se seccionó aproximadamente la curvatura mayor del estómago para la evaluación de las lesiones ulcerosas. El contenido gástrico se descartó y se lavó con solución salina fisiológica (SSF 0,9%). Se mantuvo la cavidad gástrica en vasos Beaker con solución salina helada hasta su inspección ocular. Se extendió el estómago sobre una plancha de corcho, fijándose mediante el uso de alfileres y luego se colocó en el microscopio estereoscópico para la evaluación del número y tamaño de lesiones de la mucosa gástrica obteniendo observándose las vistas macroscópicas y microscópicas de los estómagos de los animales.

Las biopsias obtenidas fueron fijadas en formaldehído neutro al 10% y luego se enviaron en frascos rotulados con el código del animal correspondiente al laboratorio de histopatología de la ciudad de Trujillo. Las láminas se colorearon con hematoxilina/eosina. Luego se procedió al análisis histopatológico y al fotografiado correspondiente.

El índice o grado de ulceración (IU) se expresó como el total de milímetros (mm<sup>2</sup>) contados teniendo en cuenta el largo y el ancho de cada lesión. Los resultados se expresaron en porcentajes de inhibición respecto al índice de ulceración del grupo control, según:

Siendo:

I.U.c: Índice de ulceración medio del grupo control.

I.U.p: Índice de ulceración medio del grupo problema o patrón.

Análisis Estadístico: Para la comparación de grupos se utilizó el test T-Student, donde se aceptó un valor significativo de  $p < 0,05$ . Para establecer la diferencia significativa entre grupos, con un nivel de confianza de 95% se empleó la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis.

### **3. RESULTADOS**

En la tabla 1 se observa que la superficie total de lesiones ulcerosas, a una hora después de administrarse una dosis de etanol fue de 41,3 mm<sup>2</sup> (grupo control). El grupo testigo exhibió una mucosa sana (figura 1). La proporción de la lesión gástrica inducida con dos dosis del extracto de tocosh, muña y uña de gato el nivel de ulceración fue de 1,36 mm<sup>2</sup> con una merma de 96,2% de la superficie gástrica lesionada al ser contrastados con el grupo V al que se administró sucralfato demostró un alto efecto citoprotector. Entre los grupos III, IV y V comparado con el grupo control hubo diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ). Referente a la tabla 2 y figura 2 (análisis microscópico) se observa que el 87,5% de los animales tratados del grupo control presentó injurias ulcerosas reconocidas por notables erosiones espaciales y grandes con hemorragia muy severa; y al ser cotejadas con los grupos IV y V que recibieron dos dosis del extracto vegetal y sucralfato exhibieron ambos grupos lesiones leves (87,5%) y lesiones moderadas (12,5%) presentando diferencias significativas ( $p < 0,001$ ). Referente a la tabla 3, los resultados macroscópicos nos señalan que las injurias ulcerosas fueron ausentes (figuras 3 y 4) en el mayor número de animales, percibiéndose el mayor espesor de la cavidad gástrica e hiperemia como las cualidades más resaltantes en los grupos III, IV y V.

**Tabla 1:** Examen macroscópico del efecto de *Solanum tuberosum* L. “papa”, *Minthostachys mollis* L. “muña” y *Uncaria tomentosa* L. “uña de gato” frente a lesiones ulcerosas en ratas inducidas por etanol.

Grupo	Nº de ratas	Nivel de ulceración I.U. (mm2)	Disminución (%)
I. Testigo	8	-	-
II. Control	8	41,3 ± 5,62	-
III. Una dosis de tocosh, muña y uña de gato	8	2,74 ± 2,08	89,6
IV. Dos dosis de tocosh, muña y uña de gato	8	1,36 ± 1,17**	96,2
V. Sucralfato	8	2,88 ± 2,03*	91,5

\* p > 0,05; \*\*p < 0,05

**Tabla 2:** Nivel de injuria microscópica del cuerpo y antro del estómago en ratas con daño gástrico inducido por etanol y procesados con *Solanum tuberosum* L. “papa”, *Minthostachys mollis* L. “muña” y *Uncaria tomentosa* L. “uña de gato” por grupo

Grado de lesión <sup>3</sup>	I <sup>2</sup>		II		III		IV		V	
	nº	%	nº	%	n	%	n	%	n	%
Leve (+)	-	-	-	-	6	75	7	87,5	6	75
Moderado (++)	-	-	-	-	1	12,5	1	12,5*	1	12,5**
Severo (+++)	-	-	1	12,5	-	-	-	-	-	-
Muy severo (++++)	-	-	7	87,5	1	12,5	-	-	1	12,5

\*p>0,001 \*\*p<0,05

<sup>2</sup>Grupo I: Testigo; II: Control (etanol) III: una dosis de *Solanum tuberosum* L. “papa”, *Minthostachys mollis* L. “muña” y *Uncaria tomentosa* L. “uña de gato” y etanol; IV: dos dosis de *Solanum tuberosum* L. “papa”, *Minthostachys mollis* L. “muña” y *Uncaria tomentosa* L. “uña de gato” y etanol; V: una dosis de sucralfato y etanol.

<sup>3</sup>Grado leve: Ligero edema y congestión

Grado moderado: Regular edema, congestión y sangrado

Grado severo: Puntos de erosión, con edema, congestión y sangrado.

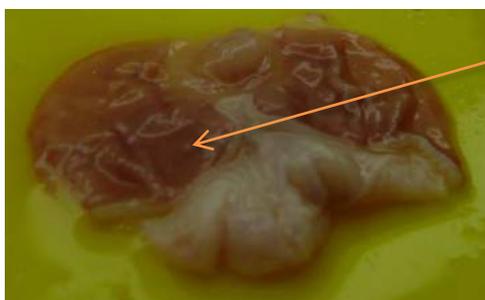
Grado muy severo: Marcadas erosiones, pequeñas o amplias y extensas, o úlceras.

**Tabla 3:** Injurias gástricas macroscópicas (cuerpo y antro) en 08 ratas tratadas con *Solanum tuberosum* L. “papa”, *Minthostachys mollis* L. “muña” y *Uncaria tomentosa* L. “uña de gato” con daño gástrico causado por etanol por grupo experimental.

Observaciones	animales dañados					Conjunto de afectados <sup>1</sup>
	I <sup>2</sup>	II	III	IV	V	
Ensanchamiento de la pared gástrica	0	5	2	1	1	4
Amplitud de la pared gástrica	0	6	2	1	2	5
Mucosa erosionada	0	2	2	0	1	3
Hiperemia	0	5	3	1	2	6
Secreción de la mucosa						
. Ambarino	0	5	1	0	1	2
. Bermejo	0	3	0	0	0	0
Úlceras						
. Solas y diversas	0	8	1	0	1	2
Ausencia	5	0	7	8	7	22

De un conjunto de 24 animales (grupos III, IV y V que solamente recibieron tratamiento)

<sup>2</sup> Grupo 1: Testigo; II: Control (etanol); III: una dosis de tocosh, *Minthostachys mollis* L. “muña” y *Uncaria tomentosa* L. “uña de gato” y etanol; IV: dos dosis de tocosh, *Minthostachys mollis* L. “muña” y *Uncaria tomentosa* L. “uña de gato” y etanol; V: una dosis de sucralfato y etanol.



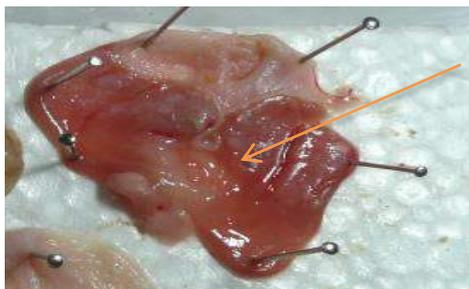
**MUCOSA SANA**

**Figura 1.** Pared gástrica sana de rata del grupo I que tomó solución salina fisiológica.



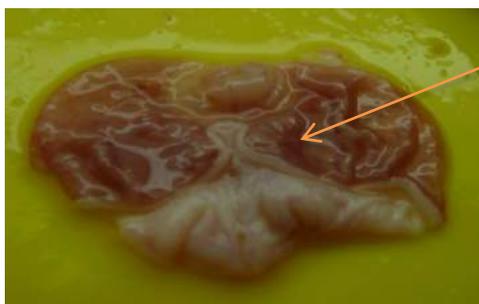
**NECROSIS HEMORRÁGICA**

**Figura 2.** Mucosa gástrica ulcerosa de rata grupo II con una dosis de etanol.



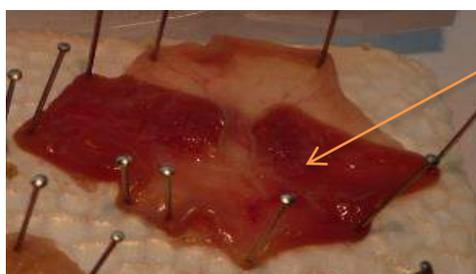
**AUSENCIA DE FOCOS  
HEMORRÁGICOS**

**Figura 3.** Cavity gástrica salubre de rata del grupo III con una dosis de la esencia vegetal



**MUCOSA  
REGENERADA**

**Figura 4.** Mucosa gástrica sana de rata del grupo IV con dos dosis del extracto



**TEJIDO  
EPITELEAL  
VIGOROSO**

**Figura 5.** Mucosa gástrica vigorosa de rata del grupo V con una dosis de sucralfato

#### **4. DISCUSIÓN**

En la evaluación macroscópica cuantitativa, el grupo I donde se administró solución salina fisiológica (0,9%) más etanol alcanzó un promedio  $41,3 \pm 5,62\%$  del total del área glandular del estómago, correspondiendo el 94,38 % a la superficie de la injuria gástrica producida por el efecto del etanol 96° siendo este porcentaje mayor a lo encontrado por Sandoval *et al.* 2015 quienes ejecutando un estudio similar usando tocosh de papa con etanol de 70° encontraron un 27,4% de daño gástrico; sin embargo concordamos con Escudero y Álvarez (2018) y Gonzales con Llanos (2012) quienes aplicando etanol 96° encontraron un área de daño ulceroso similar a lo referido en este estudio. Coincidimos con el análisis ejecutado por Romero (2017) y Loli *et al.* 2016, quienes usando etanol 70° hallaron una superficie gástrica altamente necrosada en casi todos los animales del grupo de control.

Los resultados de este estudio evidenciaron una reducción significativa de daño ulceroso inducido por etanol en el grupo de ratas que recibieron el extracto (0,4 mL/Kg y 0,8 mL/Kg) a una dosis y dos dosis de *Solanum tuberosum* L. “papa”, *Minthostachys mollis* L. “muña” y *Uncaria tomentosa* L. “uña de gato” cotejado con el grupo control que solo recibió etanol. Coincidimos con Loli et al., (2016) que comprobaron con el tratamiento con tocosh de papa a una dosis alta (800 mg/Kg de peso por canulación orogástrica) obtuvieron una actividad reparadora de la cavidad gástrica ulcerosa muy significativamente de dos a tres días de tratamiento oral, coincidiendo con el tratamiento de omeprazol. Sin embargo, en el presente estudio las dos dosis del extracto (0,8 mg/Kg) tuvo un mejor efecto de citoprotección (Carranza y Huamanchaqui, 2017; Leyva, 2016) a la mucosa gástrica que la aplicación de una sola dosis; incluso fue mejor su efecto protector que la aplicación de sucralfato a dosis de 30 mg/Kg, tal como se señala en la tabla 1.

Concordamos con Alaya y Alaya (2017) quienes afirman que a más alta dosis empleada del extracto crudo de *Solanum tuberosum* “papa” mayor reparación de tejido dañado; es por eso que en el grupo IV donde se usó dos dosis del extracto de *Solanum tuberosum* L. “papa”, *Minthostachys mollis* L. “muña” y *Uncaria tomentosa* L. “uña de gato” no se hallaron úlceras hemorrágicas graves.

La elevada bioprotección ofrecida por el extracto mixto de *Solanum tuberosum* “papa”, *Minthostachys mollis* L. “muña” y *Uncaria tomentosa* L. “uña de gato” se debería a sus componentes fitoquímicos que poseen estas plantas en estudio pues según investigaciones recientes se encontró que contenían sustancias fenólicas, antocianinas, flavonoides, taninos, alcaloides, ácidos fenólicos (Sandoval et al., 2015; Navarro et al., 2019; Huamaní, 2015). Estas sustancias orgánicas serían las responsables del mejor efecto bioprotector y a la vez antioxidante del extracto descubierto y corroborado en este análisis (Pawer et al., 2018).

En la tabla 3 se contempla que, de 24 ratas inducidas con injuria gástrica por etanol absoluto, solamente dos presentaron úlceras gástricas; esto nos demuestra el poder citoprotector y regenerativo del extracto de *Solanum tuberosum* L. “papa”, *Minthostachys mollis* L. “muña” y *Uncaria tomentosa* L. “uña de gato” (figuras 3 y 4) contra el efecto oxidante del etanol. Si observamos que en el grupo IV donde se administró dos dosis del extracto no se descubrió animal alguno con úlceras; incluso la citoprotección del extracto fue superior a lo que ofreció el sucralfato aplicado en los animales del grupo V (Segovia, 2019).

Respecto al ensanchamiento anormal de la cavidad gástrica (tabla 3) de 24 ratas tratadas solo 4 de ellas presentaron esta característica anormal corroborándose que donde se administró las dos dosis del extracto (Alexis y Zurita, 2017) conjuntamente con el sucralfato hubo menos animales con injuria. Aún nuestros resultados con la aplicación del extracto fueron mejores que los hallados por Pérez (2019) usando sucralfato en un modelo de animales.

Con mucosa erosionada de un total de 24 ratas, solo tres animales exhibieron este deterioro notándose que el grupo IV ningún animal mostró este perjuicio (figura 5) por acción del etanol. Escasamente se exteriorizó exudado mucoso (ambarino y bermejo), los compuestos fenólicos (Valdiviezo et al., 2020) que posee el extracto ensayado serían los responsables del mejoramiento del tejido expuesto a la actividad del inductor ulceroso (Katzung y Trevor, 2016).

En las condiciones experimentales ensayadas los extractos administrados presentaron un efecto citoprotector sobre la mucosa gástrica dañada.

## **5. CONCLUSIÓN**

El extracto mixto de *Solanum tuberosum* “papa”, *Minthostachys mollis* L. “muña” y *Uncaria tomentosa* L. “uña de gato” presentó efecto citoprotector sobre la mucosa gástrica dañada.

## 6. CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Luis Felipe Gonzales Llontop: Recolección de material biológico y análisis de laboratorio. Redacción del manuscrito. Mariel del Rocío Chotón Calvo: Análisis estadístico. Julio Chico Ruíz: Elaboración de tablas y figuras. Redacción del manuscrito y redacción final

## 7. CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran no tener conflicto de interés alguno.

## 8. FINANCIAMIENTO

Este estudio fue financiado por los propios autores

## 9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alaya, D., y Alaya, J. (2017). Efecto anticancerígeno del extracto crudo del tubérculo morado de *Solanum tuberosum* "papa", en *Rattus rattus* var. albinus con cáncer de estómago inducido con 2,2 difenil-picril-hidrazilo (DPPH). Tesis Bachiller. Universidad Privada Antonio Guillermo Urrelo. Cajamarca. Perú. 126 pp. <http://repositorio.upagu.edu.pe/bitstream/handle/UPAGU/462/FYB-006-2017.pdf?sequence=1>
- Alexis, A., y Zurita, M. (2017). Efectividad antimicrobiana del aceite esencial de *Minthostachys mollis* (tipo) al 25, 50, 100 % frente a *Porphyromonas gingivalis*. Tesis de Bachiller. Universidad Central del Ecuador. Quito, Ecuador. 111 pp. <http://dx.doi.org/10.23857/dom.cien.pocaip.2017.3.1.3-20>.
- Alva, D.; Avalos, S., y Jara, M. (2015). Efecto del extracto acuoso del fruto de *Capsicum pubescens* sobre úlceras gástricas inducidas en *Rattus rattus* var. albinus. *Rev. Farmaciencia*, 3 (1): 31-38.
- Beltrán, R. (2015). Metodología de la Investigación Científica. 1ra. Ed. Concytec. Perú. 176 pp.
- Chiarioni, G., Pesce, M., Fantin, A. y Sarnelli, G. (2018) Tratamiento complementario y alternativo en dispepsia funcional. *United Eur Gastroenterol J*, 6: 5–12. <https://doi.org/10.1177/2050640617724061>.
- Bussmann, R., y Sharon, D. (2016). Plantas medicinales de los Andes y la Amazonía-La flora mágica y medicinal del Norte del Perú. *Ethnobotany Research and Applications*, 15(1):1-293.
- Carranza, R., y Huamanchaqui, A. (2017). Efecto cicatrizante de una crema a base de *Solanum tuberosum* (tocosh) y membrana testácea de huevo de gallina en ratones albinos con lesiones por heridas punzo cortantes. Tesis de Bachiller. Universidad Inca Garcilaso de la Vega. Facultad de Ciencias Farmacéuticas y Bioquímica <http://repositorio.uigv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.11818/2135/Tesis-%20Carranza%20%20Rosa-%20Huamanchaqui%20Ayme.pdf?sequence=3>.
- Escudero, L., y Álvarez, P. (2018). Efecto gastroprotector del extracto acuoso del tocosh de *Solanum tuberosum* en úlceras gástricas en ratas albinas. Tesis Bachiller. Universidad Inca Garcilaso de la Vega. Lima. Perú: 55pp.
- Gallegos, M. (2016). Las plantas medicinales: principal alternativa para el cuidado de la salud, en la población rural de Babahoyo, Ecuador. *An. Fac. Med*, 77(4): 327-332.], Disponible en: [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1025-5832016000400002&lng=es. &lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1025-5832016000400002&lng=es. &lng=es&nrm=iso).
- González, L., y Llanos, J. (2012). Efecto gastroprotector del extracto total de *Solanum tuberosum* L. var. "papa blanca" y *Croton lechleri* L. "sangre de grado" en *Rattus rattus* var. albinus con daño gástrico por acción del etanol. *Sciendo*, 15(2): 28-38.
- Gonzales, L., Chotón, M., y Chico, J. (2020). Un extracto combinado de *Echinopsis pachanoi* L. "San Pedro" y *Aloe vera* L. "sábila" disminuye las lesiones por gastritis hemorrágica en *Rattus rattus* var. albinus. *Rev. Manglar*, 17(2): 147-152. <http://dx.doi.org/10.17268/manglar.2020.022>.
- Gutiérrez, W. (2017). Evaluación de los compuestos fenólicos del extracto de las hojas de muña (*Minthostachys spicata*) en el queso tipo paria. Tesis Bachiller. Universidad Nacional del Altiplano. Puno. Perú. 107pp.

- [http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/8818/Gutierrez\\_Condori\\_Wilmar.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/8818/Gutierrez_Condori_Wilmar.pdf?sequence=1&isAllowed=y).
- Honorio, C., Bertoni, B., y Pereira, A. (2016). *Uncaria tomentosa* and *Uncaria guianensis* an agronomic history to be written. *Ciencia Rural*, 46(8):1401-1410. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20150138>
- Huamani, W. (2015). Estudio de compuestos bioactivos del aceite esencial de muña (*Minthostachys mollis*) por cromatografía de gases espectrometría de masas en tres niveles altitudinales del distrito de Huando. Tesis Bachiller. Universidad Nacional de Huancavelica. 141 pp. <http://repositorio.unh.edu.pe/bitstream/handle/UNH/116/TP%20%20UNH%20AGROIND%20%200030.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Huari, M. (2014). Efecto antibacteriano in vitro del aceite esencial de *Minthostachys mollis* (muña) en *Streptococcus mutans*. Tesis Bachiller. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima. Perú. 97 pp. [http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/3680/Huari\\_gg.pdf?sequence=1](http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/3680/Huari_gg.pdf?sequence=1)
- Katzung, B., y Trevor, A. (2016). *Farmacología Básica y Clínica*. 13ava. Ed. Mc Graw Hill S.A. México.
- Leyva, J. (2016). Evaluación de la toxicidad gástrica con el tratamiento de indometacina, diclofenaco y omeprazol en ratas. *Rev. Thamati Sabiduría*, Vol. (7): 1-12.
- Loli, R., Sandoval, M., Callohuari, R. y Mundaca, L. (2016). Tratamiento regenerativo de la mucosa gástrica con la mazamorra de tocosh de papa, en animales de experimentación. *Theorēma*, Vol. 3(4): p. 91-97.
- Lozada, I., Núñez, C., Álvarez, Y., Kahn, L., y Aguilar J. (2015). Poblaciones linfocitarias, células dendríticas y perfil de citoquinas en ratones con melanoma tratados con *Uncaria tomentosa*. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 32(4):633-642.
- Marhuenda, R., y Bravo, D. (2005). *Manual de Farmacoterapia*. Madrid. Ed. Elsevier.
- Moya, W. 2017. Efecto de diferentes concentraciones del extracto hidroalcohólico de *Uncaria tomentosa* en el crecimiento de *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli*. Tesis Maestría. Universidad Nacional de Trujillo. <http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/4546/Floreano%20%20Vega%2C%20Marleny%20Lucia.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Navarro, M., Arnaez, E., Moreira, I., Hurtado, A., Monge, D., y Monagas, M. (2019). Composición polifenólica y actividad antioxidante de los productos comerciales de corteza de *Uncaria tomentosa*. *Rev. Antioxidantes*, 8 (9):339. <https://doi.org/10.3390/antiox8090339>.
- Núñez, C., Lozada, I., Ysmodes, T., Zegarra, D., Saldaña, F. y Aguilar, J. (2015). Inmunomodulación de *Uncaria tomentosa* sobre células dendríticas, IL-12 y perfil TH1/TH2/TH17 en cáncer de mama. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 32:643-651.
- Pardo, A. (2005). Ética de la Experimentación Animal: directrices legales y éticas contemporáneas. *Cuad. Bioét*, Vol. 16, N° 58: 393-417.
- Pawer, D., Park, Su., Roca, M., y Salazar, A. (2018). Diferencias en la presencia de alcaloides y fenoles de cinco muestras de muña de expendio informal procedentes de mercados populares en Lima. Perú. *Horiz. Med*, 18(3): 25-29. <https://doi.org/10.24265/horizmed.2018.v18n3.05>.
- Pérez, E. (2019). Efecto regenerador del extracto hidroetanólico seco de hojas de *Psoralea glandulosa* (culén) sobre tejido gástrico con úlceras inducidas por etanol en ratas. Tesis Bachiller. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. [http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/9404/Perez\\_ae.pdf?sequence=1](http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/9404/Perez_ae.pdf?sequence=1).
- Ramos, C. (2017). Tocosh: Conoce más de este alimento que combate la gastritis y úlceras. Disponible en: <https://diariocorreo.pe/gastronomia/pacientes-buscan-el-tocosh-para-curarse-de-gastritis-y-úlceras-616423/>.
- Rodríguez, B. y Santa María, L. (2017). Eficacia antifúngica in vitro de *Uncaria tomentosa* frente a *Eucalyptus globulus* sobre *Candida* sp. Tesis bachiller. Universidad Privada Antenor Orrego.

[http://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/upaorep/2421/1/RE\\_OBST\\_BETTY.RODRIGUEZ\\_LOURDES.SANTA.MARIA\\_EFICACIA.ANTIFUNGICA.IN.VITRO.DE.UNCARIA\\_DATOS.PDF](http://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/upaorep/2421/1/RE_OBST_BETTY.RODRIGUEZ_LOURDES.SANTA.MARIA_EFICACIA.ANTIFUNGICA.IN.VITRO.DE.UNCARIA_DATOS.PDF).

- Romero, L. (2017). Efecto gastrorregenerador de la ingesta de “mazamorra de tocosh” de Zea mayz frente al daño inducido por etanol en ratas. Tesis Bachiller. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. <http://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/7789>.
- Sandoval, M., Tenorio, J., Tinco, A., Loli, R., y Calderón, S. (2015). Efecto antioxidante y citoprotector del tocosh de Solanum tuberosum ‘papa’ en la mucosa gástrica de animales de experimentación. An. Fac. Med, 76(1): p. 15-20. <https://doi.org/10.15381/anales.v76i1.11070>.
- Segovia, L. (2019). Efecto gastrorregenerador de la administración del extracto hidroetanólico de hojas de Moringa oleífera (moringa) sobre úlceras gástricas inducidas por etanol en ratas. Tesis Bachiller Universidad Nacional Mayor de San Marcos. [http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/10769/Segovia\\_sb.pdf?sequence=1](http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/10769/Segovia_sb.pdf?sequence=1).
- Tapia, Y. (2019). Eficacia antibacteriana in vitro de la Uncaria tomentosa, Clorhexidina y Uncaria tomentosa asociada a la clorhexidina sobre el Enterococcus faecalis, 2012. Tesis Bachiller. Universidad Católica Santa María. <http://tesis.ucsm.edu.pe/repositorio/handle/UCSM/9206>.
- Ulloa, G., Aguilar, M., De Lama, M., Camarena, J., y Del Valle, J. (2015). Antibacterial activity of five Peruvian medicinal plants against Pseudomonas aeruginosa. Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine, 5(11):928-931. <https://doi.org/10.1016/j.apjtb.2015.07.016>.
- UMSA, (2011). Biblioteca virtual de pueblos indígenas. La Paz: Universidad Mayor de San Andrés. <http://pueblosindigenas.bvsp.org.bo/php/level.php?lang=es&component=50&item=3>.
- Urdanibia, L., y Taylor, P. (2018). Uncaria tomentosa (Willd. ex Schult.) DC. and Uncaria guianensis (Aubl.) JF Gmel. In Medicinal and Aromatic Plants of South America, 453-463. [http://10.1007/978-94-024-1552-0\\_41](http://10.1007/978-94-024-1552-0_41).
- Valdiviezo, J., Blanco, C., Olascuaga, K., y Rubio, S. (2020). Uncaria tomentosa (Willd.) DC. (Rubiaceae): Especie nativa del Perú, medicamento herbolario reconocido por la medicina tradicional. Ethnobotany Research y Applications, Vol. (1):19:13. <http://dx.doi.org/10.32859/era.19.13.1-1>

**Citar como:**

Gonzales, L.; Chico, J.; Chotón, M. 2020. Efecto citoprotector del extracto mixto de *Solanum tuberosum* L. “papa”, *Minthostachys mollis* L. “muña” y *Uncaria tomentosa* L. “uña de gato” en las lesiones ulcerosas de ratas inducidas por etanol. REBIOL 40(2):177 -187. DOI: <http://dx.doi.org/10.17268/rebiol.2020.40.02.06>.

## Artículo Original

# DEMANDA, COLECTA Y CALIDAD DEL AGUA DE LLUVIA EN LA COMUNIDAD NATIVA YAHUAHUA, NIEVA, AMAZONAS (PERÚ)

## DEMAND, COLLECTION AND QUALITY OF RAINWATER IN THE NATIVE COMMUNITY YAHUAHUA, NIEVA, AMAZONAS (PERÚ)

Edwin Adolfo Díaz-Ortiz<sup>1\*</sup>, César Augusto Medina-Tafur<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental, Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, Calle Higos Urco N° 342-350-356-Calle Universitaria N° 304 – Ciudad Universitaria, Chachapoyas, Perú.

<sup>2</sup> Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional de Trujillo, Av. Juan Pablo II s/n - Ciudad Universitaria, Trujillo, Perú.

**Autor para correspondencia:** \*edwin.diaz@untrm.edu.pe

Edwin Adolfo Díaz Ortiz:  <https://orcid.org/0000-0001-7213-9552>

César Augusto Medina Tafur:  <https://orcid.org/0000-0002-3506-849X>

**Recibido: 7 de setiembre 2020 / Aceptado: 30 de noviembre 2020**

### RESUMEN

En su mayoría los habitantes de las comunidades nativas de Amazonas no tienen acceso al agua para su consumo, pero disponen de agua de lluvia, como uno de los recursos más importantes; por ello el objetivo de la investigación fue implementar un prototipo de sistema para potabilizar el agua de lluvia en la comunidad nativa Yahuahua. Se efectuó la colecta y el análisis de las muestras del agua de lluvia. La colecta se realizó con dos pluviómetros, se determinó la colecta diaria y se evaluó la demanda para una familia de 6 personas, mediante el empleo de un prototipo de sistema de recolección, almacenamiento, tratamiento y abastecimiento, sustentado en la metodología y recomendaciones de la Organización Panamericana de la Salud (OPS) y del Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria (CEPIS); además, se determinó el volumen del tanque de almacenamiento mediante la evaluación de la oferta y la demanda. La colecta máxima diaria mensual varía de 1,44 a 2,88 m<sup>3</sup> y el promedio diario mensual de 0,29 a 0,55 m<sup>3</sup> de agua de lluvia que satisface la demanda diaria de 0,18 m<sup>3</sup> para de una familia de seis personas y un volumen de almacenamiento de 1 167 litros. El análisis de las muestras se hizo con los métodos 4500-H\*, 2320B, 4500-C1-B, 2340C, 4500 NH<sub>3</sub> C, 3120-B (Método de Plasma de Acoplamiento Inductivo) de las normas APHA, AWWA, WPCF; 8039, 8507, 819000 norma HACH; 375.4 norma EPA y Técnica Estandarizada de Fermentación en Tubo Múltiple (NMP) de coliformes totales. El agua de lluvia procesada por el prototipo y tratada con hipoclorito de sodio al 5%, con una concentración de 28 ml para 1 000 litros, cumple con la calidad de agua para consumo humano establecida en la norma peruana D.S.-031-2010-SA.

**Palabras claves:** Colecta de agua de lluvia, cantidad y calidad, Amazonas

### ABSTRACT

Most of the inhabitants of the native communities of the Amazon do not have access to water for their consumption, but they do have rainwater, as one of the most important resources; Therefore, the objective of the research was to implement a prototype system to make rainwater drinkable in the Yahuahua native community. The collection and analysis of the rainwater samples was carried out. The collection was carried out with two rain gauges, the daily collection was determined and the demand for a family of 6 people was evaluated, through the use of a prototype collection, storage, treatment and supply system, based on the methodology and recommendations of the Pan American Health Organization (PAHO) and the Pan American Center (CEPIS); In addition, the volume of the storage tank was determined by evaluating supply and demand. The maximum daily monthly collection varies from 1,44 to 2,88 m<sup>3</sup> and the daily monthly average of 0,29 to 0,55 m<sup>3</sup> of rain water that meets the daily needs of 0,18 m<sup>3</sup> for a family of six people and a volume storage of 1167 liters. The analysis of the samples was done with the methods 4500-H\*, 2320B, 4500-C1-B, 2340C, 4500 NH<sub>3</sub>C, 3120-B (Inductive Coupling Plasma Method) of the APHA, AWWA, WPCF standards; 8039, 8507, 819000 HACH standard; 375.4 EPA standard and Standardized Multiple Tube Fermentation Technique (NMP) of total coliforms. The rainwater processed by the prototype and treated with 5% sodium hypochlorite, with a concentration of 28 ml for 1 000 liters, complies with the quality of water for human consumption established in the Peruvian standard DS-031-2010-SA.

**Keywords:** rainwater collection, quantity and quality, Amazonas

## 1. INTRODUCCIÓN

La escasez de agua potable es uno de los mayores problemas de los países en desarrollo y ocasionan que su suministro no satisfaga la demanda según el Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia - UNICEF y la Organización Mundial de la Salud - OMS (UNICEF y OMS, 2015). En el mundo más del 90% de personas tienen acceso a fuentes mejoradas de agua potable y unos 663 millones no la tienen; así también (Avelar et al., 2019) señala que la política de suministrar agua mediante una red de agua potable para las comunidades rurales resulta insostenible; por lo que ocasionan mayor esfuerzo a los gobiernos para proporcionar agua potable a nivel mundial, recurriendo a la mejora de sus procesos para el aprovechamiento del agua de lluvia (Martínez-Santos, 2017).

Por otra parte, los países que se acogieron al protocolo de Kioto, entre ellos el Perú, han tenido en cuenta el agua de lluvia para el mejoramiento o la ejecución de sistemas de suministro a nivel público o privado, agrícola, empresarial o colectivo; asimismo la Asociación Internacional de Sistemas de Captación de Agua de Lluvia (IRCSEA) con sede en Dhaka, Bangladesh promueve desde 1982 el uso de sistemas de captación de agua de lluvia con tecnologías y conferencias; otra experiencia mundial es la “Declaración Conjunta sobre el Aprovechamiento de Agua de Lluvia”, editada el día Mundial del Agua en 2011 por 40 entidades internacionales, en la que se estimula el aprovechamiento de las potencialidades de este recurso (Gnadlinger, 2015; Torres, 2019).

Los análisis de la colecta y de la calidad del agua de lluvia, en la época de lluvia y de estiaje, coadyuva a determinar, mediante el análisis de oferta y demanda su aprovechamiento en cantidad, continuidad y calidad suficiente o su empleo con limitaciones, para los pobladores de las comunidades nativas de la selva peruana. La escasez de agua potable es uno de los mayores problemas de los países en desarrollo y ocasionan que su suministro no satisfaga la demanda (UNICEF y OMS, 2015). En el mundo más del 90% de personas tienen acceso a fuentes mejoradas de agua potable y unos 663 millones no la tienen; por lo que ocasionan mayor esfuerzo a los gobiernos para proporcionar agua potable a nivel mundial, recurriendo a la mejora de sus procesos para el aprovechamiento del agua de lluvia (Martínez-Santos, 2017).

En el continente africano, en países como Botswana, Togo, Mali, Malawi, Namibia, Zimbabue, el agua de lluvia se ha constituido en una alternativa importante, toda vez que las fuentes apropiadas en calidad y seguridad son escasas, aunado a ello las tecnologías inapropiadas y la pobreza extrema. Sin embargo, no ha tenido los resultados esperados debido a las bajas precipitaciones, a la reducida área de las cubiertas de los techos, así como a la escasez de materiales base como arena, cemento y al alto costo empleado contra los ingresos nacionales; por lo que las inversiones, principalmente de agencias de cooperación internacional, en sistemas de captación de agua de lluvia son informales, con tecnologías de bajo costo, empleo de materiales disponibles en la zona y de allí que de baja eficiencia y de baja calidad del agua resultante (León et al., 2016).

Antiguamente en Asia según León et al. (2016) la captación y aprovechamiento del agua de lluvia es un esfuerzo técnico, por iniciativa de agricultores o desarrollo científico, para aumentar el agua de lluvia que se almacena en el suelo o en estructuras construidas para usarla frente al déficit de lluvia; esta idea se ha extendido y hoy en día en Singapur el 86% de los edificios destinados a departamentos tienen techos exclusivamente construidos para captar el agua de la lluvia y luego almacenarlos en cisternas; así en Ronjinson, Tokio han instalado una estructura de colecta de agua que la transporta a un pozo subterráneo y de allí, mediante bombeo manual, se usa en riego de jardines, limpieza de fachadas, de pisos o para combatir incendios (León et al., 2016).

En Estados Unidos existen más de 50 empresas especializadas en diseño e instalación de

sistemas de aprovechamiento del agua de lluvia y alrededor de medio millón de personas utilizan estos sistemas. Una experiencia muy interesante se presenta en Toronto, Canadá, en donde el Healthy House o casa saludable es autosuficiente para su abastecimiento de agua potable, en base al agua de lluvia, que se compone de una estructura de techos de recolección, canales y tanque de almacenamiento; el agua de lluvia recibe tratamiento con cal para bajar la acidez y proporcionarle un sabor fresco; para remover las impurezas usa un sistema de filtro de arena fina y carbón activado y el agua se desinfecta mediante radiación ultravioleta (León et al., 2016).

Estudios en los Lagos, Colombia reportan que la superficies de recepción del agua de lluvia o techos, que suministran el agua hacia los sistemas de aprovechamiento, es importante en la medida del material del cual están hechos, tal es así que los techos de asbesto, a diferencia de los de zinc, se ensucian continuamente, tienen elevada cantidad de musgos y restos de hojas que dificultan su limpieza; que los elementos de recolección y conducción, también son de zinc y asbesto, estando los de asbesto siempre sucios y los envases para almacenar el agua, son de plástico y de capacidad insuficiente (Arboleda, 2016).

En el caso de Perú, en la comunidad Awajun Juum del departamento Amazonas, Jiménez, (2017) utilizó un sistema de aprovechamiento de la lluvia con un sistema de captación de agua pluvial de techo (SCAPT) y determinó mediante evaluación económica que es un sistema viable y sostenible. Así también, en la comunidad Vilca Maquera en Puno se evaluaron coberturas de viviendas rurales para la captación del agua de lluvia con fines de consumo humano, diseñándose un sistema de captación, almacenamiento y bombeo, concluyéndose que el agua captada cubre los requerimientos de agua de la población y los parámetros de calidad de agua están dentro de los valores establecidos por los estándares nacionales de calidad ambiental (Chino et al, 2016).

La comunidad nativa Yahuahua, en el centro poblado menor Urakusa, distrito Nieva, provincia Condorcanqui en el departamento Amazonas, tiene 217 habitantes distribuidos en viviendas de material de la zona (estructura y cubiertas de madera, techos de palmera y calamina), es una comunidad organizada y dirigida por una autoridad local denominada Apu; así también carece de servicios de calidad en educación, salud, acceso a energía eléctrica. Cuenta con servicios de educación inicial y primaria alejadas a sus viviendas, saneamiento con pozos ciegos y con un abastecimiento de agua proveniente de un manantial estacional y de una quebrada, las cuales no reúnen las características y parámetros establecidos en el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano del Ministerio de Salud del Perú según el D.S. N° 031-2010-SA (Ministerio de Salud, 2011).

El agua de lluvia para el consumo humano en esta zona de la amazonia, en general, es el insumo único para producir agua potable, donde las fuentes de aguas superficiales como de las quebradas están altamente contaminadas y como también las fuentes de agua subterránea existentes en estas zonas. Empezar proyectos de captación y tratamiento de estas aguas contaminadas en zonas como de la selva, como es el caso de la comunidad nativa de Yahuahua en Perú, requieren de infraestructura compleja y de personal técnico capacitado en estos procesos; en consecuencia los costos de construcción, operación y mantenimientos de este tipo de plantas de tratamiento de agua superficial son muy elevados y cuya condición y naturaleza socioeconómica de sus pobladores no podrían asumirlos (Campisano et al.,2017).

Por otro lado, en nuestro país se puede utilizar el agua de lluvia para el consumo humano, siempre que cumpla con condiciones básicas de las normativas en cuanto se refiere a los parámetros físicos, químicos y bacteriológicos, según lo establecido en D.S. N° 031-2010-SA (Ministerio de Salud, 2011), asimismo, dentro del marco de la modernización de los servicios de saneamiento se establece una serie de medidas orientadas al incremento de la cobertura y al aseguramiento de la calidad y la sostenibilidad de los servicios de saneamiento a nivel nacional,

promoviendo el desarrollo, la protección ambiental y la inclusión social mediante Ley 30045 (Congreso de la República, 2013); además se deja establecido la dotación, el cálculo del almacenamiento y los componentes del sistema de captación del agua de lluvia, denominado no convencional mediante la R.M. N° 192-2018-VIVIENDA (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018). Asimismo, que el agua de lluvia colectada y procesada satisfaga la demanda hídrica con el cumplimiento de parámetros de calidad es de suma importancia para su uso en las actividades humanas vitales de los pobladores de la comunidad nativa Yahuahua, en Nieva, Condorcanqui, departamento Amazonas en Perú.

La comunidad nativa Yahuahua está en la selva del Perú, distrito Nieva, provincia Condorcanqui, departamento Amazonas, pertenece a la región natural Omagua con altitud de 217 m.s.n.m. La comunidad fue creada hace 22 años y tiene una población censada al año 2017 de 217 personas, un total de 97 viviendas particulares de las cuales solo 81 están ocupadas; además, tiene acceso a educación inicial denominado Programa No Escolarizado de Educación Inicial - PRONOEI y primaria. Al igual que otras comunidades nativas de Amazonas, no tiene servicios básicos de electrificación y saneamiento: agua y desagüe; actualmente usan agua del manantial estacional "Yuminmat" y de la quebrada "Yawawa" con caudal estimado de 0,21 l/s y 35 l/s respectivamente, lugares donde se recoge el agua y es transportado en baldes plásticos, durante 20 minutos, hasta las viviendas donde es almacenada en los mismos baldes de transporte y luego se consume directamente y en algunos casos hervida. Sin embargo, cuenta con un recurso vital que es el agua de lluvia en casi todo el año con una precipitación anual media (periodo 2013 a 2018) de 3121 mm (Instituto Nacional de Estadística, 2017) y temperatura media mensual (periodo 2013 a 2018) de 27°C (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología, 2020), que motivó la ejecución de la presente investigación.

El objetivo fue determinar la demanda, colecta y calidad de agua de un prototipo de sistema para potabilizar el agua de lluvia en la comunidad nativa Yahuahua, durante noviembre 2018 hasta julio 2019.

## **2. MATERIALES Y MÉTODOS**

El área de estudio estuvo ubicada en la comunidad nativa Yahuahua en las coordenadas UTM WGS84 (Este 167542 y Norte 9483136), es una comunidad nativa de la selva del Perú, distrito Nieva, provincia Condorcanqui, departamento Amazonas, pertenece a la región natural Omagua y altitud de 217 m.s.n.m.

La comunidad fue creada hace 22 años y tiene una población censada al año 2017 de 217 personas, un total de 97 viviendas particulares de las cuales solo 81 están ocupadas; además, tiene acceso a educación inicial, según el Programa No Escolarizado de la Educación Inicial (PRONOEI) y primaria, precipitación anual media (periodo 2013 a 2018) de 3121 mm (Instituto Nacional de Estadística, 2017) y temperatura media mensual (periodo 2013 a 2018) de 27°C (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología, 2020), según se muestra en la Figura 1.

### **Muestreo**

La colecta del agua de las lluvias fue registrada diariamente en fichas técnicas, durante el periodo de noviembre 2018 a julio 2019, empleando dos pluviómetros en material acrílico transparente, marca Scientific Sales, modelo 6331 y 280 mm de capacidad, en el área de influencia de la investigación, las coordenadas fueron georreferenciadas con un GPS marca Garmin Monterra y que se indican en la Tabla 1.

## Colecta

El cálculo del volumen de agua colectada y del volumen del tanque de almacenamiento se ha efectuado aplicando la metodología y recomendaciones de la Organización Panamericana de la Salud - OPS y del Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente - CEPIS (Organización Panamericana de la Salud y Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, 2004), empleándose la siguiente fórmula:

$$\text{AGUArecogida} = P_m * A_c * \text{Coef} \quad (1)$$

Donde: AGUArecogida, es la cantidad de agua de lluvia posible de recoger por familia;  $P_m$ , es la precipitación media mensual (mm/mes);  $A_c$ , es el área del techo de recojo del agua de lluvia ( $m^2$ ) y Coef., es el coeficiente de escurrimiento igual a 0,90 para una lámina metálica galvanizada.

El sistema de recolección, almacenamiento, tratamiento y abastecimiento fue diseñado en un área de techo, equivalente al 50 % del área total del techo, de 40  $m^2$  con cobertura de calamina galvanizada, el cual permitió coleccionar el agua que cae sobre su superficie mediante un sistema de recolección, constituido por canaletas galvanizadas semicirculares de 20 cm de diámetro, de allí pasa a un embudo provisto de un tamiz retenedor de hojas, sigue por un sistema de tubería PVC de cuatro pulgadas, provisto de una trampa retenedora de sedimentos y válvula de limpieza, de allí ingresa al tanque de almacenamiento de 1 100 litros en material polietileno con protección a los rayos ultravioleta, que cuenta con tubería de descarga de excedentes en tubería PVC de dos pulgadas y sombrero de ventilación, tubería de control de volumen y válvula de limpieza; luego tubería de abastecimiento con tubería PVC de media pulgada, válvula de mantenimiento, finalmente filtro comercial de impurezas de 50 micras y grifo para el suministro (Figura 2).

## Demanda

Teniendo en cuenta la dotación normada por persona se calcula la demanda de agua necesaria para atender las necesidades de la familia o familias a ser beneficiadas en cada uno de los meses (Organización Panamericana de la Salud y Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, 2004).

$$D_i = (N_u * N_d * \text{Dot} / 1000) \quad (2)$$

Donde:  $D_i$ , es la demanda mensual ( $m^3$ );  $N_u$ , es el número de usuarios que se benefician del sistema;  $N_d$ , es el número de días del mes analizado y Dot, es la dotación (l/persona x día).

Para el caso de determinar el volumen del tanque se ha empleado el análisis de la oferta y la demanda, establecida en el numeral 2.19 de la R.M. N° 192-2018-VIVIENDA.

## Calidad del agua

La obtención de muestras de agua de lluvia, se efectuaron al ingreso al sistema de recolección y almacenamiento (embudo recepción) y a la salida (grifo de abastecimiento), previamente desinfectando el embudo y el grifo. Las muestras recogidas fueron colocadas en cooler con bloques de hielo seco a 5°C de temperatura y luego transportadas durante aproximadamente 8 horas hasta los laboratorios de agua del Instituto de Investigación para el Desarrollo Sustentable de Ceja de Selva - INDES-CES de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas - UNTRM para los análisis correspondientes.

Las técnicas analíticas para la determinación de los parámetros de calidad organoléptica, químicos inorgánicos y microbiológicos (Tabla 2) han sido efectuadas por el Laboratorio de Investigación en Suelos y Aguas (LABISAG) de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas y la colección de las muestras de agua al ingreso y salida del sistema de potabilización del agua de lluvia se ejecutó de acuerdo con los protocolos por tipo de análisis. Variables estudiadas

El análisis estadístico efectuado permitió determinar las precipitaciones medias para el periodo evaluado, así como determinar la demanda real del consumo del agua colectada, empleando el software Microsoft Excel 2019.

### 3. RESULTADOS

En la Figura 3, se observa que la colecta máxima de agua de lluvia ocurrió en el mes de febrero con 15,48 m<sup>3</sup> y la colecta mínima fue de 8,06 m<sup>3</sup> en el mes de julio, además se obtuvo que la demanda, en función a la dotación normativa de 30 l/persona/día según la R.M. 192-2018/VIVIENDA, es menor que el agua colectada durante todo el periodo investigado e inclusive el agua colectada es mayor a la demanda real de 60l/persona/día, excepto en los meses abril, junio y julio.

En la Tabla 3 encontramos que las precipitaciones máximas diarias varían entre 22 mm y 80 mm, correspondiendo 22 mm al mes de julio y 80 mm a los meses de abril y mayo; por otro lado, las precipitaciones promedio diarias mensuales varían entre 8 mm y 15 mm, correspondiendo 8 mm al mes de junio y 15 mm al mes de febrero. Se ha obtenido también que la precipitación promedio diaria del periodo de la investigación es de 11,08 mm y que la variación de la precipitación con respecto a la media es de 16,85 mm y además que los valores de las precipitaciones son heterogéneos (CV > 30%).

La Tabla 3 presenta la disponibilidad del agua de lluvia colectada, considerando la demanda real, presentada en la Tabla 4, así como la estimación de la necesidad de almacenamiento considerando el flujo de entrada y salida y el rezago que se genera en cada mes, debido a que la demanda es menor al volumen colectado.

La Tabla 4 encontramos que las colectas máximas diarias mensuales varían entre 0,79 m<sup>3</sup> y 2,88 m<sup>3</sup>, correspondiendo 0,79 m<sup>3</sup> al mes de julio y 2,88 m<sup>3</sup> a los meses de abril y mayo, guardando estrecha relación con los periodos estacionales meteorológicos de verano e invierno respectivamente; por otro lado, las colectas promedio diarias mensuales varían entre 0,29 m<sup>3</sup> y 0,55 m<sup>3</sup>, correspondiendo 0,29 m<sup>3</sup> al mes de junio y 0,55 m<sup>3</sup> al mes de febrero. Se ha obtenido también que las colectas máximas y promedio diarias mensuales de agua de lluvia satisfacen la demanda normativa diaria mensual (dotación diaria 30l/(persona x día)) e inclusive satisfacen la demanda diaria real (consumo de 60 l/(persona x día)) excepto para los meses de junio y julio, guardando relación con la R.M. N° 192-2018-VIVIENDA (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018), satisfaciendo inclusive necesidades básicas como la preparación de sus alimentos, higiene personal, lavado de ropa, entre otras, que implicó el uso de hasta 60 litros por cada miembro de la familia.

En la Tabla 5 se muestra las medianas, los valores mínimos, máximos, la desviación estándar y los coeficientes de variación de los parámetros de calidad organoléptica, microbiológicos y químicos inorgánicos del agua de lluvia al ingreso y salida del prototipo de sistema de potabilización, tienen valores dentro de los límites establecidos en el D.S. N° 031-2010-SA (Ministerio de Salud, 2011), con excepción los valores máximo de 8,83 y mínimo de 4,01 del pH en el agua de entrada al prototipo en los meses de junio y abril respectivamente; asimismo, el valor máximo de fosfato 0,26 ppm PO<sub>4</sub> que se presentó en el mes de marzo, al ingreso al

prototipo; en cuanto al Zn hay dos valores máximos de 3,18 y 3,19 ppm Zn que se presentaron en el mes de marzo, tanto en la entrada como en la salida del prototipo. Los Coliformes Totales presentan medianas de 48 NMP/100ml y de 12 NMP/100ml, a la entrada y salida del prototipo respectivamente, ambos sobrepasan los límites establecidos en el D.S. N° 031-2010-SA (Ministerio de Salud, 2011). Con respecto a los valores del cadmio, las muestras de salida de los meses de marzo, abril y junio, mostraron estar sobre la norma, con valores de mediana de 0,01 ppm Cd un valor mínimo de 0,004 ppm Cd y un valor máximo de 0,983 ppm Cd.

#### 4. DISCUSIÓN

Las precipitaciones máximas y promedios diarios mensuales son heterogéneos con valores entre 22 mm y 80 mm y entre 8 mm y 15 mm; situación similar a lo que reporta (Fernandes et. al, 2018) en el noreste de Brasil, donde los valores de las precipitaciones son muy heterogéneos con valores superiores a 2000 mm, en la franja costera y valores de 800 mm en la región de la sequía; además, señala que hay lugares en el interior del semiárido con promedio anual alrededor de 300 mm a 1000 mm.

La colecta de agua de lluvia máxima diaria mensual siempre fue superior a la demanda máxima diaria mensual y a la demanda en función a la dotación normativa (30 litros por persona por día); asimismo, la colecta promedio diaria mensual es superior a la demanda máxima diaria mensual, a excepción de los meses de diciembre, abril, junio y julio; estos resultados evidencian que la colecta u oferta de agua de lluvia satisface la demanda en todo el periodo de la investigación (noviembre 2018 a julio 2019), teniendo en cuenta que en los meses de junio y julio solo satisface la demanda basada en 30 litros por persona por día. Además, se evidencia agua remanente o rezago que puede tener un uso alternativo; situación que concuerda con lo señalado por Chino et al. (2016) que señalan que el agua captada de la lluvia cubre los requerimientos de la población en la comunidad Vilca Maquera en Puno.

Con la disponibilidad del agua de lluvia colectada (Figura 4), la demanda real (Figura 3), el rezago de agua que se genera, debido a que la demanda es menor al volumen colectado y con el análisis de la curva de masas o balance hídrico se determinó que el volumen del tanque de almacenamiento, teniendo en cuenta que el mayor volumen de almacenamiento ocurre en junio (1 167 litros), es de 1 100 litros (volumen comercial); este volumen no considera almacenar el rezago de agua (exceso de agua); asimismo, Jiménez (2017) determinó para la comunidad Awajun Juum una capacidad de tanque de almacenamiento de 13.27 m<sup>3</sup>, con el criterio de almacenamiento del agua captada para su progresivo en el abastecimiento a una familia de 7 miembros.

El pH tiene un valor de mediana de 7,52 que está dentro del rango establecido en el D.S. N° 031-2010-SA y un valor máximo de 8,83 que sobrepasa ligeramente al límite superior normativo que es 8,50; en este caso Jiménez (2017) señala que el agua con el tiempo de acumulación disminuye su valor de pH o se alcalinizando, situación que ha ocurrido durante el periodo de la en la investigación, cuyo valor se ha mantenido en el rango normativo, en cuanto al valor de pH de 4,01 es posible aumentar su valor con el empleo de hidróxido de potasio con una concentración diluida de 5 gr para 1 000 litros de agua almacenada; sin embargo, esto requiere ser evaluado en un periodo mayor de investigación.

Los valores del fosfato tienen una mediana de 0,04 ppm PO<sub>4</sub> inferior al valor normativo establecido en el D.S. N° 031-2010-SA (0,1 ppm PO<sub>4</sub>); sin embargo, se presentó un único valor máximo de 0,26 ppm PO<sub>4</sub> a la entrada del prototipo presumiblemente por actividad antrópica relacionada al lavado de ropa con detergente (Bolaños-Alfaro et al., 2017).

En el caso del Zn, los valores de la mediana están por debajo del límite normativo del D.S. N° 031-2010-SA (3,0 ppm Zn) habiéndose presentado dos valores máximos de 3,18 y 3,19, coincidentemente con el retiro del filtro de impurezas por mantenimiento, ello conlleva a mayores estudios, en lo sucesivo, con el envejecimiento de la cobertura tomando en cuenta lo indicado por (Magyarn et al., 2014) que asevera que evaluaciones hechas en coberturas similares arrojan presencia de residuos de metales pesados.

Para el caso de los parámetros de calidad microbiológica, tal como los Coliformes Fecales y *E. coli*, están por debajo de los límites normativos, concordante con la investigación de Chino et al. (2016) que señalan que los parámetros de calidad de agua están dentro de los niveles permitidos por los estándares nacionales de calidad ambiental, en el estudio realizado en la comunidad Vilca Maquera en Puno; en cuanto a los Coliformes Totales los valores obtenidos son mayores a los normativos por el D.S. N° 031-2010-SA, para lo cual ha sido necesario efectuar la desinfección agregando hipoclorito de sodio al 5%, con una concentración de 28 ml para 1 000 litros de agua en el tanque de almacenamiento, obteniéndose como cloro residual 0,1 ppm, procedimiento efectuado por Benavides y Fernando (2017) que recomienda para el caso de requerir tratamiento se debe remover las partículas provenientes de las canaletas con el interceptor y el tratamiento en el tanque puede hacerse con filtro y la desinfección con cloro; esto refuerza el hecho de haber considerado en el prototipo el tratamiento físico con trampa de sedimentación y tratamiento bacteriológico con cloro. Por otro lado Arboleda (2016) puso en funcionamiento 10 sistemas de aprovechamiento de agua de lluvia por un periodo de tres meses, comprobado que los sistemas eran deficientes en cuanto a su calidad microbiológica, recomendando el empleo de techos de zinc porque se mantienen limpios y algún desinfectante para eliminar la contaminación por coliformes totales y fecales, situación también concordante con la investigación que emplea techo de Zn para la colecta de agua de lluvia.

Fue necesario informar a la familia la necesidad de eliminar ramas y hojas que hagan sombra sobre la calamina de zinc, que pueden servir de perchas a las aves silvestres y dejar caer sus heces en las calaminas (El et al., 2017); además sobre los peligros de contaminación cruzada que podrían generar la crianza de aves domésticas como patos, pavos y pollos, ya que estas aves defecan en cualquier parte del suelo y estos al secarse se convierten en polvo y diseminan a los Coliformes Totales; controlar estas crianzas fuera del área familiar, significarían mejorar y cumplir con los límites permitidos para los valores de Coliformes Totales, estos resultados también coinciden con los encontrados por Avelar et al. (2019) quienes recomiendan limpiar los techos del polvo y heces de aves, así como eliminar el agua que se capta en los primeros minutos de una precipitación utilizando algún tipo de trampa, por lo que el prototipo dispone de un sistema de trampa de limpieza y eliminación de sedimentos de la primera lluvia; esta situación es corroborada por Fernandes et al. (2018) que señala que la calidad del agua de la primera lluvia dependerá, entre otros factores, de los tipos de contaminantes presentes en el área y el periodo anterior sin precipitaciones.

La presencia de cadmio con mediana de 0,01 ppm Cd supera el valor máximo normativo (0,003 ppm Cd) e inclusive el valor máximo de 0,983 ppm Cd, estaría asociado a la quema de residuos de madera y plásticos como hechos aislados (Sánchez, 2016) y también podría deberse a la presencia de pequeña corrosión en la superficie de la cubierta metálica (León et al., 2016); esto sugiere que la familia quema e incinera su basura y estas cenizas, estarían contaminando el sistema de captación de agua de lluvia, siendo necesario incidir en un proceso de capacitación continua de buenas prácticas familiares.

## **5. CONCLUSIONES**

El balance de la oferta y demanda demuestra que las precipitaciones en la comunidad nativa Yahuahua, Nieva, Condorcanqui, Amazonas permite colectar (ofertar) agua de lluvia para satisfacer la demanda para una dotación normativa diaria de 30 litros por persona e inclusive para una demanda real diaria de hasta 60 litros por persona.

El volumen del tanque de almacenamiento a emplear es de 1 100 litros (volumen comercial), similar al volumen calculado de 1 167 litros.

La implementación del prototipo de sistema para potabilización del agua de lluvia permite coleccionar, conducir, almacenar, tratar y distribuir agua de lluvia con características físicas, químicas y microbiológicas de acuerdo al reglamento de la calidad del agua para consumo humano, garantizando su uso doméstico en la comunidad nativa Yahuahua.

## 6. AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la familia Toledo Sejekam por brindar su casa para la investigación y el apoyo durante las actividades de recolección de datos de las precipitaciones, así como a la familia Wipio Paukai por las coordinaciones para el envío de los registros de precipitaciones. También el agradecimiento al Instituto de Investigación para el Desarrollo Sustentable de Ceja de Selva – INDES-CES de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas – UNTRM por el apoyo en la ejecución de los ensayos de laboratorio para la caracterización del agua de lluvia.

## 7. CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Edwin Adolfo Díaz Ortiz, la concepción y el diseño del estudio, la adquisición de los registros de datos, las fotografías, la elaboración del mapa, redacción del borrador del artículo y la revisión crítica del contenido y la aprobación final.

César Augusto Medina Tafur, la concepción y el diseño del estudio, adquisición de los registros de datos, la colaboración en la redacción del borrador del artículo y la revisión crítica del contenido y la aprobación final.

## 8. CONFLICTO DE INTERESES

No existe conflicto de intereses en la redacción, revisión y publicación de este manuscrito.

## 9. FINANCIAMIENTO

Financiamiento propio de los autores.

## 10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arboleda, N. (2016). Diagnóstico del sistema de aprovechamiento del agua de lluvia en el Consejo Comunitario de la Comunidad Negra de los Lagos, Buenaventura. *Luna Azul*, 43: 55.
- Avelar, J., Sánchez, J., Domínguez, A., Lobato, C., y Mancilla, O. (2019). Validación de un prototipo de sistema de captación de agua de lluvia para uso doméstico y consumo humano. *IDESIA*, 37(1):53-59. doi:<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292019005000302>
- Benavides, A., y Fernando, D. (2017). Sistema alternativo de recolección y aprovechamiento de agua lluvia, para una vivienda de interés social en el Barrio La Victoria de la localidad de San Cristóbal. Tesis para obtener el título profesional de ingeniero civil. Universidad Católica de Colombia. Bogotá.
- Bolaños-Alfaro, J., Cordero-Castro, G., y Segura-Araya, G. (2017). Determinación de nitritos, nitratos, sulfatos y fosfatos en agua potable como indicadores de contaminación ocasionada por el hombre, en dos cantones de Alajuela (Costa Rica). *Revista Tecnológica en Marcha*, 30(4), 15-27. doi:<http://dx.doi.org/10.18845/tm.v30i4.3408>
- Campisano, A., Butler, D., Ward, S., Burns, M., Friedler, E., DeBusk, K., Fisher-Jeffes, L., Ghisi, E., Rahman, A., Furomai, H., Han, M. (2017). Urban rainwater harvesting systems: research, implementation and future perspectives. *Water Research*, 115:195-209. doi: 10.1016/j.watres.2017.06.002.

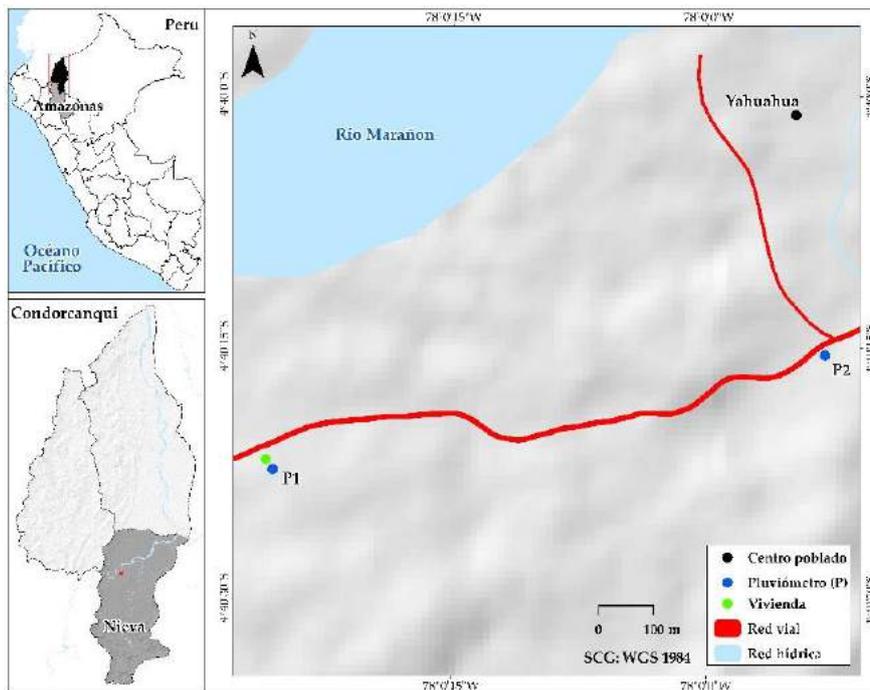
- Chino, M., Velarde, E., y Espinoza, J. (2016). Captación de agua de lluvia en cobertura de viviendas rurales para consumo humano en la Comunidad de Vilca Maquera, Puno-Perú. *Revista de Investigación Altoandina*, 18(3):365-373. [http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/4791/Atencio\\_Miranda\\_Elmer.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/4791/Atencio_Miranda_Elmer.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Congreso de la República. (18 de junio de 2013). Ley N° 30045. *Ley de la Modernización de los Servicios de Saneamiento*. Perú: El Peruano.
- El, J., Flor, G., y Teresinha, L. (2017). Captação e aproveitamento da água das chuvas: o caminho para uma. *Gestão Ambiental e Sustentabilidade-GeAS*, 6(1):26-39.
- Fernandes, P., Amador, P., Cangussú, L., y Viera, P. (2018). Estudo de verificação da viabilidade de captação e uso da água da chuva no município de Teófilo Otono - MG. *Research Society and Development*, 7(11):01-25. Doi:10.33448/rsd-v7i11.438.
- Gnadlinger, J. (2015). Água de chuva no manejo integrado dos recursos hídricos em localidades semiáridas: aspectos históricos , biofísicos, técnicos, económicos e sociopolíticos. En *Captación, manejo e uso de água de chuva* (págs. 39-70). Instituto Nacional do Semiárido. Campina grande.
- Instituto Nacional de Estadística. (2017). *Directorio Nacional de Centros Poblados*. Censos Nacionales 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III Comunidades Indígenas. [https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1541/index.htm](https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1541/index.htm).
- Jiménez, G. (2017). Evaluación técnica y económica de un diseño de sistema de aprovechamiento de lluvia para uso doméstico en la comunidad Awajun de Juum del distrito de Imaza, provincia de Bagua, departamento de Amazonas. Tesis de grado, Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, Bagua. <http://repositorio.untrm.edu.pe/handle/UNTRM/1505>.
- León, A. A., Córdoba, R. J., y Carreño, S. U. (2016). Revisión del estado de arte en captación y aprovechamiento de aguas lluvias en zonas urbanas y aeropuertos. *Tecnura*, 20(50), 141-153. doi:10.14483/udistrital.jour.tecnura.2016.4.a10.
- Magyar, M., Ladson, A., Diaper, C., y Mitchell, V. (2014). Influence of roofing materials and lead flashing on rainwater tank contamination by metals. *Water Resources*, 18(1), 71-83. doi:<http://dx.doi.org/10.7158/W13-003.2014.18.1>.
- Martinez-Santos, P. (2017). Does 91% of the world's population really have "sustainable access to safe drinking water?". *International Journal of Water Resources Development* *Water Resour*, 1-20. <https://doi.org/10.1080/07900627.2017.1298517>
- Ministerio de Salud. (Febrero de 2011). Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano. *D.S. N° 031-2010-SA*. Lima, Lima, Perú: DIGESA.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (abril de 2018). Resolución Ministerial N° 192-2018-VIVIENDA. *Norma Técnica de Diseño: Opciones Tecnológicas para Sistemas de Saneamiento en el Ámbito Rural*. <https://www.gob.pe/institucion/vivienda/normas-legales/275920-192-2018-vivienda>.
- Organización Panamericana de la Salud y Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. (2004). *Guía de diseño para captación de agua de lluvia*. Lima.
- Sánchez, G. (2016). *Ecotoxicología del cadmio*. Trabajo de fin de grado, Universidad Complutense. <http://147.96.70.122/Web/TFG/TFG/Memoria/GARA%20SANCHEZ%20BARRON.pdf>
- Arboleda, N. (2016). Diagnóstico del sistema de aprovechamiento del agua de lluvia en el Consejo Comunitario de la Comunidad Negra de los Lagos, Buenaventura. *Luna Azul*, 43: 55.
- Avelar, J., Sánchez, J., Domínguez, A., Lobato, C., y Mancilla, O. (2019). Validación de un prototipo de sistema de captación de agua de lluvia para uso doméstico y consumo humano. *IDESIA*, 37(1):53-59. doi:<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292019005000302>
- Benavides, A., y Fernando, D. (2017). Sistema alternativo de recolección y aprovechamiento de agua lluvia, para una vivienda de interés social en el Barrio La Victoria de la localidad de

- San Cristóbal. Tesis para obtener el título profesional de ingeniero civil. Universidad Católica de Colombia. Bogotá.
- Bolaños-Alfaro, J., Cordero-Castro, G., y Segura-Araya, G. (2017). Determinación de nitritos, nitratos, sulfatos y fosfatos en agua potable como indicadores de contaminación ocasionada por el hombre, en dos cantones de Alajuela (Costa Rica). *Revista Tecnológica en Marcha*, 30(4), 15-27. doi:<http://dx.doi.org/10.18845/tm.v30i4.3408>
- Campisano, A., Butler, D., Ward, S., Burns, M., Friedler, E., DeBusk, K., Fisher-Jeffes, L., Ghisi, E., Rahman, A., Furomai, H., Han, M. (2017). Urban rainwater harvesting systems: research, implementation and future perspectives. *Water Research*, 115:195-209. doi: 10.1016/j.watres.2017.06.002.
- Chino, M., Velarde, E., y Espinoza, J. (2016). Captación de agua de lluvia en cobertura de viviendas rurales para consumo humano en la Comunidad de Vilca Maquera, Puno-Perú. *Revista de Investigación Altoandina*, 18(3):365-373. [http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/4791/Atencio\\_Miranda\\_Elmer.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/4791/Atencio_Miranda_Elmer.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Congreso de la República. (18 de junio de 2013). Ley N° 30045. *Ley de la Modernización de los Servicios de Saneamiento*. Perú: El Peruano.
- El, J., Flor, G., y Teresinha, L. (2017). Captação e aproveitamento da água das chuvas: o caminho para uma. *Gestão Ambiental e Sustentabilidade-GeAS*, 6(1):26-39.
- Fernandes, P., Amador, P., Cangussú, L., y Viera, P. (2018). Estudo de verificação da viabilidade de captação e uso da água da chuva no município de Teófilo Otono - MG. *Research Society and Development*, 7(11):01-25. Doi:10.33448/rsd-v7i11.438.
- Gnadlinger, J. (2015). Água de chuva no manejo integrado dos recursos hídricos em localidades semiáridas: aspectos históricos , biofísicos, técnicos, económicos e sociopolíticos. En *Captación, manejo e uso de água de chuva* (págs. 39-70). Instituto Nacional do Semiárido. Campina grande.
- Instituto Nacional de Estadística. (2017). *Directorio Nacional de Centros Poblados*. Censos Nacionales 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III Comunidades Indígenas. [https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1541/index.htm](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1541/index.htm).
- Jiménez, G. (2017). Evaluación técnica y económica de un diseño de sistema de aprovechamiento de lluvia para uso doméstico en la comunidad Awajun de Juum del distrito de Imaza, provincia de Bagua, departamento de Amazonas. Tesis de grado, Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, Bagua. <http://repositorio.untrm.edu.pe/handle/UNTRM/1505>.
- León, A. A., Córdoba, R. J., y Carreño, S. U. (2016). Revisión del estado de arte en captación y aprovechamiento de aguas lluvias en zonas urbanas y aeropuertos. *Tecnura*, 20(50), 141-153. doi:10.14483/udistrital.jour.tecnura.2016.4.a10.
- Magyar, M., Ladson, A., Diaper, C., y Mitchell, V. (2014). Influence of roofing materials and lead flashing on rainwater tank contamination by metals. *Water Resources*, 18(1), 71-83. doi:<http://dx.doi.org/10.7158/W13-003.2014.18.1>.
- Martinez-Santos, P. (2017). Does 91% of the world's population really have "sustainable access to safe drinking water?". *International Journal of Water Resources Development* *Water Resour*, 1-20. <https://doi.org/10.1080/07900627.2017.1298517>
- Ministerio de Salud. (Febrero de 2011). Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano. D.S. N° 031-2010-SA. Lima, Lima, Perú: DIGESA.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (abril de 2018). Resolución Ministerial N° 192-2018-VIVIENDA. *Norma Técnica de Diseño: Opciones Tecnológicas para Sistemas de Saneamiento en el Ámbito Rural*. <https://www.gob.pe/institucion/vivienda/normas-legales/275920-192-2018-vivienda>.
- Organización Panamericana de la Salud y Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. (2004). *Guía de diseño para captación de agua de lluvia*. Lima.

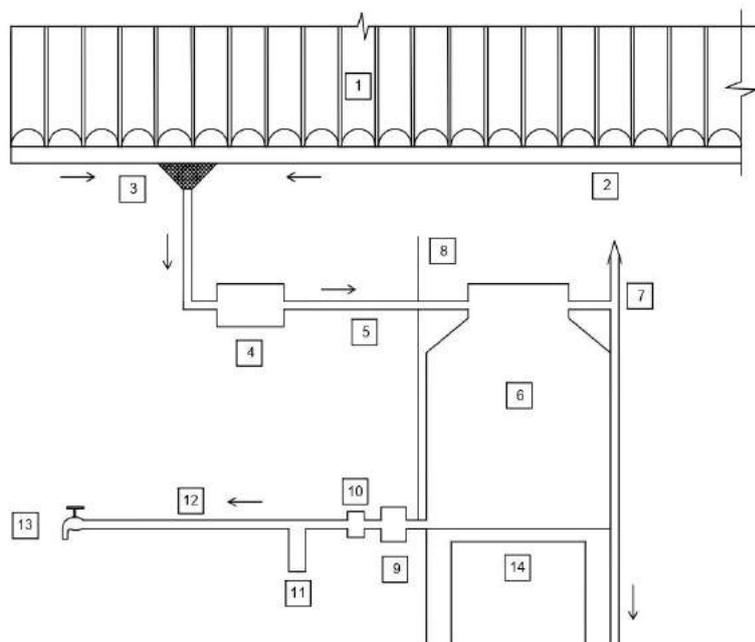
- Sánchez, G. (2016). *Ecotoxicología del cadmio*. Trabajo de fin de grado, Universidad Complutense.  
<http://147.96.70.122/Web/TFG/TFG/Memoria/GARA%20SANCHEZ%20BARRON.pdf>
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología. (2020). *Estación: Santa María de Nieva, Tipo Convencional - Meteorológica*. [https://www.senamhi.gob.pe/mapas/mapa-estaciones/\\_dat\\_esta\\_tipo.php?estaciones=000256](https://www.senamhi.gob.pe/mapas/mapa-estaciones/_dat_esta_tipo.php?estaciones=000256).
- Torres, R. (2019). *La captación del agua de lluvia como solución en el pasado y el presente*. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, XL(2), 125-139.
- UNICEF y OMS. (2015). *25 years progress on sanitation and drinking water*. USA: WHO Press.

**Citar como:**

Díaz-Ortiz, E.; Medina-Tafur, C. 2020. Demanda, colecta y calidad del agua de lluvia en la comunidad nativa Yahuahua, Nieva, Amazonas (Perú). *REBIOL* 42(2):188-205. DOI: <http://dx.doi.org/10.17268/rebiol.2020.40.02.07>



**Figura 1.** Ubicación de la comunidad nativa Yahuahua, Nieva, Condorcanqui, Amazonas. Perú.



**Figura 2.** Prototipo de sistema de potabilización del agua de lluvia (1: Colecta, 2: Recolección, 3: Embudo y tamiz, 4: Trampa de sedimentos y válvula de limpieza, 5: Conducción, 6: Tanque de almacenamiento y desinfección, 7: Rebose, 8: Control de volumen, 9: Válvula para limpieza de tanque, 10: Válvula de control de abastecimiento, 11: Filtro de sedimentos, 12:

Abastecimiento, 13: Grifo de suministro, 14: Apoyo de tanque), en la comunidad nativa Yahuahua, Nieva, Condorcanqui, Amazonas. Perú.

**Tabla 1.** Localización de vivienda donde se instaló el sistema de prototipo para potabilización del agua de lluvia y puntos de muestreo de las precipitaciones en la comunidad nativa Yahuahua, Nieva, Condorcanqui, Amazonas. Perú 2018-2019.

Puntos	Altitud (msnm)	Coordenadas espaciales	
Vivienda.	221	78° 0´ 26,220" W	4° 40´ 21,714" S
Pluviómetro 1.	225	78° 0´ 25,815" W	4° 40´ 22,325" S
Pluviómetro 2.	230	77° 59´ 53,332" W	4° 40´ 15,418" S

**Tabla 2.** Localización de vivienda donde se instaló el sistema de prototipo para potabilización del agua de lluvia y puntos de muestreo de las precipitaciones en la comunidad nativa Yahuahua, Nieva, Condorcanqui, Amazonas. Perú 2018-2019.

Análisis	Método	Unidad de medida	Valor límite (D.S. N° 031-2010-SA)
pH	4500-H*; APHA, AWWA, WPFC	Valor de pH	6,5 - 8,5
Turbiedad	2130 B; APHA, AWWA, WPFC	UNT	5
Color	Unidad de color verdadero	UCV Pt/Co	15
Alcalinidad	180,1; EPA	ppm CaCO <sub>3</sub>	<200
Cloruros	4500-CI-B; APHA, AWWA, WPFC	ppmCl	250
Dureza	2340C; APHA, AWWA, WPFC	ppm CaCO <sub>3</sub>	500
Sulfatos	375.4; EPA	ppm SO <sub>4</sub>	250
Fosfatos	819000; HACH	ppm PO <sub>4</sub>	0,1
Amonio	4500 NH <sub>3</sub> C; APHA, AWWA, WPFC	ppm NH <sub>4</sub>	1,5
Cobre	3120-B	ppm Cu	2
Zinc	3120-B; APHA, AWWA, WPFC: Plasma de Acompañamiento Inductivo (ICP) para MP-AES	ppm Zn	3,00

Coliformes Totales	Técnica Estandarizada del NMP por tubos múltiples	NMP/100 ml	=< 1,8
Coliformes Fecales	Técnica Estandarizada del NMP por tubos múltiples	NMP/100 ml	=< 1,8
<i>E. coli</i>	900225-B; APHA, AWWA, WPFC: Diferenciación de Bacterias Coliformes	NMP/100 ml	=< 1,8
Nitratos	803900	ppm NO <sub>3</sub>	50
Nitritos	8507	ppm NO <sub>2</sub>	3
Cadmio	3120-B; APHA, AWWA, WPFC: Plasma de Acompañamiento Inductivo (ICP) para MP-AES	ppm Cd	0,003
Cromo	3120-B; APHA, AWWA, WPFC: Plasma de Acompañamiento Inductivo (ICP) para MP-AES	ppm Cr	0,05
Níquel	3120-B; APHA, AWWA, WPFC: Plasma de Acompañamiento Inductivo (ICP) para MP-AES	ppm Ni	0,07
Plomo	3120-B; APHA, AWWA, WPFC: Plasma de Acompañamiento Inductivo (ICP) para MP-AES	ppm Pb	0,01

**Tabla 3.** Precipitación máxima, promedio diario mensual y precipitación promedio diaria del periodo en la comunidad nativa Yahuahua, Nieva, Condorcanqui, Amazonas. Perú 2018-2019.

Mes	Precipitación máxima diaria mensual (mm)	Precipitación promedio diaria mensual (mm)	Precipitación promedio diaria del periodo (mm)	Desviación Estándar del periodo (mm)	Coficiente de Variación
Nov-18	70	13			
Dic-18	40	10			
Ene-19	40	13			
Feb-19	70	15			
Mar-19	40	12	11,08	16,85	1,52
Abr-19	80	10			
May-19	80	13			
Jun-19	50	8			
Jul-19	22	9			

**Tabla 4.** Colecta de agua de lluvia máxima, promedio y demanda diaria en la comunidad nativa Yahuahua, Nieva, Condorcanqui, Amazonas. Perú 2018-2019.

Mes	Colecta máxima diaria mensual (m <sup>3</sup> )	Colecta promedio diaria mensual (m <sup>3</sup> )	Demanda normativa diaria mensual (m <sup>3</sup> )	Demanda máxima diaria mensual (m <sup>3</sup> )
Nov-18	2,52	0,48		
Dic-18	1,44	0,35		
Ene-19	1,44	0,48		
Feb-19	2,52	0,55		
Mar-19	1,44	0,43	0,18	0,36
Abr-19	2,88	0,35		
May-19	2,88	0,46		
Jun-19	1,80	0,29		
Jul-19	0,79	0,32		

**Tabla 5.** Parámetros de calidad organoléptica, microbiológica y química inorgánica del agua de lluvia, a la entrada y salida del prototipo de sistema de potabilización en la comunidad nativa Yahuahua, Nieva, Condorcanqui, Amazonas. Perú 2018-2019.

Parámetros	pH	Turbiedad	Alcalinidad	Cloruros	Dureza	Sulfatos	Fosfatos	Amonio	Cobre	Zinc	Coliformes Totales	Coliformes Fecales	<i>E. coli</i>	Nitratos	Nitritos	Cadmio	Cromo	Níquel	Plomo	
Entrada al prototipo	Mediana	7,52	2,00	14,63	7,13	16,10	0,10	0,05	0,02	0,00	2,66	48*	< 1,8	< 1,8	0,09	0,04	0,004*	0,004	0,005	0,005
	Máximo	8,83 *	4,00	42,96	9,50	46,69	4,17	0,26*	0,02	0,10	3,18*	9200*	< 1,8	< 1,8	9,45	0,55	0,004*	0,004	0,010	0,010
	Mínimo	4,01*	0,48	14,63	3,80	12,88	0,10	0,04	0,02	0,00	1,23	4,50*	< 1,8	< 1,8	0,09	0,03	0,004*	0,004	0,005	0,005
	SD	1,89	1,43	12,72	2,38	14,16	2,04	0,11	0,00	0,05	0,94	3448,83	0,0	0,0	4,19	0,23	0,000	0,000	0,003	0,003
	CV (%)	26,44	79,19	54,79	34,48	65,61	182,10	109,10	0,00	165,82	38,50	249,74	0,0	0,0	213,35	168,01	0,000	0,000	40,00	40,00
	D.S. N° 031-2010-SA	6.5 - 8.5	5	< 200	250	500	250	0,1	1,5	2	3,0	=< 1,8	=< 1,8	=< 1,8	50	3	0,003	0,05	0,07	0,01
Salida del prototipo	Mediana	7,52	1,00	29,26	8,55	16,10	0,55	0,04	0,02	0,00	1,64	12*	< 1,8	< 1,8	0,09	0,03	0,01*	0,004	0,005	0,005
	Máximo	7,89	2,00	43,89	9,50	40,25	1,54	0,04	0,30	0,10	3,19*	540*	< 1,8	< 1,8	6,59	0,08	0,983*	0,004	0,010	0,010
	Mínimo	4,27*	0,49	14,63	5,70	11,27	0,10	0,04	0,02	0,00	1,25	1,50	< 1,8	< 1,8	0,09	0,00	0,004*	0,004	0,000	0,005
	SD	1,49	0,55	10,43	1,82	11,80	0,71	0,00	0,14	0,04	0,90	199,50	0,0	0,0	2,91	0,03	0,435	0,00	0,004	0,002
	CV (%)	21,87	50,41	34,94	22,53	57,25	103,90	1,27	156,80	200,00	42,94	225,97	0,0	0,0	209,12	91,88	213,23	0,00	70,71	37,27
	D.S. N° 031-2010-SA	6.5 - 8.5	5	< 200	250	500	250	0,1	1,5	2	3,0	=< 1,8	=< 1,8	=< 1,8	50	3	0,003	0,05	0,07	0,01

\* Valores que sobrepasan los límites del Reglamento de la calidad del Agua para Consumo Humano, establecidos en el D.S. N° 031-2010-SA.

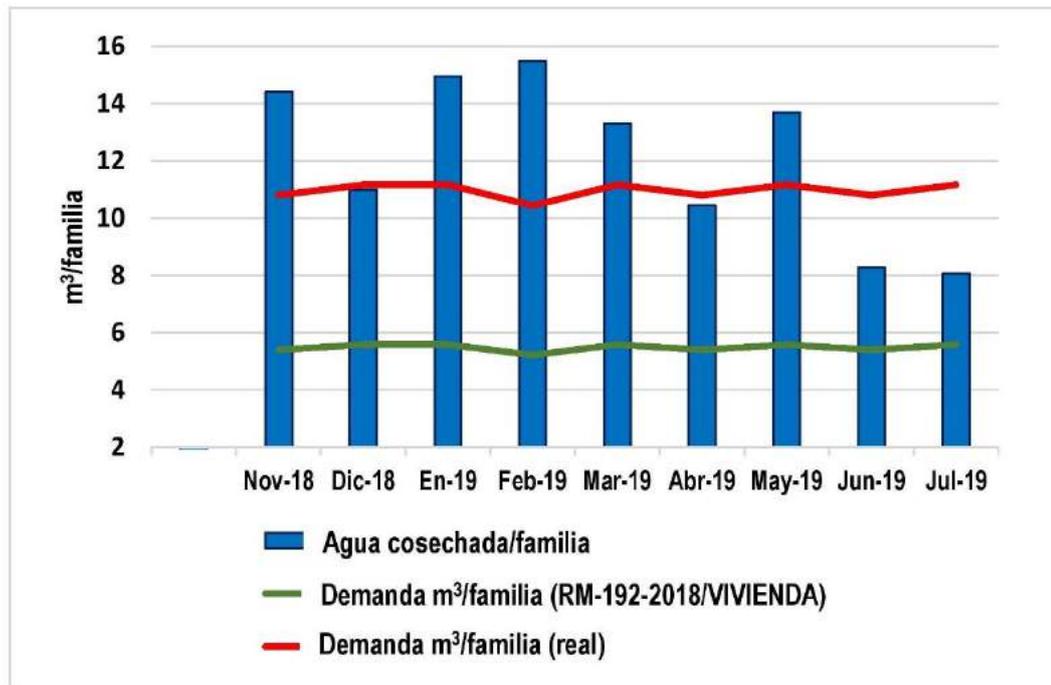


Figura 3. Agua de lluvia colectada y demandas, según dotación normativa y uso real en la comunidad nativa Yahuahua, Nieva, Condorcanqui, Amazonas. Perú 2018-2019.

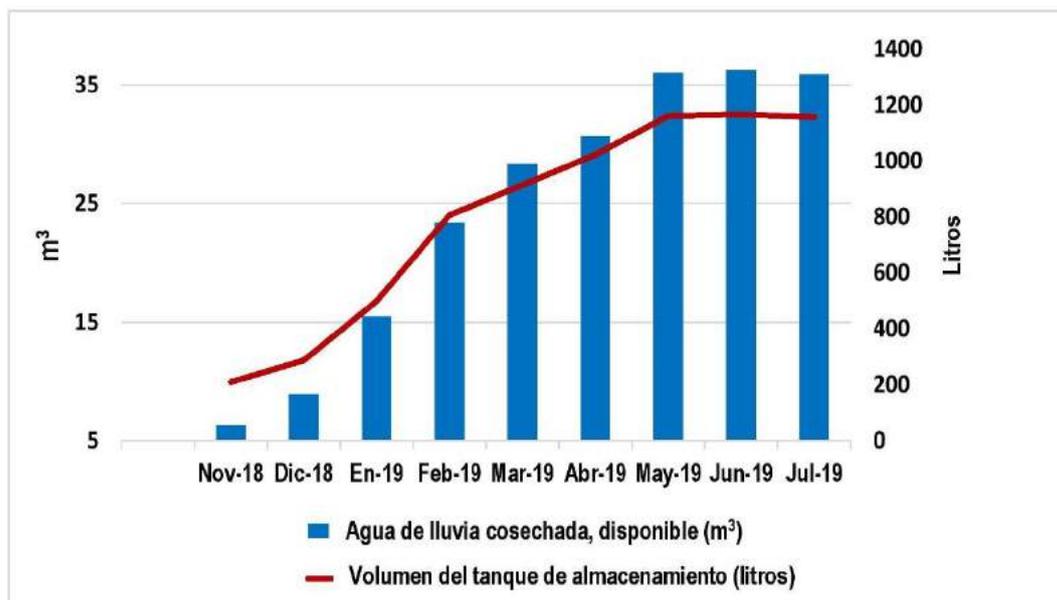


Figura 4. Agua de lluvia colectada y volumen de tanque de almacenamiento, en la comunidad nativa Yahuahua, Nieva, Condorcanqui, Amazonas. Perú 2018-2019.

## Artículo Original

# IMPORTANCIA DE LOS ENTOMOPATÓGENOS EN EL CONTROL DE LA PLAGA *Spodoptera frugiperda* (SMITH) EN EL CULTIVO DEL MAÍZ MORADO

## IMPORTANCE OF ENTOMOPATHOGENS IN THE CONTROL OF THE PEST *Spodoptera frugiperda* (SMITH) IN THE PURPLE CORN CROP

Agustina Valverde Rodríguez<sup>1</sup>, Antonio Cornejo y Maldonado<sup>1</sup>, Kelssy Carbajal Sánchez<sup>1</sup>  
Hickey Cordova Herrera<sup>2</sup>, Santos Jacobo Salinas<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidad Nacional Hermilio Valdizán. Av. Universitaria 601-607, Pillco Marca, Huánuco, Perú

<sup>2</sup> Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Av. Los Próceres 703, Yanacancha, Cerro de Pasco, Perú.

\* E-mail para correspondencia: avalverde@unheval.edu.pe

Agustina Valverde Rodríguez	 <a href="https://orcid.org/0000-0003-1522-4827">https://orcid.org/0000-0003-1522-4827</a>
Antonio Cornejo y Maldonado	 <a href="https://orcid.org/0000-0001-7751-2483">https://orcid.org/0000-0001-7751-2483</a>
Kelssy Katherin Carbajal Sánchez	 <a href="https://orcid.org/0000-0002-1227-6894">https://orcid.org/0000-0002-1227-6894</a>
Hickey Cordova Herrera	 <a href="https://orcid.org/0000-0002-9343-147X">https://orcid.org/0000-0002-9343-147X</a>
Santos Severino Jacobo Salinas	 <a href="https://orcid.org/0000-0002-5984-1766">https://orcid.org/0000-0002-5984-1766</a>

Recibido: 12 de octubre 2020 / Aceptado: 16 de diciembre 2020

### RESUMEN

Se evaluó la eficiencia de 4 formulados entomopatógenos para el control de la plaga *Spodoptera frugiperda* (Smith) en el maíz morado. Se usó el diseño de bloques completamente aleatorio con cinco tratamientos: T1 (*Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki*), T2 (*Bacillus subtilis*), T3 (*Metarhizium anisopliae*), T4 (*Beauveria bassiana*) y T5 (testigo en blanco) con cuatro repeticiones. Se usaron las dosis de 40 ml/20L H<sub>2</sub>O, con una frecuencia de 7 días, por tres meses, evaluando la eficiencia a los 3 días después de cada aplicación. En laboratorio se estimó el porcentaje de mortalidad con 3 larvas a partir del tercer estadio; los resultados fueron sometidos a la fórmula de Henderson-Tilton y Abbott, la prueba de Anova y Duncan. En campo el T1 registró menor incidencia de larvas (1%), alta mortalidad (100%) y mayor rendimiento del cultivo (4 533 kg/ha). En laboratorio, el T1 mostró alta mortalidad (100%) de los estadios larvales tres y cuatro; en los estadios cinco y seis el T4 fue el más eficiente (100%). En conclusión, el entomopatógeno *B. thuringiensis* var. *kurstaki* es apropiado para el control de la plaga especialmente de los estadios larvales tres y cuatro, seguida por *B. bassiana* en los estadios cinco y seis.

**Palabras claves:** Control biológico, entomopatógenos, *Spodoptera frugiperda*, maíz morado, *Bacillus* sp, *Metarhizium anisopliae*, *Beauveria bassiana*.

### ABSTRACT

The efficiency of 4 entomopathogenic formulations for the control of the pest *Spodoptera frugiperda* in purple corn was evaluated. A completely randomized block design was used with five treatments: T1 (*Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki*), T2 (*Bacillus subtilis*), T3 (*Metarhizium anisopliae*), T4 (*Beauveria bassiana*) and T5 (blank control) with four repetitions. The doses of 40 ml/20L H<sub>2</sub>O were used, with a frequency of 7 days, during three months, evaluating the efficiency 3 days after each application. In the laboratory, the mortality percentage was estimated with 3 larvae from the third stage; the results were subjected to the Henderson-Tilton and Abbott formula, the Anova and Duncan test. In the field, T1 showed a lower incidence of larvae (1%), high mortality (100%) and higher crop yield (4 533 kg / ha). In the laboratory, T1 showed high mortality (100%) of larval stages three and four; in stages five and six, T4 was the most efficient (100%). In conclusion, the entomopathogens *B. thuringiensis* var. *kurstaki* is appropriate for the control of the pest, especially in third and fourth instar larvae, followed by *B. bassiana* in five and six instar larvae.

**Keywords:** Biological control; entomopathogens; *Spodoptera frugiperda*; purple corn; *Bacillus* sp; *Metarhizium anisopliae*; *Beauveria bassiana*.

## 1. INTRODUCCIÓN

El maíz morado (*Zea mays* L.) es originario de la región andina del Perú, ampliamente cultivado y consumido en toda la región andina de América del Sur, principalmente en Perú, Ecuador, Bolivia y Argentina (Lao et al., 2017). Rico en antocianinas, sustancia que le da su coloración característica (Hañari-Quispe et al., 2015), las antocianinas que componen tienen propiedades antimutagénicas y anticancerígenas, así como actividades antidiabéticas y antiobesidad (Kim et al., 2020), también podría servir como materia prima alternativa a los colorantes sintéticos (Galvez et al., 2017). Forma parte de los productos más importantes en la dieta alimenticia rural peruana, con un creciente valor económico en el mercado internacional por su calidad nutritiva y usos medicinales. Sin embargo, una mayor producción del cultivo se ve limitada debido al ataque de la plaga conocida como la palomilla o gusano cogollero, *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) de origen estadounidense (Firake y Behere, 2020), la cual es considerada como una plaga clave del maíz (Ngangambe y Mwatawala, 2020) y considerada también como plaga invasora con serias amenazas en la producción de los alimentos, especialmente del maíz (Zhou et al., 2020) plaga de importancia económica en diferentes países (González-Maldonado et al., 2015; Rodríguez-Soto et al., 2018).

En la región Huánuco es frecuente observar los ataques del cogollero en diversas variedades de maíz. Actúa como gusano tierrero, cortador o gusano ejército y como cogollero en el maíz (Santos et al., 2014). Favorecido por sus numerosos estadios larvales que coincide con las etapas de crecimiento vegetativo del cultivo, las larvas consumen las hojas y devoran el cogollo de la planta. El daño más grave que produce esta plaga es el consumo continuo de los brotes jóvenes reduciendo el área fotosintética de la planta (Ramanujam et al., 2020) al consumir el follaje, daña o destruye el tejido meristemático o el cogollo, corta los tallos produciendo daños irreversibles, o modificando la arquitectura de la planta (León et al., 2018). Esta plaga también puede comportarse como los gusanos cortadores de las plántulas de maíz, poco después de la emergencia de la planta, lo que provoca una reducción significativa del desarrollo (Prasanna et al., 2018); así como también pueden alimentarse de las mazorcas y granos en desarrollo cuando hay grandes poblaciones durante la temporada de reproducción del maíz (Faretto et al., 2017).

El daño económico de esta plaga generalmente es importante (Sánchez et al., 2019) ya que reduce el valor de las cosechas al destruir el cogollo de la planta, afectar los órganos florales, debilitar los tallos y al disminuir la calidad de los granos (Coveña, 2015). Las pérdidas son considerables, pudiendo reducir los rendimientos en 0,8 t/ha de maíz seco, lo que equivale al 40% de la producción (Candell, 2018).

El control de *S. frugiperda* en la agricultura moderna se basa específicamente en el uso frecuente de plaguicidas; esto sin tener en cuenta los desastres ecológicos y como puede afectar la salud del agricultor (Sánchez et al., 2019), con esta plaga la aplicación de insecticidas químicos se vuelve insostenible ya que la especie tiende a desarrollar resistencia a los insecticidas, además el uso de pesticidas afectan a los enemigos naturales y generan peligros ambientales, así como los riesgos para la salud (Ramanujam et al., 2020). Frente a ello es necesario buscar nuevos métodos de control, más eficaces, y sobre todo más amigables con el medio ambiente, que permitan el desarrollo de una agricultura sostenible con menor uso de productos tóxicos. Aquí surge la necesidad de desarrollar tecnologías de Manejo Integrado de Plagas (MIP) sostenibles contra *S. frugiperda*, respetando el medio ambiente (Reséndiz et al., 2016). Esta disminuye los niveles de infestación de plagas a una proporción que no causen daño económico, disminuir el espectro de acción y además no generan contaminación al ambiente. (Hernández-Trejo et al., 2019). El uso de los entomopatógenos puede ser una alternativa viable, ya que su eficiencia ha sido demostrada en varios estudios, como por ejemplo Akutse et al. (2019) demostraron que *Beauveria bassiana* causó una mortalidad moderada del 30 % en las larvas de segundo estadio de *S. frugiperda*, mientras que con *Metarhizium anisopliae* la mortalidad de las oviposturas fue de 87 %, 83 % y 79,5%, respectivamente, por su parte Ramos et al. (2020) al evaluar cuatro colonas aisladas de *B. bassiana* y tres *Metarhizium brunneum* contra *Spodoptera littoralis* señala que

todos los aislamientos fueron patogénicos y la mortalidad se dio entre un 31,7 % y 83,3%; el tiempo medio de supervivencia fue de 7,5 a 10,5 días y 14,0 días para el control, entre el 1,7% y el 15,0% de los adultos que emergieron de pre pupas/pupas supervivientes estaban deformados. Similares resultados demostraron França et al. (2006) en sus estudios realizados con *M. anisopliae* y *B. bassiana* en el control de *Podisus nigrispinus*. García et al. (2011) reportaron la efectividad de *B. bassiana* y *M. anisopliae*, en larvas de segundo estado de *S. frugiperda* con una mortalidad de hasta un 96,6 %. En tanto González-Maldonado et al. (2015) registraron una eficacia de 49,33% en las larvas de *S. frugiperda* en condiciones de laboratorio. Zhou et al. (2020) con las colonias de *Metarhizium rileyi* encontraron hasta un 90 % de infectividad hasta el cuarto estadio larval de *S. frugiperda*, ninguna larva sobrevivió después de ser tratada con una suspensión de esporas de *M. rileyi*. Ramanujam et al. (2020) evaluaron diez cepas autóctonas de *B. bassiana*, y *M. anisopliae* y *M. rileyi* en larvas de segundo estadio de *S. frugiperda* en un bioensayo de laboratorio; registrando hasta un 67,8 % de mortalidad. Similares resultados fueron obtenidos por Akutse et al. (2019) quienes demostraron que *B. bassiana* causó una mortalidad moderada del 30% en las larvas de segundo estadio de *S. frugiperda*, mientras que *M. anisopliae* provocó mortalidad de huevos de 87%, 83% y 79,5%, respectivamente. Esto indica que la virulencia de estos entomopatógenos puede variar según el origen de la cepa.

El uso de los entomopatógenos es justificable de diversas maneras, así como lo dicho por Oliveira et al. (2017) quienes manifiestan que el plaguicida químico utilizado para el control de plagas provoca resistencia, influye negativamente sobre el ambiente y la salud humana, por lo que la estrategia de control con microorganismos benéficos, como *B. thuringiensis*, es viable. En base a lo descrito, el objetivo principal del presente estudio fue determinar la eficiencia de los hongos entomopatógenos frente a la especie *S. frugiperda* en el cultivo de maíz morado.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en las parcelas del Centro de Investigación Frutícola y Olerícola (CIFO) ubicado en la localidad de Cayhuayna, perteneciente al distrito de Pillco Marca, provincia y región Huánuco. Cuya posición geográfica es: Latitud Sur 09° 45'; Longitud Oeste 76° 26' y a una altitud de 1920 m.s.n.m y los laboratorios de la Universidad Nacional Hermilio Valdizan, Facultad de Ciencias Agrarias, durante el periodo 2018 y 2019. Los estudios se efectuaron en parcelas con cultivos de maíz morado, entre los tratamientos se tuvo a los formulados de los entomopatógenos: *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki*, *B. subtilis*, *Metarhizium anisopliae*, *Beauveria bassiana* y testigo; en campo la población de maíz total fue de 375 plantas por experimento, 75 plantas por parcela experimental y 21 plantas consideradas como muestra; el criterio para tomar las muestras de cada unidad experimental fue realizar la evaluación del cogollo de cada planta, contabilizando las larvas vivas y muertas, plantas dañadas y el rendimiento en número y diámetro de mazorcas. Para los ensayos en laboratorio se efectuaron colectas manuales de larvas de diferentes estadios, en parcelas sin aplicación, el material se depositó en frascos de crianza con dieta natural y trasladados al laboratorio, para su disposición.

El diseño del experimento fue un diseño en bloques completamente al azar (DBCA) constituido por 4 repeticiones y 5 tratamientos, con un total de 20 unidades experimentales en campo.

La conducción de la investigación conto con dos fases:

### Metodología en campo

Paso 1: Se realizó el análisis de agua que consistió en medir el pH y contenido de carbonatos, posterior a ello se realizaron las pruebas en blanco para determinar la cantidad de agua necesaria por aplicación y la etapa fenológica del cultivo.

Paso 2: La dosificación de los formulados de entomopatógenos se realizó de la siguiente manera: Se hizo la mezcla del corrector de pH (20ml/20L H<sub>2</sub>O) con el producto biológico (40g/20L H<sub>2</sub>O) removiendo hasta obtener una mezcla homogénea, finalmente se adicionó aceite agrícola 20ml/20L H<sub>2</sub>O (solamente para los hongos) y se dejó reposar la mezcla por 6 horas. Posterior a ello se preparó el caldo insecticida en una mochila de 20L. Las frecuencias de las aplicaciones

fueron de cada 7 días, con la evaluación de la eficiencia de los productos a los 3 días después de cada aplicación, por un periodo de tres meses consecutivos.

### Metodología en laboratorio

Los cogollos tiernos de las plantas libres de cualquier pesticida fueron colectados y trasladados al laboratorio, conservados en la cámara refrigerante para su preservación evitando la deshidratación, deterioro, pudrición o contaminación de las mismas.

Fueron colectadas 135 larvas en total, a partir del tercer estadio (3 a 6) fueron colectadas en las parcelas del maíz morado circundantes manejados sin insecticidas. Los individuos fueron trasladados al laboratorio y mantenidos en cámaras de crianza a una temperatura constante de 24°C, el primer día de la semana y para cada estadio larval se efectuaron los ensayos biológicos y en el transcurso de los siete días siguientes se determinaron los efectos de los entomopatógenos en cada muestra.

Los procedimientos para la desinfección del material vegetal, preparación y aplicación de los formulados en laboratorio fueron los siguientes: Posterior a la colecta de cogollos tiernos, estos fueron lavados y desinfectados con hipoclorito de sodio al 0,5% en un frasco conteniendo 250 ml de agua destilada, realizando el triple lavado, secados con papel toalla; colocados en placas Petri estéril según tratamiento.

Se realizó la desinfección de larvas cuidadosamente con agua destilada y secadas con papel toalla, posteriormente se seleccionaron según los estadios, colocando 3 larvas en cada placa previamente inoculada por los entomopatógenos. Las observaciones y la limpieza de cada placa Petri fueron realizadas 1 vez al día y a la misma hora.

La mortalidad se determinó por la ausencia de movimiento de la larva al ser tocada, con una pinza estéril y observadas en el estereoscopio.

**Tabla 1.** Características de los formulados biológicos aplicados

Ingrediente activo	Grupo biológico	Dosis de etiqueta	Dosis aplicada
<i>Bacillus thuringiensis</i> var. <i>kurstaki</i> 2,5x10 <sup>9</sup> conidias/ml 1 Litro de (SC)	Bacteria	1,0 a 2,0 L/200L	40 mL/20L H <sub>2</sub> O
<i>Bacillus subtilis</i> 2,5x10 <sup>9</sup> ufc/mL 1 Litro de (SC)	Bacteria	1,0 a 2,0L/200L	40 mL/20L H <sub>2</sub> O
<i>Metarhizium anisopliae</i> >1,0x10 <sup>10</sup> conidias/gr 200 gr (WP)	Hongo	0,3-05 Kg/200L	40 g/20L H <sub>2</sub> O
<i>Beauveria bassiana</i> > 1,5x10 <sup>10</sup> conidias/g 200g (WP)	Hongo	0,2 Kg/200L	40 g/20L H <sub>2</sub> O

## 3 RESULTADOS

### Porcentaje de Incidencia de *Spodoptera frugiperda* en el maíz morado

Se registraron promedios entre 13 % a 1 % una vez iniciado con las aplicaciones del producto; para el caso del tratamiento *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* a los 14 días después de la siembra se tuvo incidencias de hasta un 10% para luego decaer al 6 % a los 21 días, 2% a los 77 días y 1% a los 84 días (Tabla 1). Estos resultados se mantienen por debajo de los niveles de daño económico (NDE) estimados por Jaramillo-Barrios et al. (2020) entre 2,6 y 1,9 larvas promedio por 10 plantas y los umbrales de acción (UA) en el período de 0-20 días y de 20-40 después de emergencia con 1,8 a 2;0 larvas promedio por 10 plantas, respectivamente

**Tabla 2.** Evaluación del porcentaje de incidencia de larvas en días (D)

Tratamientos	Incidencia (%) de larvas em campo/días									
	7D	14D	21D	28D	35D	42D	63D	70D	77D	84D
<i>B. thuringiensis</i> var. <i>kurstaki</i>	2	10	6	4	4	4	3	4	2	1
<i>M. anisopliae</i>	2	10	9	9	8	5	5	5	4	3
<i>B. subtilis</i>	3	9	9	9	7	5	6	5	4	3
<i>B. bassiana</i>	2	10	9	9	8	6	6	5	5	3
Testigo (absoluto)	2	13	14	10	12	8	8	7	7	5

### Mortalidad de larvas

El registro de larvas muertas en campo para cada tratamiento comenzó a los 7 días pre aplicación. Los resultados indican que el tratamiento con mayor efectividad de control fue *B. thuringiensis* var. *kurstaki* obteniendo en promedio de 1,35 a 0,28 (Tabla 2).

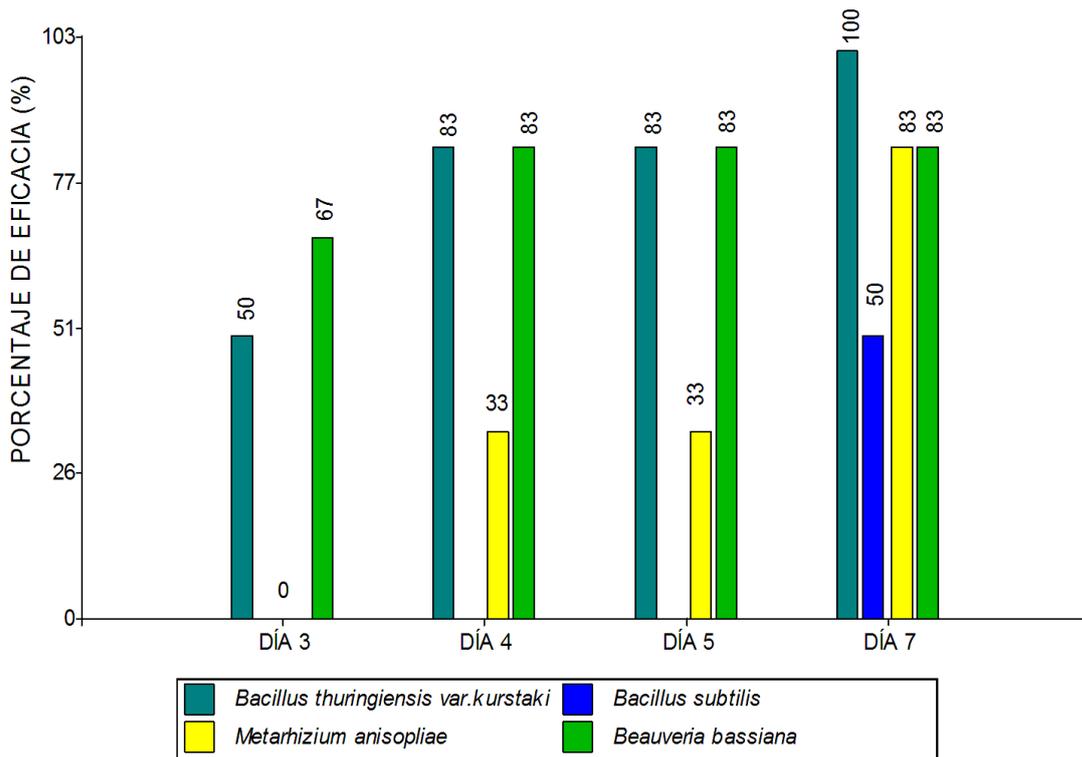
**Tabla 3.** Promedios de conteo  $\pm$  EE de *Spodoptera frugiperda* / semana en evaluación post-aplicación temporada, 2019

TRATAMIENTOS	Pre aplicación (media $\pm$ EE )	14 DÍAS (media $\pm$ EE )	28 DÍAS (media $\pm$ EE)	70 DÍAS (media $\pm$ EE)	84DÍAS (media $\pm$ EE)
<i>B. thuringiensis</i> var. <i>kurstaki</i>	0,49 $\pm$ 0,019 a	2,14 $\pm$ 5,44a	0,81 $\pm$ 0,21a	0,76 $\pm$ 0,22a	0,28 $\pm$ 3,96a
<i>M. anisopliae</i>	0,51 $\pm$ 0,019a	1,99 $\pm$ 5,44b	1,94 $\pm$ 0,21b	1,05 $\pm$ 0,22b	0,56 $\pm$ 3,96b
<i>B. subtilis</i>	0,51 $\pm$ 0,019a	2,18 $\pm$ 5,44b	1,87 $\pm$ 0,21ab	0,97 $\pm$ 0,22b	0,64 $\pm$ 3,96b
<i>B. bassiana</i>	0,51 $\pm$ 0,019a	2,02 $\pm$ 5,44b	1,80 $\pm$ 0,21ab	1,07 $\pm$ 0,22b	0,69 $\pm$ 3,96b
Testigo	0,54 $\pm$ 0,019a	2,75 $\pm$ 5,44c	2,13 $\pm$ 0,21c	1,44 $\pm$ 0,22c	0,96 $\pm$ 3,96c

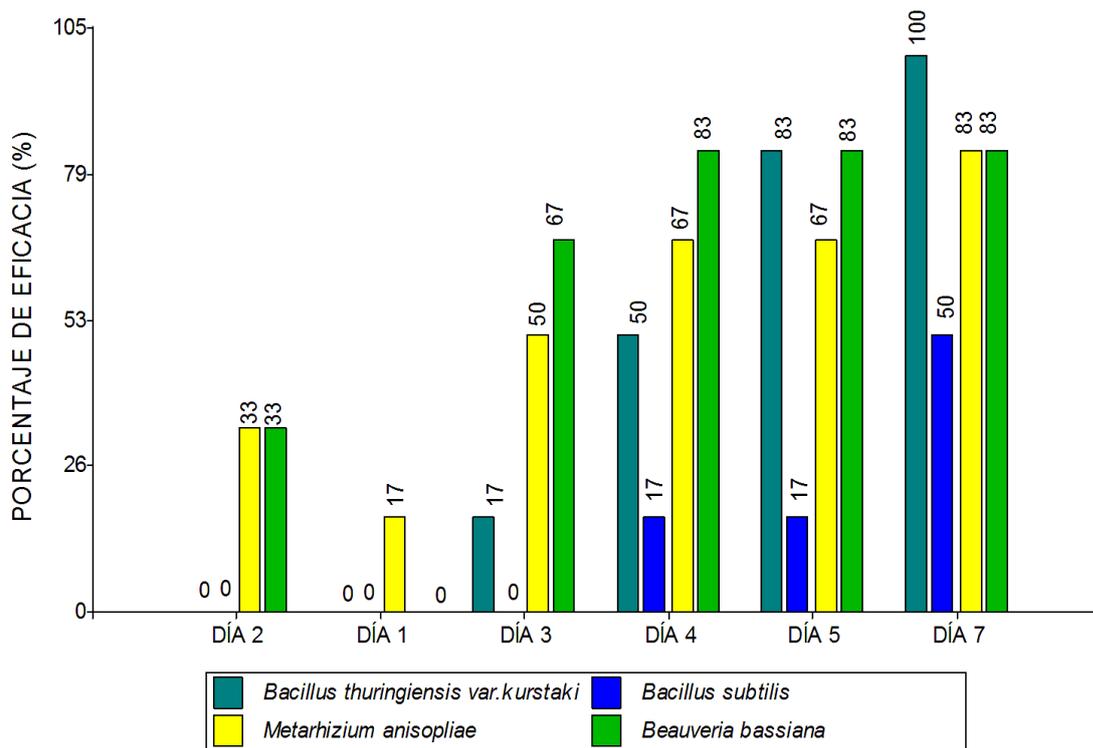
Promedio en una columna con letras distintas presentan diferencias significativas según la prueba de comparaciones múltiples test de Duncan ( $p < 0,05$ ).

### Efectividad de los entomopatógenos en la mortalidad de larvas de *Spodoptera frugiperda* en laboratorio

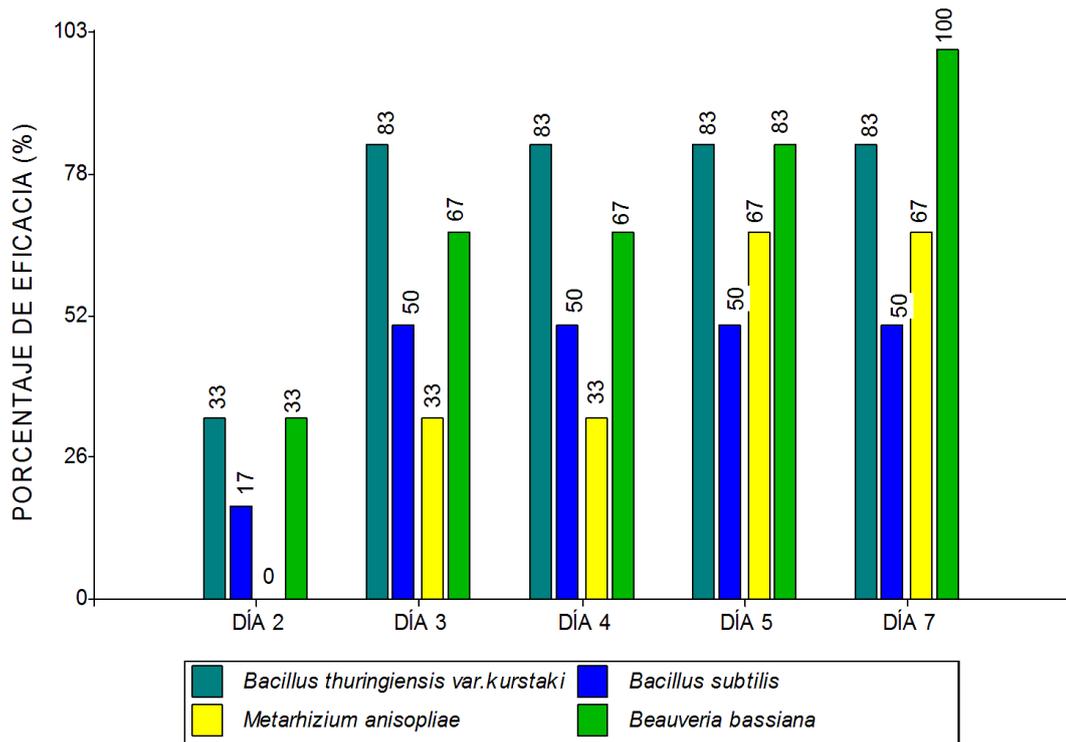
Los entomopatógenos frente a las larvas de *Spodoptera frugiperda* mostraron la máxima mortalidad a los 7 días de estar en contacto con el tóxico, siendo *B. thuringiensis* var. *kurstaki* de mayor eficacia de mortalidad en los estadios 3 y 4 (100%) y *Beauveria bassiana* en los estadios 5 y 6 con 100% (Figura 1, 2, 3 y 4).



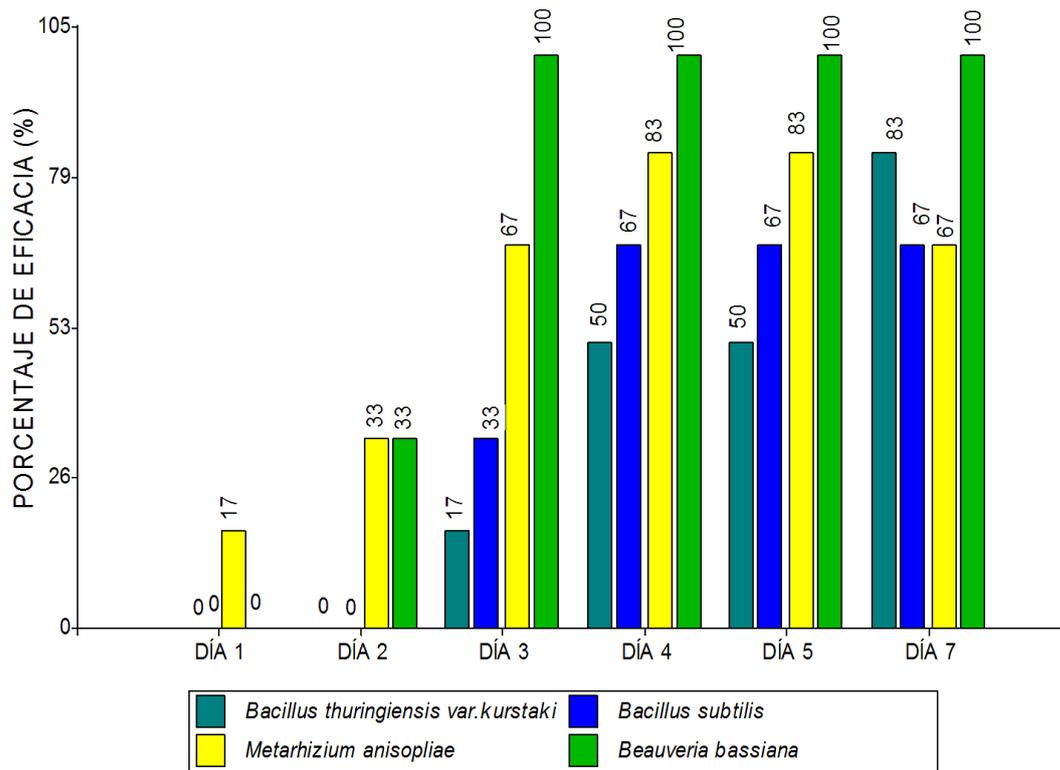
**Fig. 1.** Porcentaje de eficacia en la mortalidad de larvas de *Spodoptera frugiperda* en el tercer estadio



**Fig.2.** Porcentaje de eficacia en la mortalidad de larvas de *Spodoptera frugiperda* en el cuarto estadio



**Fig.3.** Porcentaje de eficacia en la mortalidad de larvas de *Spodoptera frugiperda* en el quinto estadio



**Fig.4.** Porcentaje de eficacia en la reducción de larvas de *Spodoptera frugiperda* en el sexto estadio larval

## Evaluación del rendimiento del maíz morado

El rendimiento de maíz proyectado en una hectárea con la aplicación del tratamiento *B. thuringiensis* var. *kurstaki* fue de 4533,75 kg y el tratamiento *Beauveria bassiana* fue 4211,25 kg.

## 4. DISCUSIÓN

Los resultados de la evaluación del porcentaje de incidencia de *Spodoptera frugiperda* en el maíz morado, coincide con los reportes de León et al. (2018) a los 18 y 25 días después de la siembra observaron que con la aplicación de *B. thuringiensis* se había logrado el promedio más bajo de plantas atacadas (0,17 %) mientras que con *Metarhizium anisopliae* se reduce hasta un 11,09 %. Drouet (2018) manifiesta que, al aplicar *B. thuringiensis* los porcentajes de daño no llegan al umbral de daño económico del cultivo. Vázquez-Ramírez et al. (2015) al estudiar tres cepas nativas de *B. thuringiensis* observaron que poseen buen nivel de toxicidad hacia *S. frugiperda*. Por lo que se deduce que en las condiciones del CIFO UNHEVAL el producto formulado a base de *B. thuringiensis* var. *kurstaki* puede lograr mantener las infestaciones hasta por debajo de un 10 %.

En el caso de la mortalidad de larvas, similares resultados reportan León et al. (2018) a los 25 días observaron que con la aplicación de *B. thuringiensis* se había logrado el control total, cero larvas por planta, mientras que con *M. anisopliae* se reduce hasta un 0,11 %. Por su parte Vázquez-Ramírez et al. (2015) registraron y reportaron promedios desde 3,75 a 5,25 larvas muertas respectivamente. Estos resultados se deben a que *Bacillus* sp provoca el colapso de centros nerviosos, digestivos y reproductivos cesando la actividad biológica de la plaga (Mendoza, 2019). Por su parte Pacheco et al. (2019) aducen que los tratamientos a base de *M. anisopliae* con diferentes concentraciones resultan ser efectivas en el control de plagas.

En laboratorio la efectividad de los entomopatógenos en la mortalidad de larvas coincide con las respuestas de Ruiz et al. (2013) quienes reportan una eficiencia del 57,25 % a las 120 horas después de la aplicación de *B. thuringiensis* frente al gusano cogollero. Por lo tanto, los entomopatógenos han demostrado su control a la presencia del *S. frugiperda*. En tanto Díaz (2016) consigue mayores promedios de mortalidad, de hasta un 75%, en las larvas en dieta purificada, evaluadas en 96 y 120 horas al aplicar *B. thuringiensis*. Lo mismo Stapel et al. (1998) concuerdan en manifestar que las larvas de primer instar de *S. frugiperda*, se ven afectadas con el uso de toxinas de *B. thuringiensis*, producto de la intoxicación bacteriana. Vázquez-Ramírez et al. (2015) también, comprobaron que algunas cepas de Bt son eficaces con efecto tóxico contra las del gusano cogollero del maíz. Villarreal-Delgado et al. (2018) mencionan que el primer bioplaguicida microbiano a base de *B. thuringiensis* var. *kurstaki* HD-1 fue elaborado para el control biológico de lepidópteros. Esto es por su capacidad de producir proteínas Cry (Bt-  $\delta$  endotoxinas) durante la formación de sus esporas, las mismas que tienen la capacidad de provocar lisis en células del tracto digestivo del insecto al ser consumido.

En cuanto al rendimiento de maíz proyectado en una hectárea con la aplicación del tratamiento *B. thuringiensis* var. *kurstaki* y *B. bassiana*. Parecido resultado reporta Candell (2018) al evaluar *B. thuringiensis* con diferentes dosis y el insecticida químico cipermetrina. La mayor diferencia estadística ocurre solamente con el testigo convencional, siendo los rendimientos 4836,38 kg/ha y 5403,25 kg/ha respectivamente.

## 5. CONCLUSIONES

El tratamiento con mayor eficiencia en la reducción de los porcentajes de incidencia, así como en la mortalidad *Spodoptera frugiperda* fue el entomopatógeno *B. thuringiensis* var. *kurstaki*. La incidencia se redujo de un 10 % evaluadas a los catorce días después de la siembra hasta un 1% a los ochenta y cuatro días de evaluación en campo. En el caso de la mortalidad, la eficiencia en laboratorio de *B. thuringiensis* var. *kurstaki* fue de un 100% en los estadios larvales tres y cuatro, sin embargo, para el caso de los estadios larvales cinco y seis el tratamiento *Beauveria bassiana* mostró la más alta eficiencia (100%). El rendimiento promedio del maíz tratados con *B. thuringiensis* var. *kurstaki* fue de 4 533,75 kg/ha y con el tratamiento *B. bassiana* se obtuvo un promedio de 4 211, 25 kg/ ha.

En base a los resultados obtenidos en campo se recomienda hacer uso del entomopatógeno *B. thuringiensis* var. *kurstaki* para el control de la plaga *S. frugiperda*. Sin embargo, se deberán realizar nuevos estudios para determinar la efectividad de *B. bassiana* en campo puesto que resultó siendo altamente efectivo en la mortalidad de las larvas de los estadios cinco y seis en los ensayos llevados a cabo en laboratorio.

## 6. AGRADECIMIENTOS

Nuestros agradecimientos al director del Centro de Investigación olerícola frutícola (CIFO)-UNHEVAL, donde se llevó a cabo la investigación, Dr. Fernando Gonzales Pariona.

## 7. CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

A.V., K.S., S.J. y H.C.: Concepción, diseño, recolección de datos, revisión crítica del artículo y aprobación de la versión final. A.V. y S.J.: Análisis estadístico e interpretación de los resultados. A.C., K.S y H.C.: Bioensayos en campo y laboratorio. Todos los autores han leído el manuscrito final y aprobado la versión.

## 8. CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran no tener conflictos de intereses.

## 9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Akutse, K.S., Kimemia, J.W., Ekesi, S., Khamis, F.M., Ombura, O.L., y Subramanian, S. (2019). Ovicidal effects of entomopathogenic fungal isolates on the invasive fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of Applied Entomology*, 143(6): 626-634. <https://doi.org/10.1111/jen.12634>.
- Candell, A. D. (2018). Efecto de la aplicación de *Bacillus thuringiensis* en el control del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda* JE Smith) del híbrido de Maíz (*Zea mays*) INIAP H-551 en la comuna Río Verde provincia de Santa Elena. *Revista Científica y Tecnológica UPSE*, 5 (1): 47-56. <https://doi.org/10.26423/rctu.v5i1.312>.
- Coveña, S. R. (2015). Respuesta del maíz *Zea mays* al bioinsecticida de cedro rojo *Cedrela odorata* en cebo y aspersion para controlar al cogollero *Spodoptera frugiperda*. Tesis de grado. Universidad de Guayaquil, Ecuador. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/7399>.
- Díaz, J. (2016). Acción de cepas nativas de *Bacillus thuringiensis* (Berliner), como control biológico de *Spodoptera frugiperda* (JE Smith). Lepidoptera: Noctuidae. *Revista Temas Agrarios*, 21(2): 86-91. <https://doi.org/10.21897/rta.v21i2.904>.
- Drouet, A. C. (2018). Efecto de la aplicación de *Bacillus thuringiensis* en el control del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda* J.E. Smith) del híbrido de Maíz (*Zea mays*) INIAP H-551 en la comuna Río Verde provincia de Santa Elena. *Revista Científica y Tecnológica UPSE*, 5 (1), 47-56. DOI: 10.26423/rctu.v5i1.312.
- Faretto, A.P., Michel, M.C., Silva, F. N., y Silva, J. (2017). Adaptive potential of fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) limits Bt trait durability in Brazil *J. Integr. Pest. Manag*, 8, pp. 1-10. <https://doi.org/10.1093/jipm/pmx011>.
- Firake, D. M.; Behere, G. T. (2020). Natural mortality of invasive fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) in maize agroecosystems of northeast India. *Biological Control*, 148- 104303. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2020.104303>.

- França, Í. W., Marques, E. J., Torres, J. B., y Oliveira, J. V. (2006). Efeitos de *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorok. e *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. Sobre o percevejo predador *Podisus nigrispinus* (Dallas) (Hemiptera: Pentatomidae). *Neotropical Entomology*, 35(3), 349-356. <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2006000300009>.
- Galvez, R. L., Christopher, A., Sarkar, D., Shetty, K., Chirinos, R., y Campos, D. (2017). Phenolic Composition and Evaluation of the Antimicrobial Activity of Free and Bound Phenolic Fractions from a Peruvian Purple Corn (*Zea mays* L.) Accession. *Journal of food science*, 82(12), 2968-2976. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.13973>.
- García, J. E., Posadas, J.B., Peticari, A., y Lecuona, R. E. (2011). *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) Sorokin promotes growth and has endophytic activity in tomato plants. *Advances in Biological Research*, 5(1):22-27. [https://www.researchgate.net/profile/Julieta\\_Posadas/publication/228474280\\_Metarhizium\\_anisopliae\\_Metschnikoff\\_Sorokin\\_Promotes\\_Growth\\_and\\_Has\\_Endophytic\\_Activity\\_in\\_Tomato\\_Plants/links/02e7e517e60177e2fc000000.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Julieta_Posadas/publication/228474280_Metarhizium_anisopliae_Metschnikoff_Sorokin_Promotes_Growth_and_Has_Endophytic_Activity_in_Tomato_Plants/links/02e7e517e60177e2fc000000.pdf).
- González-Maldonado, M. B.; Gurrola-Reyes, J. N. y Chaírez-Hernández, L. (2015). Biological products for the control of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Revista colombiana de Entomología*, 41(2): 200-204. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0120-04882015000200009](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-04882015000200009).
- Hañari-Quispe, R.; Arroyo, J.; Herrera-Calderón, O. y Herrera-Moran, H. (2015). Efecto hepatoprotector del extracto hidroetanólico atomizado del maíz morado (*Zea mays* L.) en lesiones hepáticas inducidas en ratas. In *Anales de la Facultad de Medicina*, Vol. 76(2):23-128. <http://dx.doi.org/10.15381/anales.v76i2.11136>.
- Hernández-Trejo, A.; Estrada-Drouaillet, B.; Rodríguez-Herrera, R.; García-Giron, J. M.; Patiño-Arellano, S. A.; Osorio-Hernández, E. (2019). Importancia del control biológico de plagas en maíz (*Zea mays* L.). *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 10(4):803-813. <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i4.1665>.
- Jaramillo-Barrios, C. I.; Varón-Devia, E. H. y Monje-Andrade, B. (2020). Economic injury level and action thresholds for *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) in maize crops. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 73(1):9065-9076. <http://dx.doi.org/10.15446/rfnam.v73n1.78824>.
- Kim, J. T., Yi, G., Chung, I. M., Son, B. Y., Bae, H. H., Go, Y. S., Ha, J.Y., Baek, S.B., y Kim, S. L. (2020). Timing and Pattern of Anthocyanin Accumulation during Grain Filling in Purple Waxy Corn (*Zea mays* L.). *ACS Omega*, 5(25): 15702-15708. <https://doi.org/10.1021/acsomega.0c02099>.
- Lao, F., Sigurdson, G. T., y Giusti, M. M. (2017). Health benefits of purple corn (*Zea mays* L.) phenolic compounds. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 16(2), 234-246. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12249>.
- León, J. E., Brito, O. G., y Manssur, F. G. (2018). La Evaluación del control biológico de *Spodoptera frugiperda* en el cultivo de maíz: Control biológico de *Spodoptera frugiperda*. *Journal of Science and Research: Revista Ciencia e Investigación*, 3(11):18-23. DOI: <https://doi.org/10.26910/issn.2528-8083vol3iss11.2018pp18-23p>.
- Mendoza-Léon, D., Dobronski-Arcos, J., Vásquez-Freytez, C., Frutos-Pinto, V. y Paredes-Carreño, S. (2019). Control de *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) con *Bacillus subtilis* en hojas de fresa (*Fragaria vesca*). *Agronomía Costarricense*, 43(1):125-133. <http://dx.doi.org/10.15517/rac.v43i1.35676>.
- Ngangambe, M. H., y Mwatawala, M. W. (2020). Effects of entomopathogenic fungi (EPFs) and cropping systems on parasitoids of fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) on maize in

- eastern central, Tanzania. *Biocontrol Science and Technology*, 30(5): 418-430. <https://doi.org/10.1080/09583157.2020.1726878>.
- Oliveira, D. H. (2017). Patogenicidade e virulência de *Beauveria bassiana* e *Metarhizium anisopliae* a *Euschistus heros* (Hemiptera: Pentatomidae). Tesis de grado. Universidad Tecnológica Federal do Paraná. <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/16049>.
- Pacheco, H. M., Reséndiz, M. J., y Arriola, P. V. (2019). Organismos entomopatógenos como control biológico en los sectores agropecuario y forestal de México: una revisión. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 10(56), 4-32. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v10i56.496>
- Prasanna, J.E., Huesing, R., y Eddy, V.M. (2018). *Peschke Fall Armyworm in Africa: A Guide for Integrated Pest Management* (first ed.), CIMMYT, México, CDMX, p. 120p. <https://repository.cimmyt.org/xmlui/bitstream/handle/10883/19204/59133>.
- Ramanujam, B., Poornesha, B., y Shylesha, A. N. (2020). Effect of entomopathogenic fungi against invasive pest *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) in maize. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 30(1): 1-5. <https://doi.org/10.1186/s41938-020-00291-4>.
- Ramos, Y., Taibo, A. D., Jiménez, J. A., y Portal, O. (2020). Endophytic establishment of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* in maize plants and its effect against *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) larvae. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 30(1): 1-6. <https://doi.org/10.1186/s41938-020-00223-2>.
- Reséndiz, R. Z., López, S. J. A., Osorio, H. E., Estrada D. B., Pecina, M. J. A., Mendoza, C. M. C. y Reyes, M. C. A. (2016). Importancia de la resistencia del maíz nativo al ataque de larvas de lepidópteros. *Temas de Ciencia y Tecnología*, 20(59):3-14. [http://mixteco.utm.mx/edi\\_anteriores/temas59/T59\\_0Indice.pdf](http://mixteco.utm.mx/edi_anteriores/temas59/T59_0Indice.pdf).
- Rodríguez-Soto, J.; Salazar-Castillo, M., y Contreras-Quñones, M. (2018). Efecto de diferentes surfactantes sobre larvas III de *Spodoptera frugiperda* Smith bajo condiciones de laboratorio y de campo. *Arnaldoa*, 25(3):1041-1052. <https://dx.doi.org/10.22497/arnaldoa.253.25315>.
- Ruíz, E. M., Cabral, A. C., y Pino, Q. C., (2013). Eficiencia de *Bacillus thuringiensis* Línea HD-1 en el control de *Spodoptera frugiperda* (Smith), Lepidoptera; Noctuidae en condiciones de campo y de laboratorio en el cultivo de maíz dulce *Zea mays Saccharata*. *Investigación Agraria*, Vol. 6 (1) ISSN 1684-9086. <http://www.agr.una.py/revista/index.php/ria/article/view/198>>. Fecha de acceso: 08 agosto. 2020.
- Sánchez, J. J., Valle, D. J., Pérez, T. E., Neira, M., y Calderón A.A (2019). Control biológico de *Spodoptera frugiperda* en cultivo de *Zea mays*: Uso de nematodos entomopatógenos. *Scientia Agropecuaria*, 10(4): 551-557. <http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2019.04.12>.
- Santos, A. M., Uribe, L. A., Ruiz, J. C., Tabima, L., Gómez, J. A., y Villamizar, L. F. (2014). *Spodoptera frugiperda* Nucleopolyhedrovirus Sf NPV003: Compatibility with agrochemicals and storage stability. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 15(2), 219-228. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0122-87062014000200008](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0122-87062014000200008).
- Stapel, J., Waters, D., Ruberson, J., y Lewis, W. (1998). Development and behavior of *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae) larvae in Choice Test with Food Substrates containing toxins of *Bacillus thuringiensis*. *Biological control*, 11(1): 29-37. <https://doi.org/10.1006/bcon.1997.0576>.
- Vázquez-Ramírez, M. F.; Rangel-Núñez, J. C.; Ibarra, J. E.; y Del Rincón-Castro, M. C. (2015). Evaluación como agentes de control biológico y caracterización de cepas mexicanas de *Bacillus thuringiensis* contra el gusano cogollero del maíz *Spodoptera frugiperda*

(Lepidoptera: Noctuidae). *Interciencia*, 40(6):  
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33938675006>.

397-402.

Villarreal-Delgado, M. F.; Villa-Rodríguez, E. D.; Cira-Chávez, L. A.; Estrada-Alvarado, M. I.; Parra-Cota, F. I. y Santos-Villalobos, S. D. (2018). El género *Bacillus* como agente de control biológico y sus implicaciones en la bioseguridad agrícola. *Revista mexicana de fitopatología*, 36(1): 95-130. <https://doi.org/10.18781/r.mex.fit.1706-5>.

Zhou, Y. M., Xie, W., Ye, J. Q., Zhang, T., Li, D. Y., Zhi, J. R. y Zou, X. (2020). New potential strains for controlling *Spodoptera frugiperda* in China: *Cordyceps cateniannulata* and *Metarhizium rileyi*. *BioControl*, 1-10. <https://doi.org/10.1007/s10526-020-10035-w>.

**Citar como:**

Valverde, A.; Cornejo, A.; Carbajal, K.; Cordova, Hickey.; Jacobo, S. 2020. Importancia de los entomopatógenos en el control de la plaga *Spodoptera frugiperda* (Smith) en el cultivo del maíz morado. *REBIOL* 42(2):206-217. DOI: <http://dx.doi.org/10.17268/rebiol.2020.40.02.08>.

## Artículo Original

# ASPECTOS TRÓFICOS DE *Ethmidium maculatum* “MACHETE”, REGIÓN LA LIBERTAD, 2016

## TROPHIC ASPECTS OF *Ethmidium maculatum* “MACHETE”, LA LIBERTAD REGION, 2016

Dennis Atoche-Suclupe<sup>1</sup>; Zoila Culquichicón Malpica<sup>2</sup>; Margot Ruíz García<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Instituto del Mar del Perú (Laboratorio Costero de Huanchaco); <sup>2</sup> Universidad Nacional de Trujillo; <sup>3</sup> Egresada de la Universidad Nacional de Trujillo

**Autor de correspondencia:** datoche@imarpe.gob.pe

Dennis Atoche-Suclupe:  <https://orcid.org/0000-0002-2785-5434>

Zoila Culquichicón Malpica:  <https://orcid.org/0000-0002-4822-1254>

Margot Ruíz García:  <https://orcid.org/0000-0003-0478-3463>

**Recibido: 3 de noviembre 2020 / Aceptado: 30 de diciembre 2020**

### RESUMEN

Se determinó los principales aspectos tróficos de *Ethmidium maculatum* “machete” en la región La Libertad, durante el año 2016. Se analizó una muestra de 362 estómagos llenos. Se determinó la dinámica trófica a través del análisis de los índices de vacuidad (I.V.) y repleción (I.R). Para obtener la composición trófica se utilizó los métodos frecuencia de ocurrencia, numérico y volumétrico (biomasa húmeda de presas). La dinámica alimentaria indicó dos periodos tróficos importantes y la mayor llenura de estómagos fue en abril. La dieta estuvo conformada por 39 presas agrupadas en cinco ítems presa. Las diatomeas pelágicas fueron las más frecuentes y numerosas, sin embargo, en cuanto al porcentaje de biomasa húmeda, fue mayor en el ítem copépodo. Los resultados constituyen un aporte significativo al conocimiento de la dinámica alimentaria y alimento de *E. maculatum*, no obstante, se necesitan estudios a mayor escala espacial y temporal, que permitan un análisis a nivel de hábitat trófico de peces planctófagos.

**Palabras Claves:** *Ethmidium maculatum*, dinámica trófica, alimento y hábitos alimentarios, región La Libertad.

### ABSTRACT

The main trophic aspects of *Ethmidium maculatum* “machete” were determined in La Libertad Region, during 2016. A sample of 362 full stomachs was analyzed. The trophic dynamics was determined through the analysis of the vacuity (I.V.) and repletion (I.R) indices. To obtain the trophic composition, the frequency of occurrence, numerical and volumetric methods (wet biomass of preys) were used. The food dynamics indicate two important trophic periods, and the greatest stomach filled were on April. The diet consisted of 39 preys grouped into five items. Pelagic diatoms were the most frequent and numerous; however, in terms of the percentage of wet biomass, it was higher in the item copepods. The results constitute a significant contribution to the knowledge of the food and feeding dynamics of *E. maculatum*; however, studies on a larger spatial and temporal scale are needed, which allow an analysis at the trophic habitat level of planktophagous fish.

**Keywords:** *Ethmidium maculatum*, trophic dynamics, food and feeding habits, La Libertad region

## 1. INTRODUCCIÓN

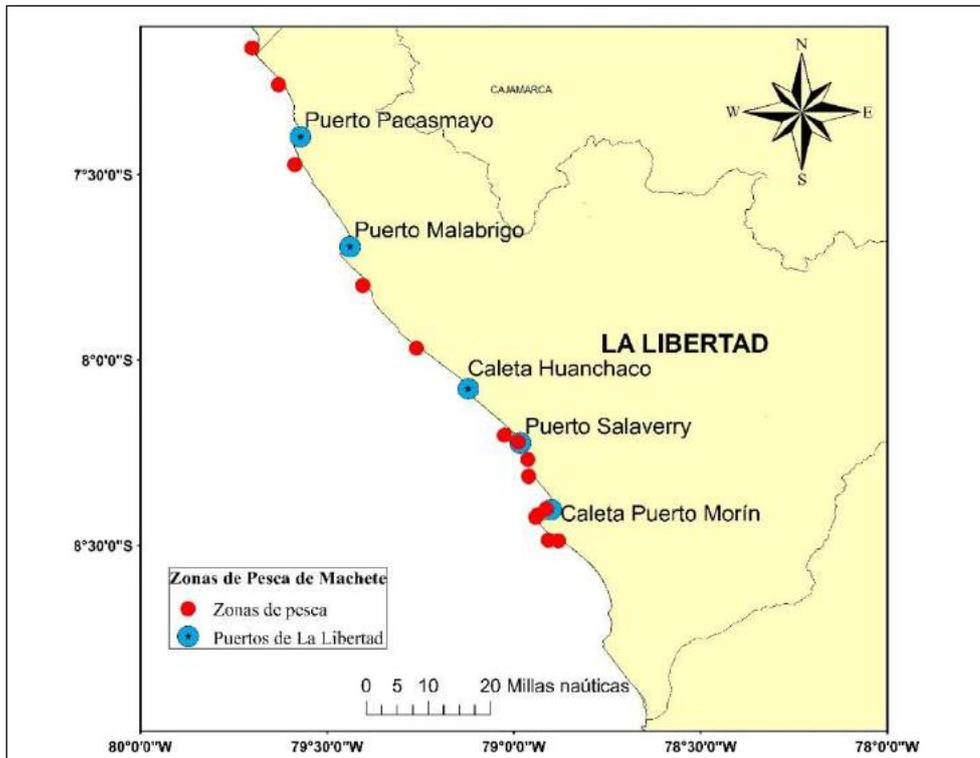
La biología trófica y los hábitos alimenticios de los peces, permiten comprender el papel biológico que desempeñan en su hábitat, a través de las relaciones entre el alimento con el crecimiento, desove, ritmo circadiano y el desarrollo de su ciclo de vida (Nikolsky, 1963; Wootton, 1979, 1990; Link y Almeida, 2000; Khan'ko et al., 2009; Yuneva et al., 2016). Además, se pueden conocer interacciones ecológicas fundamentales en la estructuración de comunidades marinas (Choy et al., 2015; Shaw et al., 2016).

*Ethmidium maculatum* “machete” es un pez marino que pertenece a la familia Clupeidae y recibe otros nombres comunes como “machetillo” y “machuelo”. Su distribución geográfica abarca desde el Golfo de Guayaquil en Ecuador, por el norte, hasta Puerto de Talcahuano por el sur (0°-37°S) (Chirichigno, 1974; Whitehead, 1985). Esta especie es considerada un recurso marino de aceptación comercial en la pesca artesanal peruana, utilizada en la gastronomía debido a su alto valor nutricional en proteínas, sodio, potasio, calcio, magnesio y hierro (IMARPE, 1996).

En la región La Libertad, el machete es uno de los principales recursos pesqueros desembarcados (Atoche, 2016), por lo que este estudio aporta mayor información sobre el alimento y hábitos alimentarios de *E. maculatum*. Pocos son los estudios realizados para esta especie; se ha estudiado la Biología y Pesquería de machete (Atoche y Culquichicón 2013). En los aspectos tróficos, según Atoche (2014), el grado de digestibilidad semidigerido puede variar entre 80% y 94%; y el grupo zooplancton (*Calanus* sp) es el más representativo según los métodos de estimación porcentual y frecuencia de ocurrencia; sin embargo, estas estimaciones son cualitativas y a criterio del investigador, por lo que es necesario obtener indicadores cuantitativos en cuanto a ecología trófica de esta especie. Por ello, el objetivo de este estudio fue determinar los principales aspectos tróficos como la dinámica alimentaria, composición y abundancia de presas presentes en el contenido estomacal de machete en la región La Libertad durante el año 2016.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio se localizó en la zona marino costera de la región La Libertad, donde se realiza la actividad pesquera artesanal, en los puntos de desembarque: Puerto Pacasmayo, Puerto Malabrigo, Caleta Huanchaco, Puerto Salaverry y Caleta Puerto Morín. Se analizó 14 muestras de febrero a diciembre del 2016; éstas procedieron de 14 zonas de pesca (Fig. 1). Estas capturas fueron realizadas por embarcaciones de madera denominadas “bote” de 2 a 4 t de capacidad de bodega, utilizando redes cortina de 76,2 mm de tamaño de malla.



Figura

### 1. Ubicación geográfica de la zona de estudio

Se analizó 481 ejemplares de *E. maculatum* de 22 a 32 cm de longitud total. Del total de ejemplares, 362 estómagos fueron llenos, de los cuales se obtuvieron datos de peso de estómago lleno (PELL), peso de estómago vacío (PEV) y peso de contenido estomacal (PCE) en gramos; para ello se utilizó una balanza marca KERN de 0,01 g de sensibilidad.

La dinámica alimentaria se calculó a través de los índices de vacuidad y de repleción o llenado. El índice de vacuidad permitió establecer los periodos de mayor o menor actividad alimentaria (Pitt, 1973; Ramos, 1979); y el índice de repleción, para conocer el comportamiento alimenticio, es decir, los periodos donde los estómagos tienen mayor contenido de alimento (De Silva, 1973; Hyslop, 1980).

$$I. V. = \frac{EV}{ET} \times 100$$

$$I. R. = \frac{\text{Peso del contenido estomacal} \times 100}{\text{Peso total del pez}}$$

Donde:

I.V.: Índice de vacuidad

EV: Número de estómagos vacíos

- ET: Número de estómagos totales analizados  
I.R.: Índice de repleción o llenado

Para determinar el alimento de *E. maculatum* se empleó los métodos de frecuencia de ocurrencia, con el que se determinó la presencia o ausencia de cada presa en el estómago, más información cuantitativa a través del método numérico (Tresierra y Culquichicón, 1995) y el volumétrico, procedimiento propuesto por el protocolo interno del Laboratorio de Ecología trófica del IMARPE (Ruíz, 2016).

Para el análisis del contenido estomacal se analizó el primer estómago por intervalo de talla. Los ejemplares fueron agrupados por intervalos de talla de 4 cm de amplitud, y para el análisis de las presas se unió el contenido de los cuatro estómagos (máximo) en una luna de reloj. Posterior a ello, se filtró la muestra con el uso de dos tamices, uno con tamaño de malla de 75µm para fitoplancton y de 300 µm para zooplancton.

Para reconocer los organismos presa se utilizó un microscopio binocular Zeiss - Primo Star, en el cual se analizó las muestras de los contenidos estomacales a un aumento de 10x; además de un estereoscopio Leica - 6sd; y bibliografía especializada, para fitoplancton (Cupp, 1943; Balech, 1988) y para zooplancton (Santander, 1981; Boltovskoy, 1981). Las presas fueron organizadas en ítems alimentarios o presa, para un mejor entendimiento de los patrones; en fitoplancton, las presas se clasificaron en: diatomeas bentónicas, diatomeas pelágicas, dinoflagelados y silicoflagelados; en zooplancton, solo se consideró un ítem alimentario, copépodos; miscelánea, fue referencial, mas no fue considerado como ítem presa, sino como agrupación de otras presas no importantes.

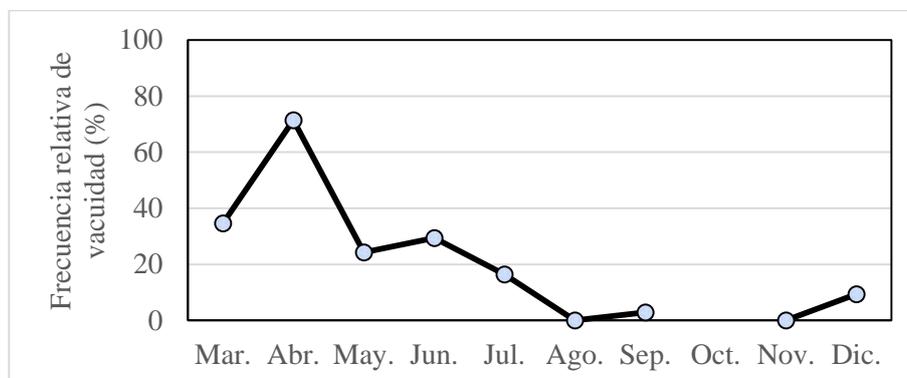
La componente fitoplanctónica, se analizó en un frasco de 20 ml, luego se llevó una alícuota (0,1 ml) a una lámina portaobjeto; cubriéndola con una laminilla; realizándose un conteo total del campo. La componente zooplanctónica; se diluyó en un vaso de precipitación, llevándolo a 100 ml y con ayuda de una pipeta se tomó una alícuota de 10 ml, la cual fue vertida en una cámara Bogorov, donde se realizó el conteo respectivo.

Para estimar la biomasa húmeda por presa según el método volumétrico, se utilizó factores de conversión de biovolúmenes individuales de fitoplancton y zooplancton (Sun y Liu 2003; Taylor, 2008) y se siguió el procedimiento propuesto por el protocolo interno del Laboratorio de Ecología trófica del IMARPE (Ruíz, 2016). Posterior a ello, se aplicó la prueba estadística de Kruskal Wallis para verificar si existe diferencia significativa en la biomasa húmeda de ítems alimentarios por mes y por rangos de longitud total (variación ontogénica).

### 3. RESULTADOS

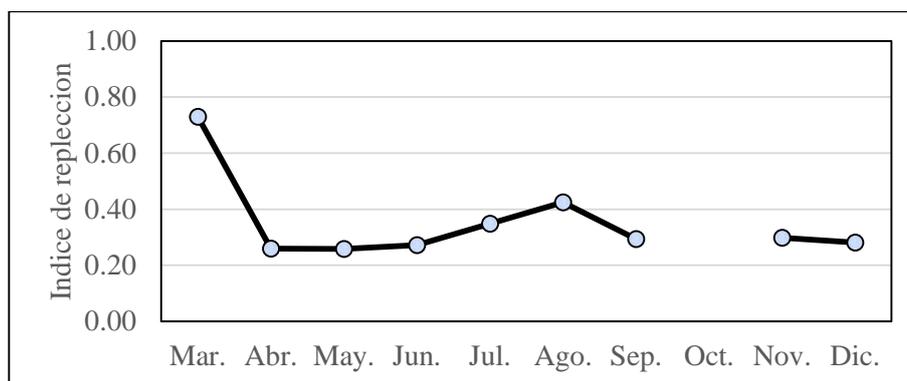
El índice de vacuidad indicó dos periodos tróficos. De marzo a junio hay menor actividad trófica con respecto al último semestre de ese año, donde los valores fueron inferiores a 16,5%. Los

mayores valores se obtuvieron en parte del verano y otoño, en marzo (34,7%), en abril (71,4%) y junio (29,4%). Luego se observó una disminución hasta agosto y noviembre, donde se alcanzó un índice de vacuidad del 0%. Finalmente, en diciembre el índice de vacuidad fue de 9,38% y comienza a incrementar nuevamente, lo que hace indicar un ciclo trófico (Fig. 2).



**Figura 2.** Índice de vacuidad de *Ethmidium maculatum* "machete"

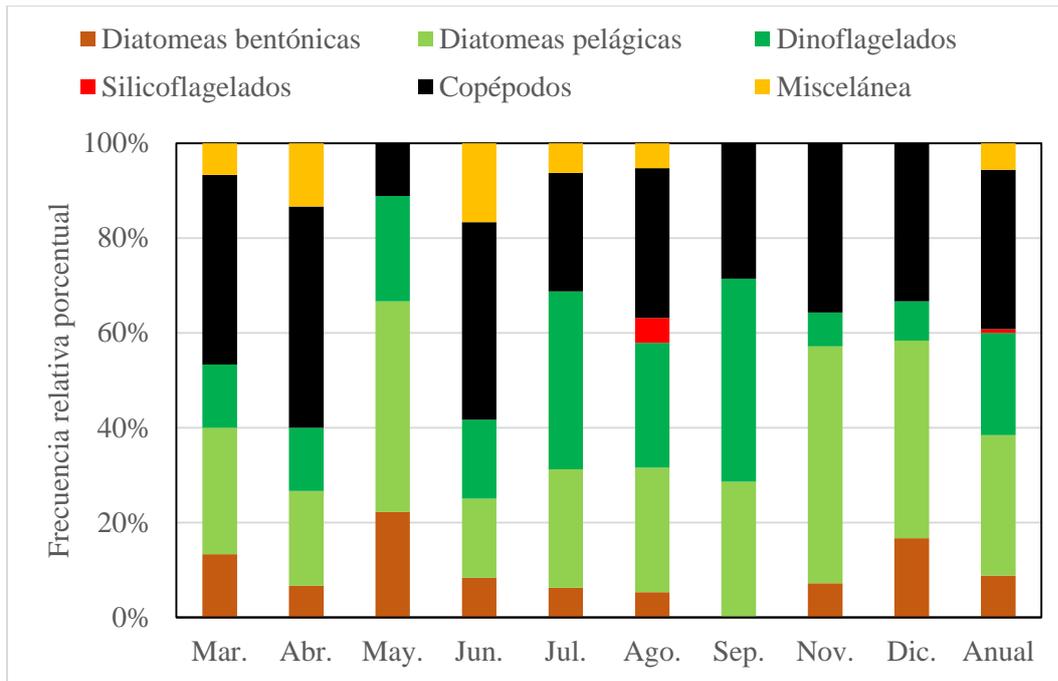
El índice de repleción en marzo tuvo su mayor valor (0,7%). Posterior a ese mes, los valores no tuvieron mayor variación, salvo un segundo pico de 0,42%. El promedio *anual* fue de 0,4% (Figura 3).



**Figura 3.** Índice de repleción de *E. maculatum* "machete"

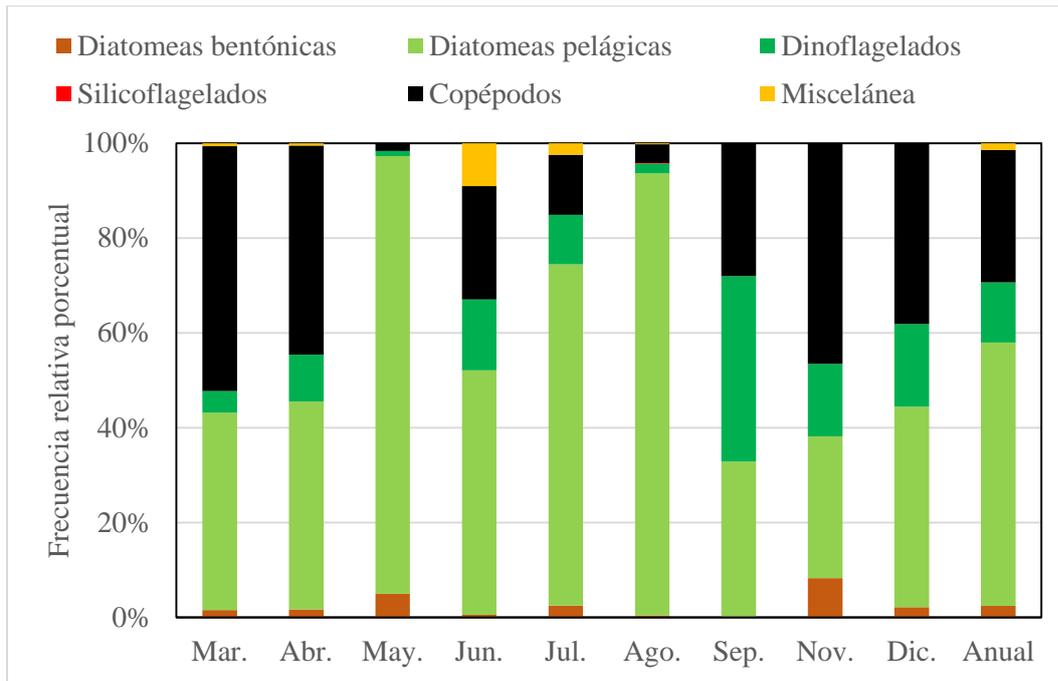
La dieta de *E. maculatum* estuvo conformada por 39 presas. Estos ítems fueron constituidos de la siguiente manera: 3 géneros de diatomeas bentónicas, 9 géneros de diatomeas pelágicas, 4 géneros y 7 especies de dinoflagelados, 1 género de silicoflagelado, 8 géneros de copépodos, y 5 de miscelánea. En el ítem miscelánea se observó la presencia del Orden Euphausiacea, Clase Ostracoda, huevos de anchoveta, huevos de crustáceo y larvas de cirrípedos.

La dieta de *E. maculatum* según el método de frecuencia de ocurrencia indicó que los ítems alimentarios más frecuentes en todo el periodo de estudio fueron copépodos (33,6%) y diatomeas pelágicas (29,6%). Otros ítems alimentarios presentes fueron dinoflagelados, diatomeas bentónicas y silicoflagelados; y no se observó un patrón marcado en la variación de los ítems alimentarios (Fig. 4).



**Figura 4.** Variación mensual de ítems alimentarios de *E. maculatum* mediante el método de frecuencia de ocurrencia.

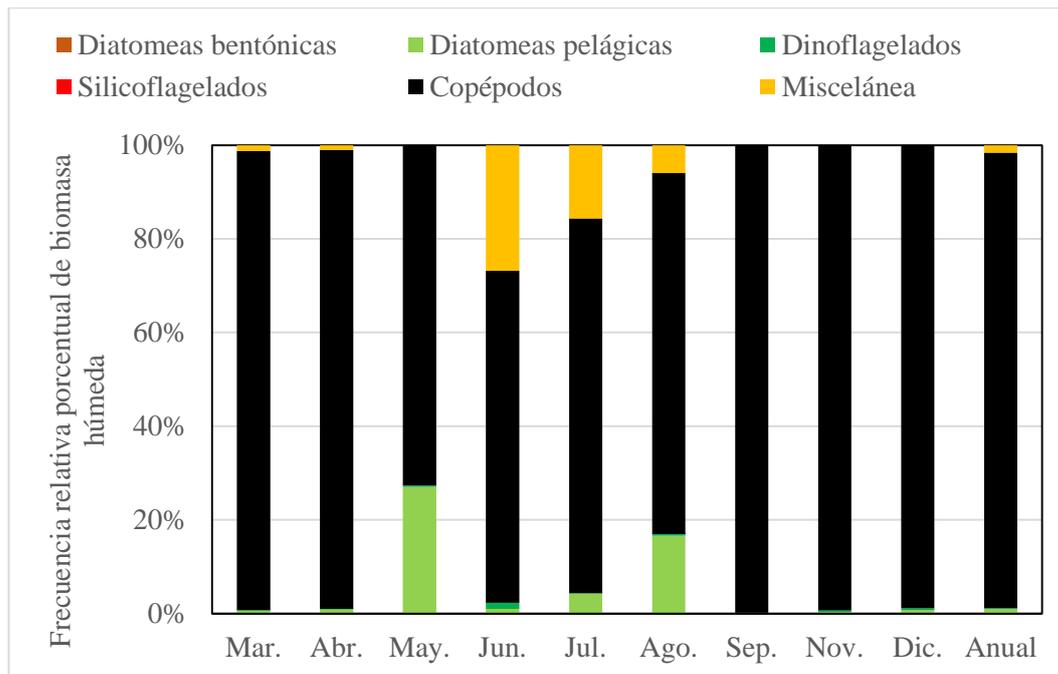
La dieta de *E. maculatum* según el método numérico indicaron que el ítem alimentario más abundante en todo el periodo de estudio fue las diatomeas pelágicas (55,5%); y hay patrones de variación para diatomeas pelágicas, copépodos y dinoflagelados. En el caso de las diatomeas pelágicas, se observó que los mayores valores correspondieron al periodo mayo-agosto. En el caso de los copépodos se observó que los mayores valores se dieron en marzo-abril y noviembre diciembre. Además, también se observó un patrón para dinoflagelados, donde los valores de este ítem no tuvieron mayor variación, salvo en septiembre, donde fue la presa más abundante (39,0%) (Fig. 5).



**Figura 5.** Variación mensual de ítems alimentarios de *E. maculatum* mediante el método numérico.

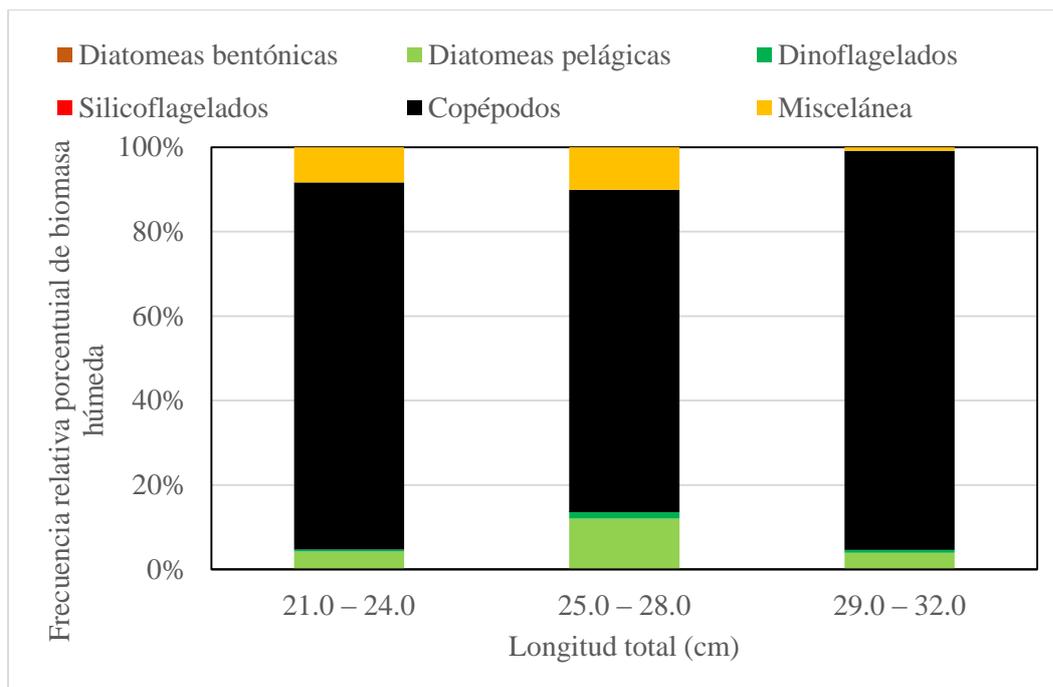
La dieta de *E. maculatum* según el método volumétrico indicó que el ítem alimentario más abundante en todo el periodo de estudio fue los copépodos (97,2%); y hay un patrón de variación para copépodos. Este patrón indicó que los copépodos predominaron en todo el año, pero en el periodo mayo-agosto se observó menores porcentajes (Fig. 6). Esto se verificó con un análisis no paramétrico, que indicó que no hay evidencia estadística para demostrar diferencias entre el consumo de diatomeas pelágicas (p valor: 0,525), diatomeas bentónicas (p valor: 0,244) y dinoflagelados (p valor: 0,990) en función al tiempo (mes); sin embargo, para el caso de los copépodos (p valor: 0,004) si hay diferencias, por lo que no es consumido en la misma cantidad en todos los meses.

Las presas con mayor importancia en porcentajes de biomasa húmeda en todo el año fueron: *Oithona* sp (49,4%), *Calanus* sp (20,6 %), *Paracalanus* sp (8,1%), *Coscinodicus* sp (5,1 %) y *Oncaea* sp (4,63%). Esto demuestra que la dieta de machete en función al método volumétrico, tuvo preferencia por el copépodo *Oithona* sp.



**Figura 6.** Variación mensual de ítems alimentarios de *E. maculatum* mediante el método volumétrico.

La dieta de *E. maculatum* según intervalos de longitud total (cm) no presentó un patrón definido y no hubo evidencia estadística para demostrar variación ontogénica en el consumo diatomeas pelágicas (p. valor: 0,997), diatomeas bentónicas (p. valor: 0,486), dinoflagelados (p. valor: 0,175) y copépodos (p. valor: 0,656). Los intervalos de longitud fueron conformados de 21 a 24 cm, de 25 a 28 cm y de 29 a 32cm de longitud total. Se observó que en el intervalo de talla 21- 24 cm, el 87,0% fueron copépodos y el 8,3% miscelánea; de 25-28 cm el porcentaje de copépodos fue 76,4% y diatomeas pelágicas fueron 12,0%; de 29-32cm el porcentaje de copépodos fue 94,5% y las diatomeas pelágicas 3,9% (Fig. 7).



**Figura 7.** Variación ontogénica de la dieta de *E. maculatum*

#### 4. DISCUSIÓN

La dinámica alimentaria de machete a través del índice de vacuidad indicó que se relaciona con el periodo de mayor reproducción de la especie, que ocurre en invierno y primavera (Atoche y Culquichicón, 2013). A medida que la especie tiene mayor actividad reproductiva, se alimenta menos.

El promedio del índice de repleción en “machete” durante el 2016 fue de 0,4% teniendo su mayor pico en marzo (0,73%) (n= 362 estómagos). Aedo et al. (2007), menciona que en Chile el porcentaje de llenura en dicho periodo fue de 2,1% (n= 708 estómagos); estas diferencias pueden ocurrir debido a la diferencia en longitud de los peces, ya que en Chile se reportan ejemplares con longitudes mayores, además de las condiciones ambientales, zonas geográficas y tiempo de muestreo diferentes.

El número total de presas reportadas en este estudio fue de 39, correspondientes a los grupos zooplancton y fitoplancton. Estos valores son superiores a lo reportado en Chile, por Aedo et al. (2007) quienes indican que en el contenido estomacal de “machuelo” lo conforman 15 ítems presa pertenecientes a crustáceos, poliquetos, bivalvos, peces y fitoplancton. Estas diferencias indican una mayor demanda trófica por parte del machete de esta parte del Perú.

Los métodos de frecuencia de ocurrencia y numérico son usados para estimar la predominancia de presas de algún grupo en la dieta de los peces. Para *E. maculatum*, el grupo larvas es más importante en Chile (Aedo et al., 2007), el grupo Dinoflagelados y copéodos para la región La Libertad en Perú (Atoche, 2016), y el grupo Fitoplancton de manera general (Blaskovic et al., 2007;

Cahuana, 1995; IMARPE, 2011). No obstante, estos métodos pueden subestimar la importancia de presas de gran tamaño y producir sesgos (Pillay, 1952; Windell, 1971; Hyslop, 1980; Konchina, 1991).

La estimación de biomasa húmeda de cada presa, a través del método volumétrico utilizado en este estudio es el primer paso hacia la estimación de contenido de carbono por presa. Si se estimaría el volumen por sí solo o a través del número de presas, tendríamos una sobre estimación de las diatomeas, como en el caso de la sardina *Sardinops sagax*, que pertenece a la familia Clupeidae igual que *E. maculatum*. Para este caso de estudio se sabe que la proporción diatomea: copépodo, 2:1 en volumen, es equivalente a 1:2.6 en carbono; por lo tanto, el zooplancton es una fuente de carbono superior al fitoplancton (Van der Lingen, 2002). Además, los copépodos tienen aproximadamente 8 veces más nitrógeno que las diatomeas, en comparación con volúmenes equivalentes entre ambos (Smayda, 1978, Hitchcock 1982).

La composición de la dieta por intervalos de tallas (21,0 - 24,0), (25,0 - 28,0) y (29,0 - 32,0) demostró que tanto los peces jóvenes como adultos se alimentan de las mismas presas; en contraste con Aedo et al. (2007) quienes encuentran que el “machete” tiene preferencia en cuanto a su alimentación dependiendo de la talla (<28), (28 - 38). Llanos et al. (1996) mencionan que el contenido estomacal de “machetes” más jóvenes está compuesta por presas pequeñas tales como huevos de anchoveta, copépodos, nauplios, dinoflagelados y larvas de moluscos; en los adultos ingieren presas más grandes como los copépodos. Cabe mencionar que el comportamiento alimentario es característico de cada especie e incluso pueden variar aún entre individuos de la misma especie, de acuerdo a la localidad, la estación climática y la edad o el sexo (Prejs y Colomine, 1981).

Los resultados de este estudio muestran un aporte al conocimiento de dinámica alimentaria, alimento y hábitos alimentarios a través de tres métodos de estimación. Es necesario que se siga recopilando información para observar patrones de variación interanual. Además, se sugiere ampliar la escala de estudio, para observar variaciones latitudinales; y analizar otras especies con las que *E. maculatum* comparte hábitat, para conocer el hábitat trófico.

## 5. CONCLUSIONES

*Ethmidium maculatum* “machete” tiene mayor actividad alimentaria en el último semestre del año. Se alimenta de diatomeas, dinoflagelados, silicoflagelados y copépodos, sin embargo, las presas más abundantes en biomasa húmeda fueron del grupo copépodos. No presenta variación temporal en el consumo de plancton, pero sí de copépodos. No hay evidencia estadística para demostrar variación ontogénica en el consumo de presas.

## 6. AGRADECIMIENTO

Al Ing. Luis Escudero Herrera, coordinador del Laboratorio Costero de Huanchaco en el periodo cuando se desarrolló el estudio, por brindar las facilidades para el uso de materiales y equipos utilizados. También, a la Blga. Betsy Buitrón Díaz, actual coordinadora del Laboratorio Costero de Huanchaco, por la gestión efectiva en la coordinación IMARPE-UNT, al finalizar la investigación.

Esta investigación formó parte de la tesis: “Alimento y hábitos alimentarios *Ethmidium maculatum* “machete” en la Región La Libertad durante el año 2016” de la Blga. Pesq. Margot Ruíz García, desarrollada por el Laboratorio Costero de Huanchaco (IMARPE) y la escuela de Biología Pesquera de la Universidad Nacional de Trujillo.

## 7. CONTRIBUCIÓN DE AUTORES

*Dennis Atoche-Suclupe*: Encargado de coordinar los muestreos, asesoramiento en el procedimiento de muestreo de contenido estomacal, tratamiento y análisis de datos del método volumétrico.

*Zoila Culquichicón Malpica*: Investigadora encargada de asesorar en la obtención de resultados utilizando los métodos frecuencia de ocurrencia y numérico

*Margot Ruíz García*: Apoyo en la realización de muestreos biológicos, reconocimiento de presas e índices de dinámica alimentaria.

## 8. CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no existe conflicto de interés.

## 9. FINANCIAMIENTO

Instituto del Mar del Perú – Oficina General de Promoción y Desarrollo de la Investigación de la Universidad Nacional de Trujillo (OGPRODEIN) – Recursos propios

## 10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aedo, G., Veas, R. Cubillos, L; Castro, L., Landaeta, M., Araya, M., Galleguillos, R., y Pedraza, M. (2007). Estudio biológico-pesquero de bacaladillo (*Normanichthys crockeri*) y machuelo (*Ethmidium maculatum*) en la zona centro-sur de Chile. Universidad de Concepción. Departamento de oceanografía. Informe final
- Atoche, D. (2016). Seguimiento de la pesquería demersal y costera en la región La Libertad, 2016. Informe interno anual, IMARPE sede Huanchaco, 38 p.
- Atoche, D. (2014). Seguimiento de la Pesquería Demersal Costera en la Región La Libertad, 2014. Informe interno anual, IMARPE sede Huanchaco, 37 p.
- Atoche, D., y Culquichicón, Z., (2013). Biología y Pesquería de *Ethmidium maculatum* “machete” en la región La Libertad durante el 2010. *SCIENDO*, 16(2):27-42
- Balech, E. (1988). Los Dinoflagelados Atlántico Sudoccidental. *Publ. Espec. Inst.Esp.Oceanogr.* 299 p.
- Blaskovic, V., Castillo, D., Fernández, C., y Navarro, I. (2007). Hábitos alimentarios de las principales especies costeras del litoral de Tumbes en el 2007. Informe técnico anual. Instituto del Mar del Perú. Tumbes – Perú, 13 p.
- Boltovskoy, D. (1981). Atlas del zooplancton del Atlántico Sudoccidental y métodos de trabajo con el zooplancton marino. *Publicación Especial del INIDEP*, Mar de Plata, 936p.
- Cahuana, A. (1995). Estudio de algunos aspectos biológicos del “machete” *Ethmidium maculatum* en las zonas de Callao e Ilo. Recuperado el 17 de octubre del 2020, de: [http://www.imarpe.pe/imarpe/archivos/tesis/imarpe\\_restes\\_cahuana\\_quino\\_ruth\\_1995.pdf](http://www.imarpe.pe/imarpe/archivos/tesis/imarpe_restes_cahuana_quino_ruth_1995.pdf)
- Chirichigno, N. (1974). Clave para identificar los peces marinos del Perú. *Inf. Inst. Mar Perú*, 44: 387 p.

- Choy, C., Popp, B., Hannides, C., y Drazen, J. (2015). Trophic structure and food resource of epipelagic and mesopelagic fishes in the north Pacific Subtropical Gyre ecosystem inferred for nitrogen isotopic compositions. *Limnology and oceanography*, 60(4):1156 -1171.
- Cupp, E. (1943). Marine Plankton Diatoms of the West Coast of North America. *Bulletin of the Scripps Institution of Oceanography*, 5(1): 237 p.
- De Silva, S. (1973). Food and feeding habits of the herring *Clupea harengus* and the sprat *C. sprattus*. In: Inshore waters of the West coast of Scotland. *Marine Biology*, 20:282-290
- Hyslop, E. (1980). Stomach contents analysis: a review of methods and their application. *Journal of Fish Biology*, 17:411–429.
- Hitchcock, G. (1982). A comparative study of the size-dependent organic composition of marine diatoms and dinoflagellates. *J. Plankt. Res*, 4:363-377.
- IMARPE. (2011). Anuario Científico Tecnológico IMARPE. Instituto del Mar del Perú (ISSN 1813 - 2103). Callao - Perú.
- IMARPE. (1996). Compendio biológico tecnológico de principales especies hidrobiológicas comerciales del Perú, 141p.
- Khal'ko, V., Kiyashko, V., Khal'iko N. (2009). Circadian Rhythmic Changes in the Lipid Composition of Muscles in Kilka *Clupeonella cultriventris* (Clupeidae, Clupeiformes) during Natural Periodicity of Feeding in the Feeding and Spawning Periods in the Rybinsk Reservoir. *Journal of Ichthyology*, 49 (7):527–539.
- Konchina, Y. (1991). Trophic status of the Peruvian anchovy and sardine. *Journal of Ichthyology*, 31:59–72.
- Link, J., y Almeida, F. (2000). An overview and history of the food web dynamics program of the Northeast Fisheries Science Center, Woods Hole, Massachusetts. *NOAA Technical Memorandum NMFS-NE 159*, 1–60
- Llanos, A., Herrera, G., y Bernal, P. (1996). Análisis del tamaño de las presas en la dieta de las larvas de cuatro clupeiformes en un área costera de Chile central. *Sci. Mar.* 60: 435-442p.
- Nikolski, C. (1963). The ecology of fishes. Academic Press, London, 352 p.
- Pillay, T. (1952). A critique of the methods of study of food of fishes. *Journal of the Zoological Society of India*, 4(1):185-200.
- Pitt, T. (1973). Food of American plaice (*Hippoglossoides platessoides*) from the Grand Bank, Newfoundland. *J. Fish. Res. Board. Can*, 30(9):1261-1273.
- Prejs, A., y Colomine, G. (1981). Métodos para el estudio de los alimentos y las relaciones tróficas de los peces. U. Central de Venezuela/U. de Varsovia. Caracas
- Ramos, J. (1979). Fisiología de la reproducción y biología del lenguado *Solea solea*. Tesis doctoral de la Universidad Complutense de Madrid, 264 p.
- Ruíz, M. (2016). Alimento y hábitos alimentarios *Ethmidium maculatum* “machete” en la Región La Libertad durante el año 2016. Tesis para optar el título de Biólogo Pesquero de la Universidad Nacional de Trujillo, 35 p
- Santander, H. (1981). The zooplankton in an upwelling area off Peru. In: Richards, F.A. (Ed.), Coastal Upwelling Coastal and Estuarine Sciences. *American Geophysical Union*, Washington, DC. (1), 411–416p.

- Shaw, A., Frazier, B., Kucklick, J., y Sancho, G. (2016). Trophic ecology of a predatory community in a shallow-water, high-salinity estuary assessed by stable isotope analysis. *Marine and Coastal Fisheries*, 8(1):46-61.
- Smayda, T. (1978). From phytoplankters to biomass. In *Phytoplankton Manual*. Sournia, A. (Ed.). *Unesco Monographs on Oceanographic Methodology*, 6:273–279.
- Sun, J. y Liu, D. (2003). Geometric models for calculating cell biovolume and surface area for phytoplankton. *Journal of Plankton Research*, 11 (25):1331–1346
- Taylor, M. (2008). The Northern Humboldt Current Ecosystem and its resource dynamics: Insights from a trophic modeling and time series analysis. Ph.D. Thesis. Univ. Bremen.
- Tresierra, A., Culquichicón, Z. (1995). *Manual de Biología Pesquera*. Editorial Libertad E.I.R.L. Trujillo. Perú, 226 p.
- Van der Lingen, C. (2002). Diet of sardine *Sardinops sagax* in the southern Benguela upwelling ecosystem. *South African Journal of marine Science* 24:301- 316.
- Whitehead, P. (1985). FAO species catalogue. Vol. 7. Catalogue critique des types de Poissons du Museum national d'Histoire naturelle. (Suite). Ordre des Clupeiformes (Familles des Clupeidae, Engraulididae et Denticipitidae). *Bull. Mus. Natl. Hist. Nat. Ser.* 4:1-77.
- Windell, J. (1971). Food analysis and rate of digestion. In *Methods for assessment of Fish Production in Fresh Waters* (W.W. Ricker, ed). Oxford: Blackwell Scientific Publications, 215-226
- Wootton, R. (1990). *Ecology of teleost fishes*. First Edition. Kluwer Academic Publishers. The Netherlands, 386 p.
- Wootton, R. (1979). Energy cost of egg production and environmental determinants of fecundity in teleost fishes. *Symp. Zool. Soc. Lond.* 44:133-159.
- Yuneva, T., Zabelinskii, S., Datsyk, N., Shchepkina, A., Nikolsky V., Shulman G. (2016). Influence of Food Quality on Lipids and Essential Fatty Acids in the Body of the Black Sea Sprat *Sprattus sprattus phalericus* (Clupeidae). *Journal of Ichthyology*. 56(3):397-405

**Citar como:**

Atoche-Suclupe, D.; Culquichicón, Z.; Ruíz, M. 2020. Aspectos tróficos de *Ethmidium maculatum* "machete", región La Libertad, 2016. REBIOL 42(2):218-230. DOI: <http://dx.doi.org/10.17268/rebiol.2020.40.02.09>.

**Artículo Original**

# **RELACIÓN ENTRE EL NIVEL DE CONOCIMIENTO Y LAS PRÁCTICAS DE FOTOPROTECCIÓN SOBRE LOS EFECTOS DE LA RADIACIÓN SOLAR EN LA POBLACIÓN DEL DISTRITO DE MOQUEGUA, 2015**

RELATIONSHIP BETWEEN THE LEVEL OF KNOWLEDGE AND PHOTO PROTECTION PRACTICES ON THE EFFECTS OF SOLAR RADIATION IN THE POPULATION OF THE MOQUEGUA DISTRICT, 2015

Elizabeth Norka Llasaca-Calizaya<sup>1</sup>, Natty Wilma Llasaca-Calizaya<sup>2</sup>, Ehrlich Yam Llasaca-Calizaya<sup>3</sup>,

<sup>1</sup> Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, email: Elizabeth.llasaca.calizaya@gmail.com

<sup>2</sup> Universidad Nacional de San Agustín, email: nllasaca@unsa.edu.pe

<sup>3</sup> Universidad Nacional de Moquegua, Email: ehrlich.llasaca1@gmail.com

**Autor para correspondencia: elizabeth.llasaca.calizaya@gmail.com**

Elizabeth Norka Llasaca-Calizaya:  <https://orcid.org/0000-0002-5112-2062>

Natty Wilma Llasaca-Calizaya:  <https://orcid.org/0000-0003-4519-899X>

Ehrlich Yam Llasaca-Calizaya:  <https://orcid.org/0000-0002-9918-6073>

**Recibido: 5 de octubre 2020 / Aceptado: 21 de diciembre 2020**

## RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo relacionar el nivel de conocimiento y las prácticas de fotoprotección sobre los efectos de la radiación solar en la población del Distrito de Moquegua, 2015. Corresponde a una investigación de tipo No experimental, transeccional. La población de estudio para la presente investigación estuvo constituida por los habitantes del Distrito de Moquegua. La muestra es aleatoria, es representativa y comprendió a 202 personas para tener una seguridad del 95 %. Se aplicó la escala likert para determinar el nivel de conocimiento y prácticas de foto protección y los resultados indicaron que la población del Distrito de Moquegua está representada por un regular nivel de conocimiento y prácticas de fotoprotección, con un 57 % para el nivel de conocimiento y 53 % para el nivel de prácticas de fotoprotección. Para determinar la relación entre el nivel de conocimiento y las prácticas de fotoprotección se aplicó la prueba del Chi cuadrado dando como resultado 15,6402 superior al valor deseado 9,49 del Chi tabular. Concluyéndose que existe una relación estadística significativa entre ambas variables. El grado de correlación es positiva y bajo ( $0,227 < 1$ ).

**Palabras clave:** nivel de conocimiento, prácticas de fotoprotección

## ABSTRACT

The aim of this research was to relate the level of knowledge and photoprotection practices on the effects of solar radiation in the population of the District of Moquegua, 2015. It corresponds to a non-experimental, cross-sectional research. The study population for this research consisted of the inhabitants of the District of Moquegua. The sample is random, it is representative and comprised 202 people in order to have a 95% certainty. The likert scale was applied to determine the level of knowledge and practices of photoprotection and the results indicated that the population of the District of Moquegua is represented by a regular level of knowledge and practices of photoprotection, with 57 % for the level of knowledge and 53 % for the level of photoprotection practices. To determine the relationship between the level of knowledge and photoprotection practices, the Chi-square test was applied, giving a result of 15.6402, higher than the desired value of 9.49 of the Chi tabular test. It was concluded that there is a statistically significant relationship between the two variables. The degree of correlation is positive and low ( $0.227 < 1$ ).

**Keywords:** level of knowledge, practices of photoprotection

DOI: <http://dx.doi.org/10.17268/rebiol.2020.40.02.10>

## 1. INTRODUCCIÓN

La Región Moquegua, es uno de los departamentos del Perú, que soporta índices de radiación ultravioleta (IUV) altos, debido al fenómeno del cambio climático, así como también al debilitamiento de la capa de ozono en esta zona del planeta debido a su ubicación geográfica (encajonada). Así también, la ciudad en mención, se ubica en una región que goza de luz solar todo el año. Esta condición climática, predispone a la población a recibir dosis elevadas de radiación solar, es así que; presenta un índice de radiación ultravioleta (IUV) elevada, llegando a alcanzar desde el año 2009 hasta el año 2014, un índice de radiación ultravioleta (IUV) de 17, el cual constituye, el índice más alto y 7 el más bajo, datos que reporta el Programa de vigilancia de calidad del aire de la ciudad de Moquegua de la Dirección de Salud Ambiental (2019).

Así también el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI, 2014) de la Dirección Regional Tacna-Moquegua, señala que, en los meses de octubre a diciembre del año 2014, se ha llegado a alcanzar un índice de radiación ultravioleta (IUV-B) de 13,6 siendo el más alto y 10,6 el más bajo.

Según la escala de la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2014), dentro del intervalo de valores del índice de radiación ultravioleta (IUV), considera de 6 a 7 alta, de 8 a 10 muy alta y de 11 a más extremadamente alta. Por otra parte, el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI, 2014), Dirección General de investigación y Asuntos ambientales, considera dentro de los niveles de riesgo por radiación ultravioleta: IUV-B de 6 a 8 moderado, 9 a 11 alto, de 12 a 14 muy alto y mayor de 14 como extremo.

En ambas escalas, cabe resaltar, que la ciudad de Moquegua, esta sobre el nivel alto con tendencia a llegar a extremo o extremadamente alta, pudiendo presentar efectos nocivos hacia la salud de la población, como: cáncer a la piel, el mismo que viene ocupando el primer lugar en el mundo, envejecimiento prematuro, cataratas y otras enfermedades oculares.

También es importante considerar por otro lado, que la Dirección de Salud Ambiental, viene realizando campañas de prevención y detección precoz de cáncer de piel y en conjunto con otras instituciones de la Región Moquegua, difunde los índices de radiación ultravioleta (IUV) que presenta la Región, a través de los medios de comunicación radial y prensa escrita, así como la difusión en las diferentes instituciones educativas y población en general, dando a conocer las medidas de prevención a considerar. Sin embargo; no existe información local, departamental o regional, que refleje la situación actual sobre la relación directa del conocimiento y la práctica de fotoprotección ante la radiación solar por parte de la comunidad. Pero existen otros estudios que evidencian la existencia de dicha relación en los resultados de las investigaciones realizadas por (Huisacayna, 2013; Trujillo, 2015; Romani, 2005; Armijos, 2011); por lo que, el presente trabajo de investigación, tuvo por finalidad relacionar el nivel de conocimiento y las prácticas de fotoprotección sobre los efectos de la radiación solar en la población del Distrito de Moquegua, 2015, cuyos resultados podrían favorecer a coadyuvar esfuerzos hacia la aplicación de medidas preventivas.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación es de tipo no experimental, transversal. La población de estudio para la presente investigación estuvo constituida por los habitantes del Distrito de Moquegua. La muestra fue de 202 personas para poder tener un nivel de confianza de 95 %.

Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

Se utilizó la técnica de la encuesta y el instrumento utilizado es el cuestionario, éste fue validado a través del juicio de tres expertos y consta de tres partes, siendo la primera parte estuvo conformado por ítems basados en datos generales, seguido por ítems relacionados al objeto de la investigación que sirvieron para medir el nivel de conocimiento y las prácticas de fotoprotección sobre los efectos de la radiación solar en la población del Distrito de Moquegua, 2015, la misma que fue aplicada durante los meses de noviembre y diciembre del 2015.

### Distribución de la encuesta

La población del Distrito de Moquegua comprendida entre los 15 y más años de edad fue de 43 736,00. La muestra aleatoria seleccionada en la presente investigación, estuvo conformado por 202 personas comprendidos en los diversos asentamientos humanos que integran el distrito de Moquegua, entre los que destacan, urbanizaciones, asociaciones, etc., más representativos de la población en estudio. Cabe resaltar que dicha información fue extraída de una investigación realizada por la Empresa Prestadora de Servicio - Moquegua la misma que realizó un trabajo de sondeo sobre la opinión de usuarios y atención al cliente de los servicios que dicha empresa brinda. Por lo que dicha información fue útil para poder distribuir el tamaño de la muestra. Para el procesamiento y análisis de datos, se utilizó la estadística descriptiva del paquete estadístico Statistic v. 23, con un nivel de confianza del 95 % y máximo error permisible del 5 %. Para determinar si están o no están asociadas las variables, se utilizó los analizadores Chi cuadrado y correlación de Spearman.

La técnica aplicada es la encuesta y el instrumento fue el cuestionario, éste está conformado por dos partes. La primera está integrada por ítems sobre datos generales y la segunda parte está compuesta por ítems relacionados al objeto de la investigación.

### 3. RESULTADOS

#### Nivel de conocimiento

Para reconocer los niveles de conocimiento y su relación con las prácticas de fotoprotección se establecieron rangos para el nivel de conocimiento y las prácticas de fotoprotección.

En la Tabla 1, se aprecia que del 100 % de la población encuestada, el 57 % de los encuestados presentan un nivel de conocimiento regular, seguido de un nivel de conocimiento bajo con un 25,2 %. Es decir, que más de la mitad de la población encuestada solo tiene un regular nivel de conocimiento, seguido de la población con bajo nivel de conocimiento sobre los efectos de la radiación solar; lo cual, nos induce a señalar que es necesario difundir información pertinente para ampliar el nivel de conocimiento de la población debido a las posibles implicancias en la salud de la piel.

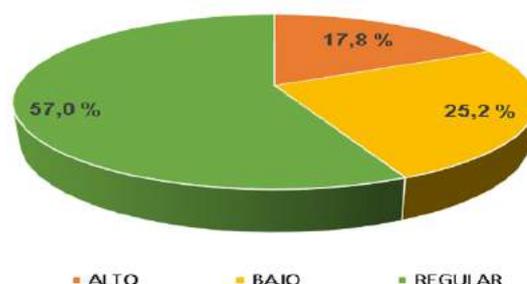
Para la clasificación del nivel de conocimiento sobre los efectos de la radiación solar, los puntajes asignados fueron obtenidos de la sumatoria de cada ítem de la encuesta, la media y desviación estándar se utilizaron para realizar dos puntos de corte para obtener tres categorías y conformar la escala del nivel de conocimiento sobre los efectos de la radiación solar.

**Tabla 1.** Nivel de conocimiento sobre los efectos de la radiación solar en la población del Distrito de Moquegua, 2015

Nivel de Conocimiento	Puntaje	f	%
Bajo nivel de conocimiento	[29 - 37]	51	25,2
Regular nivel conocimiento	[38 - 43]	115	57,0
Alto nivel de conocimiento	[44 - 50]	36	17,8
Total		202	100

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 1 se aprecia los datos de la Tabla 1, donde el 57 % de los encuestados presentan un nivel de conocimiento regular, seguido de un nivel de conocimiento bajo con un 25,2 % del total de la población encuestada.



**Figura 1.** Nivel de conocimiento sobre los efectos de la radiación solar en la población del Distrito de Moquegua

Fuente: Tabla 1 - Elaboración propia.

En la Tabla 2, se aprecia que del 100 % de la muestra de la población del Distrito de Moquegua, el 53,0 % de los encuestados presentan un regular nivel de prácticas de fotoprotección, seguido de un bajo nivel de prácticas de fotoprotección con un 31,2 %. Todo ello demuestra que la población del Distrito de Moquegua no presenta adecuadas prácticas de fotoprotección contra los efectos de la radiación solar, lo cual podría conllevar al deterioro de la piel por los efectos de la exposición solar.

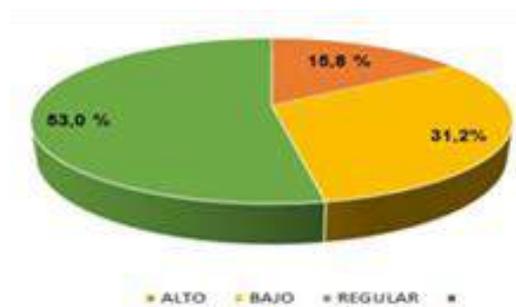
Así mismo, para la clasificación de las prácticas de fotoprotección, los puntajes asignados fueron obtenidos de la sumatoria de cada ítem, la media y desviación estándar para realizar dos puntos de corte y obtener tres categorías y conformar la escala del nivel prácticas de fotoprotección.

**Tabla 2.** Nivel de prácticas de fotoprotección en la población del Distrito de Moquegua

Nivel de Fotoprotección	Puntaje	f	%
Bajo nivel de fotoprotección	[13 - 20]	63	31,2
Regular nivel de fotoprotección	[21 - 29]	107	53,0
Alto nivel de fotoprotección	[30 - 45]	32	15,8
Total		202	100

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 2 se aprecia los resultados de la Tabla 2, donde el 53 % de los encuestados presentan un regular nivel de prácticas de fotoprotección, seguido de un bajo nivel de prácticas de fotoprotección con un 31,2 %.



**Figura 2.** Distribución de los niveles de la variable de prácticas de fotoprotección en la población del Distrito de Moquegua.

Fuente: Tabla 2 – Elaboración propia.

### Relación entre el nivel de conocimiento y las prácticas de fotoprotección en la población del Distrito de Moquegua, 2015

#### Prueba de hipótesis

Para averiguar si existe relación significativa entre el nivel de Conocimiento (X) y las prácticas de fotoprotección (Y), en la población del Distrito de Moquegua, se aplicó la prueba Chi cuadrado, la cual se basa en la comparación entre la serie de frecuencias observadas y las esperadas, cuyo valor permitirá el estadístico de contraste de la hipótesis nula.

Según los datos de la Tabla 3, se puede observar que existe una relación entre el nivel regular de los niveles de prácticas de fotoprotección y el nivel de conocimiento en los habitantes de la población del Distrito de Moquegua, con una frecuencia de 62 personas que se relacionan en este punto, equivalente a un 30,7 %.

**Tabla 3.** Frecuencias observadas en la relación entre los niveles de conocimiento y nivel de prácticas de foto protección

Nivel de Foto protección	Nivel de conocimiento			Total
	Bajo	Regular	Alto	
Bajo	18 8.9%	40 19.8%	5 2.5%	63 31.2%
Regular	27 13.4%	62 30.7%	18 8.9%	107 53%
Alto	6 3.0 %	13 6.4%	13 6.4%	32 15.8%
Total	51 25.2%	115 26.9%	36 17.8%	202 100%

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados de la Tabla 3, se pasaron a la tabla de frecuencias esperadas (Tabla 4) aplicando la siguiente formula:

$$E = \frac{(total\ fila) * (total\ columna)}{total}$$

En la Tabla 4, se observa la relación entre las frecuencias esperadas de las variables: nivel de conocimiento y prácticas de fotoprotección; la frecuencia esperada más significativa es 60,9 entre el nivel regular de ambas variables.

**Tabla 4.** Frecuencias esperadas en la relación entre los niveles de conocimiento (X) y niveles de prácticas de fotoprotección (Y)

Nivel de Foto protección	Nivel de conocimiento			Total
	Bajo	Regular	Alto	
Bajo	15,9	35,9	11,2	63
Regular	27	60,9	19,1	107
Alto	8,1	18,2	5,7	32
Total	51	115	36	202

Fuente: Elaboración propia.

Para averiguar la relación estadística significativa se aplicó la siguiente fórmula:

$$x^2 = \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 \frac{(O_{ij} - E_{ij})^2}{E_{ij}}$$

En la Tabla 5, se aprecia que la mayor frecuencia esperada corresponde a la relación entre el nivel regular de la variable de conocimiento y el nivel regular de la variable de fotoprotección con un puntaje de 60,9. Así mismo, el cuadrado de la sumatoria de la diferencia entre la frecuencia observada y la frecuencia esperada sobre la frecuencia observada, dio como resultado el valor de Chi cuadrado calculado de 15,6402 encontrado y siendo superior a la probabilidad del valor deseado de 9,49 que es el punto crítico o Chi tabular, con un grado de libertad de 4 y un nivel de confianza 0,05. Por lo tanto, según los resultados demostramos si existe relación significativa entre el nivel de conocimiento y las prácticas de fotoprotección ( $p < 0,05$ ), en la población del Distrito de Moquegua ( $X^2 \text{ cal } (0,05) = 15,6402$ ; G.L. =4;  $X^2 \text{ tab } (0,05) =9,49$ )

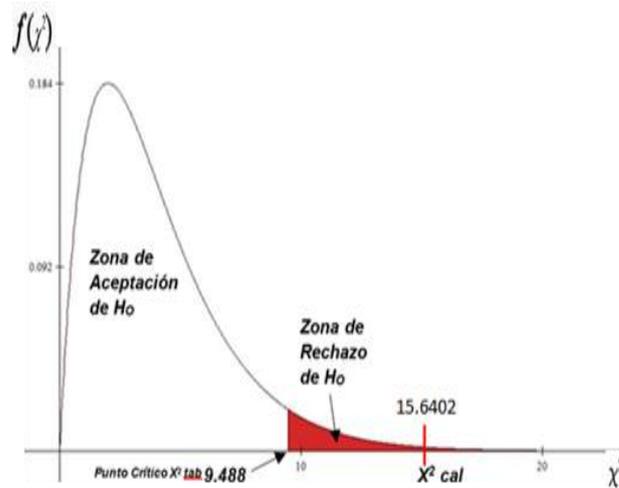
**Tabla 5.** Relación entre frecuencias observadas y frecuencias esperadas de los niveles de conocimiento (X) y niveles de prácticas de fotoprotección (Y), en la población del Distrito de Moquegua, bajo el estadístico Chi cuadrado

Correlación	Frecuencia Observada (O)	Frecuencia esperada (E)	(O - E)	(O - E) <sup>2</sup>	(O - E) <sup>2</sup> /E
Bajo/alto	18	15,9	2,1	4,41	0,2774
Bajo/regular	40	35,9	4,1	16,81	0,4682
Bajo/bajo	5	11,2	-6,2	38,44	3,4321
Regular/bajo	27	27	0	0	0,0000
Regular/regular	62	60,9	1,1	1,21	0,0199
Regular/bajo	18	19,1	-1,1	1,21	0,0634
Alto/bajo	6	8,1	-2,1	4,41	0,5444
Alto/regular	13	18,2	-5,2	27,04	1,4857
Alto/alto	13	5,7	7,3	53,29	9,3491
	202	202			15,6402

Fuente: Elaboración propia

El Chi calculado ( $X^2_{CAL}$ ) es de 15,6402 mayor al Chi Tabular ( $X^2_{TAB}$ ) 9,488 con un grado de libertad de 4 y un nivel de confianza de 0,05.

En la Figura 3 observamos que el Chi calculado se ubica en la región de rechazo de la hipótesis  $H_0$ ; por ello, se decide aceptar la hipótesis alternativa  $H_A: r_{xy} \neq 0$  y rechazar la hipótesis nula  $H_0: r_{xy} = 0$ . Los resultados demuestran que existe una relación estadística significativa entre las variables nivel de conocimiento y prácticas de fotoprotección sobre los efectos de la radiación solar en la población del Distrito de Moquegua.



**Figura 3.** Chi calculado

Fuente: Elaboración propia.

#### Determinación del coeficiente de correlación

Los datos de las variables X e Y sometidos a la fórmula del coeficiente de correlación de Spearman dieron como resultado una correlación positiva  $r = 0,227 < 1$ , lo que significa que tiene una relación directa, pero dicha relación es baja, por encontrarse cerca a 0,2, según lo descrito por Canales (2011).

#### 4. DISCUSIÓN

La excesiva exposición al sol debido a las diversas actividades de ocio al aire libre y/o a la búsqueda del bronceado, en algunas áreas terrestres, así mismo, la depresión de la capa de ozono, han contribuido al incremento de los problemas cutáneos, tal como se observa en los reportes de la OMS.

Por tanto, el principal objetivo de la fotoprotección es prevenir el daño en nuestra piel derivado de la sobre exposición a la radiación ultravioleta (UV). Cabe resaltar que, la prevención es aconsejable en todas las edades del desarrollo humano; especialmente desde la población infantil y adolescentes, es necesario poner especial énfasis, porque los niños debido a su corta edad son más susceptibles a los efectos nocivos de las radiaciones UV respecto que los adultos. Así lo demuestran los resultados de la investigación en el campo clínico, el cual indica, que existe una asociación entre la exposición solar en la infancia y el desarrollo de nuevos melanocitos (Valdiviezo et al., 2009).

El presente trabajo de investigación, muestra que existe una relación directa entre las variables de estudio, nivel de conocimiento y las prácticas de fotoprotección. Lo cual coincide con los resultados de Huisacayna (2013), quien reporta la existencia de la relación entre el nivel de conocimiento, las actitudes sobre el efecto de la radiación solar y las prácticas de fotoprotección en estudiantes de enfermería de la Universidad Nacional de Ica ( $p < 0,05$ ). Así también en Trujillo et al. (2015) reporta la asociación entre el nivel de conocimiento y las prácticas de fotoprotección en grupos de pacientes menores de 20 años. Lo cual guarda relación con lo reportado por (Romani, 2005; Armijos, 2011).

El nivel de conocimiento relacionado a las actitudes con respecto a la radiación solar, fueron evaluados por Castanedo-Cazares et al. (2006), que a pesar de que el 71 % de la población mexicana tiene conocimiento sobre los efectos de la exposición solar, su exposición es

prolongada, no mostrando buenas actitudes y por lo tanto, no existiendo una relación entre estas variables.

Ramos y Ramos (2010), evaluaron el conocimiento, actitudes y prácticas inadecuadas de fotoprotección, en la población del Callao (adolescente y adulta), llegando a la conclusión que aun existiendo un conocimiento adecuado de fotoprotección (53 % de personas entrevistadas), se obtuvo un bajo porcentaje de personas que aplican estrategias de fotoprotección (7 % de las personas entrevistadas), lo cual demuestra que aun existiendo un conocimiento sobre estrategias de protección, existen actitudes y prácticas inadecuadas de fotoprotección.

Las prácticas de fotoprotección también están relacionadas a la influencia de las prácticas de fotoprotección que se practican en el medio social primario, como grupo de referencia; por lo tanto, es indispensable el soporte familiar para generar una cultura de prevención a las consecuencias que se derivan de una exposición al sol sin la debida protección. Esto explicaría los resultados sobre los hallazgos de nuestra investigación.

Teram y Yovera (2015), concluyeron que el nivel de conocimiento de cáncer de piel no tiene relación en la utilización de medidas de prevención en la práctica comunitaria, en los estudiantes de enfermería de la USAT. Lo cual guarda relación con lo reportado por León (2015). Así también Junquera (1998), examinó los conocimientos, actitudes y prácticas de los adolescentes en torno a los efectos nocivos del sol y la fotoprotección, reportando que los adolescentes asturianos tienen conocimientos aceptables sobre los efectos del sol y el cáncer de piel y a pesar de ello, presentan prácticas regulares de fotoprotección (prefieren estar morenos y apenas utilizan protector solar). Lo que difiere con nuestros resultados en relación al nivel de conocimiento y prácticas de fotoprotección sobre los efectos de la radiación solar. Cabe resaltar, que el tema materia de investigación es importante, así mismo, nos permiten ampliar los enfoques de investigación hacia el campo sociológico y/o antropológico. Es decir, data desde una práctica ancestral la exposición al sol como saludable y la percepción en la colectividad sobre sus beneficios fueron favorables: "la exposición al Sol posee acción terapéutica en diversas enfermedades y es coadyuvante en la formación de vitamina D" ( Vitale, 2002 ); sin embargo, los resultados de las investigaciones y las alarmantes cifras de incremento de casos de cáncer a la piel, genera de manera obligatoria e irreversible un cambio de la cultura que se evidencie en la costumbre de protegernos del sol por razones de salud. Tal como lo reconoce Vitale (2002) al sostener: "No obstante estos beneficios, es necesario una protección frente a la radiación solar, pues tanto a corto como a largo plazo y con exposiciones más o menos prolongadas, puede producir daños en la piel".

Ríos (2010,) evaluó las prácticas de exposición solar y el grado de foto daño, en una jornada de atención a pacientes en Panamá, evidenciando que el 84 % de la población presentaba malas prácticas de exposición solar y que sólo el 14,81 % de la población utilizaba diariamente el protector solar; así también, indica que los pacientes, al contestar las preguntas sobre las prácticas de exposición a la luz solar, está en relación a sus prácticas actuales y no en relación a sus prácticas del pasado. Esto si lo relacionamos con la presencia de enfermedades de la piel estos valores si pueden variar (como lo evidenciaron en el estudio en mención), por cuanto las enfermedades de la piel por exposición a la luz solar, es acumulativo. Por lo cual, éstos valores coinciden en parte (lo relacionado a las prácticas de exposición solar), por cuanto las respuestas pueden estar influenciados, por otros factores relacionados (lo que se puede evidenciar por el bajo valor, del coeficiente de correlación y determinación) y no necesariamente por el nivel de conocimientos. Lo cual coincide con nuestro trabajo, por cuanto, a pesar de estar relacionadas las variables de estudio, éstas no presentan una fuerte afinidad entre las variables ( $r = 0,227$ ).

En los últimos años, se hace irremediamente importante considerar dentro del presupuesto familiar y/o personal, el uso de diversos tipos de fotoprotectores, aunado a la adecuada práctica de los mismos, como parte de medidas preventivas de la salud. El Estado y los diferentes niveles de gobierno a través de las instancias pertinentes, debe considerar como prioridad en la población peruana, la promoción y difusión constante de la importancia del uso correcto de las medidas de fotoprotección, como parte de la política de salud pública y educación ambiental; en la perspectiva de coadyuvar esfuerzos para propiciar el uso adecuado de los diversos tipos de fotoprotectores solares.

Cabe señalar que existe coincidencias con lo planteado por Vitale, (2002), en su artículo titulado Fotoprotección: conceptos básicos y actualización, en la Revista Peruana de Dermatología Vol. 12 N° 2 2002, quien sostiene: "La comunidad médica dermatológica es consciente del efecto nocivo que la radiación solar puede determinar en la piel y, por lo tanto, considera que es prioritario comunicar la necesidad de la Fotopreención, término que abarca Fotoeducación y Fotoprotección. Es decir, la prevención se ejercerá educando a la comunidad en general y a los profesionales de la salud, sobre los efectos dañinos de las radiaciones sobre la piel e indicando las medidas adecuadas de fotoprotección, terreno en el que la industria cosmética y farmacéutica se esfuerza día a día en conseguir más logros". Cabe recalcar, que los esfuerzos por continuar con investigaciones sobre el presente tema, es ineludiblemente necesario y pertinente por las características del medioambiente vigentes en el escenario social.

## 5. CONCLUSIONES

El 57 % del total de la población encuestada en el Distrito de Moquegua tiene un regular nivel de conocimiento sobre los efectos de la radiación solar y el 53 % del total de los encuestados presenta en general regulares prácticas de fotoprotección.

Existe una relación directa entre el nivel de conocimiento y las prácticas de fotoprotección. Para determinar la relación entre el nivel de conocimiento y las prácticas de fotoprotección se aplicó la prueba del Chi cuadrado dando como resultado 15,6402 superior al valor deseado 9,49 del Chi tabular. Concluyéndose que existe una relación estadística significativa entre ambas variables, presentando un grado de correlación positiva, pero baja, por ser cercano a 0,2.

## 6. AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, por las contribuciones realizadas al presente estudio.

## 7. CONTRIBUCION DE LOS AUTORES

Elizabeth Norka Llasaca Calizaya: Elaboración del proyecto, ejecución del proyecto, análisis e interpretación de datos, levantamiento de observaciones.

Natty Wilma Llasaca Calizaya: Redacción, planeamiento del proyecto, levantamiento de observaciones.

Ehrlich Yam Llasaca Calizaya: Redacción, orientación en la ejecución del proyecto, análisis e interpretación de resultados, levantamiento de observaciones.

## 8. CONFLICTO DE INTERESES

Los autores expresan que no hay conflicto de intereses al redactar el manuscrito

## 9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Armijos, R. (2011). Conocimientos, actitudes y prácticas, sobre protección solar en los alumnos de la Carrera de Medicina Humana de la Universidad Nacional de Loja en el periodo junio 2010 a diciembre del 2010. Tesis de título. Universidad Nacional de Loja. Repositorio Digital UNL. <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/4137>.
- Castanedo-Cazares, J., Torres-Alvarez B., Medellín-Pérez, M., Aguilar-Hernández, G., y Moncada, B. (2006), Conocimientos y actitudes de la población mexicana con respecto a la radiación solar en Gac Méd Méx Vol. 142 N° 6:451-455. [www.anmm.org.mx](http://www.anmm.org.mx)
- Canales, A. (2011). Bioestadística: Herramienta para la investigación. Primera edición. Corporación MERÚ E.I.R.L.
- Dirección Regional Tacna-Moquegua, Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI, 2014). Noticias. <https://www.senamhi.gob.pe/?p=prensa&n=281>
- Dirección de Salud Ambiental. (2019). Programa de vigilancia de calidad del aire de la ciudad de Moquegua.
- Junquera, L., Nosti, D., Rodríguez, E., Junquera, B., Fernández, E., Rendueles, C., y Sánchez, J. (1998). Conocimientos, actitudes y prácticas de los adolescentes en torno a los efectos nocivos del sol y la fotoprotección. Actas Dermosifiliogr, 89:247-252.

- Huisacayna Diaz Flor Mayta. Aguilar Semino Y. Malpartida Carrillo W. (2013). Conocimiento y actitud sobre los efectos nocivos de la radiación solar y prácticas de fotoprotección en estudiantes de enfermería que realizan prácticas comunitarias en la universidad nacional san luis gonzaga de ica, agosto 2011 – setiembre 2012. *Rev. enferm. vanguard*, 1(1):21-24. DOI: <https://doi.org/10.35563/revan.v1i1.257>.
- León, E. J. (2015). Conocimientos, actitudes y prácticas sobre fotoprotección en alumnos de un centro pre-universitario de Lima. Tesis de título. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/4193>.
- Organización Mundial de la Salud (OMS), (2014). Estadísticas Sanitarias Mundial [https://www.who.int/gho/publications/world\\_health\\_statistics/2014/es/](https://www.who.int/gho/publications/world_health_statistics/2014/es/)
- Phillips, J., Bhawan, J., Yaar, M., Bello, Y., Piccolo, D., y Nash, F. (2000). Effect of daily versus intermittent sunscreen application on solar simulated UV radiation–induced skin response in humans. *J Am Acad Dermatol*, 43(2): 610-618.
- Ramos, C., Ramos M., (2010). Conocimientos, actitudes y prácticas en fotoprotección y fototipo cutáneo en asistentes a una campaña preventiva del cáncer de piel. *Dermatol Perú* 20(3):169-173.
- Ríos, J.M. (2010). Correlación entre las prácticas de exposición solar y el grado de fotodaño. Mayo 2009 *Revista Médica Científica*, (23)1:4-11. <https://www.revistamedicocientifica.org/index.php/rmc/article/view/234/753>
- Romaní, G. C. (2005). Conocimiento, actitudes y prácticas sobre protección solar en internos de medicina de cinco hospitales generales de Lima y Callao. *Folia dermatol Perú*, 16 (2): 61-66.
- Teran, Y., y Yovera, M. (2015). Relación entre conocimiento y medidas de prevención del cáncer de piel en estudiantes de enfermería, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, 2013. Tesis de título. Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo. <http://tesis.usat.edu.pe/xmlui/handle/20.500.12423/373?show=full>.
- Trujillo, R. L. (2015). Conocimientos, medios de información y prácticas de fotoprotección en pacientes con vitiligo del Centro de Histoterapia Placentaria. *Revista Argentina de Dermatología*, 96(2). <http://rad-online.org.ar/2015/07/01/conocimientos-medios-de-informacion-y-practicas-de-fotoproteccion-en-pacientes-con-vitiligo-del-centro-de-histoterapia-placentaria/>
- Valdiviezo, M., Mauleon, C., Balbin, E., De La Cueva, P., Chavarria, E., Hernanz, J. M. (2009) Fotoprotección en la infancia. *Revista Pediatría Atención Primaria* 11(42): 313-324.
- Vítale, M.A. (2002). Fotoprotección: conceptos básicos y actualización. *Revista Peruana de Dermatología*, 12(2). [https://sisbib.unmsm.edu.pe/bvrevistas/dermatologia/v12\\_n2/fotoproteccion.htm](https://sisbib.unmsm.edu.pe/bvrevistas/dermatologia/v12_n2/fotoproteccion.htm).

**Citar como:**

Llasaca-Calizaya, E.; Llasaca-Calizaya, N.; Llasaca-Calizaya, E. 2020. Relación entre el nivel de conocimiento y las prácticas de fotoprotección sobre los efectos de la radiación solar en la población del distrito de Moquegua, 2015. *REBIOL* 42(2):231-241. DOI: <http://dx.doi.org/10.17268/rebiol.2020.40.02.10>

## Artículo Original

# CARACTERIZACIÓN TAXONÓMICA Y FITOQUÍMICA DE *Cinchona pubescens* Y *Ladenbergia oblongifolia* EN EL ÁMBITO DEL VALLE ALTO HUALLAGA – REGIÓN HUÁNUCO

## TAXONOMIC AND PHYTOCHEMICAL CHARACTERIZATION OF *Cinchona pubescens* AND *Ladenbergia oblongifolia* IN THE UPPER HUALLAGA VALLEY AREA - HUANUCO REGION

John R. Remuzgo Foronda<sup>1</sup>, Jorge B. Alvarez Melo<sup>2</sup>, Francisco Sales Dávila<sup>1</sup>,  
Glauco Valdivieso Arenas<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Dirección de Investigación en Manejo Integral del Bosque y Servicios Ambientales, Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana. IIAP - Tingo María, Huánuco - Perú

<sup>2</sup> Facultad de Recursos Naturales Renovables, Universidad Nacional Agraria de la Selva. UNAS - Tingo María, Huánuco - Perú

\* Autor de correspondencia: [autor.correspondencia@gmail.com](mailto:autor.correspondencia@gmail.com)

John Richard Remuzgo Foronda :  <http://orcid.org/0000-0002-7964-8859>  
Jorge Birino Alvarez Melo :  <http://orcid.org/0000-0002-9103-7460>  
Francisco Sales Dávila :  <http://orcid.org/0000-0001-9541-8589>  
Glauco Antonio Valdivieso Arenas :  <http://orcid.org/0000-0003-2624-3193>

Recibido: 27 de agosto 2020 / Aceptado: 31 de diciembre 2020

### RESUMEN

La familia Rubiaceae presenta especies que contienen alcaloides en la corteza, raíces, hojas, flores, frutos, semillas y polen. Muchas especies del género *Cinchona* y *Ladenbergia*, son fuentes de quina, remedio de origen natural para controlar la malaria. Los objetivos del estudio fueron realizar la caracterización taxonómica de *Cinchona pubescens* y *Ladenbergia oblongifolia*, cuantificar los alcaloides en hojas mediante cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) y determinar el perfil químico en muestras de corteza mediante HPLC acoplada a Espectrometría de Masas (LC-MS). Se ha corroborado la clasificación taxonómica a partir de muestras dendrológicas. Asimismo, se determinó presencia de cinchonidina, quinidina y quinina en muestras de hojas de *C. pubescens* y *L. oblongifolia*. No se detectó presencia de cinchonina en las muestras evaluadas. Se encontró que un g de muestra de hojas de *C. pubescens*, contiene 0,64 µg de alcaloide, de las cuales, 0,18 µg corresponden a cinchonidina, 0,40 µg de quinidina y 0,06 µg de quinina. Un g de muestras de hojas de *L. oblongifolia*, contiene 0,99 µg de alcaloides, de los cuales, 0,24 µg son de cinchonidina, 0,40 µg de quinidina y 0,35 µg de quinina. El contenido de alcaloides totales fue del 0,0064%, del cual, 28,13% es cinchonidina, 62,50% es quinidina y 9,38% es quinina. En la corteza de *C. pubescens* se ha identificado hasta 55 compuestos entre derivados del ácido benzoico, flavonoles, catequinas, antocianinas y triterpenos derivados del ácido quinóvico.

**Palabras Claves:** Caracterización, alcaloides, perfil químico, *Cinchona*, *Ladenbergia*

### ABSTRACT

The Rubiaceae family has species that contain alkaloids in the bark, roots, leaves, flowers, fruits, seeds and pollen. Many species of the genus *Cinchona* and *Ladenbergia* are sources of cinchona, a natural remedy to control malaria. The objectives of the study were to carry out the taxonomic characterization of *Cinchona pubescens* and *Ladenbergia oblongifolia*, quantify the alkaloids in leaves using high-performance liquid chromatography (HPLC) and determine the chemical profile in bark samples using HPLC coupled to Mass Spectrometry (LC-MS). The taxonomic classification has been corroborated from dendrological samples. Likewise, the presence of cinchonidine, quinidine and quinine was determined in leaf samples of *C. pubescens* and *L. oblongifolia*. The presence of cinchonine was not detected in the evaluated samples. It was found that one g of *C. pubescens* leaf sample contains 0.64 µg of alkaloid, of which 0.18 µg correspond to cinchonidine, 0.40 µg of quinidine and 0.06 µg of quinine. One g of *L. oblongifolia* leaf samples contains 0.99 µg of alkaloids, of which 0.24 µg are cinchonidine, 0.40 µg quinidine and 0.35 µg quinine. The content of total alkaloids was 0.0064%, of which 28.13% is cinchonidine, 62.50% is quinidine and 9.38% is quinine. In the cortex of *C. pubescens*, up to 55 compounds have been identified including benzoic acid derivatives, flavonols, catechins, anthocyanins and triterpenes derived from quinovic acid.

**Keywords:** Characterization, alkaloids, chemical profile, *Cinchona*, *Ladenbergia*

DOI: <http://dx.doi.org/10.17268/rebiol.2020.40.02.11>

## 1. INTRODUCCIÓN

La familia Rubiaceae es una de las más diversas a nivel mundial, ocupa el cuarto lugar después de Asteraceae, Orchidaceae y Poaceae. Presenta unos 500 géneros con alrededor de 10 700 especies, con mayor presencia en las regiones tropicales y subtropicales, especialmente abundante en el norte de América del Sur (Mostacero et al., 2002, citado en Castillo, 2014). Asimismo, es la más representativa de la flora amazónica peruana, por presentar muchas especies, que ha hecho que la sistematización sea muy complicada (Zevallos, 1989, citado en Castillo, 2014).

Además, presenta especies con importancia económica y social, pues producen tintes, sustancias médicas, productos comestibles o maderables. Muchas Rubiaceae producen alcaloides que se encuentran en la corteza, raíces, hojas, flores, frutas, semillas y polen. Algunos géneros que producen alcaloides son: Coutarea, Barreria, Ferdinandusa, Genipa, Hiflia, Ladenbergia, Psychotria, Remijia, Tocoyena. Muchas especies del género Cinchona y Ladenbergia, podrían ser fuentes de quina, el único remedio de origen natural y biológico para contrarrestar la malaria (Teran, 2006). Las dos especies más estudiadas son *Cinchona calisaya* y *Cinchona officinalis*, sus alcaloides fueron aislados y caracterizados por HPLC. Se han aislado más de 25 alcaloides siendo la quinina y quinidina los alcaloides más importantes. Entre estos dos se ha obtenido la mayor producción comercial: al año 1988 la producción estimada era de 300 a 500 toneladas por año, lo cual significa que debieron procesar entre 5 a 10 mil toneladas de corteza de cinchona.

(Mendoza et al., 2004), mencionan que Cinchona es un género afín a Ladenbergia, y se diferencia por la dehiscencia de los frutos los que abren desde la base hacia el ápice. Las especies de Cinchona fueron muy utilizadas durante la época de la colonia para extraer la quina, con la cual se combatían diferentes enfermedades como la fiebre amarilla. Esto llevó al desarrollo de muchos trabajos desde esa época, en su mayoría enfocados en aspectos farmacéuticos. Otros usos que tiene este género son: gripes crónicas, acelerante del parto, tónico capilar (Castillo, 2014).

Según (Córdor et al., 2009), a partir de tallos de *Cinchona pubescens* se aisló la quinina, identificada mediante sus espectros de masas, a través de Resonancia Magnética Nuclear de Nitrógeno (RMN H), Resonancia Magnética Nuclear de Carbono (RMN C). Además, realizó el análisis cualitativo de metabolitos secundarios presentes en sus tallos, según el procedimiento de (Miranda, 2002), verificando la presencia de alcaloides primarios y/o secundarios, grupos fenólicos libres, taninos, triperenos y esteroides, quinonas antraquinonas, catequinas, flavonoides, saponinas, glicósidos cardiotónicos y aminoácidos libres. De igual manera, (Mendoza, 2004), aisló alrededor de 25 alcaloides de varias especies de Cinchona, siendo los más importantes la quinina y la quinidina, mediante HPLC. Estos dos alcaloides son los de mayor producción comercial: al año 1988 la producción estimada fue de 300 a 500 toneladas por año, lo cual significa que debieron procesarse entre 5 a 10 mil toneladas de corteza de Cinchonas.

(INDECOPI, 2018), menciona que *Cinchona pubescens* Vahl, cuyo nombre común es: Árbol de quinina, quina roja, cascarilla, quina, es la que tiene mayor área de distribución geográfica. Es una especie muy robusta que se utilizaba como patrón de injerto. El contenido en alcaloides totales fue del 3,8%, de ellos menos de 50% de quinina.

La corteza de árboles de Cinchona contiene alcaloides (quinina, quinidina, cinchonina y cinchonidina, los cuales se utilizaron por cerca de cuatro siglos como el único tratamiento efectivo contra la malaria (Aymard, 2019). Hasta que, en 1940, la cloroquina y otros compuestos antimaláricos fueron sintetizados y desarrollados (Newman et al., 2000, citado en Aymard, 2019). Las cortezas de *Cinchona calisaya* Wedd. ("Quina corteza amarilla"), producen la mayor cantidad de alcaloides (Nair, 2010, citado en Aymard, 2019). Asimismo, se conoce que la corteza de otros géneros de la tribu Cinchoneae (Ladenbergia, Pimentelia y Remijia), también contienen alcaloides efectivos para el tratamiento contra la malaria (Cosenza et al., 2013, citado en Aymard, 2019).

El género Cinchona comprende varias especies, llamadas "cascarilla", casi todas contienen quinina, alcaloide de propiedades antifebrífugas, siendo la más importante desde el punto de vista medicinal *C. officinalis*, cuya corteza produce un promedio de 40% de alcaloides cristalizables y 1% de sulfato de quinina (Amilcar, 1989). Además, (Barukcic y Sola, 2015), identificaron y cuantificaron presencia de quinina y de otros metabolitos, en tallos de *C. pubescens* Vahl., encontrando un alto contenido de quinina (21,3 +/- 0,0247 ppm).

El conocimiento del contenido de alcaloides permitiría tomar decisiones sobre la propagación masiva de la mejor especie para fines de asociación en sistemas agroforestales, forestales y de restauración de bosques. Es por ello, los objetivos fueron realizar la caracterización taxonómica de *Cinchona pubescens* y *Ladenbergia oblongifolia*, cuantificar la presencia de alcaloides en muestras de hojas mediante Cromatografía HPLC y determinar el perfil químico en muestras de corteza mediante HPLC acoplada a Espectrometría de Masas (LC-MS).

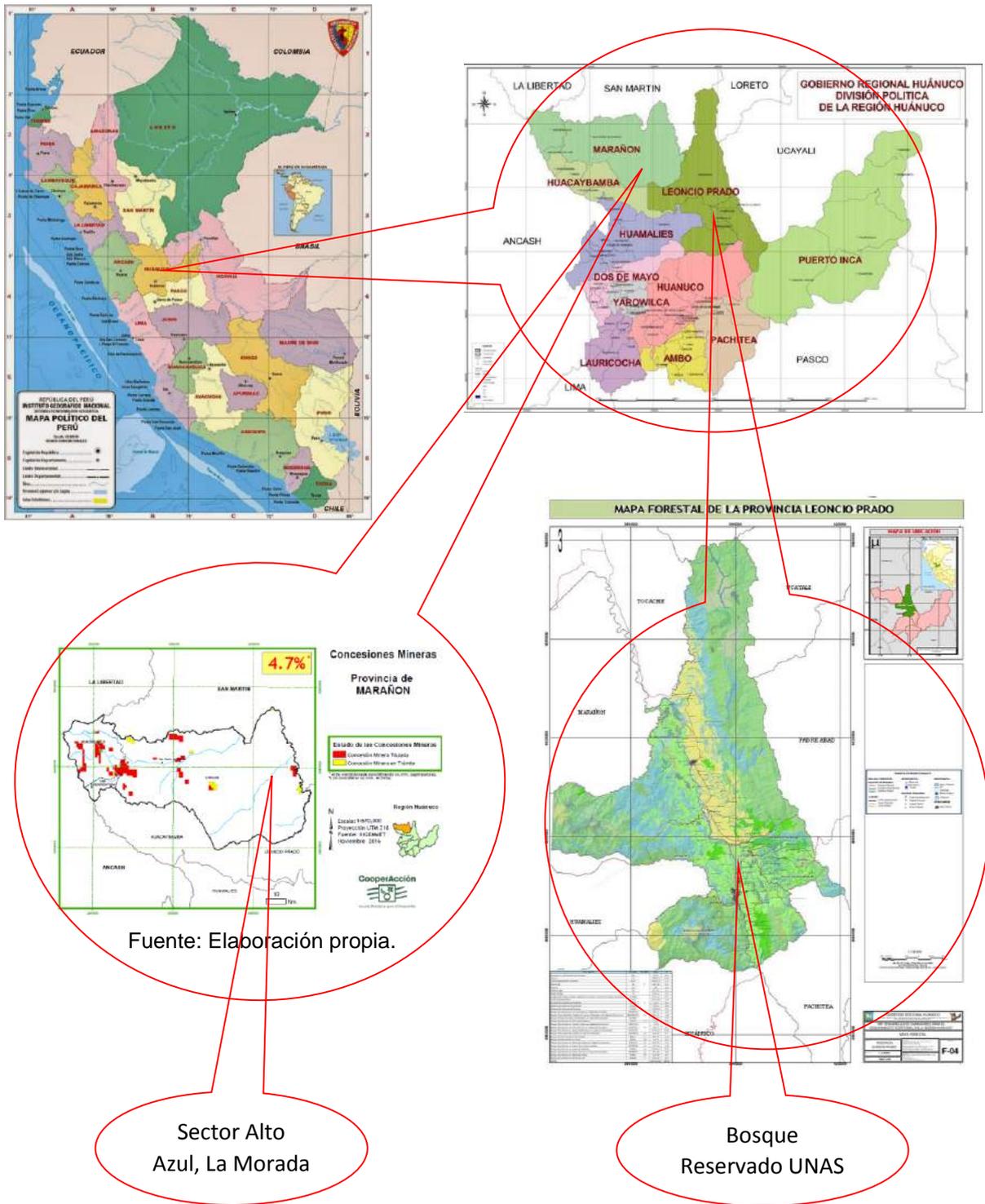
## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### Material biológico

El material biológico utilizado estaba conformado por muestras de hojas, ramas y cortezas de *Cinchona pubescens* Vahl. y *Ladenbergia oblongifolia* (Humb, ex. Mutis) L. Anderson (figura 1), las cuales, fueron colectadas en el ámbito del sector Alto Azul, distrito La Morada, provincia Maraón, región Huánuco y Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS), ubicado en la ciudad de Tingo María, distrito Rupa Rupa, provincia Leoncio Prado, región Huánuco (figura 2). La identificación taxonómica se realizó en el Herbario HTIN de la Facultad de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional Agraria de la Selva- UNAS, aplicando el método de observación y comparación de características y componentes vegetativos (ramas y hojas) y componentes propagativos (flores y frutos).



Figura 1. Colecta de muestras de hojas, frutos y cortezas



Fuente: Elaboración propia.

Sector Alto  
Azul, La Morada

Bosque  
Reservado UNAS

**Figura 2.** Zonas con mayor presencia de *Cinchona pubescens* y *Ladenbergia oblongifolia* (donde se realizó la colecta de muestras).

## Colecta de muestras

Se realizó un mapeo preliminar que consistió en la ubicación de zonas con presencia de individuos de las especies en estudio, luego se efectuó la descripción fenotípica de los árboles, además de la caracterización física de calidad de sitio (fisiografía, composición florística, altitud, accesibilidad). Las muestras dendrológicas colectadas fueron desinfectadas con alcohol al 50%, finalmente se hizo limpieza de impurezas, acondicionamiento en prensas de madera y secado al ambiente, para su correspondiente identificación en el Herbario HTIN de la Facultad de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional Agraria de la Selva. Asimismo, las muestras de corteza de árboles muestreados y evaluados en campo, fueron desinfectadas con alcohol al 50%, tal como se muestra en la figura 3.



**Figura 3.** Georeferenciación y acondicionamiento de muestras en campo

## Análisis fitoquímico de muestras en laboratorio

Se realizó en el Laboratorio de Productos Naturales, de la Facultad de Ciencias y Filosofía Alberto Cazorla Talleri de la Universidad Peruana Cayetano Heredia, para el análisis fitoquímico de muestras dendrológicas, mediante HPLC.

La metodología consistió básicamente en: pesar 10 g de muestra, luego se extrajo con 30 ml de diclorometano durante 20 minutos por 2 veces, después, se centrifugó a 5000 rpm durante 10 minutos, además, se juntaron las soluciones y fueron evaporadas en rotavapor, también, se disolvió el extracto alcaloidal en 20 ml de HCl 5% y se filtró. Se llevó a pH 9 con amoníaco al 5%, luego se colocó en una pera de separación y se extrajo con 10 ml de diclorometano por 3 veces. Se juntó las fases orgánicas y se evaporó en el rotavapor. El residuo fue disuelto con 1 ml de metanol, la solución obtenida fue inyectada en el equipo UHPLC Thermo Scientific modelo Ultimate 3000. Columna Kromasil Etwenty XT-1,8-C18 (2,1 x 100mm). Fase móvil (sistema isocrático): 0,2 M buffer de formato de amonio al 0,1% ácido fórmico- Metanol (65:35). Longitud de Onda: 250 nm. Volumen de inyección: 3 µl. Temperatura de columna: 30 °C. Tiempo de corrida 30 minutos.

Además, con las muestras de cortezas secas se realizó el análisis del perfil químico o identificación putativa de compuestos presentes en las muestras de *C. pubescens* y *L. oblongifolia*, por medio de Cromatografía Líquida de Ultra Alta Performance, acoplada a Espectrometría de Masas, utilizando para ello: Cromatógrafo UPLC, modelo: Dionex Ultimate 3000 UHPLC system (Thermo Scientific). Volumen de inyección: 4 µl. Columna: Luna® Omega C18 100 Å, Phenomenex (150 mm x 2,1 mm x 1,6 µm). Temperatura de columna: 30 °C. UV: 240, 280, 320 nm. Flujo: 0,3 ml/min. Temperatura de inyección: 18 °C.

## Procesamiento y sistematización de datos

Los datos obtenidos en campo, gabinete y laboratorio, fueron digitalizados, sistematizados y analizados, en función a los objetivos planteados, con la finalidad de obtener los resultados esperados, correspondientes a los ámbitos descritos anteriormente.

### 3. RESULTADOS

Caracterización taxonómica de *C. pubescens* y *L. oblongifolia*

#### a) *Cinchona pubescens*

Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Rubiales
Familia:	Rubiaceae
Subfamilia:	Cinchonoideae
Tribu:	Cinchoneae
Género:	Cinchona
Especie:	<i>Cinchona pubescens</i> Vahl. 1790

La corteza externa es de color marrón oscuro, ligeramente fisurada y desprende pequeñas placas en forma irregular. Las hojas varían en forma desde casi orbiculares o lanceoladas; algunas son pubescentes; otras son lisas, tienen una vena media bien desarrollada con venas laterales más o menos prominentes, son simples, opuestas y recusadas, de forma elíptico-ovalada; sus dimensiones son de 8 a 27 cm de largo y 7 a 18 cm de ancho.

Las flores se encuentran en panículas terminales de 20 a 25 cm de longitud, son hermafroditas, actinomorfas; la corola es blanca-roja. Los frutos son cápsulas de color marrón oscuro, de forma elipsoide, dehiscente. Las semillas son fusiformes, redondeada por un ala membranosa, son de 7-10 mm de largo, 2-3 mm de ancho y son ligeras para su tamaño, puesto que un gramo puede contener en promedio 4 000 semillas.

#### a) *Ladenbergia oblongifolia*

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Rubiales
Familia	Rubiaceae
Género	Ladenbergia
Epíteto específico	oblongifolia
Autor	(Humb. ex Mutis) L. Andersson
Especie	<i>Ladenbergia oblongifolia</i> (Humb. ex Mutis) L. Andersson

Arboles pequeños o arbustos. Estípulas libres, o parcialmente soldada entre sí, caducas. Hojas opuestas. Tirsos umbeliformes terminales, flores blancas 4, 5, 6 meras, hermafroditas, aromáticas. Estambres subsésiles, situados hacia el extremo del tubo o en la mitad inferior. Ovario bilocular de cavidades plurióvuladas. Cápsula leñosa o coriácea; las valvas permanecen unidas por la cúspide. Semillas aladas muy pequeñas que en un gramo puede contener 1 500 a 2 500 semillas.

Caracterización cualitativa de alcaloides en muestras de hojas de *Cinchona pubescens* y *Ladenbergia oblongifolia*

La tabla 1 muestra los resultados de la detección de alcaloides en las muestras de hojas secas pulverizadas de *C. pubescens* y *L. oblongifolia*, en el que, para ambas especies se ha registrado presencia de tres (03) alcaloides principales que son: quinina, quinidina y cinchonidina.

**Tabla 1.** Caracterización cualitativa de alcaloides en hojas de *Cinchona pubescens* y *Ladenbergia oblongifolia*.

Alcaloide	Presencia del alcaloide en la especie	
	<i>Cinchona pubescens</i>	<i>Ladenbergia oblongifolia</i>
Quinina	SI	SI
Quinidina	SI	SI
Cinchonina	ND*	ND*
Cinchonidina	SI	SI

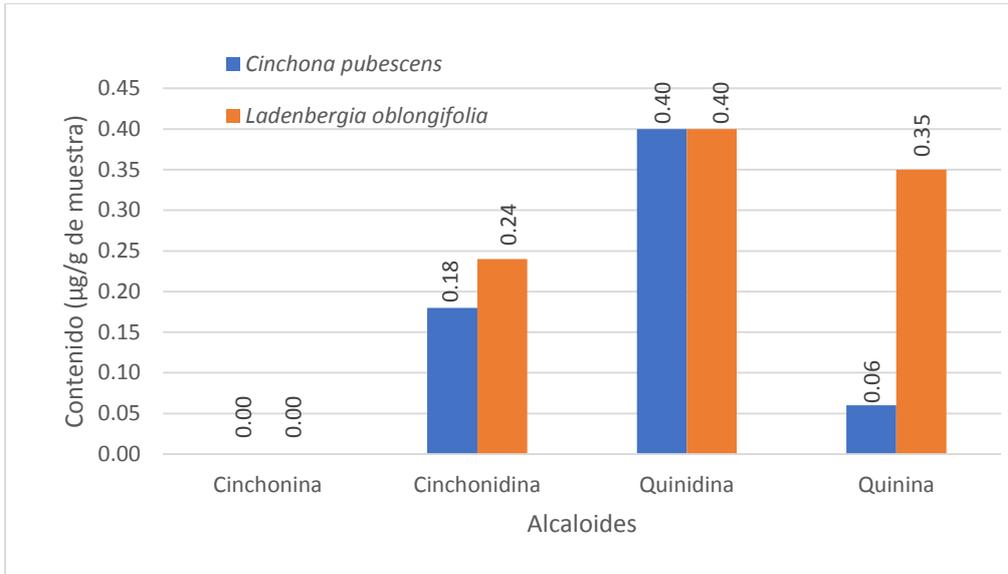
ND = No detectado.

Las estructuras de las hojas de las mencionadas especies, no cuentan con el alcaloide cinchonina; sin embargo, en estudios realizados por otros investigadores, han detectado presencia de cinchonina en cortezas del tronco y ramas muestreadas.

#### **Caracterización de alcaloides en muestras de hojas de *C. pubescens* y *L. oblongifolia***

En la figura 4 se presenta la cuantificación de alcaloides detectados en las muestras de hojas evaluadas, donde se observa que, en un g de muestra de *C. pubescens*, se ha detectado 0,64 µg de alcaloide, de las cuales, 0,18 µg corresponden a cinchonidina, 0,40 µg de quinidina y 0,06 µg de quinina. No se ha detectado presencia del alcaloide cinchonina.

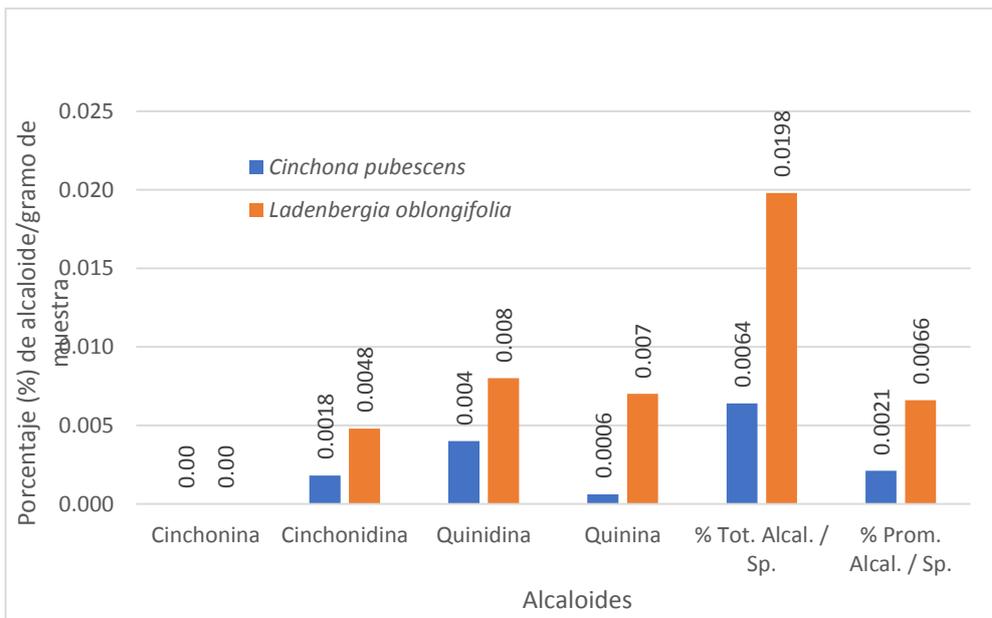
En este sentido, mediante la cuantificación de alcaloides de las muestras de hojas de *Ladenbergia oblongifolia*, se observa que, en un g de muestras de hojas secas y pulverizadas de dicha especie, se ha detectado 0,99 µg de alcaloides, de los cuales, 0,24 µg son de cinchonidina, 0,40 µg de quinidina y 0,35 µg de quinina. Igualmente, que la anterior especie, no se ha detectado presencia de cinchonina.



**Figura 4.** Contenido de alcaloides en hojas de *C. pubescens* y *L. oblongifolia*.

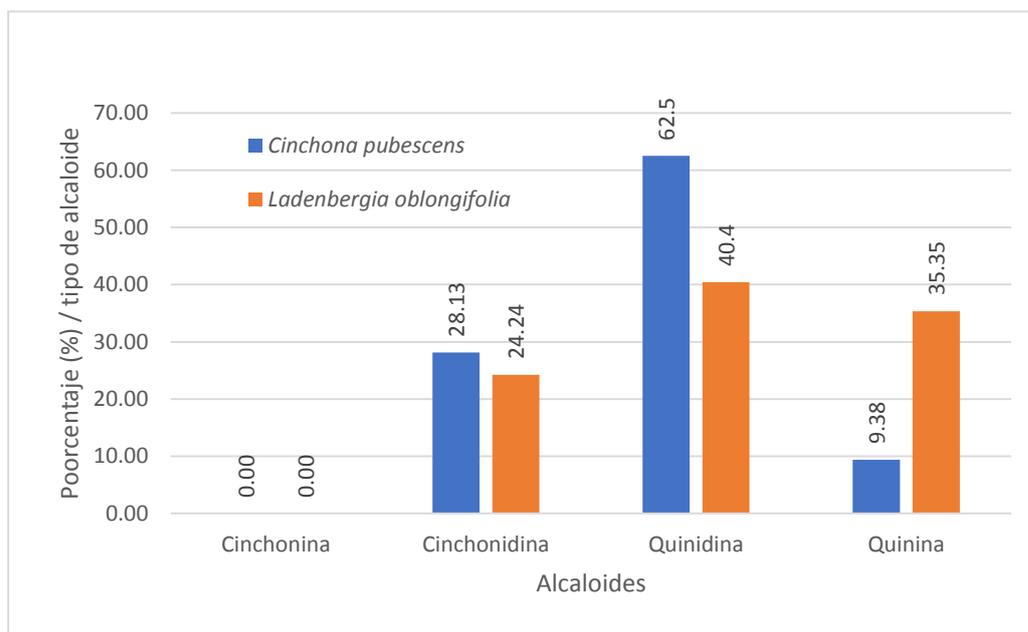
En consecuencia, en la figura 5, se muestra el porcentaje de alcaloides detectados por g de muestras de hojas pulverizadas y evaluadas, donde se observa que, la muestra de *C. pubescens* contiene un total de 0,0064% de alcaloide por g de muestra evaluada, de los cuales, el 0,0018% corresponde a cinchonidina, el 0,0040% a quinidina y el 0,0006% a quinina.

En la muestra de *L. oblongifolia*, se observa que, contiene un total de 0,0198% de alcaloides, de los cuales, el 0,0048% corresponde a cinchonidina, el 0,0080% a quinidina y el 0,0070% a quinina.



**Figura 5.** Porcentaje de alcaloides detectados por gramo de muestras de hojas.

La figura 6, muestra que, de 0,0064% de alcaloides detectados en las muestras de hojas secas y pulverizadas de *C. pubescens*, el 28,13% corresponde a cinchonidina, el 62,50% a quinidina y el 9,38% a quinina, mientras que, de 0,0198% de alcaloide en la muestra de *L. oblongifolia*, el 24,24% corresponde a cinchonidina, el 40,40% a quinidina y el 35,35% a quinina.



**Figura 6.** Porcentaje (%) por tipo de alcaloide por gramo de muestra evaluada

### 3.4. Determinación del perfil químico en muestras de cortezas de *C. pubescens* y *L. oblongifolia*

La determinación del perfil químico de compuestos, que consiste básicamente en la identificación putativa de ellos, por medio de HPLC-MS, fue realizada en muestra secas de cortezas de *C. pubescens* y *L. oblongifolia*, obteniendo los siguientes resultados:

#### Muestras de corteza de *Cinchona pubescens*

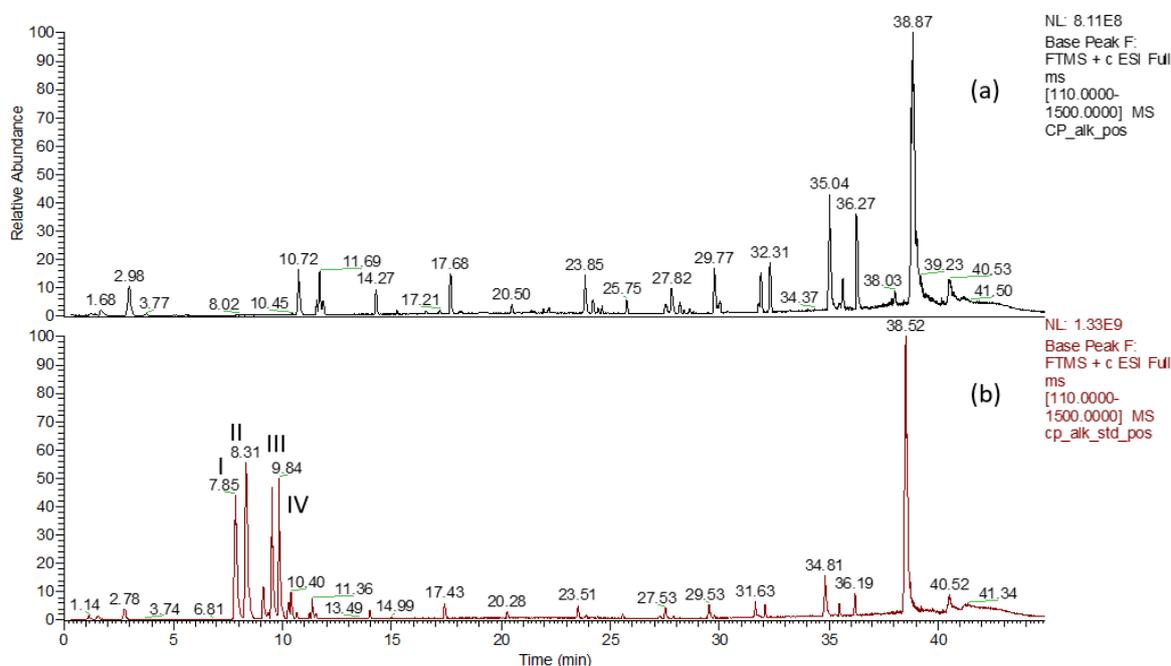
El análisis mediante HPLC-MS de la corteza de *C. pubescens* dio como resultado la identificación de 55 compuestos distribuidos entre derivados del ácido benzoico, flavonoles, catequinas, antocianinas y triterpenos derivados del ácido quinóico.

La técnica fue monitoreada y evaluada en función a estándares secundarios de alcaloides (Hioscina-N-butylbromuro, Cincocaína y Brucina) y la materia prima vegetal (extracto hidroalcohólico entre otros, de corteza de *C. pubescens* Vahl. en polvo), respectivamente. El método fue comparado con la metodología clásica para alcaloides totales, aplicada en las materias primas vegetales. Se procedió a preparar un extracto crudo de alcaloides, asumiendo que estos últimos se podrían encontrar en bajas concentraciones con respecto a los otros compuestos encontrados, sin embargo, el análisis mediante LC-MS de este extracto tampoco dio resultados.

#### Muestras de corteza de *Ladenbergia oblongifolia*

Se identificaron 59 compuestos entre derivados del ácido benzoico, iridoides, flavonoles, antraquinonas, alcaloides, triterpenos derivados del ácido quinóico y algunos ácidos grasos. Al

igual que en la muestra de corteza seca de *C. pubescens* se han detectado otros compuestos que aún no son descritos en el campo de los productos naturales.



**Figura 7.** Cromatogramas de: extracto crudo de alcaloides de Corteza seca de *Cinchona pubescens* (a) y extracto crudo de alcaloides de Corteza seca de *Ladenbergia oblongifolia* (b) y estándares de cinchonina (I), cinchonidina (II), quinidina (III) y quinina (IV).

Leyenda: Los picos o señales de ambos cromatogramas representan la abundancia relativa de cada compuesto analizado.

El procedimiento se basó en la cuantificación indirecta de bismuto del reactivo de Dragendorff, el cual forma un complejo con los alcaloides. Se evaluaron las condiciones óptimas para la precipitación de los alcaloides con el mencionado reactivo, los agentes para el aislamiento del bismuto de dicho precipitado, el reactivo cromogénico para cuantificar el bismuto y sus parámetros de medición (longitud de onda óptima y pH).

En este sentido, se obtuvieron buenos valores de recuperación de alcaloides y de repetibilidad de resultados (RSD) con los estándares secundarios.

#### 4. DISCUSIÓN

Un aspecto muy importante es el análisis realizado por (Hoet et al., 1980) mediante el método de Bruselas - 1948, el cual, proporcionó 0,02% y 0,08% de los alcaloides totales en dos muestras de *Cinchona pubescens*, colectada en la Convención (Cusco) y en San Ignacio (Cajamarca). Al respecto, (Loayza et al., 2010), afirman que, a partir de los tallos de *C. pubescens* se aisló la quinina, la cual, se identificó mediante sus espectros de masas, RMN1H, RMN13C y 1H-1H COSY. Se realizó el análisis cualitativo de los metabolitos secundarios (marcha fitoquímica) presentes en los tallos de la *C. pubescens* según el procedimiento de (Rondina y Coussio 1969 citado en Lezcano, 2012) y (Miranda, 2002), habiéndose verificado la presencia de: alcaloides, aminogrupos primarios y/o secundarios, grupos fenólicos libres, taninos, triterpenos y esteroides, quinonas, antraquinonas, antronas o antranoles, saponinas, flavonoides, leucoantocianidinas, catequinas, flavonoides, saponinas, glicósidos cardiotónicos, aminoácidos libres o aminas en general.

En consecuencia comparando los resultados descritos en párrafos anteriores, afirmamos que *L. oblongifolia*, contiene 0,06 µg más de cinchonidina que *C. pubescens*, mientras que, el contenido de quinidina, ambas especies contienen la misma cantidad (0,40 µg/gramo de muestra evaluada). Además, respecto al contenido de quinina, la muestra evaluada de *L. oblongifolia* contiene 0,29 µg más de quinina, que la muestra de *C. pubescens*, por gramo de muestra pulverizada. Es decir, las hojas de *L. oblongifolia*, contiene 0,35 µg más de alcaloides, que las hojas de *C. pubescens*, con un promedio de 0,21 y 0,33 µg de alcaloide, respectivamente.

Publicaciones referidas a *C. pubescens* tratan del aislamiento e identificación de los alcaloides en diversos órganos de la planta obtenidos mediante cultivo celular. Los alcaloides quinina (1a) y quinidina (1b), en la corteza de Cinchona se encuentran metoxilados: cinconidina (1c) y cinconina (1d), figura 1. En la estructura de estos alcaloides quinolínicos se ha considerado la numeración de Rabe, la cual es la más utilizada en la literatura química y farmacológica, y es la que fue utilizada en el trabajo realizado por (Loayza et al., 2010).

Por tanto, se puede adoptar fácil y cómodamente como un método para la determinación de quinina no sólo en la especie *C. pubescens* sino para otras especies de este mismo género, incluso para posteriores estudios farmacológicos, e incluso como un método de identificación de los principales componentes de especies de género Cinchona en diversos procesos biotecnológicos que incluyen órganos de las plantas obtenidos mediante cultivo celular in vitro, tal como menciona (Verpoorte et al., 1988; Verpoorte et al. 1991, citados en Mesa-Vanegas et al. 2013), quienes indican que, las publicaciones referidas a *C. pubescens* tratan la parte cualitativa de los metabolitos secundarios presentes en esta especie, en los cuales, hay presencia de la quinina como uno de los metabolitos, tipo alcaloide, característico de este género, tal como menciona (Cóndor et al., 2009, citado en Mesa-Vanegas et al., 2013).

En este sentido, en la actualidad, son pocos los reportes que se realizan de estas plantas, un número de procedimientos cromatográficos diferentes han sido desarrollados para la determinación cualitativa y cuantitativa de quinina, la cual, fue manifestada por (Mesa-Vanegas et al., 2013), quienes, finalmente, dicen que el análisis de estos compuestos en una variedad de matrices se realiza mediante cromatografía de alta resolución (HPLC) en fase reversa, utilizando columnas C18 en combinación con fases móviles ácidas, y la detección mediante ultravioleta visible (UV).

La *C. pubescens*, ha sido poco estudiada desde un punto de vista químico y biológico, tal como mencionan (Mendoza et al., 2004, citado en Mesa-Vanegas et al., 2013). Por lo que, en su trabajo, obtuvieron extractos de diferente polaridad a partir de los tallos de la planta *C. pubescens*, se cuantificó el contenido de quinina presente en estos. Al respecto, (Trujillo, 2013), realizó una investigación denominada: Desarrollo de un método analítico basado en espectrofotometría visible para la cuantificación de alcaloides totales en materia prima vegetal, utilizando para ello, entre otras, cortezas de *C. pubescens*.

Además, (Mesa-Vanegas et al., 2013), realizaron una investigación denominada: euantificación de quinina en extractos de *C. pubescens* y evaluación de la actividad antiplasmodial y citotóxica, a partir del cual, determinaron que, esta especie es una fuente potencial de nuevas plantillas estructurales en la búsqueda de nuevos candidatos antimaláricos, cuyos objetivos fueron la identificación y, cuantificación de la quinina y de otros metabolitos presentes en los extractos de diferente polaridad, de los tallos de *C. pubescens* Vahl., el aislamiento del ácido oxoquinóvico, la actividad antiplasmodial y, además, la medición de su efecto citotóxico.

Sin embargo, la mayoría de especies de la familia Rubiaceae, contienen quinina, quinidina, cinconina y cinconidina, los cuales, varían en su contenido en la corteza, con un porcentaje entre el 7-12%, con una distribución porcentual de 70-90% quinina, 1-3% de cinconidina y hasta 1% de quinidina, tal como menciona (McCalley et al., 2002, citado en Mesa-Vanegas et al., 2013), también mencionan que, existen otros alcaloides minoritarios que son precursores de la formación de los alcaloides mayoritarios en las distintas rutas biogénicas como el triptófano, ácido quínico, entre otros.

Por otro lado, (Mendoza et al. 2004, citado en Mesa-Vanegas et al., 2013), aislaron y caracterizaron uno de los compuestos de mayor abundancia en el extracto de diclorometano y se

determinó el potencial antiplasmodial sobre cultivos continuos de cepas de *P. falciparum* NF-54 sensible a la cloroquina, y su efecto citotóxico en células HepG2, con el fin de contribuir a la búsqueda de nuevas alternativas terapéuticas para la malaria y así mismo, contribuir al fortalecimiento de los estudios de especies de género *Cinchona* como fuente importante de quinina y nuevos antimaláricos naturales, además de promover la conservación y preservación de estas especies. En este sentido, (Loayza et al., 2010), mencionan que en el Perú se bebe la decocción en casos de arritmias cardíacas, fiebre, calambres musculares, resfríos e indigestión. La etnia *campa-asháninka*, perteneciente a la Amazonia peruana, emplea la decocción de corteza en el tratamiento de paludismo, reumatismo y diarreas. En la Amazonia Boliviana se emplea la corteza raspada y hervida con alcohol, como remedio antidiarreico.

Para descartar un problema con el método de análisis se procedió a inyectar el extracto crudo con una mezcla de estándares de cuatro alcaloides (quinina, quinidina, cinchonina, cinchonidina), en este caso las señales de los estándares fueron claras, tal como se muestra en la figura 3, respecto a cromatogramas de extracto crudo de alcaloides de corteza seca de *Cinchona pubescens* y de corteza seca de *Ladenbergia oblongifolia*. Además, (Mesa-Vanegas et al., 2013), afirman que, la explotación sostenible de la especie *C. pubescens* podría ser una estrategia en cuanto a la producción de los principios activos como la quinina, ya que podría disminuir de esta manera el impacto ecológico que genera.

Los resultados obtenidos por (Mesa-Vanegas et al., 2013), mencionan que de las cortezas de la planta *C. pubescens* se obtuvieron cinco extractos de diferente polaridad (hexano, diclorometano, acetato de etilo, metanol y etanol). Los porcentajes de material extractable mostraron mejores rendimientos para el extracto etanólico de *C. pubescens* con 1,49%, y para los extractos de diferente polaridad los mejores rendimientos se obtuvieron para el extracto metanólico con un 1,32%. Ninguna asociación se encontró entre los rendimientos de extracción y las pruebas biológicas que se realizaron.

## 5. CONCLUSIONES

Se caracterizó fenotípicamente árboles de *Cinchona pubescens* y *Ladenbergia oblongifolia*, corroborando su clasificación taxonómica a partir de muestras dendrológicas.

Se determinó la presencia de los alcaloides cinchonidina, quinidina y quinina en muestras de hojas secas pulverizadas de *Cinchona pubescens* y *Ladenbergia oblongifolia*. No se detectó la presencia de cinchonina.

*Ladenbergia oblongifolia*, contiene 0,06 µg más de Cinchonidina que *Cinchona pubescens*, en cuanto al contenido de quinidina, ambas especies contienen la misma cantidad (0,40 µg/gramo de muestra evaluada).

*Ladenbergia oblongifolia* contiene 0,29 µg más de quinina, que *Cinchona pubescens*, por gramo de muestra pulverizada. Es decir, *Ladenbergia oblongifolia*, contiene 0,35 µg más de alcaloides, que *Cinchona pubescens*, con un promedio de 0,21 y 0,33 µg de alcaloide, respectivamente.

En la corteza seca de *Cinchona pubescens* se identificaron 55 metabolitos secundarios, mientras que en *Ladenbergia oblongifolia* se identificaron 59 metabolitos secundarios conformados por compuestos derivados del ácido benzoico, iridoides, flavonoles, antraquinonas, alcaloides, triterpenos derivados del ácido quinóico y algunos ácidos grasos.

## 6. AGRADECIMIENTO

Al Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana, por el apoyo y las facilidades brindadas para la ejecución del trabajo de investigación a través de la Dirección Regional IIAP – Huánuco.

A la Universidad Nacional Agraria de la Selva, por brindar las facilidades de ingreso a su Bosque Reservado (BRUNAS), para realizar parte del trabajo de campo.

Al Herbario HTIN de la Facultad de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, por la identificación taxonómica de las muestras botánicas colectadas.

Al Ing. Wilfredo Alex Zúñiga Huamán, por el apoyo en la ubicación de los árboles e identificación preliminar de las especies en estudio y la elaboración de los mapas de las zonas de colecta.

Al Sr. Carlos Edmundo Muñoz Landa, titular de la Concesión Forestal con Contrato N° 10-TIM/C-J-003-03, por brindar las facilidades para ingreso a su concesión forestal a fin de realizar la colecta de muestras de hojas y cortezas de las especies evaluadas.

## 7. CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

John Richard Remuzgo Foronda: Planeamiento del estudio, diseño, análisis e interpretación de los datos, revisión crítica del contenido intelectual y aprobación definitiva de la versión que presenta.

Jorge Birino Alvarez Melo: Colecta de muestras dendrológicas, revisión crítica del contenido intelectual y aprobación definitiva de la versión que presenta.

Francisco Sales Dávila: Borrador del artículo, revisión crítica del contenido intelectual y aprobación definitiva de la versión que presenta.

Glauco Antonio Valdivieso Arenas: Borrador del artículo, revisión crítica del contenido intelectual y aprobación definitiva de la versión que presenta.

## 8. CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no existe conflicto de interés.

## 9. FINANCIAMIENTO

El artículo es producto de un Proyecto Institucional financiado por el Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana.

## 10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almilcar, P. P. (1989). Taxonomía, distribución geográfica y status del género *Cinchona* en el Perú. Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima – Perú. 76 pp.
- Aymard, G. (2019). Breve reseña de los aspectos taxonómicos y nomenclaturales actuales del género *Cinchona* (Rubiaceae – Cinchoneae). Artículo científico. Bogotá, Colombia. 8 pp. <https://doi.org/10.18257/raccefyn.1079>
- Barukcic, R., A.; Sola M., M. (2015). Desarrollo de formulaciones fito-cosméticas antioxidantes empleando como sustancia activa el extracto seco de *Cinchona pubescens* Vahl, Rubiaceae (Cascarilla). Tesis de Maestría. Universidad Politécnica Salesiana. Quito, Ecuador. 240 pp. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/9377>
- Castillo, P. M. (2014). Estudio dendrológico de la familia Rubiaceae en la zona de Tingo María – Perú. Tesis FRNR - Universidad Nacional Agraria de la Selva. 177 pp. <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/600>
- Condor, C., E.; De Oliveira H., B.; Ochoa L., K. y Reyna P., V. (2009). Estudio químico de los tallos de *Cinchona pubescens* Vahl. Artículo científico. Lima, Perú. 10 pp. <http://www.scielo.org.pe/pdf/rsqp/v75n1/a08v75n1.pdf>
- Cosenza, G. P., N. S. Somavilla, C. W. Fagg y M. G. Brandão. (2013). Bitter plants used as substitute of *Cinchona* spp. (quina) in Brazilian traditional medicine. *J. Ethnopharmacol*, 149: 790-796.
- Hoet, P., Gomez, A. y Kanamori, C. (1980). Estudio cuantitativo de los alcaloides en *Cinchona* (Rubiaceae) del Perú. *Boletín Soc. Quím*, (Perú) 1980; 46: 298-309.

- INDECOPI. (2018). Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual. Comisión Nacional contra la biopiratería. Quina. Lima, Perú. 49 pp.
- Lezcano, Y., (2012) Caracterización cualitativa del contenido de metabolitos secundarios en la fracción comestible de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray. Red de Rev. Científicas de América Latina, España y Portugal. Pastos y Forrajes, Vol. 35, No. 3. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=269125186004>.
- Loayza, O., K.; De Oliveira B., H.; Córdor C., E. y Reyna P., V. (2010). Estudio químico de los tallos de *Cinchona pubescens*. Artículo científico. Universidad Nacional de Ingeniería. Universidad Federal de Paraná. 6 pp. <http://www.scielo.org.pe/pdf/rsqp/v75n1/a08v75n1.pdf>
- Mendoza, H., Ramírez, B. y Jiménez, L. (2004). Rubiaceae de Colombia. Guía ilustrada de géneros. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt. Bogotá, Colombia. 351 pp.
- Mesa-Vanegas, A., Quinto-Quinto, A., y Blair-Trujillo, S. (2013). Cuantificación de quinina en extractos de *Cinchona pubescens* y evaluación de la actividad antiplasmodial y citotóxica. Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas, vol. 12, núm. 6. Universidad de Santiago de Chile Santiago, Chile. pp. 592-602. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=85629226004>
- Miranda, M., (2002). "Métodos de Análisis de Drogas y Extractos", Ed. Universidad de la Habana, La Habana, Cuba. 50 pp.
- Teran, J. J. (2006). Diversidad de la familia Rubiaceae en el Parque Nacional Carrasco (Limbo Palmar y Guacharos). Tesis Lic. en Biología. Cochabamba, Bolivia. 79 p. [En línea]: Monografías, <http://www.monografias.com/trabajos-pdf/diversidad-familia-rubiaceae/diversidad-familia-rubiaceae.pdf>, 10 ago. 2020.
- Trujillo, A., J. (2013). Desarrollo de un método analítico basado en espectrofotometría visible para la cuantificación de alcaloides totales en materia prima vegetal. Tesis UNMSM, Lima Perú. <https://hdl.handle.net/20.500.12672/9430>

**Citar como:**

Remuzgo, J.; Alvarez, Alvaro, J.; Sales, F.; Valdivieso, G. 2020. Caracterización Taxonómica y Fitoquímica de *Cinchona pubescens* y *Ladenbergia oblongifolia* en el Ámbito del Valle Alto Huallaga – región Huánuco. REBIOL 42(2):242-255. DOI: <http://dx.doi.org/10.17268/rebiol.2020.40.02.11>.

## Artículo Original

# ANÁLISIS PROXIMAL FÍSICOQUÍMICO Y METABÓLICO DE FRUTOS DEL ECOTIPO *Capsicum chinense* JACQ. “AJÍ SUPANO” PARA FINES INDUSTRIALES

## PROXIMAL PHYSICOCHEMICAL AND METABOLIC ANALYSIS OF FRUITS OF THE *Capsicum chinense* JACQ. ECOTYPE "AJÍ SUPANO" FOR INDUSTRIAL PURPOSES

Juana Consuelo Aliaga Camarena<sup>1</sup>, Nicodemo Crescencio Jamanca Gonzales<sup>2</sup>, Edwin Jorge Vega Portalatino<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ingeniería agrónoma, Universidad Nacional de Barranca, Barranca- Perú

<sup>2</sup>Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias, Universidad Nacional de Barranca, Barranca- Perú

<sup>3</sup> Facultad de Ingeniería de Industrias Alimentarias, Universidad Nacional de Frontera, Sullana- Perú

\* Autor para correspondencia [evega@unf.edu.pe](mailto:evega@unf.edu.pe)

Juana Consuelo Aliaga Camarena :  <https://orcid.org/0000-0002-3045-6397>  
Nicodemo Crescencio Jamanca Gonzales :  <https://orcid.org/0000-0002-0349-7951>  
Edwin Jorge Vega Portalatino :  <https://orcid.org/0000-0001-8510-0307>

Recibido: 5 de octubre 2020 / Aceptado: 21 de diciembre 2020

### RESUMEN

Los estudios sobre ajíes nativos en el Perú son escasos, por lo que el objetivo de esta investigación fue analizar y determinar las propiedades fisicoquímicas y metabólicas presentes en los frutos del ají supano (*Capsicum chinense* Jacq.), con el fin de darle valor agregado a sus cualidades nutritivas y correlacionarlas con las posibilidades de su industrialización; para lo cual se tomaron muestras de frutos de diferentes estados de color, a nivel de pequeños agricultores de la Campiña de Supe. Se registró la longitud, masa y diámetro del fruto (análisis biométrico); epicarpio, pedicelo y semillas (porcentaje biométrico); porcentaje de ceniza, humedad, carbohidrato, grasa, proteína, fibra cruda y energía (características físico químicas); carotenoides por método espectrofotométrico; Capsaicina, dihidrocapsaicina y flavonoides por método cromatográfico (HPLC) y vitamina C por método volumétrico. El color del fruto que destacó fue el anaranjado, con contenidos de capsaicina ( $654,0 \pm 13,3 \text{ ug/g}^{-1}$ ) y de dihidrocapsaicina ( $220,23 \pm 5,6 \text{ ug/g}^{-1}$ ), alcanzando 9810 unidades Scoville. El color amarillo sobresalió en los flavonoides ( $201,1 \pm 6,1 \text{ mg/100g}^{-1}$ ), y en el ácido ascórbico ( $88,9 \pm 1,6 \text{ mg/100g}^{-1}$ ); mientras los carotenoides totales fueron mayores en el fruto rojo ( $187,0 \pm 4,9 \text{ mg/100g}^{-1}$ ). En la composición proximal tuvieron valores próximos y sin influencia en las medidas biométricas.

**Palabras claves:** *Capsicum* sp., capsaicina, flavonoides, análisis biométrico, componentes

### ABSTRACT

Studies on native chili peppers in Peru are scarce, so the objective of this research was to analyze and determine the physicochemical and metabolic properties present in the fruits of the supano chili pepper (*Capsicum chinense* Jacq.). In order to give added value to its nutritional qualities and correlate them with the possibilities of its industrialization; for which samples of fruits of different color states were taken from small farmers in the Supe countryside. The length, mass and diameter of the fruit were recorded (biometric analysis); epicarp, pedicel and seeds (biometric percentage); percentage of ash, moisture, carbohydrate, fat, protein, crude fiber and energy (physical-chemical characteristics); carotenoids by spectrophotometric method; Capsaicin, dihydrocapsaicin and flavonoids by chromatographic method (HPLC) and vitamin C by volumetric method. The color of the fruit that stood out was orange, with contents of capsaicin ( $654.0 \pm 13.3 \text{ ug/g}^{-1}$ ) and dihydrocapsaicin ( $220.23 \pm 5.6 \text{ ug/g}^{-1}$ ), reaching 9810 Scoville units. The yellow color stood out in flavonoids ( $201.1 \pm 6.1 \text{ mg/100g}^{-1}$ ), and in ascorbic acid ( $88.9 \pm 1.6 \text{ mg/100g}^{-1}$ ); while the total carotenoids were higher in the red fruit ( $187.0 \pm 4.9 \text{ mg/100g}^{-1}$ ). In the proximal composition they had close values and without influence on biometric measurements.

**Key words:** *Capsicum* sp., Capsaicin, flavonoids, biometric analysis, components

## 1. INTRODUCCIÓN

El *Capsicum chinense* Jacq. "ají supano", es un ecotipo nativo que se produce en el distrito de Supe - Barranca (Apega et al., 2009) semejante al limo, de tamaño pequeño y pericarpio grueso; presentando diferentes tonalidades en el fruto como crema, morado, amarillo, anaranjado y rojo. Ampliamente utilizados en la culinaria de sus pobladores al preparar diferentes tipos de platos típicos y de gran representatividad dentro de su cultura ancestral, como data en los registros de la ciudad sagrada de Caral (Shady,2002).

Este ají al igual que otros, su crecimiento con respecto al fruto se da en tres fases (Bautista, 2017): la fase logarítmica y lineal es donde el tamaño aumenta de forma continua adoptando inicialmente un color morado y luego un color blanquecino amarillento. Durante la fase de senescencia, el fruto deja de crecer formando un color anaranjado, para luego ser de color rojo, el cual indica su máximo punto de madurez. La demanda económica del fruto, se da cuando adquiere una coloración crema-morada, donde se ha registrado una mayor concentración de aroma (Melgarejo et al., 2004; Universidad Nacional Agraria La Molina, 2012).

El ají al ser consumido genera un efecto de picante, debido a la presencia de capsaicinoides (Dominguez et al., 2015), como parámetro principal de calidad comercial en los *Capsicum* (Olguín et al., 2019) y determinado a partir de la prueba organoléptica Scoville de picor (USP) (Cázares et al., 2005). Su concentración varía entre sus variedades de 0,1 a 1% (Cedrón, 2013) y de 0,3-1% (Celis, 2005); encontrándose entre el 50 y 70% de dihidrocapsaicina (8 metil-N-vanililnonanamida) conteniendo a su vez principios activos como alcaloides, esteroides, terpenoides, fenoles, carotenoides, vitamina A y C (Celis, 2005).

Entre los capsaicinoides, destaca la capsaicina (63-77%) (Olguín et al., 2019) (amida vanílica del ácido 15 isodecenóico) de sabor picante y mayor concentración; seguida de la dihidrocapsaicina (20-32%) de menor concentración (George et al., 2009a). Pero, también presenta nordihidrocapsaicina (7%), homodihidrocapsaicina (1%) y homocapsaicina (2%) (Celis, 2005) permaneciendo en todos los estados de maduración de los frutos de ají, donde su contenido de capsaicinoides se incrementa a medida que el fruto madura, hasta alcanzar su máximo valor en frutos rojos (Ananthan et al., 2018).

Sin embargo, hay muy pocos estudios sobre la composición metabólica de ajís nativos; lo cual Sosa et al. (2017) evaluaron dos variedades de ajís nativos habaneros (Mayapán y Jajuar) donde encontraron compuestos como heptil-3-metilbutanoato de heptilo, 3-metilbutanoato de hexilo, 3,3-dimetilciclohexanol, 3-metilbutanoato de hexilo y 3 metilbutanoato de (Z) -3- hexenilo. Además, Ananthan et al. (2018). determinó que los frutos de *C. chinense* provenientes de los EE. UU. tenían un valor de 1,16 mg/kg de dihidrocapsaicina y 1,52 mg/kg de capsaicina. Estos estudios permiten encontrar nuevas variedades de ají con alto aporte en capsaicina.

Ante lo mencionado, el presente estudio tiene por objetivo determinar las características fisicoquímicas y contenido de metabolitos del ají Supano (*Capsicum chinense* Jacq.), que presentan los frutos en su desarrollo y maduración, con el fin de reportar sus propiedades nutriceúticas pudiendo convertirse en nuevas fuentes de metabolitos de interés industrial.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### Colecta de material vegetal

El ají supano fue sembrado durante los años 2016 y 2017, por pequeños agricultores de la Campiña de supe, distrito de Supe, provincia de Barranca; donde se realizó colectas de cuatro muestras de ají fresco, de 1 kg cada una (Yáñez et al., 2015), siendo seleccionado por la tonalidad del color del pericarpio: crema – morado, amarillo, anaranjado y rojo.

### Evaluación de Análisis biométrico

Las evaluaciones se realizaron por triplicado, evaluando la longitud, masa en fresco y diámetro del fruto; para luego ser expresado en porcentaje al realizarse en el laboratorio de análisis de suelo perteneciente a la Universidad Nacional de Barranca, separando el epicarpio, pedicelo y semillas por cada muestra procesada (Aguilar, 2016).

### Composición centesimal y metabolitos

Se evaluó en los ambientes de la Unidad de Investigación en Productos Naturales de la Universidad Peruana Cayetano Heredia, utilizando la metodología de acuerdo a AOAC (como se citó en Rojas et al., 2016) determinando el porcentaje de ceniza por incineración de los frutos a 550 °C y obteniendo el valor por diferencia de peso. El porcentaje de humedad se realizó por la técnica gravimétrica a 105°C. El porcentaje de carbohidratos se obtuvo restando el valor de la fibra dietaria y el peso de los macro componentes. El porcentaje de grasa se realizó mediante la técnica Soxhlet. El porcentaje de proteína se realizó por la técnica de Kjeldahl, calculándose con un factor (6,25). La fibra cruda se realizó eliminando los carbohidratos y proteínas mediante el uso de bases y ácidos débiles. La energía se calculó usando los protocolos de la FAO, usando una equivalencia de 481 KJ/ 1 Kcal.

El contenido de metabolitos, se realizó según Rojas et al. (2016) donde los flavonoides totales, dihidrocapsaicina y capsaicina se hizo por la técnica cromatográfica (HPLC) usando un estándar y como solvente acetonitrilo y agua, con reactivos de grado HPLC. La fase móvil estuvo constituida de la mezcla de acetonitrilo y agua en proporción 35:65 respectivamente. Como fase estacionaria se usó una columna de fase reversa Hypersil Gold, C18 de 50 x 2,1 mm y 1,9 µm tamaño de partícula, el volumen de inyección fue de 2 µL. Las lecturas se registraron a una longitud de onda ( $\lambda$ ) de 280 nm. (Villalba et al., 2017). Los carotenoides totales se obtuvieron por la técnica espectrofotométrica, medida a longitud de onda ( $\lambda$ ) 450 nm, usando como blanco la solución de extracción (Ibañez, 2018), y el ácido ascórbico se realizó por AOAC utilizando como indicador redox 2,6-diclorofenolindofenol (Zago et al., 2010).

### Análisis estadístico

En todos los datos obtenidos, se utilizó el análisis de varianza (ANOVA) con un 95% de nivel de confianza; empleándose posteriormente la prueba de comparación de medias Tukey (5% de probabilidad de error), utilizando los softwares Excel y Minitab 17.

## 3. RESULTADOS

Los resultados de las medidas biométricas de las muestras de color de fruto (Figura 1) crema morado, amarillo, anaranjado y rojo del ají Supano tuvieron un valor entre los valores de 2,2810 a 2,3267 g en relación a la masa; 13,21 a 14,06 mm en relación al diámetro del fruto y 23,30 a 25,55 mm con respecto a la longitud de los frutos; sin evidenciar diferencias significativas (NS) entre las muestras evaluadas (Tabla 1).



**Figura 1.** *Capsicum chinense* Jacq. "ají Supano" en sus diferentes etapas de coloración (a) Crema morado, (b) amarillo, (c) anaranjado y (d) rojo. Barra expresada en centímetros.

**Tabla 1.** Análisis biométrico de *Capsicum chinense* Jacq. "ají supano"

Color del epicarpio	Longitud (mm)	Masa (g)	Diámetro (mm)
Crema-morado	24,27 ± 4,15 NS	2,3127 ± 0,4214 NS	13,26 ± 1,47 NS
Amarillo	23,30 ± 4,30 NS	2,3267 ± 0,4570 NS	14,06 ± 1,93 NS
Anaranjado	25,55 ± 3,17 NS	2,2810 ± 0,4956 NS	13,39 ± 1,66 NS
Rojo	25,35 ± 4,47 NS	2,2961 ± 0,69828 NS	13,21 ± 2,19 NS

Las letras determinan a los grupos analizados por comparación entre las variables, a un nivel de significancia de 5%.

El porcentaje biométrico por cada fruto (Tabla 2), se determinó evaluando el peso del pedicelo que varió entre 4,93 a 6,73%, siendo el pedicelo del fruto rojo el de más alto valor con respecto a los demás; el pericarpio varió entre 58,74 a 60,62% y la semilla – placenta entre 33,79 a 36,16%, sin mostrar diferencias significativas en las muestras evaluadas.

**Tabla 2.** Porcentaje biométrico de *Capsicum chinense* Jacq. "ají supano"

Color del epicarpio	Pericarpio		Pedicelo		Semilla	
	g	%	g	%	g	%
Crema-morado	1,3128 0,2784	± 59,89 NS	0,1224 ± 0,0255	5,27 b	0,7920 0,2524	± 34,84 NS
Amarillo	1,3309 0,2594	± 58,91 NS	0,1114 ± 0,0245	4,93 b	0,8170 0,2659	± 36,16 NS
Anaranjado	1,3280 ± 0,3339	60,62 NS	0,1225 ± 0,0261	5,59 b	0,7402 0,1816	± 33,79 NS
Rojo	1,2766 0,3345	± 58,74 NS	0,1463 ± 0,0201	6,73 a	0,7509 0,3841	± 34,55 NS

Las letras determinan a los grupos analizados por comparación entre las variables, a un nivel de significancia de 5%.

Con respecto a las características fisicoquímicas de los frutos (Tabla 3), el color crema-morado tuvo una humedad (87,9 ± 1,0%), ceniza (7,3 ± 0,0%), proteína (16,9 ± 0,3%) y carbohidrato (55,7 ± 1,4%) mayor con respecto a las demás muestras; mientras que los frutos anaranjados destacaron en el contenido de grasa (12,4 ± 0,2%) y energía (355,2 Kcal/100g<sup>-1</sup>) y el fruto amarillo con respecto a fibra cruda (21,6 ± 0,5%), mostrando diferencias significativas entre las muestras.

**Tabla 3.** Porcentaje de componentes de *Capsicum chinense* Jacq. "ají supano"

Color del epicarpio	Crema-morado	Amarillo	Anaranjado	Rojo
% Ceniza (base seca)	7,3 ± 0,0 a	6,8 ± 0,0 b	6,7 ± 0,1 c	6,2 ± 0,2 d
% Humedad	87,9 ± 1,0 a	83,9 ± 1,7 b	78,6 ± 0,5 d	75,9 ± 3,0 c
% Carbohidrato (base seca)	55,7 ± 1,4 a	48,0 ± 0,2 b	47,5 ± 0,7 c	47,0 ± 0,4 d
% Grasa (base seca)	2,2 ± 0,1 d	9,9 ± 0,1 c	12,4 ± 0,2 a	11,0 ± 0,1 b
% Proteína (base seca)	16,9 ± 0,3 a	13,7 ± 0,5 c	13,4 ± 0,1 d	15,2 ± 0,5 b
% Fibra cruda (base seca)	17,9 ± 1,5 d	21,6 ± 0,5 a	19,3 ± 0,6 c	20,6 ± 0,1 b
Energía (Kcal/100g <sup>-1</sup> )	310,2 d	335,9 c	355,2 a	347,8 b

Las letras determinan a los grupos analizados por comparación entre las variables, a un nivel de significancia de 5%.

Los contenidos de los metabolitos por cada color de fruto (Tabla 4) mostraron diferencias significativas, siendo el color amarillo el más sobresaliente con respecto a los flavonoides (201,1 ± 6,1 mg Cat/100g<sup>-1</sup>) y vitamina C (88,9 ± 1,6 mg Ac. Asc/100g<sup>-1</sup>); en los carotenoides totales el fruto

rojo se manifestó diferencial ( $187,0 \pm 4,9$  mg/g<sup>-1</sup>) y referente a las componentes que dan la sensación de picor, el fruto de color anaranjado destacó con la capsaicina ( $654,0 \pm 13,3$  ug/g<sup>-1</sup>) y la dihidrocapsaicina ( $220,23 \pm 5,6$  ug/g<sup>-1</sup>).

**Tabla 4.** Metabolitos de *Capsicum chinense* Jacq. "ají supano"

Color del epicarpio	Carotenoides (mg/100g <sup>-1</sup> )	totales	Capsaicina (ug/g)	Dihidrocapsaicina (ug/g <sup>-1</sup> )	Flavonoides (mg Cat/100g <sup>-1</sup> )	Vitamina C (mg Ac.Asc/100g <sup>-1</sup> )
Crema-morado	1,5±0,0 d		281,0±6,3 d	94,3±1,8 d	180,0±8,2 b	66,3±5,0 c
Amarillo	1,8±0,0 c		515,6±2,9 b	147,8±2,6 b	201,1± 6,1 a	88,9±1,6 a
Anaranjado	50,0±1,1 b		654,0±13,3 a	220,23±5,6 a	99,1±4,6 d	70,2±2,5 b
Rojo	187,0±4,9 a		405,6±9,2 c	109,9±2,3 c	144,2±5,9 c	57,3±3,0 d

Las letras determinan a los grupos analizados por comparación entre las variables, a un nivel de significancia de 5%.

#### 4. DISCUSION

El análisis biométrico de las muestras de ají con respecto al color del fruto (crema morado, amarillo, anaranjado y rojo); referente a la longitud, masa y diámetro del fruto variaron entre 23,30-25,55 mm, 2,2810-2,3267 g y 13,21-14,06 mm respectivamente, sin manifestar diferencias significativas entre las muestras evaluadas. Estos resultados, indican que la longitud y masa fueron menores a lo reportado por Elibox et al. (2017), donde su valor promedio fue de 37,1 mm y 9,5 g; pero con respecto al peso y diámetro reportado por Rojas et al. (2016), fueron similares obteniendo valores que variaron entre 0,2-9,2 g en 50 ajíes nativos evaluados (*Capsicum frutescens* "ají asna uchu", *Capsicum chinense* "ají asna uchu grande", *Capsicum baccatum* "ají ayucillo", *Capsicum chinense* "ají ayuyo", etc.).

Referente al porcentaje biométrico de las muestras de ají respecto al color del fruto (crema morado, amarillo, anaranjado y rojo); el pericarpio y números de semilla de los frutos no tuvieron diferencias significativas entre las muestras evaluadas, obteniendo un valor de 58,74 - 60,62% para pericarpio y 33,79 - 36,16% en semillas. Sin embargo, con respecto al pedicelo, se obtuvo un valor variable de 4,93 - 6,73% habiendo diferencias significativas entre las muestras evaluadas, donde el fruto rojo fue el de mayor valor. Estas posibles diferencias dependen de las condiciones edafoclimáticas y la diversidad de variedades que presenta el *C. chinense* (Rojas et al., 2016).

Con respecto al porcentaje de componentes de las muestras de ají referente al color del fruto (crema morado, amarillo, anaranjado y rojo); todas las variables evaluadas como ceniza, humedad, % carbohidratos, % grasa, contenido proteico, % fibra cruda y energía, presentaron diferencias significativas. Donde, la ceniza varió entre 6,2-7,3%, sobresaliendo el fruto de color crema morado; estos datos son cercanos a lo publicado por Rojas et al. (2016), con un valor de 4,6 - 8,4%. La humedad del fruto varió entre 75,9-87,9% sobresaliendo el fruto crema morado, siendo cercano al 91% de humedad en ají dulce (*C. chinense*) reportado por el Instituto Nacional de Salud, (2018) y Rojas et al. (2016). El porcentaje de carbohidratos varió entre 47,0 y 55,7% sobresaliendo el fruto crema morado; guardando relación con lo publicado por Rojas et al. (2016) al registrar valores promedios de 35,6 y 67,2%.

Además, el contenido de grasa varió entre 12,4 a 2,2% sobresaliendo los frutos crema-morado; siendo superior a los presentado por Rojas et al. (2016), con valores de 1,8 - 9,7% e inferior a lo obtenido por Ananthan et al. (2018), con un valor de 20,36%. El porcentaje del contenido proteico fue de 13,4 - 16,9% sobresaliendo el fruto crema morado, encontrándose por debajo de lo reportado por Ananthan et al. (2018), con un valor de 19,41%, donde su valor dependió del contenido de pulpa del fruto; pero fue igual a lo mencionado por Rojas et al. (2016), con un valor de 12,9 - 25,7%. El porcentaje de fibra cruda varió entre 17,9-21,6% representado por las tonalidades crema-morado y amarillo, siendo cercanos a lo publicado por Rojas et al. (2016), al obtener un valor promedio de 10,2 a 30,1%. El aporte energético varió entre 310,2 y 366,7 kcal/g

siendo mayor en frutos rojos, siendo diferentes a lo registrado por el INS (2018), al obtener un valor promedio de 17 kcal en ají dulce.

En referencia al contenido de metabolitos de las muestras de ají con respecto al color del fruto (crema morado, amarillo, anaranjado y rojo); todas las variables evaluadas como carotenoides, capsaicina, dihidrocapsaicina, flavonoides y vitamina C, presentaron diferencias significativas. Donde, los carotenoides tuvieron un valor de  $1,50 \pm 0,0$  y  $187,0 \pm 4,9$  mg/100g sobresaliendo el fruto rojo. Según Rojas et al. (2016). obtuvo un valor de 33,0 y 896,4 mg  $\beta$ -caroteno/ $g^{-1}$  siendo superior a lo encontrado en este estudio. Sin embargo, George et al. (2009), reportó un valor de 8 mg/g de  $\beta$ -caroteno en ají fresco referente a 63 muestras de *C. chinense* realizado en Ecuador; siendo menor a lo reportado en este trabajo. Este estudio, nos permite deducir que los contenidos de carotenoides dependen de la etapa fisiología de madurez referente al color del fruto (López et al., 2015) siendo un parámetro de selección de calidad referente al contenido de carotenoides (Gómez y Ochoa, 2013).

Con respecto al contenido de capsaicina varió entre  $281,0 \pm 6,3$  a  $654,0 \pm 13,3$   $\mu$ g/g y dihidrocapsaicina entre  $94,3 \pm 1,8$  a  $220,23 \pm 5,6$   $\mu$ g/g, sobresaliendo el fruto anaranjado en ambos estudios; demostrando que la concentración de capsaicina es mayor a dihidrocapsaicina, donde su contenido determina el picor del ají según (Cazares et al., 2005; Olguín et al., 2019). Cedrón (2013), menciona que el contenido de capsaicina varía entre 0,1 y 1% en peso, distribuyéndose en diferentes partes del fruto; ubicándose mayormente en semillas (Gutiérrez et al., 2017) y pericarpio. Sin embargo, Ananthan et al. (2018), mencionó que el contenido de capsaicina en la placenta fue de  $7,35 \pm 2,241\%$ ; siendo mayor con respecto a la semilla y pericarpio con valores de  $3,83 \pm 1,358$  y  $2,91 \pm 0,667\%$ . De acuerdo a nuestros valores sobre capsaicina, sus promedios se ajustan a las 3 ajíes reportados como ají amarillo (*C. baccatum*), rocoto (*C. pubescens*) y limo (*C. chinense*) variando entre 0,28 y 0,65 mg/g; siendo 10 veces menor a lo reportado por Lon-Kan et al. (2007). Según Orellana et al. (2013). su concentración fue de 22,8–997,3 mg/kg en masa seca, obteniendo un valor cercano a lo encontrado en nuestro estudio respecto a capsaicina.

Las variaciones entre las especies evaluadas, se atribuyen al genotipo y condiciones ambientales como temperatura, humedad, nutrientes y otros; influyendo positiva o negativamente en la biosíntesis de capsaicinoides (Rahman e Inden 2012; Giuffrida et al., 2013; González et al., 2013). Los frutos de ají, contienen diferentes compuestos bioactivos donde destaca la dihidrocapsaicina en menor proporción y un 90% de capsaicina, considerado como antioxidante; lamentablemente, los pocos reportes científicos sobre ajíes comerciales y menos en ajíes nativos, ha generado un desconocimiento sobre su composición nutricional, antioxidantes y grado de picor (Lon Kan, 2008; Ananthan et al., 2018). Sin embargo, también se ha reportado la presencia de ácido ascórbico, flavonoides y carotenoides como parte de su composición metabólica en frutos de ají.

Con respecto a la concentración de flavonoides, varió de  $99,10 \pm 4,6$  y  $201,1 \pm 6,1$  mg/100g sobresaliendo el fruto amarillo; demostrando que nuestros resultados fueron mayores a los reportado por Rojas et al., (2016), donde obtuvo un valor de 5,9–230,9  $\mu$ g/g en ají fresco e incluso a lo reportado por Vera et al., (2011), donde obtuvo un valor de 4,1 a 27,4 mg/100 g en *C. anuum* realizado en México. Es importante resaltar que el contenido de este metabolito, le proporciona a este ají un aroma especial siendo de gran interés en la culinaria regional y nacional (Melgarejo et al., 2004; UNALM et al., 2012).

Referente al contenido de ácido ascórbico, se obtuvo valores que variaron entre  $57,3 \pm 3,0$  y  $88,9 \pm 1,6$  mg/100; sobresaliendo el fruto rojo. De acuerdo a lo publicado por Rojas et al. (2016), obtuvo un valor de 33,8–328,3 mg/100g de ají fresco y George et al. (2009), obtuvo un valor de 1,2 mg/ $g^{-1}$  en Brasil y 1,1 mg/g en Ecuador de *C. chinense*; siendo valores próximos a lo encontrado en este estudio. Estos valores en flavonoides y ácido ascórbico permiten tener un alto contenido nutricional en el “ají Supano” para la preparación de cremas, conservas o concentrado para ser diluido o preparar otros productos de interés industrial.

## 5. CONCLUSIÓN

En el “ají Supano” las características fisicoquímicas (ceniza, humedad, carbohidratos y proteínas) fueron mayores en frutos crema-morado, siendo un producto idóneo para su comercialización en la culinaria por el alto contenido de aroma. Dentro los metabolitos destacan la (capsaicina y dihidrocapsaicina) en los frutos anaranjados; siendo un recurso interesante desde el punto de vista industrial para producir salsas picantes. Estas propiedades nutraceuticas pueden convertirse en nuevas fuentes de metabolitos de interés culinario e industrial.

## 6. AGRADECIMIENTO

Agradecer a la Universidad Nacional de Barranca que permitió la ejecución del proyecto y la Unidad de Investigación en Productos Naturales de la Universidad Peruana Cayetano Heredia que permitió el análisis metabólico del “ají Supano”.

## 7. CONTRIBUCIÓN DE AUTORES

Todos los autores han realizado conjuntamente y a partes iguales la argumentación y la redacción del artículo científico.

## 8. CONFLICTO DE INTERESES

Los autores ratifican que no existe conflicto de interés en la publicación del presente artículo.

## 9. FINANCIAMIENTO

El presente proyecto titulado “Caracterización y sostenibilidad del cultivo de *Capsicum chinense* Jacq. “ají supano” en la Cuenca baja del río Supe, Barranca” aprobado mediante Resolución N° 206-2015-CO-UNAB; fue financiado mediante donaciones y transferencias.

## 10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar, A. (2016). *Densidad de siembra en la producción y calidad de ají escabeche (Capsicum baccatum L. var. pendulum), en la Molina.* (tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria La Molina. Recuperado de [repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/1994/F01-A348-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/1994/F01-A348-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Ananthan, R., Subhash, K., y Longvah, T. (2018). Capsaicinoids, amino acid and fatty acid profiles in different fruit components of the world hottest Naga king chilli (*Capsicum chinense* Jacq). *Food chemistry*, 238(1), 51-57. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814616320957>
- Apega, Unalm, Inia y Usp. (2009). *Ajíes Peruanos – Sazón para el mundo.* Empresa Editora El Comercio, Lima, Perú. Recuperado de <http://www.lamolina.edu.pe/hortalizas/webdocs/ajiesdelPeru.pdf>.
- Bautista, M. (2017). Determinación del momento de cosecha de seis accesiones de ají (*Capsicum* spp.) nativos. (Tesis de Título de Ingeniero en Industrias Alimentarias, Universidad nacional Agraria La Molina. Facultad de industrias Alimentarias). Lima Perú. 199 p. <https://core.ac.uk/reader/162862044>
- Cázares, E., Ramírez, P., Castillo, F., Soto, R., Rodríguez, M., y Chávez, J. (2005). Capsaicinoides y preferencia de uso en diferentes morfotipos de chiles (*Capsicum annum* L.) del centro oriente de Yucatán. *Agrociencia* 39(6): 627-638. <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US201301049318>
- Cedron, J. (2013). La Capsaicina – La Molécula Destacada. *Revista de Química PUCP*, 27:1-2. <http://revistas.pucp.edu.pe/quimica>.

- Celis, A. (2005). Obtención de capsaicina a partir de semilla de chile jalapeño e ingeniería de procesos de extracción. Disertación de Maestría. Universidad de las Américas, Puebla, México.
- Domínguez, I., Beristain, C., Díaz, R., y Vásquez, A. (2015). Degradación de carotenoides y capsaicina en el complejo de inclusión molecular de oleoresina de chile habanero (*Capsicum chinense*) con  $\beta$ -ciclodextrina. *CyTA – Journal of Food* 13(1), 151–158. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/19476337.2014.926459>
- Elibox, W., Meynard, C., y Umaharan, P. (2017). Fruit volume and width at harvest can be used to predict shelf life in pepper (*Capsicum chinense* Jacq.). *Tropical Agriculture*, 94 (2), 122-131.
- George, A., Terry, B., y Jarret, R. (2009a). Pungency in *Capsicum chinense*: Variation among countries of origin. *Journal of Environmental Science and Health*, 44(1), 179–184. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19130376/>
- George, A., Lauren, L., Tejinder, K., Terry, B., y Jarret, R. (2009). Antioxidants in *Capsicum chinense*: Variation among countries of origin. *Journal of Environmental Science and Health*, 44(1), 621–626. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20183071/>
- Giuffrida, D., Dugo, P., Torre, G., Bignardi, Ch., Cavazza, A., Corradini, C., y Dugo, G. (2013). Characterization of 12 *Capsicum* varieties by evaluation of their carotenoid profile and pungency determination. *Food Chemistry*, 140(4), 794-802. [doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.09.060](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.09.060)
- Gómez, M., y Ochoa, N. (2013). Biochemistry and Molecular Biology of Carotenoid Biosynthesis in Chili Peppers (*Capsicum* spp). *Internacional Journal Molecular Science*, 14(9), 19025– 19053. [doi.org/10.3390/ijms140919025](https://doi.org/10.3390/ijms140919025)
- González, A., Sierra, E., Luna, J., Pérez, R., Rodríguez, J., y García J. (2013). Characterization of different capsicum varieties by evaluation of their capsaicinoids content by high performance liquid chromatography, determination of pungency and effect of high temperature. *Molecules*, 18(11), 13471 - 13486. doi: 10.3390 / molecuulas181113471.
- Gutiérrez, C., Lu, B., Márquez, C., y Rojano, B. (2017). Efecto de la liofilización sobre las propiedades funcionales del ají rocoto (*Capsicum pubescens*). *Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica*, 20(1), 111-119. <http://www.scielo.org.co/pdf/rudca/v20n1/v20n1a13.pdf>
- Instituto Nacional de Salud [INS] (2018). Tablas Peruanas de Composición de Alimentos. <http://repositorio.ins.gob.pe/bitstream/handle/INS/1034/tablas-peruanas-2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Lon-Kan, E. (2008). Estudios recientes en tres especies de ajíes peruanos. Universidad Le Cordon Bleu. Lima. [http://repositorio.concytec.gob.pe/bitstream/20.500.12390/365/17/3\\_Estudios\\_recientes\\_en\\_tres\\_variedades\\_de\\_aj%C3%AD.pdf](http://repositorio.concytec.gob.pe/bitstream/20.500.12390/365/17/3_Estudios_recientes_en_tres_variedades_de_aj%C3%AD.pdf)
- Lon-Kan, E., Sargent, A., Simonne, D., Cantliffe, N., y Shaw, L. (2007). Quality characteristics of datil hot pepper harvested at different stages of maturation. *HortScience* 42(1), 928.
- López, A., Espinoza, S., Ceceña, C., Ruiz, C., Núñez, F., y Araiza, D. (2015). Biosíntesis, acumulación y efecto del ambiente sobre compuestos antioxidantes del fruto del cultivo de chile (*Capsicum* spp.). *Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud*, 2(1), 50-57. [https://www.researchgate.net/publication/287506714\\_BIOSINTESIS\\_ACUMULACION\\_Y\\_EFECTO\\_DEL\\_AMBIENTE\\_SOBRE\\_COMPUESTOS\\_ANTIOXIDANTES\\_DEL\\_FRUTO\\_DEL\\_CULTIVO\\_DE\\_CHILE\\_Capsicum\\_spp](https://www.researchgate.net/publication/287506714_BIOSINTESIS_ACUMULACION_Y_EFECTO_DEL_AMBIENTE_SOBRE_COMPUESTOS_ANTIOXIDANTES_DEL_FRUTO_DEL_CULTIVO_DE_CHILE_Capsicum_spp)
- Melgarejo, L., Hernández, M., Alberto, J., y Bardales, X. (2004). *Caracterización y usos potenciales del banco de germoplasma de ají amazónico*. Editorial Bogotá, Colombia: Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas-Sinchi. Universidad Nacional de Colombia. <https://sinchi.org.co/caracterizacion-y-usos-potenciales-del-banco-de-germoplasma-de-aji-amazonico>
- Olguín, J., Oreto, F., Vásquez, L., Ferreira, M., Rodríguez, G., Palma, M., Garcés, A., y Barbero, G. (2019). Progression of the total and individual Capsaicinoids content in the fruits of three different cultivars of *Capsicum chinense* jacq. *Agronomy* 9(141), 1-15 <https://doi.org/10.3390/agronomy9030141>.
- Orellana, L., García, L., Amezcua, O., Ornelas, J., y Sepulveda, D. (2013). Contenido de capsaicinoides y composición proximal de chiles mexicanos (*Capsicum* spp.). *CyTA – Journal of Food*, 11(2), 179–184. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/19476337.2012.716082?needAccess=true>
- Rahman, M., e Inden, H. (2012). Effect of nutrient solution and temperature on capsaicin content and yield contributing characteristics in six sweet pepper (*Capsicum annum* L.) cultivars.

- Journal of Food Agriculture and Environment*, 10(1), 524-529.  
[https://www.researchgate.net/publication/236342212\\_Effect\\_of\\_nutrient\\_solution\\_and\\_temperature\\_on\\_capsaicin\\_content\\_and\\_yield\\_contributing\\_characteristics\\_in\\_six\\_sweet\\_pepper\\_Capsicum\\_annuum\\_L\\_cultivars](https://www.researchgate.net/publication/236342212_Effect_of_nutrient_solution_and_temperature_on_capsaicin_content_and_yield_contributing_characteristics_in_six_sweet_pepper_Capsicum_annuum_L_cultivars)
- Rojas, R., Patel, K., Ruiz, C., Calderón, R., Asencios, E., Quispe, F., y Marcelo, M. (2016). *Ajies Nativos Peruanos – Caracterización Agro-morfológica, químico-nutricional y sensorial*. Universidad Peruana Cayetano Heredia. Recuperado de [https://www.researchgate.net/profile/Rosario\\_Rojas2/publication/323275386\\_Ajies\\_Nativos\\_Peruanos\\_Caracterizacion\\_agromorfologica\\_QuimicoNutricional\\_y\\_Sensorial/links/5a94202baca27214056671a4/Ajies-Nativos-Peruanos-Caracterizacion-agro-morfologica-Quimico-Nutricional-y-sensorial.pdf?origin=publication\\_detail](https://www.researchgate.net/profile/Rosario_Rojas2/publication/323275386_Ajies_Nativos_Peruanos_Caracterizacion_agromorfologica_QuimicoNutricional_y_Sensorial/links/5a94202baca27214056671a4/Ajies-Nativos-Peruanos-Caracterizacion-agro-morfologica-Quimico-Nutricional-y-sensorial.pdf?origin=publication_detail)
- Shady, R. (2002). Caral, Supe: La civilización más antigua de América. *Investigaciones sociales* 6(9):51-81. Recuperado de <http://revistas.pucp.edu.pe/index.php/boletinarqueologia/article/viewFile/1642/1589>
- Sosa, M., Pino, J., Ayora, G., Sauri, E., y Cuevas, L. (2017). Biological activities of volatile extracts from two varieties of Habanero pepper (*Capsicum chinense* Jacq.). *International Journal of Food Properties*. 20(3),42–51. doi.org/10.1080/10942912.2017.1397694.
- Universidad Nacional Agraria la Molina [UNALM]. (2012). *El punto de ají*. Serie. Investigaciones en *Capsicum* nativos. 1 y 2. Programa de Hortalizas. Universidad Nacional Agraria La Molina. 1ra. Edición. Multivicta S.C.R. Lima Perú. Recuperado de <http://www.lamolina.edu.pe/hortalizas/webdocs/PUNTO%20DE%20AJI%20.pdf>
- Vera, A., Chávez, J., Carrillo, J., y López, M. (2011). Phytochemical Evaluation of Wild and Cultivated Pepper (*Capsicum annuum* L. and *C. pubescens* Ruiz & Pav.) from Oaxaca (Mexico). *Chilean Journal of Agricultural Research*. 71(4), 578: 585. [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S0718-58392011000400013&lng=es&nrm=i&tlng=en](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0718-58392011000400013&lng=es&nrm=i&tlng=en)
- Villalba, M., Arrázola, G., y Pardo, E. (2017). Determinación de capsaicina mediante cromatografía líquida de alta resolución (HPLC-PDA) en la especie *Capsicum frutescens*. *Bisttua: Revista de la Facultad de Ciencias Básicas*, 15(1), 15-24. doi: 10.24054/01204211.v1.n1.2017.2553
- Yáñez, P., Rivadeneira, L., Balseca, D. y Larenas, C. (2015). Características morfológicas y de concentración de capsaicina en cinco especies nativas del género *Capsicum* cultivadas en Ecuador, *La Granja: Revista de Ciencias de la Vida*, 22(2). 12–32. doi: 10.17163/lgr.n22.2015.02.
- Zago, G., Karina, I., García, F., María, Y., Di, B., María, L., Vit, P., Luna, R. y Gualtieri, M. (2010). Determinación del contenido de vitamina C en miel de abejas venezolanas por volumetría de óxido-reducción. *Revista del Instituto Nacional de Higiene Rafael Rangel*, 41(1), 25-30. Recuperado en 26 de enero de 2021, de [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0798-04772010000100004&lng=es&tlng=es](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-04772010000100004&lng=es&tlng=es).

**Citar como:**

Aliaga, J.; Jamanca, N.; Vega, E. 2020. Análisis proximal fisicoquímico y metabólico de frutos del ecotipo *Capsicum chinense* Jacq. "ají supano" para fines industriales. *REBIOL* 42(2):256-264. DOI: <http://dx.doi.org/10.17268/rebiol.2020.40.02.12>.

## Artículo Original

# CARACTERIZACIÓN DE LA AVIFAUNA DEL HUMEDAL CHOC CHOC

## CHARACTERIZATION OF THE CHOC CHOC WETLAND BIRD

Maria Pilar Ruiz-Santillán<sup>1</sup>, Emiliana Huamán Rodríguez<sup>2</sup>, Freddy Rogger Mejía Coico<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Investigación Universidad Católica de Trujillo Benedicto XVI, Au. Panamericana Nte. 555, Moche 13600. Trujillo-Perú

<sup>2</sup>Facultad de Ciencias Biológicas Universidad Nacional de Trujillo, Av. Juan Pablo II s/n Ciudad Universitaria. Trujillo-Perú.

Autor de correspondencia: m.ruiz@uct.edu.pe

María Ruiz-Santillán:  <https://orcid.org/0000-0001-8676-9109>

Emiliana Huamán Rodríguez:  <https://orcid.org/0000-0003-0161-762X>

Freddy Mejía Coico:  <https://orcid.org/0000-0002-4604-5883>

**Recibido: 4 de octubre 2020 / Aceptado: 30 de diciembre 2020**

### RESUMEN

La evidencia sugiere que los inventarios de aves en áreas impactadas por humanos aún son reducidos. El objetivo fue realizar la caracterización de la avifauna de dos lagunas del humedal Choc Choc, ubicado en el sector Chorobal distrito de Moche Provincia de Trujillo Región La Libertad Perú. Laguna A: UTM: 9094669.8N, 9094393.2N y 720708.3E, 720707E, Laguna B: UTM: 9094362.7N, 9094209N y 720676.2E, 720675.4E, en la metodología se ha definido hábitats, ubicación del ave respecto a las lagunas, en los alrededores de las lagunas y gremio alimenticio. Se ha registrado un total de 46 especies, 22 familias, 11 órdenes. Las familias con mayor representatividad fueron las Ardeidae, Scolopacidae y Laridae. Se registró una especie en situación casi amenazada *Calidris pusilla*, y se evidenciaron tres hábitats primarios dentro de las lagunas: ineal, totoral y gramadal que albergan 6 aves especialistas y 2 generalistas, fueron identificados 8 gremios de los cuales las insectívoras alcanzaron el mayor porcentaje seguidas de las pescadoras.

**Palabras claves:** Humedal, gremios alimenticios, hábitat, avifauna.

### ABSTRACT

Evidence suggests that bird inventories in human-impacted areas are still low. The objective was to carry out the characterization of the avifauna of two lagoons of the Choc Choc wetland, located in the Chorobal sector, district of Moche, Province of Trujillo, La Libertad Region, Peru. Lagoon A: UTM: 9094669.8N, 9094393.2N and 720708.3E, 720707E, Lagoon B: UTM: 9094362.7N, 9094209N and 720676.2E, 720675.4E. The methodology include definition of habitats, the location of the bird in reference to the lagoons, and as well as the feeding guild. A total of 46 species, 22 families, 11 orders were recorded. The most representative families were the *Ardeidae*, *Scolopacidae* and *Laridae*. A species *Calidris pusilla* was registered in a near threatened situation, and three habitats were evidenced within the lagoons: ineal, totoral and gramadal that house 6 specialist birds and 2 generalists, 8 feeding guilds were identified of which the insectivores reached the highest percentage, followed by the fishery birds.

**Keywords:** wetland, feeding guilds, habitat, birdlife

## 1. INTRODUCCIÓN

Los humedales son sinónimo de ambientes acuáticos en ellos se expresan especies vegetales y animales adaptados al agua de diversos tamaños, formas y colores que entregan múltiples beneficios conocidos como servicios ecosistémicos (Wild Life Conservation, 2018). El término humedal se refiere a toda área terrestre que este saturada o inundada de agua de manera estacional o permanente (Convención Ramsar, 2015). Estos ambientes prestan variados recursos de subsistencia a las poblaciones locales como peces, madera para combustible, materiales de construcción y también cumplen funciones básicas como provisión de agua dulce, protección contra tormentas y control de erosión (ProNaturaleza, 2010).

Asimismo, la fauna silvestre de los humedales, es una de las más variadas de todos los ecosistemas del planeta; ya que posee innumerables microhábitats y una enorme productividad primaria, los nutrientes que circulan por él ayudan a explicar esta inestimable diversidad (Lezcano y Maureira, 2018). A pesar de su valor, estos ecosistemas están muy amenazados por las actividades humanas (Ribeiro et al., 2020) y por factores que amenazan su conservación afectando directamente su funcionamiento como la desecación por extracción de agua, sobrepastoreo, eutrofización (Wild Life Conservation, 2018).

El Perú no está ajeno a este problema y un ejemplo de ello es el humedal Choc Choc, ubicado en la costa norte (región La Libertad), un espacio de vida afectado por el pastoreo de ganado vacuno y ovino; basura, tierra y escombros; vertimiento de aguas servidas domésticas del Centro Poblado Miramar; construcción de viviendas al interior y en áreas aledañas; destrucción de la vegetación nativa; introducción de especies cultivadas; destrucción de hábitats, depredación de la fauna nativa y otros disturbios antrópicos convirtiéndolo en un lugar de desechos (Ruiz-Santillán et al., 2019).

El interés por estudiar los humedales ha ido creciendo por su gran riqueza de aves (Estela y López-Victoria, 2005) (Angulo-Pratolongo et al., 2010) (García-Olaechea y Chávez-Villavicencio, 2014) (Pollack, et al., 2017), lo más importante de estos ecosistemas es que brindan refugio y las funciones ecológicas más valiosas: nidificación, alimentación y sitios de concentración durante la migración anual. Así mismo, se consideran buenas indicadores del estado de conservación y salud de los humedales (Lezcano y Maureira, 2018).

Un aspecto clave para el estudio de la biodiversidad es reconocer sus elementos y/o entidades. En ese contexto la realización de inventarios facilita la comprensión y descripción de la estructura y función de los diferentes niveles jerárquicos de la diversidad biológica, para su aplicación en el uso, manejo y conservación de los recursos, a su vez permite obtener información básica y confiable para la toma de decisiones, sustentadas en el conocimiento científico (Álvarez et al., 2006). El Ministerio del Ambiente (2015) actualizó y aprobó la Estrategia Nacional de Humedales documento que tiene como visión al 2021 la reducción de la degradación y la recuperación significativa de estos ecosistemas, que cada vez cobran mayor importancia.

Aún es limitado el conocimiento que se tiene sobre la composición y distribución de la biota que se encuentra en zonas amenazadas (De Pinho et al., 2016). Así mismo, los inventarios de aves en áreas impactadas por humanos son escasos (Brasileiro et al., 2017). Por lo que el objetivo de esta investigación es ampliar la información existente en humedales degradados, realizando inventarios, determinando los hábitats, la ubicación del ave respecto a las lagunas y los gremios alimenticios de la avifauna del humedal Choc Choc.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de Estudio

El humedal Choc Choc se encuentra ubicado en el sector Chorobal, distrito de Moche, Provincia de Trujillo, en la Región La Libertad. Este sistema está formado por dos lagunas (A y B) separadas por un camino de 1,5 metros de ancho, tienen una extensión total de 7 km<sup>2</sup>. Los hábitats en ambas lagunas están representados por el espejo de agua, gramadal formado por *Typha* "inea" y *Schoenoplectus* "totora" al interior de la laguna y *Distichlis spicata* "grama salada" en los bordes.

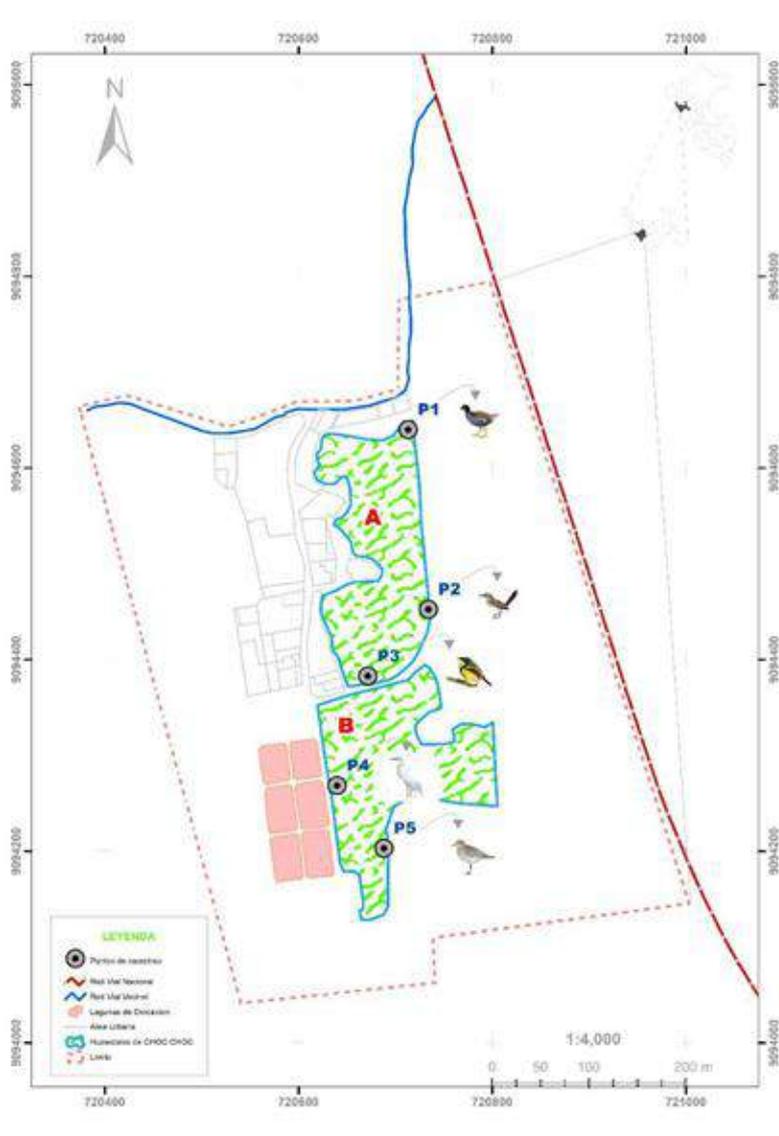
A siete metros de la laguna B se encuentra un matorral formado por arbustos del género *Acacia* y seis pozas de oxidación adyacentes (Figura 1).

### **Observación de Aves:**

Para la identificación de las aves que habitan o visitan las lagunas del humedal Choc Choc, se realizó trabajo de campo en 8 períodos de muestreo durante los meses de mayo a diciembre 2018, en los horarios de 7:30 a 9:30 am y de 2:30 a 4:30 pm, que se realizó mediante el método de puntos de conteo fijo en un transecto en línea (Bibby et al., 2000) en los bordes de las dos lagunas (Fig. 1), se establecieron 5 puntos de conteo y la distancia entre los puntos fue de 250 metros aproximadamente, para el avistamiento se utilizaron binoculares marca Eagle Optics Denali 10 x 42 mm. y fotografiadas con una cámara digital Canon EOS 600, con zoom de 400 mm.

### **Atributos registrados en las observaciones**

1. Determinación taxonómica de las especies: se utilizó la Guía Aves del Perú (Schulenberg et al., 2010), la Lista de Aves del Perú (Plenge, 2020) y el Atlas de las Aves playeras del Perú (Ministerio del Ambiente, 2014). Con los resultados de la determinación se elaboró una lista de aves que señala: Orden, Familia, Género, Especie, Autor de la especie y nombre común (ANEXO 1).
2. Hábitat en lagunas A y B: La determinación de los hábitats para cada especie se realizó a través de la observación directa del ave y se refiere a la vegetación donde fue detectada. Para esta investigación toma los siguientes valores de acuerdo a la flora del lugar (Álvarez et al., 2006): a) inéal (In); b) totoral (To); c) gramadal *Distichlys* (gD).
3. Ubicación del ave respecto a las lagunas A y B (Álvarez et al., 2006): a) Interior de la laguna A (Alnt); b) interior de la laguna B (Blnt); c) espejo de agua laguna A (AEs); d) espejo de agua laguna B (BEs); e) borde adyacente a la laguna A (ABa); f) borde adyacente a la laguna B (BBa)
4. Ubicación del ave en los alrededores de las lagunas A y B (Álvarez et al., 2006): a) a 7 m (oeste) laguna B: matorral de *Acacia* (BoAc); b) a 10 m (oeste) laguna B: suelo borde adyacente a pozas de oxidación (BosuB); c) a 15 m (oeste) laguna B: pozas de oxidación (BoPz); d) a 15 m. este de la laguna B: gramadal de *Distichlys* inundado (BeGd); e. sobrevolando laguna B (Bsv); f. a 10 m de la laguna A: desmonte (AeD); g. A 10 metros de la laguna A sobre cultivos (Acult).
5. Gremio Alimenticio: Grupos de especies semejantes que explotan de manera similar una misma gama de recursos del medio, clasifica las especies según la dieta (Castaño, 2001), se realizaron algunas modificaciones de acuerdo a las características del lugar: a. Omnívoro acuático (Oa); b. Pescadora zancuda (Pz); c. Insectívoro estrato herbáceo (Ie); d. Insectívoro consumidor de invertebrados acuáticos (Ii); e. Insectívoro arbóreo (Iar); f. Insectívoro aéreo (Ia); g. Carroñera (Car); h. Rapaz (Ra); i. Herbívora (He); j. Granívoro terrestre (Gt); k. Granívoro arbóreo (Gar); l. Omnívoro arbóreo (Oar); m. Omnívoro terrestre (Ot).

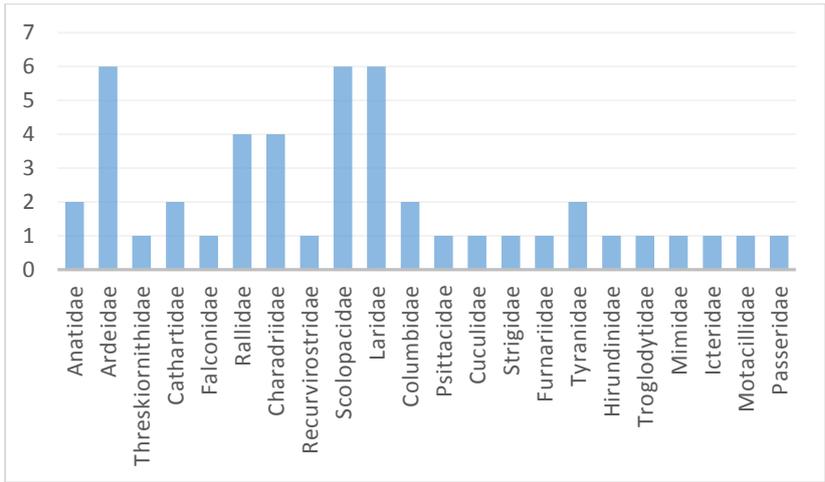


**Figura 1.** Mapa de ubicación y puntos de muestreo de dos lagunas del humedal Choc Choc. Coordenadas: Laguna A: UTM: 9094669.8N, 9094393.2N y 720708.3E, 720707E, Laguna B: UTM: 9094362.7N, 9094209N y 720676.2E, 720675.4E.

### 3. RESULTADOS

Composición de especies: la lista de aves de las lagunas A y B del humedal Choc Choc se presenta en el Anexo 1. Se ha registrado un total de 46 especies, 22 familias, 11 órdenes. Las familias con mayor representatividad fueron las Ardeidae, Scolopacidae y Laridae, seguidas de Rallidae y Charadriidae (Figura 2). Una especie registrada *Calidris pusilla* se encuentra dentro de la Lista Roja de la UICN en estado casi amenazado (BirdLife International, 2020).

Figura 2. Representatividad de familias de aves del humedal Choc Choc.



Gremio Alimenticio: En esta investigación fueron identificados 8 gremios alimenticios: insectívoros, aves pescadoras, granívoros, omnívoros, carroñeros, herbívoro, carnívoro, rapaz. Siendo los insectívoros (47,8%) los de mayor abundancia (Figura 3).

Figura 3. Total, de especies de aves asociadas a los gremios alimenticios en dos lagunas del Humedal Choc Choc 2018



Hábitat: de las 46 especies que se registraron en la investigación 13 que representan el 28,3% ocupan hábitats primarios: ineal, totoral y gramadal, el 71,7% permanece en hábitat antrópicos. En el Anexo 1 se señala el tipo de hábitat donde fueron observadas las aves.

**4. DISCUSIÓN**

El humedal Choc Choc está formado por un sistema de lagunas costeras, caracterizadas por la laguna A donde la vegetación emergente incluye Typha (89%), Schoenoplectus (6%) y un espejo de agua que representa 5% y laguna B que contiene Typha (57%), Schoenoplectus (13%) y espejo de agua (30%) (Ruiz-Santillán et al., 2019); además de otros cuerpos de agua someros donde la especie dominante Distichlis spicata está cubierta por el espejo de agua.

Según el uso de los recursos alimenticios las aves se clasifican en generalistas o especialistas, y es el hábitat el que proporciona los elementos del ambiente que son consumidos por la avifauna, a su vez estas deben ser capaces de adaptarse a las fluctuaciones de abundancia y disponibilidad de alimento y mostrar cierta plasticidad en su uso, debido a que casi el 50% del planeta se ve afectado por el cambio de uso de suelo debido a actividades antropogénicas y es la principal fuerza de la pérdida de la biodiversidad (De la Parra-Martínez et al., 2016).

Asimismo, la estructura de la vegetación es importante en la conformación de las comunidades de aves, con frecuencia se asume que la flora es el principal factor inmediato que determina donde y como las especies utilizan sus recursos, se cree que la pérdida de hábitat en áreas no protegidas amenaza su supervivencia (Collins et al., 2018). Durante la investigación reportamos dos aves: *Phleocryptes melanops* “totorero” y *Tachuris rubigaster* “siete colores del totoral” fuertemente asociadas a *Thypha angustifolia* “inea” y *Schoenoplectus californicus* “totora”, por lo tanto, la inminente desaparición del humedal afectaría a estas especies. Se evidenció actividad reproductiva en *Phleocryptes melanops* entre agosto y setiembre entre la totora e inea adyacentes al espejo de agua de la laguna A, los nidos se construyeron de hojas secas de totora.

La preferencia de hábitat por parte de las aves, en este estudio está basado en observación directa y se estudiaron tres hábitats: ineal, totoral y gramadal; donde se ubicaron 6 especies (*Fulica ardesiaca*, *Gallinula chloropus*, *Pardirallus sanguinolentus*, *Phleocryptes melanops*, *Porphyrio martinica*, *Tachuris rubigaster*) en el interior y borde de las lagunas, aves propias de humedales y 2 especies (*Columbina cruziana*, *Pygochelidon cyanoleuca*) que no dependen del humedal para su desarrollo; esta última afirmación coincide con los resultados del trabajo de Pacheco-Vargas et al. (2018); que registraron familias que presentan una gran movilidad; Cathartidae: *Cathartes aura*, *Coragyps atratus*; Falconidae: *Falco sparverius*; especies de las familias Psittacidae y Tyrannidae, que no son especies estrictamente de humedal.

El argumento de Stiles y Bohórquez (2000); corresponde muy bien a las observaciones realizadas en esta investigación ya que mencionan que los datos de uso relativo de diferentes hábitats; permitieron elaborar una clasificación ecológica de las aves; aunque basada estrictamente en observaciones en el área de estudio. La perturbación que afecta el humedal Choc Choc es de origen antrópico nuestra categorización enfatiza el uso relativo de hábitats primarios: ineal, totoral y gramadal; sin embargo, un buen porcentaje de especies se localizaron en hábitats antrópicos: pozas de oxidación y matorral de Acacia.

En base a los hábitats y la clase de alimento, las especies pueden reunirse y formar los siguientes grupos funcionales: (Bucher y Herrera (1981), citado por Blanco, 2000), en primer lugar, las que buscan alimento caminando en sectores de aguas someras; 10 especies (*Charadrius semipalmatus*, *Actitis macularius*, *Calidris mauri*, *Calidris melanotos*, *Calidris pusilla*, *Charadrius vociferus*, *Himantopus mexicanus*, *Phalaropus tricolor*, *Pluvialis dominica*, *Pluvialis squatarola*) son muy comunes y abundantes en las dos lagunas, y en el gramadal de *Distichlis* inundado a 15 metros al este de la laguna B; estas mismas especies vuelan hacia el oeste a la poza de oxidación que utilizan como hábitat antrópico, es decir se mueven entre los dos tipos de hábitats.

En segundo lugar, las aves que nadan y zambullen para buscar alimento, detectamos anátidos (*Anas bahamensis*, *Spatula cyanoptera*) y gallaretas (*Fulica ardesiaca*, *Gallinula chloropus*, *Pardirallus sanguinolentus*, *Porphyrio martinica*) y en tercer lugar las aves que detectan el alimento al vuelo como las gaviotas (*Chroicocephalus cirrocephalus*, *Larus belcheri*, *Larus dominicanus*, *Leucophaeus atricilla*, *Leucophaeus pipixcan*), en el humedal Choc Choc patos y gallaretas aprovechan las lagunas A y B (hábitat primario) y las gaviotas emplean como hábitat la poza de oxidación.

En cuanto a los gremios alimenticios, el 47,8% de todas las especies registradas consumen insectos, las mismas que fueron clasificadas como insectívoros de estrato herbáceo (Ie: 15,2%) en esta categoría se encuentran miembros de la familia Rallidae, insectívoras consumidoras de invertebrados acuáticos (Ii: 26,08%) familia Charadriidae e insectívoros arbóreos (Iar: 6,5%) Tyrannidae, Hirundinidae y Troglodytidae; el 21,7% son pescadoras (Pz) incluyen a las Ardeidae y Laridae; 12,9% se alimenta de granos los Mimidae, Icteridae, Passeridae, Psittacidae; y el 6,5% son omnívoros. En su mayoría las aves insectívoras están asociadas a bordes, estas ocupan una gran variedad de nichos, son abundantes en cuerpos de agua y áreas altamente perturbadas y transformadas (Castaño, 2001), cómo es el caso de las lagunas del humedal Choc Choc un ecosistema totalmente degradado con aguas servidas, escombros de construcción, basura, etc.

## 5. CONCLUSIONES

La avifauna del humedal Choc Choc está representada por 46 especies asociadas a las lagunas A y B en interior, bordes, espejo de agua en tres hábitats inenal, totoral y gramadal *Distichlys*. El estudio permitió recopilar información sobre hábitats en lugares aledaños y gremios alimenticios de las especies observadas mediante inventario, siendo el gremio de las insectívoras las que registraron mayor porcentaje. Las aves prefieren los alrededores, solamente 9 especies viven en el interior del humedal; teniendo en cuenta que las lagunas presentan perturbaciones antrópicas que trae como consecuencia el deterioro del hábitat.

## 6. AGRADECIMIENTOS

Al Ingeniero Efer Ríos y al Dr. Luis Pollack Velásquez

## 7. CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

M. Pilar Ruiz-Santillán: Concepción, diseño, análisis e interpretación de los datos, revisión crítica del contenido intelectual y aprobación definitiva de la versión que presenta  
E. Huamán: Adquisición de datos y aprobación definitiva de la versión que presenta  
F. Mejía: Borrador del artículo y revisión crítica del contenido intelectual y aprobación definitiva de la versión que presenta.

## 8. CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no existe conflicto de interés.

## 9. FINANCIAMIENTO

El artículo es producto de un Proyecto Institucional financiado por el Instituto de Investigación de la Universidad Católica de Trujillo Benedicto XVI.

## 10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Angulo-Pratolongo, F., Schulenberg, T. y Puse-Fernández. (2010). Las aves de los humedales de Eten, Lambayeque, Perú. *Ecología Aplicada* 9(2), 71-81. [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1726-22162010000200002](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-22162010000200002)
- Alvarez, M., Córdoba, S., Escobar, F., Fagua, G., Gast, F., Mendoza, H., Ospina, M., Umaña, A. y Villarreal, H. (2006). Manual de Métodos para el desarrollo de la biodiversidad. Programa de Inventarios de Biodiversidad. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. <http://repository.humboldt.org.co/bitstream/handle/20.500.11761/31419/63.pdf>
- Bibby, C., Burgess, N.D., Hill, D.A. y Mustoe, S.H. (2000). Line Transects. En *Ecoscope Applied Ecologists, Bird Census Techniques*. (págs. 65-90). <http://bailey.persona-pi.com/Public-Inquiries/M4-Newport/C%20-%20Core%20Documents/11.%20Ecology%20and%20Nature%20Conservation/11.3.4%20-%20Bibby%20et%20al%202000%20Bird%20Census%20Techniques%20Extract.pdf>
- BirdLife International. (2020). Ficha de la especie: *Calidris pusilla*. Lista Roja de la UICN para aves. <http://www.birdlife.org>
- Blanco, D.E. (2000). Los humedales como hábitat de aves acuáticas. (págs. 208-217), [https://cidta.usal.es/cursos/biologia/modulos/Curso/Libros/pdf/aves\\_humedales.pdf](https://cidta.usal.es/cursos/biologia/modulos/Curso/Libros/pdf/aves_humedales.pdf)
- Brasileiro, A., Neto J., Silvino A., Lima-Araujo F, Alcântara J, Tavares R, Pontes A., y Bugoni J. (2017) Birds of the Parque Ecológico Lagoa da Fazenda, Sobral, Ceará state, northeastern Brazil. *Check List* 13(1): 2037. <https://doi.org/10.15560/13.1.2037>

- Bucher, E.H. y Herrera, G. (1981). Comunidades de Aves Acuáticas de la Laguna Mar Chiquita (Córdoba-Argentina). *Ecosur, Argentina*, 8(15), 91-120.
- Castaño, G. (2001). Evaluación de la avifauna asociada a humedales costeros de la Guajira con fines de conservación. *Crónica Forestal y del Medio Ambiente* 16(1), 5-33. <https://www.redalyc.org/pdf/113/11316101.pdf>
- Collins, N., Acquah, E., Mensah, G., Kusi-Kyei, V. & Boadi, S. (2018). Avian Community Structure as a Function of Season, Habitat Type, and Disturbance, in Mole National Park, Northern Region (Ghana). *International Journal of Ecology*. <https://doi.org/10.1155/2018/2045629>.
- Convención Ramsar. (2015). Día Mundial de los Humedales 2015. Disponible en: <https://www.ramsar.org/es/actividad/dia-mundial-de-los-humedales-2015>
- De la Parra-Martínez, S., De Labra-Hernández, M. y Renton, K. (2016). Requerimientos ecológicos en las aves: un enfoque en psitácidos. En *Tópicos sobre Ciencias Biológicas* (33-60). Universidad de Guadalajara.
- De Pinho, J. B., Lopes, L. E., & Marini, M. Â. (2016). Birds from the pirizal region, pantanal of poconé, mato grosso, Brazil. *Revista Brasileira De Ornitologia*, 24(3), 267-285. doi:10.1007/bf03544354
- Estela, F. A., y López-Victoria, M. (2005). Aves de la parte baja del río Sinú, caribe colombiano; inventario y ampliaciones de distribución. *Bol. Invest. Mar. Cost.* 34, 7-42. <http://www.invemar.org.co/redcostera1/invemar/docs/Boletin34.pdf#page=9>
- García-Olaechea, A. y Chávez-Villavicencio, C. (2014). Nuevos registros de aves en el Sitio Ramsar Manglares de San Pedro de Vice, Piura – Perú. *Boletín UNOP* 9(3), 16-24. [http://aplicaciones.cientifica.edu.pe/repositorio/catalogo/\\_data/20180612085440\\_119.pdf](http://aplicaciones.cientifica.edu.pe/repositorio/catalogo/_data/20180612085440_119.pdf)
- Lezcano, A. y Maureira, A. (2018). Aves del Humedal Chos Malal. Documento sobre avifauna Humedal Peri-urbano Rio Curí Leuvú- (marzo 2013-2018). Neuquén Argentina. <https://ifd2-nqn.infod.edu.ar/sitio/wp-content/uploads/2018/10/Aves-del-Humedal.pdf>
- Ministerio del Ambiente. (2014). Atlas de las aves playeras del Perú. Sitios importantes para su conservación. Dirección General de Diversidad Biológica. CORBIDI.
- Ministerio del Ambiente. (2015). Estrategia Nacional de Humedales. Editor Dirección Nacional de Diversidad Biológica. Inversiones Tronic S.R.L.
- Pacheco-Vargas, G., Sánchez-Guzmán, J. y Losada-Prado, S. (2018). Caracterización de la comunidad de aves asociada a los humedales de zonas bajas del departamento del Tolima, Colombia. *Biota Colombiana* 19 (1), 190-201. DOI: 10.21068/c2018.v19n01a12
- Plenge, M. (2020). Lista de las aves del Perú. *Boletín UNOP* (Unión de Ornitólogos del Perú). <https://sites.google.com/site/boletinunop/checklist>
- Pollack, L., Alviéz, E. Huamán, E., Rodríguez, E., Rimarachin, V. & Vásquez, R. (2017). Ensamble de aves del humedal de Cerro Negro, Puerto Morín, La Libertad. *Arnaldoa* 24(2), 645-656. <https://dx.doi.org/http://doi.org/10.22497/arnaldoa.242.24215>
- Pronaturaleza. (2010). Humedales de la Costa Peruana. Documento base para la elaboración de una estrategia de conservación de los humedales de la costa peruana. 2010. ISBN: 978-612-45697-1-5.
- Ribeiro, S., Moura, R. G., Stenert, C., Florín, M., y Maltchik, L. (2020). Land use in brazilian continental wetland ramsar sites. *Land use Policy*, 9. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.104851>

Ruiz-Santillán, M., Huamán, E. y Mejía, F. (2019). Diagnóstico Ecológico del Humedal ChocChoc. REBIOL 39 (2) 3-18. DOI: <http://dx.doi.org/10.17268/rebiol.2019.39.02.01>

Schulenberg, T., Stotz D., Lane, D., O'Neill, J. y Parker, T. (2010). Aves de Perú. Serie Biodiversidad- CORBIDI.

Stiles, F. y Bohórquez, C., (2000). Evaluando el estado de la Biodiversidad: el caso de la avifauna de la Serranía de las Quinchas, Boyacá, Colombia. Caldasia 22(1): 61-92. Disponible en: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/cal/article/view/17551/18402>

Wild Life Conservation. (2018). Chile, País de Humedales. 40 mil reservas de vida. <https://chile.wcs.org/Portals/134/Libro%20Humedales%20WCS.pdf?ver=2019-02-08-203952-653>

**Citar como:**

Ruíz-Santillán, P.; Huamán, E.; Coico, F. Caracterización de la avifauna del humedal Choc Choc 2020. REBIOL 42(2):265-285. DOI: <http://dx.doi.org/10.17268/rebiol.2020.40.02.13>.

## ANEXO 1

Especies registradas en humedal Choc Choc (lagunas A y B) con los atributos consignados: orden, familia, especie, Autor de especie, nombre común, hábitat, ubicación del ave respecto a las lagunas, ubicación del ave alrededor de las lagunas, gremio trófico (según, Castaño, 2001).

Orden/Familia/Nombre Científico, Autor de especie/Nombre común	Hábitat humedal lagunas A y B	Ubicación del ave respecto a lagunas A y B.	Ubicación del ave en los alrededores de las lagunas	Gremio Trófico.
<b>ANSERIFORMES</b>				
Anatidae				
<i>Anas bahamensis</i> (Linnaeus, 1758) "pato cara blanca"	In	Blnt BEs		Oa
<i>Spatula cyanoptera</i> (Viellot, 1816) "pato colorado"	To In	AEs BEs		Oa
<b>PELECANIFORMES</b>				
Ardeidae				
<i>Ardea alba</i> (Linnaeus, 1758) "garza blanca grande"			BoAc	Pz
<i>Bubulcus ibis</i> (Linnaeus, 1758) "garza bueyera"			BoAc	le
<i>Butorides striata</i> (Linnaeus, 1758) "garzita estriata"			BeGd	Pz
<i>Egretta caerulea</i> (Linnaeus, 1758) "garza azul"			BeGd	Pz
<i>Egretta thula</i> (Molina, 1782) "garza blanca chica"			BoAc	Pz
<i>Nycticorax nycticorax</i> (Linnaeus, 1758) "huaco"	In	Blnt		Pz
Threskiornithidae				
<i>Plegadis ridgwayi</i> (Allen, 1872) "yanavico"			BeGd Bsv	li
<b>CATHARTIFORMES</b>				
Cathartidae				
<i>Cathartes aura</i> (Linnaeus, 1758) "gallinazo cabeza roja"			Bsv	Car
<i>Coragyps atratus</i> (Bechstein, 1783) "gallinazo cabeza negra"			BosuPo	Car
<b>FALCONIFORMES</b>				
Falconidae				
<i>Falco sparverius</i> (Linnaeus, 1758) "Cernícalo americano"			AeD	Ra
<b>GRUIFORMES</b>				
Rallidae				
<i>Fulica ardesiaca</i> (Tschudi, 1843) "gallareta andina"	In gD	ABa BEs		He
<i>Gallinula chloropus</i> (Lichtenstein, 1818) "polla de agua"	In gD	Alnt, AEs	ABa,	le
<i>Pardirallus sanguinolentus</i> (Swainson, 1838) "gallareta americana"	In gD	Alnt ABa		le
<i>Porphyrio martinica</i> (Linnaeus, 1766) "polla sultana"	In gD	Alnt ABa		le

CHARADRIIFORMES

Charadriidae

*Charadrius semipalmatus* (Bonaparte, 1825) "chorlo de un collar" BoPo li  
BeGd

*Charadrius vociferus* (Linnaeus, 1758) "chorlo de dos collares" BoPo li  
BeGd

*Pluvialis dominica* (Müller, 1776) "chorlo dorado" BoPo li  
BeGd

*Pluvialis squatorola* (Linnaeus, 1758) "chorlo gris" BoPo li  
BeGd

Recurvirostridae

*Himantopus mexicanus* (Müller, 1776) "cigüeñuela de cuello negro" BoPo li  
BeGd

Scolopacidae

*Actitis macularia* (Linnaeus, 1766) "Playero manchado" BoPo li  
BeGd

*Calidris pusilla* (Linnaeus, 1766) "playerito semipalmado" BoPo li  
BeGd

*Calidris mauri* (Cabanis, 1857) "Playerito occidental" BoPo li  
BeGd

*Calidris melanotos* (Vieillot, 1819) "playero pectoral" BoPo li  
BeGd

*Phalaropus tricolor* (Vieillot, 1819) "falaropo" BoPo li  
BeGd

*Tringa flavipes* (Gmelin, 1789) "pata amarilla menor" BoPo li  
BeGd

Laridae

*Larus belcheri* (Vigors, 1829) "gaviota peruana" BosuPo Pz

*Larus dominicanus* (Lichtenstein, 1823) "Gaviota dominicana" BosuPo Pz  
Bsv

*Chroicocephalus cirrocephalus* (Vieillot, 1818) "gaviota capucho gris" BosuPo Pz

*Leucophaeus atricilla* (Linnaeus, 1758) "gaviota reidora" BosuPo Pz  
Bsv

*Leucophaeus pipixcan* (Wagler, 1831) "gaviota de Franklin" BosuPo Pz

COLUMBIFORMES

Columbidae

*Zenaida meloda* (Tschudi, 1843) "Paloma cuculi" ABarb Gt  
BoAc

*Columbina cruziana* (Prévost, 1842) In Alnt Gt  
ABa

PSITTACIFORMES

Psittacidae

*Forpus coelestis* (Lesson, 1847) "perico esmeralda" In Alnt Gar

CUCULIFORMES

Cuculidae

*Crotophaga sulcirostris* (Swainson, 1827) "guardacaballo" Acult Oar

STRIGIFORMES

Strigidae

<i>Athene cunicularia</i> (Milna, 1782) "lechuza de los arenales"			BeGd	Cart
PASSERIFORMES				
Furnariidae				
<i>Phleocryptes melanops</i> (Vieillot, 1817) "totorero"	In To	Alnt ABa		le
Tyranidae				
<i>Tachuris rubigastrea</i> (Vieillot, 1817) "siete colores"	In To	Alnt ABa		le
<i>Tyrannus melancholicus</i> (Vieillot, 1819) "tirano tropical"			BoAc	lar
Hirundinidae				
<i>Pygochelidon cyanoleuca</i> (Vieillot, 1817) "golondrina santa rosita"	In	Alnt	Asv BoAc	lar
Troglodytidae				
<i>Troglodytes aedon</i> (Vieillot, 1809) "cucarachero"	In	Alnt		lar
Mimidae				
<i>Mimus longicaudatus</i> (Tschudi, 1844) "chisco"			ABarb BoAc	Gt
Icteridae				
<i>Dives waczewiczi</i> (Cabanis, 1861) "tordo fino"			ABarb	Gt
Motacillidae				
<i>Anthus lutescens</i> (Pucherna, 1855) "chichirre"			ABarb	le
Passeridae				
<i>Passer domesticus</i> (Linnaeus, 1758) "gorrión"			ABarb BoAc	Gt

Hábitat: inéal (In), totora (To), gramadal *Distichlys* (gD)  
Ubicación del ave respecto de las lagunas A y B: Interior de la laguna A (Alnt), Interior de la laguna B (Blnt), Espejo de agua laguna A (AEs), espejo de agua laguna B (BEs), Borde adyacente a la laguna A (ABa), borde adyacente a la laguna B (BBa)  
Ubicación del ave en alrededores de las lagunas A y B: a 7 m (oeste) laguna B: matorral de Acacia (BoAc), a 10 m (oeste) laguna B: suelo borde adyacente a pozas de oxidación (BosuPo), a 15 m (oeste) laguna B: pozas de oxidación (BoPo), a 15 m. (este) de la laguna B: gramadal de *Distichlys* inundado (BeGd), sobrevolando laguna B (Bsv), a 10 m (este) de la laguna A: desmonte (AeD), A 10 metros de la laguna A sobre cultivos (Acult), sobrevolando laguna A (Asv), arbusto\* en el camino entre laguna A y B (ABarb).  
Gremios: Omnívoro acuático (Oa), Pescadora zancuda (Pz), Insectívoro estrato herbáceo (le), Insectívoro consumidor de invertebrados acuáticos (li), Insectívoro arbóreo (lar), Insectívoro aéreo (la), Carroñera (Car), Rapaz (Ra), Herbívora (He), Granívoro terrestre (Gt), Granívoro arbóreo (Gar), Omnívoro arbóreo (Oar), Carnívoro terrestre (Cat).

**Tabla 1.** Coordenadas geográficas de los puntos de contero fijo en un transecto Línea Humedal Choc Choc (Lagunas A y B) Moche 2018.

	Puntos	Coordenadas UTM	
LAGUNA A	1	723643.3E	9095114.8N
	2	723710.8E	9095379.9N
	3	723728.4E	9095118.0N
LAGUNA B	4	723717.1E	9095486.5N
	5	723668.8E	9095551.9N



**Foto 1.** *Actitis macularius* “playero manchado” insectívoro consumidor de invertebrados acuáticos



**Foto 2.** *Anas bahamensis* “pato cara blanca” descansando en gramadal espejo de agua Laguna B



**Foto 3.** *Spatula cyanoptera* “pato colorado” espejo de agua Laguna A.



**Foto 4.** *Athene cunicularia* “lechuza de los arenales



**Foto 5.** *Bubulcus ibis* “garza bueyera” caminando por el gramadal de *Distichlys* a 15 m al este de laguna B



**Foto 6.** *Crotophaga sulcirostris* “guardacaballo” en matorral de *Acacia*



**Foto 7.** *Egretta caerulea* “garza azul” en gramadal de *Distichlys* a 15 m al este de laguna B



**Foto 8.** *Egretta thula* “garza blanca chica”, en poza de oxidación



**Foto 9.** *Gallinula chloropus* “polla de agua” borde de laguna A



**Foto 10.** *Himantopus mexicanus* “cigüeñuela de cuello negro” en poza de oxidación



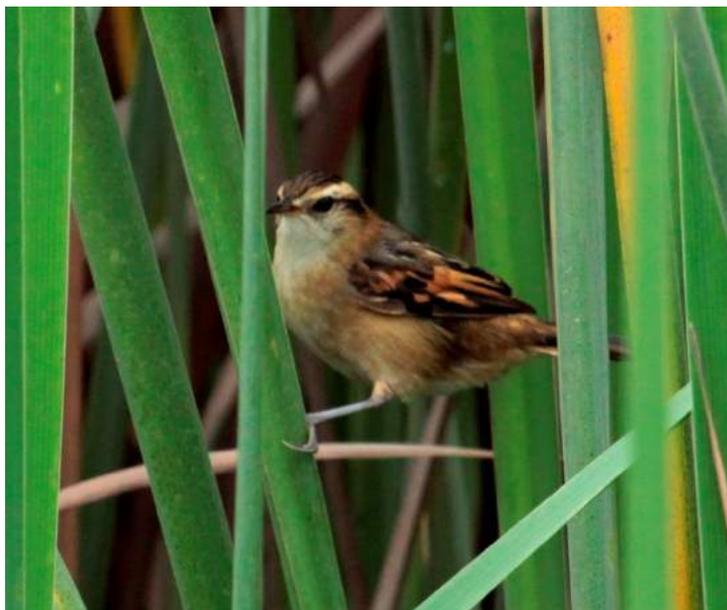
**Foto 11.** *Plegadis ridgwayi* “yanavico” descansando en duna cercana a laguna B



**Foto 12.** *Zenaida meloda* “Paloma cuculí”



**Foto 13.** *Tringa flavipes* “pata amarilla menor” en gramadal borde laguna B



**Figura 14.** *Phleocryptes melanops* “totorero” Laguna A



Foto 15. *Phalaropus tricolor* "falaropo" en laguna B



Foto 16. *Nycticorax nycticorax* "huaco"



**Foto 17.** Patos, gallaretas y garza descansando y alimentándose en Laguna B

## Artículo de Revisión

# ORIGEN DEL SARS-COV-2: ¿SELECCIÓN NATURAL O SELECCIÓN ADAPTATIVA?

## ORIGIN OF SARS-COV-2: NATURAL OR SELECTION OR ADAPTATIVE SELECTION

Pedro Mercado-Martínez<sup>1,2, \*</sup>

<sup>1</sup> Laboratorio de Fisiología y Genética Bacteriana, Universidad Nacional de Trujillo, Av. Juan Pablo II s/n Ciudad Universitaria. Trujillo-Perú.

<sup>2</sup> Laboratorio Genética, Reproducción Asistida y Biología-Molecular, Universidad Privada Antenor Orrego, Av. América Sur 3145, Trujillo-Perú.

\*Autor de correspondencia: peemercado\_1@hotmail.com

Pedro Mercado:  <https://orcid.org/0000-0002-0339-2885>

Recibido: 24 de setiembre 2020 / Aceptado: 29 de diciembre 2020

### RESUMEN

Desde la aparición del enfoque científico de la medicina darwiniana en 1991, el estudio las enfermedades, en especial las enfermedades infecciosas, han merecido ser tratados desde el enfoque evolucionista. En este sentido, los virus, causantes de epidemias y pandemias nuevas, también han merecido ser estudiado desde el enfoque evolucionista. Nuestro genoma tiene abundante información genética que ha sido dejada por los virus, bajo la forma de huellas. Se ha demostrado que los virus evolucionan por selección natural, a partir, principalmente de sus mutaciones y esta propuesta está basada en el legado de Darwin; pero, también existe el mecanismo de transferencia horizontal de los genes entre los virus, sobre todo los RNA, y la transferencia de genes entre el huésped y los virus. Dicho conocimiento se basa en la teoría adaptativa, conocida como teoría de los caracteres adquiridos, propuesto por Lamarck y apoyado por la epigenética. La aparición del SAR-CoV-2, no ha estado al margen de ser estudiado su origen evolutivo y por este motivo, el presente trabajo se basa en una revisión bibliográfica actualizada sobre el origen de este virus, habiendo concluido que en este proceso han participado tanto los mecanismos de selección natural y de los caracteres adquiridos. Una mejor comprensión de estos mecanismos evolutivos podría servir para prevenir futuras apariciones de nuevas epidemias virales.

**Palabras claves:** SAR-CoV-2, origen, selección natural, selección adaptativa

### ABSTRACT

Since the appearance of the scientific approach to Darwinian medicine in 1991, the study of disease, especially infectious diseases have deserved to be treated from an evolutionary approach. In this sense, viruses, the cause of new epidemics and pandemics have also deserved to be studies from an evolutionary approach. Our genome has abundant genetic information that viruses have left us as fingerprints. It has already been demonstrated that viruses evolve by natural selection, starting mainly from their mutations and this is the proposal based on Darwin's legacy; however, there is also the mechanism of horizontal gene transfer between viruses, especially RNAs, and between the host and viruses. This knowledge is based on the adaptive theory, so called theory of inheritance of acquired characters, proposed by Lamarck and supported by the epigenetics. The appearance of SAR-CoV-2 has not been excluded from its evolutionary origin being studied and for this reason, the present word is based on an updated bibliographic review on the origin of this virus, having concluded that they participated in this process both the mechanisms of natural selection and acquired characters. A better understanding of these evolutionary mechanisms could serve to prevent future occurrences of new viral epidemics.

**Keywords:** SAR-CoV-2, origin, natural selection, adaptive selection

DOI: <http://dx.doi.org/10.17268/rebiol.2020.40.02.14>

## 1. INTRODUCCIÓN

En el año 1991, Randolph M. Nesse y George C. Williams publican el artículo: El amanecer de la medicina darwiniana, al que siguió más tarde, en 1994, el libro *¿Por qué enfermamos?* Esto inició un nuevo enfoque científico: La Medicina Darwiniana. Este enfoque analiza los orígenes de la enfermedad desde una visión evolutiva. La medicina darwiniana explica, que, si la enfermedad tiene un origen evolutivo, responde a preguntas sobre por qué el diseño de nuestro organismo se hace vulnerable a determinadas infecciones (Mercado, 2016a). Esta mirada evolutiva de las enfermedades nos permiten entender por qué ellas existen y por qué van a continuar con nosotros, y ha permitido plantear el enfoque básico de la medicina darwiniana: ante cada síntoma y/o signo se debe analizar si es parte de la defensa o del ataque, además se debería ordenar las causas de los malestares en causas próximas cuando responden a las preguntas *¿qué?* y *¿cómo?*; y en causas evolutivas cuando responden a *¿por qué razón un ser humano presenta tos?*, *¿por qué se produce anemia, fiebre, o depresión?*. Si el toser o tener fiebre fueran dañinos, los genes involucrados en dichas respuestas fisiológicas hubieran sido eliminados (Mercado, 2016b). Mercado (2007) mediante un análisis filosófico concluye que la Medicina Darwiniana posee las características suficientes para ser considerada una teoría científica, aplicando los conceptos de la teoría de la selección natural; por lo tanto, esto abre la discusión sobre el origen de las enfermedades. Además de la teoría de la selección natural, hoy resurge el pensamiento de la teoría adaptativa de Lamarck, como resultado de la aparición de la epigenética, que atribuye a la participación de los factores ambientales, surgidos por el avance de la civilización en los últimos diez mil años, como los causantes de la aparición de las enfermedades que no estaban presentes en el ambiente antiguo, periodo en el cual transcurrió la mayor parte de nuestra existencia evolutiva (Castro, 2009).

La teoría de la evolución adaptativa, propuesta por Lamarck y la teoría de la selección natural, propuesta por Darwin, tratan de explicar los procesos evolutivos que están ocurriendo con todos los organismos, incluidos los microorganismos y los virus. La teoría adaptativa de Lamarck plantea que la evolución está dada por cambios fenotípicos y genotípicos a lo largo del tiempo, generados por influencias ambientales que le permiten al organismo adaptarse al medio modificado y que pueden transmitirse de una generación a otra. En cambio, la teoría de la selección natural de Darwin plantea los cambios al azar y que le proporcionan características de ventaja a ciertos organismos; solo sobreviven los que ante una presión selectiva presentan las características de mejor adaptación y son seleccionados sobre aquellos que carecen de esta característica (Celis et al., 2017). En favor de la teoría adaptativa está la aparición de la epigenética donde, el medio ambiente ejerce una influencia clave, modificando la estructura y condensación de la cromatina, por lo que afectan la expresión del fenotipo, pero no alteran la secuencia de nucleótidos (García et al., 2012). Frente a estos conceptos, De Vicente (2020) menciona que, a nivel de los microorganismos, tanto la virulencia y patogenicidad de los microorganismos evoluciona en base a los mecanismos de variación genética adaptativa y selección natural. Un mecanismo biológico y evolutivo en este tema lo constituye la coevolución huésped-parásito; es decir, la evolución de ambos derivados de la influencia mutua. Y, donde, «ya no pueden vivir el uno sin el otro» tras un prolongado proceso de coevolución que ha llevado a que compartan mecanismos bioquímicos y moleculares.

La transmisión genética vertical es el planteamiento fundamental de la teoría de selección natural y al que se le denomina el Principio de la Divergencia. Esta transmisión vertical de información genética es la base de la representación arborescente de la evolución de los seres vivos, donde se puede observar que un grupo evolutivo está emparentado con otro a través de un ancestro común situado en el punto de divergencia de las dos ramas que dan origen a ellos. La presunción de Darwin queda confirmada a través de la lectura filogenética de los genomas, de que toda la vida terrestre comparte un antepasado común universal (Peretó, 2020). Sin embargo, se han logrado grandes avances en el área de secuenciación y análisis de genomas que han aportado elementos para debatir varios de los postulados propuestos por la selección natural. La

demostración de eventos biológicos como la duplicación de genes y de genomas completos, la transferencia horizontal de genes en bacterias y la teoría endosimbiótica, contradicen el cambio evolutivo como un proceso de acumulación de cambios al azar a través del tiempo evolutivo (López, 2011). Los conceptos de Lamarck, descartados por la teoría moderna de la evolución, están gozando de un resurgiendo con la aparición de teorías epigenéticas de la herencia. La evidencia sugiere que los cambios epigenéticos son transmitidos de generación en generación y por lo tanto serían un mecanismo potencial por el cual las influencias medioambientales pueden ser heredadas de padres a hijos (enunciado clave de la evolución adaptativa) (García et al., 2012).

## 2. ORIGEN DE LA PATOGENICIDAD DE LOS VIRUS

La carencia de mecanismos de reparación en la replicación de los virus, como los de clase RNA, permite explicar el origen de su enorme variabilidad genética. A mayor extensión de la molécula de RNA, se producirá mayor número de mutaciones y cuando es replicada por la polimerasa, se introducen estos errores que finalmente no puede corregir y le hacen variar su identidad genética, que hasta la podría perder. Esta tasa elevada de mutaciones se traduce en poblaciones con amplia diversidad genética y, por lo tanto, también fenotípica, donde la selección natural actúa en la selectividad de esta variación (Lazcano, 2010). Domingo et al. (2000) explican que los virus, a lo largo de su proceso evolutivo no permanecen en un solo huésped, sino que tienen la capacidad de invadir a otros, aun de otra especie o volver a expresarse en poblaciones donde habían desaparecido. Es el caso del virus de la viruela, que se ha logrado erradicar por las vacunaciones realizadas. Pero los virus tienen la propiedad biológica de nunca extinguirse, solo cambiar genéticamente. Miremos como es que aparecen, de forma repentina, epidemias y pandemias virales como el SIDA, el SARS, la influenza (A/H1N1) y que, en realidad, todos estos virus son productos del proceso de variación genética de otros virus ya conocidos, como los retrovirus y los ortomixovirus. No existe un patrón evolutivo de los virus, la reconstrucción de su historia depende de las comparaciones que se hacen entre sí, de las secuencias de sus genes y proteínas. El estudio de las comparaciones de los genomas virales nos muestra que a lo largo de la evolución los virus han intercambiado genes con otros virus, como ocurre frecuentemente entre los virus de la influenza y lo que podría estar ocurriendo entre los coronavirus que intercambian sus genes, lo que sería la base del planteamiento de adaptación o herencia de los caracteres adquiridos. Estos conocimientos han hecho que Lazcano (2010) se haga la siguiente interrogante: los virus, ¿Genes vagabundos?

Peretó (2020), en una revisión sobre el origen del Sars-Cov-2, le da importancia al papel que los virus han jugado en la evolución de los seres vivos, como lo prueban sus rastros genéticos que van dejado en los genomas celulares. Chuong et al. (2016) informan que, por ejemplo, los retrovirus endógenos (ERV) son abundantes en los genomas de mamíferos y contienen secuencias que modulan la transcripción, describen que los ERV han dado forma a la evolución de una red transcripcional subyacente relacionada a la respuesta de interferón (IFN), una rama importante de la inmunidad innata. Pero, lo que también caracteriza a los virus es que en sus mutaciones acumulan cambios genéticos a gran velocidad, a veces moviéndose al filo de su extinción. Además, en estos mecanismos de diversidad, los virus han aprendido a migrar de una especie a otra. Para que esto suceda, tienen que acumular mutaciones que le permitan reconocer las células de otra especie y que también exista un contacto físico continuo con los individuos de estas especies (Andersen et al., 2020). Una característica peculiar de los virus de la influenza A es que sus genes se encuentran codificados en segmentos separados y esta estructura genómica permite que los virus puedan intercambiar segmentos completos con otros virus y generar nuevas entidades. En estas circunstancias, algunos de estos virus tendrían la capacidad de infectar humanos y en ocasiones, mediante eventos mutagénicos, podrían adaptarse a ser transmitidos directamente entre ellos; esto, más que ser un evento raro ocurre con frecuencia en la naturaleza y es tal vez el principal origen de cepas con potencial pandémico. Los cerdos son considerados como el intermediario más importante y la fuente principal de nuevas variantes de virus de la

influenza; sin embargo, se ha observado que hay variantes que pueden ser transmitidas directamente por las aves, tal fue el caso del virus H5N1 que causó importantes brotes epidémicos en el 2003 en Asia (Salazar et al., 2010).

### **3. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS CORONAVIRUS**

La familia Coronaviridae, actualmente incluye dos subfamilias, Coronavirinae y Orthocoronavirinae; este último tiene cuatro géneros: Alphacoronavirus, Betacoronavirus, Deltacoronavirus y Gammacoronavirus. Hay siete especies de virus actualmente que afectan seres humanos, dos de ellos del género AlphaCoV (HCoV229E y HCoV-NL63) y los otros cinco del género BetaCoV: Embecovirus (HCoV-OC43 y HCoV-HKU1), Sarbecovirus (SARS-CoV), Merbecovirus (MERS-CoV), el 2019-nCoV que se considera un Betacoronavirus no clasificado, pero estudios preliminares lo encontraron filogenéticamente relacionado con el SARS (Millán et al., 2020). Los alfacoronavirus y betacoronavirus tienen como huéspedes solo a los mamíferos causando enfermedades respiratorias en humanos y gastroenteritis en animales. SARS-CoV y MERS-CoV, causan síndrome respiratorio severo en humanos y los otros cuatro (HCoV-NL63, HCoV-229E, HCoV-OC43 y HKU1) inducen solo enfermedades leves de las vías respiratorias superiores en personas inmunocompetentes. Los gammacoronavirus y deltacoronavirus infectan a las aves, pero algunos de ellos también pueden infectar a los mamíferos (Cui et al., 2019; Andersen et al., 2020). El coronavirus del síndrome respiratorio agudo severo (SARS-CoV) y el coronavirus del síndrome respiratorio de Oriente Medio (MERS-CoV) probablemente se originaron en murciélagos; El SARS (SARS-CoV) utiliza la enzima convertidora de angiotensina 2 (ACE2) como receptor e infecta principalmente las células epiteliales bronquiales ciliadas y los neumocitos tipo II; mientras que el MERS-CoV utiliza la dipeptidil peptidasa 4 (DPP4), también conocida como CD26 como receptor e infecta a las células epiteliales bronquiales no ciliadas y neumocitos tipo II (Cui et al., 2019; Nemunaitis et al., 2020).

### **4. ORIGEN Y EVOLUCIÓN DEL SARS-COV-2 EXPLICADO POR SELECCIÓN NATURAL**

Tras la aparición del SARS-CoV-2, se aisló al virus causante de los primeros 9 casos de neumonía de ciudadanos de Wuhan (China) y se los secuenció; del total, se pudo obtener la secuencia genómica completa de 7 y en ellas, se observó que estos genomas completos eran prácticamente idénticos entre sí con un porcentaje de homología del 99%, lo que apoyó la teoría de que era un virus de muy reciente aparición en la población humana. Luego, al realizar el análisis filogenético de estas secuencias se observó homología alta con virus del género Betacoronavirus; específicamente, en un 88% de identidad con dos coronavirus aislados de murciélagos por el año 2018. Además, se demostró que estas secuencias tenían una homología menor con el virus SARS (79%) y el virus MERS (50%). Esta diferencia con el SARS-CoV se consideró suficiente para clasificar a este nuevo virus, llamado hasta ahora SARS-CoV-2, como un nuevo miembro del género Betacoronavirus (Centro de Coordinación de Alertas y Emergencias Sanitarias, 2020). Tang et al. (2020) mediante análisis genéticos poblacionales de 103 genomas de SARS-CoV-2 indicaron que estos virus tenían dos linajes principales (designados L y S) que están bien definidos por dos polimorfismos de un solo nucleótido (SNP) diferentes que muestran un vínculo casi completo entre las cepas virales secuenciadas hasta la fecha. Refieren que el linaje L era más frecuente (70%) que el linaje S (30%) dentro de las muestras de pacientes que examinaron; sin embargo, el linaje S está evolutivamente más relacionado con los coronavirus animales. La implicación de estos cambios evolutivos en la etiología de la enfermedad sigue sin estar clara. Estos hallazgos subrayan fuertemente la necesidad urgente de realizar más estudios integrales que combinen datos genómicos virales con estudios epidemiológicos de la enfermedad por coronavirus 2019 (COVID-19).

Ya se tiene claro que el origen del SARS-COV-2 es debido a una zoonosis. En una investigación realizada en China, previa al brote de este virus, se identificó a 500 coronavirus en murciélagos y sus resultados de estudios serológicos en poblaciones rurales cercanas al hábitat de estos murciélagos mostraron una seroprevalencia del 2,9% de los coronavirus de murciélagos, lo que demuestra que la exposición a coronavirus de murciélagos es algo común en los pobladores de estos lugares (Mojica y Morales, 2020). El coronavirus actual, el SARS-CoV-2, tiene muchas semejanzas con el SARS-CoV aparecido el 2002, pero con diferencias genéticas significativas. Todavía no se conoce exactamente de dónde proviene el SARS-CoV-2, pero, se descarta que surgiera en un laboratorio por acción del hombre. Varios estudios han sugerido que los murciélagos pueden ser el posible huésped natural del SARS-CoV-2, pero es importante destacar que el SARS-CoV-2 ha sido aislado de pangolines y se descubrió que los genomas aislados de pangolín CoV tienen 92,4% de similitud con el SARS-CoV-2, lo que sugiere que el pangolín puede ser un posible huésped intermedio para el SARS-CoV-2 (Long et al., 2020). Análisis genéticos realizados, tomando como base coronavirus conocidos, sugieren que el murciélago o el pangolín pueden ser los animales que lo transmitieron a humanos (Diez y Plaza, 2020).

Hay cuestiones evolutivas pendientes sobre la reciente aparición del coronavirus humano SARS-CoV-2, incluidas el papel de las especies reservorios, el papel de la recombinación y su momento de divergencia de los virus animales. El SARS-CoV-2 en sí no es un recombinante de ningún sarbecovirus detectado hasta la fecha, y su motivo de unión al receptor, importante para la especificidad de los receptores ACE2 humanos, parece ser un rasgo ancestral compartido con los virus de los murciélagos y no uno adquirido recientemente mediante recombinación. Se demostró que las fechas de divergencia entre el SARS-CoV-2 y el reservorio del sarbecovirus de murciélago se produjo en 1948, lo que indica que el linaje que dio lugar al SARS-CoV-2 ha estado circulando desapercibido en los murciélagos durante décadas (Boni et al., 2020). Zhou et al. (2020) demostraron, mediante secuenciación genómica, que el SARS-COV-2 comparte una identidad de secuencia del 79,6% con el SARS-CoV y que en un 96% es idéntico a nivel de genoma completo a un coronavirus de murciélago. Luego, se reportó que este coronavirus de murciélago era el RaTG13, con una similitud al 96,2% (Long et al., 2020; Mojica y Morales, 2020; Nemunaitis et al., 2020). La evidencia concurrente también sugiere a los pangolines como una posible especie intermedia de reservorio para la emergencia del SARS-CoV-2 (Torres, 2020; Centro de Coordinación de Alertas y Emergencias Sanitarias, 2020); aunque el dominio de unión al receptor (RBD) del SARS-CoV-2, se ha encontrado hasta ahora sólo en unos pocos virus de pangolín. La dificultad para inferir razones evolutivas confiables para los coronavirus es que su alta tasa de recombinación viola el supuesto de los enfoques filogenéticos estándar porque diferentes partes del genoma tienen historias diferentes (Boni et al., 2020).

El dominio de unión al receptor (RBD), en la proteína espiga del virus, es la parte más variable del genoma del coronavirus; seis aminoácidos de este dominio han demostrado ser esenciales para el reconocimiento y la unión a los receptores ACE2 y son los que van a determinar el rango de hospedadores de virus similares al SARS-CoV-2. La característica del SARS-CoV-2, es que posee un RBD que se une con alta especificidad a los receptores ACE2 de humanos (Torres, 2020). Si bien análisis anteriores demuestran que el SARS-CoV-2 se une al ACE2 humano con alta especificidad, los análisis computacionales demuestran que esta interacción no es tan ideal entre el RBD del SARS-CoV con el receptor ACE2, lo que demuestra que no existe homología entre los receptores de estos virus. Esta afirmación, podría explicar que la unión de alta afinidad de la proteína RBD del SARS-CoV-2 al receptor ACE2 humana es el resultado de la selección natural en una ACE2 humana o similar a la humana, que ha permitido que surja otra relación de unión óptima. Esta es una fuerte evidencia de que el SARS-CoV-2 no es producto de una manipulación intencionada del hombre, sino, producto de la selección natural (Andersen et al., 2020). Tang et al. (2020) encontraron un 96% de similitud y 4% de variabilidad en los nucleótidos genómicos entre el SARS-CoV-2 y el coronavirus en murciélagos, SARSr-CoV-RaTG13, pero la diferencia en los sitios neutrales fue del 17%, lo que sugiere que la divergencia entre los dos virus es mucho mayor de lo estimado. Estos resultados sugieren que el desarrollo de nuevas variaciones en los sitios

funcionales en el dominio de unión al receptor (RBD) observado en el SARS-CoV-2 y los virus de los SARSr-CoV de pangolín, probablemente sean causados por selección natural además de la recombinación. El hecho que la proteína de dominio de unión al receptor (RBD) del SARS-CoV-2 es el responsable del reconocimiento de ACE de humanos. Un análisis comparativo de estas secuencias en diferentes mamíferos, incluyendo humanos, simios, macacos, caballos, cerdos, cabras, ovejas, vacas, gatos, perros, ratas, ratones, hurones, murciélagos y civetas, revelaron algunas diferencias (Li et al., 2020a). Esto también es evidencia que el SARS-CoV-2 no es producto de algún experimento en laboratorio, sino que tiene origen en otras especies, y esto es evolución. Es más probable que la adaptación al humano de un virus que normalmente infecte animales haya sido el resultado de muchos procesos genéticos y que a través del mecanismo de selección natural, primero en el huésped animal de origen, adquirió la propiedad de colonizar células humanas y, segundo, otros mecanismos de selección natural, ahora ya en el humano, optimizaron su capacidad de infección y de transmisión (Torres, 2020).

Torres (2020) manifiesta, que si se demuestra fehacientemente que el primer huésped de origen del SARS-CoV-2 es el pangolín, entonces sería una fuerte evidencia que la primera selección natural ocurrió en estos animales y no en murciélagos. Una vez adquirida y formada la proteína de reconociendo al receptor ACE-2 en células humanas, el SARS-CoV-2 ya estaba listo para invadir a su nuevo huésped y que este mecanismo debería completarse mediante exposiciones repetidas entre el pangolín y el humano como su nuevo huésped. Hasta que la primera colonización en el humano ocurriera, estas condiciones de contacto físico entre el pangolín y el humano parecen haber sucedido en el mercado de Wuhan. El segundo proceso de selección natural, muy posiblemente ocurrió mediante transmisiones no detectadas entre los humanos, hasta que aparecieran los cambios genéticos necesarios para que se inicie la pandemia que nos afecta. Andersen et al. (2020) sugieren que, con el conocimiento pormenorizado de cómo un virus de origen animal puede saltar la barrera de las especies (evento zoonótico) y lograr infectar a los humanos de manera tan eficaz, con alta capacidad de contagiar y transmitirse, ayudaría a prevenir futuros eventos zoonóticos como el que actualmente vivimos con el SARS-CoV-2; además, sería la tercera evidencia científica mencionada sobre la participación de la selección natural y no de una manipulación en el laboratorio. Además, el SARS-CoV-2, como virus ARN es más probable que este mutando. Hay muchos mecanismos que pueden inducir la mutación (Dong et al., 2020); pero para el SAR-CoV-2 su tasa de mutación es baja.

Al plantear la participación de la selección natural en el origen del SARS-CoV-2, vemos que hay tres mecanismos evolutivos. La primera propone que el virus va adquiriendo sus características genéticas por selección natural en el animal que transmitió el virus al hombre; la segunda plantea que las características de identidad, forma de trasmisión y de contagio entre humanos, se dio ya en el hombre y que también las adquirió por selección natural, después de producirse la transferencia zoonótica; según este último mecanismo, un ancestro del SARS-CoV-2 tendría que haber pasado de animales al hombre antes de mutar y convertirse en el virus que ahora conocemos (Diez y Plaza, 2020). Andersen et al. (2020), propone un tercer mecanismo de selección natural, durante el pasaje para dar lugar a SARS-CoV-2 y que lo describió como un mecanismo de selección natural en un huésped intermediario animal, antes de la transferencia zoonótica y que podría ser los SARS-CoV de pangolín. Como muchos de los primeros casos de COVID-19 estaban vinculados al mercado de Wuhan, es posible que haya una fuente animal presente en este lugar. Los pangolines de Malasia (*Manis javanica*) importados ilegalmente a la provincia de Guangdong exhiben una fuerte similitud con SARS-CoV-2 en el RBD, incluyendo todos los seis residuos clave; en cambio con el RaTG13, muestreado de un murciélago *Rhinolophus affinis*, es ~ 96% idéntico en general al SARS-CoV-2, pero diverge en el RBD (hasta en un 17%), lo que sugiere que puede no unirse de manera eficiente al ACE2 humano; entonces, el hallazgo de coronavirus de tipo SARS-CoV de pangolines con RBD casi idénticos, proporciona una explicación mucho más fuerte de selección natural de cómo el SARS-CoV-2 los adquirió mediante mutación. El salto de un virus de un animal al hombre (*spillover*) es

habitual entre los coronavirus. Así sucedió con el SARS en 2002-2003 y con el MERS desde 2012 (Trilla, 2020).

## **5. EL ROL DE LA TEORÍA ADAPTATIVA EXPLICADA POR LA EPIGENÉTICA EN LA EVOLUCIÓN DEL SARS-COV-2**

El conocimiento de los virus RNA nos permite entender lo que aconteció antes de que los tres linajes celulares (bacterias, arqueas y el ancestro de las eucariotas), divergieran entre sí. No se puede afirmar que estos virus RNA aparecieran a partir de estos tres linajes, pero, es una posibilidad que no se puede descartar. Un posible mecanismo es que los virus RNA han surgido como huellas de procesos que ocurrieron tempranamente en la evolución y la eventualidad que la transcripción reversa, como parte esencial del ciclo biológico de los retrovirus, haya surgido en el paso de la vida ARN a la aparición del DNA. Ello supondría que los antepasados de virus ARN son más antiguos que los eucariontes. El que algunos virus tengan al RNA como material genético y otros al DNA, no indica que los virus ARN sean más antiguos que los virus DNA, sino que se demuestra su flexibilidad evolutiva. El estudio de los genomas virales de ARN muestra que en su proceso evolutivo intercambian genes con otros virus, como constantemente ocurre entre los virus de la influenza (Lazcano, 2010). Como lo ha subrayado Rybicki (2008) los virus contienen módulos funcionales, que son secuencias genómicas que evolucionan y se movilizan al mismo tiempo evolutivo, donde las polimerasas juegan un papel importante y nos ha permitido reconocer las similitudes evolutivas entre grupos de virus que no tienen nada en común en morfología, tipo de genoma, estrategias replicativas, ni hospederos. Esto se observa en la naturaleza con los picornavirus, con características de tener genoma RNA de una hebra e infectan animales, los cuales están muy emparentados con los comovirus que son virus esféricos que tienen dos hebras de RNA y se replican en plantas.

A pesar de numerosos tipos de modificaciones de ARN en eucariotas superiores, estos organismos no sufren tasas de mutación altas porque los ARN modificados no se pueden transmitir a la próxima generación. Sin embargo, para los virus de ARN, su ARN es en realidad su información genética. Se debería debatir seriamente si los principios evolutivos tradicionales podrían aplicarse a los virus de ARN. Las células huésped tienen múltiples sistemas/enzimas de modificación de ARN. Los cambios en el ARN viral (por acción de las células huésped) cambiarían permanentemente su información genética y se transmitirían a la próxima generación (Wang et al., 2020). Si estas mutaciones son conferidas por los sistemas de modificación de ARN de la célula huésped ¿Cómo podrían estos eventos de modificación de ARN, que ocurrieran al azar (selección natural), tener preferencia en sitios sin sentido o sinónimos? Por lo tanto; si alguien argumenta las modificaciones de ARN viral utilizando la teoría evolutiva clásica, debe tener en cuenta que el ARN viral es modificado por la célula huésped en lugar de por el virus en sí mismo (Li et al., 2020a). A partir de la presión selectiva y el análisis estructural, se han demostrado mutaciones de las proteínas de superficie, como la proteína S de espiga y de la proteína N de la nucleocápside que confieren estabilidad a la partícula viral. La proteína espiga viral es responsable de la entrada del virus en la célula después de unirse a su receptor celular. La proteína N es una proteína estructural involucrada en el ensamblaje del virión, que juega un papel fundamental en la transcripción del virus y la eficiencia del ensamblaje. Estas mutaciones, donde pueden estar involucradas las células huésped, dieron en un inicio una gravedad inicial más baja que la epidemia del SARS; pero, no excluyen el hecho de que la mutación, debida a la presión selectiva positiva liderada por la evolución de la epidemia, podría favorecer un aumento de la patogenicidad y transmisión de este nuevo virus (Benvenuto et al., 2020).

En opinión de Li et al. (2020b) los virus de ARN deberían obedecer a una teoría evolutiva diferente. Hasta ahora, los experimentos funcionales son más importantes y confiables que los análisis evolutivos puros para el caso del virus ARN. Para los organismos celulares, las mutaciones de ADN se introducen principalmente durante el proceso de replicación del ADN, el siguiente paso es la fuerza de selección natural que actúa sobre estas mutaciones, donde se eliminan las perjudiciales y se mantienen las beneficiosas. Sin embargo, los virus de ARN se someten al proceso de transcripción inversa (como el VIH) o al proceso de replicación de ARN (como el SARS-

CoV-2). Los desajustes introducidos durante la transcripción inversa o la replicación de ARN se mantendrían en la descendencia; pero, antes de aplicar la fórmula evolutiva a los virus de ARN uno debe indicar si la replicación de ARN tiene tasas de desajuste similares a las de la replicación de ADN. Los ADAR (desaminasa de adenosina que actúan sobre ARN) son enzimas de edición de ARN que se dirigen al ARN bicatenario y convierten la adenosina en inosina que la maquinaria de traducción lee como si fuera guanosina. Aparte de su papel en la generación de diversidad de proteínas en el sistema nervioso central, los ADAR se han implicado en la hipermutación de algunos virus de ARN, aunque no se comprende bien por qué ocurre esta hipermutación. La agrupación de estas mutaciones y el contexto en el que ocurren indica que han sido causadas por ADAR (Carpenter et al., 2009).

Las modificaciones postraduccionales (PTM) se refieren a las modificaciones covalentes de los polipéptidos después de que se sintetizan, agregando regulación temporal y espacial para modular las funciones de las proteínas. Al ser parásitos intracelulares obligados, los virus dependen de la maquinaria de síntesis de proteínas de las células huésped para apoyar la replicación y, como era de esperar, muchas proteínas virales están sujetas a PTM. Muchas proteínas CoV son modificadas por PTM, incluida la glicosilación y palmitoilación de la proteína de la cubierta y la espiga, la glicosilación ligada a N u O de la proteína de membrana, la fosforilación y ADP-ribosilación de la proteína nucleocápside y otras PTM en proteínas no estructurales y accesorias (Fung y Liu, 2018). Estas modificaciones postraduccionales pueden ayudar en el plegamiento de proteínas y desempeñar papeles importantes en la funcionalidad de la proteína S (Zheng et al., 2018). Las glicoproteínas de la superficie de numerosos virus patógenos con envoltura, maduran proteolíticamente durante la infección en el hospedador o en líneas celulares cultivadas y son esenciales para el inicio de la infección. En otros casos, este procesamiento se lleva a cabo mediante proteínas convertasas (PC), como furina, PC5 y PC7, que son las principales candidatas para procesar las glicoproteínas de superficie de virus patógenos, como el virus de la inmunodeficiencia humana tipos 1 y 2, el virus de la influenza aviar H5N1, el virus del Ébola y el virus sincitial respiratorio (RSV). La proteína espiga (S) del coronavirus (CoV), una proteína de fusión viral de clase I, es responsable de la unión viral y la entrada en las células diana y de la propagación de célula a célula durante la infección. Las proteínas de fusión típicas de clase I normalmente requieren procesamiento en una posición muy cercana del péptido de fusión para exponer la subunidad anclada a la membrana. Recientemente, se informó que la activación proteolítica por una proteasa endosómica, la cathepsina L, y una proteasa unida a la membrana, el factor Xa, juegan un papel en la entrada del virus síndrome respiratorio agudo severo (SARS-CoV) (Yamada y Liu, 2009).

Primero, fue el campo de la epigenética quien identificó roles importantes para las modificaciones del ADN y las histonas; ahora, la epitranscriptómica ha comenzado a caracterizar y legitimar la importancia de las modificaciones del ARN en los tres reinos de la vida. Con respecto a los eucariotas, las modificaciones del ARN juegan un papel en la regulación de la estructura y función del ARN de transferencia (ARNt) y del ARN ribosómico (ARNr), la eficiencia y estabilidad de la traducción del ARN mensajero (ARNm), la maduración del microARN y la diferenciación celular. Estudios recientes en el campo de la epitranscriptómica viral han establecido un papel importante para estas modificaciones químicas durante la infección viral, que pueden afectar positivamente la replicación del ARN o afectar negativamente al ensamblaje del ARN, dependiendo del estilo de vida del virus (Gonzales-Van Horn y Sarnow, 2017). La N (6) -metilación de la adenosina (que forma M (6) A) es la modificación postranscripcional más abundante dentro de la región codificante del ARNm; esta modificación del ARNm actúa como barrera a la acomodación del ARNt y al alargamiento de la traducción. En general, se demuestran que la modificación química del ARNm puede cambiar la dinámica de traducción (Choi et al., 2016). Los ARNr se modifican ampliamente durante su transcripción y posterior maduración en el nucleolo, núcleo y citoplasma. La reciente identificación de sitios de 2'-O-metilación y pseudouridilación subestequiométrica ha anulado la noción de que todas las modificaciones de ARNr están presentes constitutivamente en los ribosomas. Si bien los mecanismos que regulan la modificación parcial y las funciones de los

ribosomas se desconocen en gran medida, se han observado cambios en el patrón de modificación del ARNr en respuesta a cambios ambientales durante el desarrollo y en la enfermedad, que pueden contribuir al control de la traducción de la expresión génica (Sloan et al., 2016). Las modificaciones de ARN son actores emergentes en el campo de la regulación postranscripcional de la expresión génica y están atrayendo un grado comparable de interés en la investigación de las modificaciones de ADN e histonas en el campo de la epigenética (Helm y Motorin, 2017).

## **6. A MODO DE REFLEXIÓN**

Todos ya entendemos que las epidemias y pandemias no son algo nuevo en nuestra historia, pero en los últimos años somos testigos de nuevos brotes, muchos de ellos por virus, que causan alarma mundial. Los motivos de estos brotes muchas veces son motivos humanos y derivan de nuestro modo de vida y existencia, como el vivir en grandes ciudades, los viajes intercontinentales, intercambios comerciales, migraciones, etc. En plena globalización, vemos que cada vez es más probable la aparición de “casos importados”, en los cuales individuos infectados en lugares remotos del planeta desarrollan la enfermedad aguda en nuestro entorno. El excesivo crecimiento de la población, el cambio climático, la creciente y desordenada urbanización, las transacciones comerciales de productos entre países distantes son otros factores principales que aumentan el riesgo de la aparición y propagación de patógenos (Ávila, 2020). En relación a la participación del cambio climático, su proceso funcionaría así: los climas cálidos aceleran los procesos metabólicos celulares, permitiendo que las reacciones químicas sucedan a una mayor velocidad, lo que implicaría una mayor producción de radicales libres del oxígeno, que pueden actuar sobre el DNA y que pueden aumentar la frecuencia de mutaciones. Estos metabolismos acelerados aumentan la replicación del ADN, lo cual puede incrementar el número de errores en la replicación y aumentar también la frecuencia de mutaciones, que, a través de las presiones de selección natural, puedan propiciar la aparición de nuevas especies o nuevas adaptaciones en las especies. Esto refuerza la teoría de que el ser humano puede mejorar la evolución de su resistencia a las enfermedades en un ambiente natural o con un estilo de vida que permita el contacto armonioso con la naturaleza (Mercado, 2009).

## **7. CONCLUSIONES**

De lo revisado, podemos concluir que el origen del SARS-CoV-2 está sustentado por las teorías de la selección natural (Darwin) y de los caracteres adquiridos o adaptativa (Lamarck), por los siguientes planteamientos:

- El primero propone que el virus va adquiriendo sus características genéticas por selección natural en el animal que transmitió el virus al hombre. El segundo plantea que las características de identidad, forma de transmisión y de contagio entre humanos, se dio ya en el hombre y que también las adquirió por selección natural, después de producirse la transferencia zoonótica. El tercero propone un mecanismo de selección natural durante el pasaje para dar origen al SARS-CoV-2 y que se daría en un huésped intermediario animal, antes de la transferencia zoonótica y que podría provenir a partir del SARS-CoV de pangolín.
- La teoría adaptativa, apoyada en la epigenética, teoriza que los genomas virales ARN, como el SARS-CoV-2, a lo largo del tiempo evolutivo, han intercambiado material genético con otros virus, lo que podría estar pasando con los coronavirus, y también estar intercambiando genes con sus hospederos, lo que modificaría permanentemente su información genética y se transmitirían a la próxima generación, mecanismo conocido como el proceso de transmisión y evolución horizontal.

## 8. AGRADECIMIENTO

Agradecido que la historia evolutiva vuelva a encontrar a los dos mejores exponentes de la ciencia evolutiva; Darwin y Lamarck

## 9. CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

No aplica

## 10. CONFLICTO DE INTERESES

El autor declara que no incurre en conflictos de intereses.

## 11. FINANCIAMIENTO

EL autor declara que no recibió ningún financiamiento

## 12. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andersen, K. G., Rambaut, A., Lipkin, W. I., Holmes, E. C., y Garry, R. F. (2020). The proximal origin of SARS-CoV-2. *Nat Med* 26, 450–452. <https://doi.org/10.1038/s41591-020-0820-9>.
- Ávila, J. F. (2020). Coronavirus covid-19; patogenia, prevención y tratamiento. Salusplay Editorial. ISBN: 978-84-16861-95-8 2020. [https://evidencia.com/wp-content/uploads/2020/03/CORONAVIRUS-COVID-19\\_-patogenia-prevenci%C3%B3n-y-tratamiento-2%C2%AA-Ed-15.03.2020-ISBN-978-84-16861-95-8-.pdf](https://evidencia.com/wp-content/uploads/2020/03/CORONAVIRUS-COVID-19_-patogenia-prevenci%C3%B3n-y-tratamiento-2%C2%AA-Ed-15.03.2020-ISBN-978-84-16861-95-8-.pdf).
- Benvenuto, D., Giovanetti, M., Ciccozzi, A., Spoto, S., Angeletti, S., y Ciccozzi, M. (2020). The 2019-new coronavirus epidemic: Evidence for virus evolution. *J Med Virol*; 92, 455–459. <https://doi.org/10.1002/jmv.25688>.
- Boni, M., Lemey, P., Jiang, X., Tsan-Yuk, T., Perry, B. W., Castoe, T. A., Rambaut, A., y Robertson, D. L. (2020). Evolutionary origins of the SARS-CoV-2 sarbecovirus lineage responsible for the COVID-19 pandemic. *Nat Microbiol*, 5, 1408–1417. <https://doi.org/10.1038/s41564-020-0771-4>.
- Carpenter, J., Keegan, L., Wilfert, L., O'connell, M. A., y Jiggins, F. (2009). Evidence for ADAR-induced hypermutation of the *Drosophila sigma* virus (Rhabdoviridae). *BMC Genet*; 10, 75. <https://doi.org/10.1186/1471-2156-10-75>.
- Castro, L. (2009). La medicina darwinista: el origen evolutivo de la enfermedad. *Ambociencias-monográfico*, diciembre, 49-53. <https://core.ac.uk/download/pdf/233583748.pdf>.
- Celis, Y., Rubio, V., y Camacho, M. (2017). Evolutionary Origin of Antibiotic Resistance, A Historical Perspective. *Rev. Colomb. Biotecnol*, XIX (2), 1005-117. <https://doi:10.15446/re.colomb.biote.v19n2.69501>.
- Centro de Coordinación de Alertas y Emergencias Sanitarias. (2020). Enfermedad por coronavirus, COVID-19 Actualización, 2 de junio 2020. Dirección General de Salud Pública, Calidad e Innovación. Ministerio de Sanidad. España. [https://pnsd.sanidad.gob.es/noticiasEventos/actualidad/2020\\_Coronavirus/pdf/20200421\\_INFORME\\_CIENTIFICO\\_SANIDAD\\_COVID-19.pdf](https://pnsd.sanidad.gob.es/noticiasEventos/actualidad/2020_Coronavirus/pdf/20200421_INFORME_CIENTIFICO_SANIDAD_COVID-19.pdf).
- Choi, J., Leong, K., Demirci, H., Chen, J., Petrov, A., Prabhakar, A., O'Leary, S., Dominissini, D., Rechavi, G., Soltis, S. M., Ehrenberg, M., y Puglisi, J. D. (2016). N (6)-methyladenosine in mRNA disrupts tRNA selection and translation-elongation dynamics. *Nat Struct Mol Biol*, 23(2), 110-115. <http://doi.10.1038/nsmb.3148>.
- Chuong, E. B., Elde, N. C., y Feschotte C. (2016). Regulatory evolution of innate immunity through co-option of endogenous retroviruses. *Science*, marzo 4, 351(6277), 1083-7. <http://doi:10.1126/science.aad5497>.
- Cui, J., Li, F. y Shi, Z. (2019). Origin and evolution of pathogenic coronaviruses. *Nat Rev Microbiol*, 17, 181–192. <https://doi.org/10.1038/s41579-018-0118-9>.
- De Vicente, A. (2020) La evolución de los microorganismos patógenos. "¿Aprendiendo a ser malos?" Departamento de Microbiología. Universidad de Málaga. <http://www.encuentros.uma.es/encuentros100/patogenos.htm>.

- Diez, F., y Plaza, J. (2020). Origen del SARS-Cov-2. Grupo de Análisis Científico de Coronavirus del ISCIII (GACC-ISCIII), agosto. <http://hdl.handle.net/20.500.12105/9559>.
- Domingo, E., Baranowski, E., Nunez, J., Ruiz, C., Sierra, S., Molina, N. y Sobrino, F. (2000). Cuasiespecies y evolución molecular de virus. *Rev. sci. tech. Off. int. Epiz*, 19(1), 55-63. <https://www.oie.int/doc/ged/D9287.PDF>.
- Dong, Y., Guo, W., & Ren, Q. (2020). Research on the Evolutionary Path of COVID-19. *Journal of Physics: Conference Series*, 1575 012228. <https://doi:10.1088/1742-6596/1575/1/012228>.
- Fung, T., y Liu, D. (2018). Post-translational modifications of coronavirus proteins: roles and function. *Future Virol*, 13(6), 405–430. <https://doi.org/10.2217/fvl-2018-0008>.
- García, R., Ayala, P., y Perdomo, S. (2012). Epigenética: definición, bases moleculares e implicaciones en la salud y en la evolución humana. *Rev. Cienc. Salud*, 10(1), 59-71. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=56222455006>.
- Gonzales-Van Horn, S., y Sarnow, P. (2017). Making the Mark: The Role of Adenosine Modifications in the Life Cycle of RNA Viruses. *Microbio huésped celular*, 21(6), 661–669. <https://doi.org/10.1016/j.chom.2017.05.008>.
- Helm, M., y Motorin, Y. (2017). Detecting RNA modifications in the epitranscriptome: predict and validate. *Nat Rev Genet*, 18(5), 275-291. <https://doi.org/10.1038/nrg.2016.169>.
- Lazcano, A. (2010). Origen y evolución de los virus: ¿genes errantes o parásitos primitivos? *Mensaje Bioquímico*, 34(2010), 73-84. [http://metabase.uaem.mx/bitstream/handle/123456789/1471/280\\_8.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://metabase.uaem.mx/bitstream/handle/123456789/1471/280_8.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Li, Y., Yang, X., Wang, N., Wang, H., Yin, B., Yang, X., y Jiang, W. (2020a). Pros and cons of the application of evolutionary theories to the evolution of SARS-CoV-2. *Future Virology*, 15 (6), 369-372. <https://doi.org/10.2217/fvl-2020-0048>.
- Li, Y., Yang, X., Wang, N., Wang, H., Yin, B., Yang, X., y Jiang, W. (2020b). The divergence between SARS-CoV-2 and RaTG13 might be overestimated due to the extensive RNA modification. *Future Virol*; 15(6), 341–347. <https://doi.org/10.2217/fvl-2020-0066>.
- Long, QX., Liu, BZ., Deng, HJ., Cheng, G., Deng, K., Chen, YK., Liao, P., Qiu JF, Lin, Y., Cai, XF., Wang, DQ., Hu, Y., Ren, JH., Tang, N., Xu, YY., Hua, Li., Mo, Z., Gong, F., Zhan, XL....y Huang, AL., *et al.* Antibody responses to SARS-CoV-2 in patients with COVID-19. *Nat Med* 26, 845–848 (2020). <https://doi.org/10.1038/s41591-020-0897-1>
- López, C. E. (2011). Los nuevos pilares de la teoría evolutiva a la luz de la genómica. *Acta Biológica Colombiana*, 16(3), 89-102. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/actabiol/article/view/17394>
- Mercado, P. E. (2007). La medicina darwiniana como teoría científica dentro del campo de la teoría de la selección natural. Tesis Doctoral. Universidad Nacional de Trujillo. <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/5410>.
- Mercado, P. E. (2009). Cambio Climático y las infecciones emergentes explicado por la Medicina darwiniana. Congreso Internacional de Ecología y Medio Ambiente. Universidad Nacional de Trujillo. Libro de resúmenes, p. 31. [http://bibliotecas.upse.edu.ec/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=13311&query\\_desc=an%3A13290](http://bibliotecas.upse.edu.ec/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=13311&query_desc=an%3A13290).
- Mercado, P. E. (2016a). Medicina Darwiniana. Signos y síntomas ¿Ataque o defensa? *REBIOL*, 36(2), 65 – 81. <https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/faccbiol/article/view/1713/1689>.
- Mercado, P. E. (2016b). Medicina Darwiniana: Enfoque Científico Evolucionista Que Explica El Origen De Las Enfermedades. *Acta Méd. Orreguiana Hampi Runa*; 16 (2), 225-236. <https://es.scribd.com/document/403837994/medicina-darwiniana-tesis>.

- Millán, J., Rodríguez, A., Camacho, G., Mendoza, H., Rodríguez, I. y Álvarez, C. (2020). A new emerging zoonotic virus of concern: the 2019 novel Coronavirus (SARS CoV-2). *Infectio*, 24(3), 187-192. <http://doi.org/10.22354/in.v24i3.848>.
- Mojica, R., y Morales, M. (2020). Pandemic COVID-19, the new health emergency of international concern: A review. *SEMERG*, 46, 65-77. <http://doi.org/10.1016/j.semerg.2020.05.010>.
- Nemunaitis, J., Stanbery, L., & Senzer, N. (2020). Severe acute respiratory syndrome coronavirus-2 (SARS-CoV-2) infection: let the virus be its own demise. *Future Virol*, 15(6). <https://doi.org/10.2217/fvl-2020-0068>.
- Peretó, J. (2020). La COVID-19 y el lado oscuro de la promiscuidad de la vida. *Métode Universidad de Valencia*, 2(105), 6-7. <https://metode.es/revistas-metode/opinio-revistas/la-covid-19-y-el-lado-oscuro-de-la-promiscuidad-de-la-vida.html>.
- Rybicki, E. (2008). Where did viruses come from? *Scientific American*, March, 298(3). <https://www.scientificamerican.com/article/experts-where-did-viruses-come-fr/>.
- Salazar, M., López, O., León, G., Ramírez, J. y Castro, M. (2010). The origin of genetic variability of influenza viruses. *Gac Méd Méx*, 146(3), 199-206. <https://www.medigraphic.com/pdfs/gaceta/gm-2010/gm103f.pdf>.
- Sloan, K., Warda, A., Sharma, S., Entian, K., Lafontaine, D. y Bohnsack, M. (2017). Tuning the ribosome: The influence of rRNA modification on eukaryotic ribosome biogenesis and function. *RNA Biol*, 14(9), 1138-1152. <https://doi.org/10.1080/15476286.2016.1259781>.
- Tang, X., Wu, C., Li, X., Yuhe, S., Xinmin, Y., Xinkai, W., Yuange, D., Hong, Z., Yirong, W., Zhaohui, Q., Jie, C. y Jian, L. (2020). On the origin and continuing evolution of SARS-CoV-2., *Nacional Science Review*, 7(6), 1012–1023. <https://doi.org/10.1093/nsr/nwaa036>.
- Torres, L.J. (2020) ¿Cuál es el origen del SARS-CoV2? *Rev Med Inst Mex Seguro Soc*, 58(1),1-2. <https://www.medigraphic.com/pdfs/imss/im-2020/ims201a.pdf>.
- Trilla, A. (2020). One world, one health: The novel coronavirus COVID-19 epidemic. *Med Clin (Barc)*, 154(5), 175–177. <https://doi.org/10.1016/j.medcli.2020.02.002>.
- Wang, C., Horby, P., Hayden, F. & Gao, G. (2020). A novel coronavirus outbreak of global health concern. *Lancet*, 395(10223), 470–473. <https://doi.org/10.2217/fvl-2020-0066>.
- Yamada, Y., y Liu, D. (2009). Proteolytic activation of the spike protein at a novel RRRR/S motif is implicated in furin-dependent entry, syncytium formation, and infectivity of coronavirus infectious bronchitis virus in cultured cells. *J. Virol*, 83(17), 8744–8758. <https://doi.org/10.1128/JVI.00613-09>.
- Zheng, J., Yamada, Y., Fung, T., Huang, M., Chia, R. y Liu, D. (2018). Identification of N-linked glycosylation sites in the spike protein and their functional impact on the replication and infectivity of coronavirus infectious bronchitis virus in cell culture. *Virology*; 513, 65–74. <https://doi.org/10.1080/15476286.2016.1259781>.
- Zhou, P., Yang, XL., Wang, XG, Hu, B., Zhang, L., Zhan, W., Si, HR., Zhy, Y., Li, B., Lin, C., Hui-Dong, C., Jing, C., Yun, L., Hua, G., Ren-Di, J., Mei-Qin, L., Ying, C., Xu-Rui, S., Xi, W...y Li, Z. (2020), A pneumonia outbreak associated with a new coronavirus of probable bat origin. *Nature*; 579, 270–273. <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2012-7>.

**Citar como:**

Mercado, P. 2020. Origen del SARS-CoV-2: ¿Selección natural o selección adaptativa? *REBIOL* 42(2):286-297. DOI: <http://dx.doi.org/10.17268/rebiol.2020.40.02.14>.

## Artículo de revisión

# SINOPSIS BIOLÓGICA DE *Engraulis ringens* (Jenyns, 1842)

## Anchoveta

### BIOLOGICAL SYNOPSIS OF *Engraulis ringens* (Jenyns, 1842) Anchovy

Katicsa Natalie De La Cruz Barrueto<sup>1</sup>, Alejandra Elizabeth Delgado Domínguez<sup>1</sup>, Julio Franshescoly Baca Izquierdo<sup>1</sup>, Dolly Solidaly Hualcas Chinchayhuara<sup>1</sup>, Julio Manuel Costa Herrera<sup>1</sup>, Christian Alejandro González Campos<sup>1</sup>, Zoila Gladis Culquichicón Malpica<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Escuela Profesional de Biología Pesquera, Universidad Nacional de Trujillo

<sup>2</sup> Departamento de Pesquería, Universidad Nacional de Trujillo

**Autor para correspondencia:** zculquichicon@unitru.edu.pe

Katicsa Natalie De la Cruz Barrueto:		<a href="https://orcid.org/0000-0002-0281-9285">https://orcid.org/0000-0002-0281-9285</a>
Alejandra Elizabeth Delgado Domínguez:		<a href="https://orcid.org/0000-0003-4423-4354">https://orcid.org/0000-0003-4423-4354</a>
Julio Franshescoly Baca Izquierdo:		<a href="https://orcid.org/0000-0002-8971-3562">https://orcid.org/0000-0002-8971-3562</a>
Dolly Solidaly Hualcas Chinchayhuara:		<a href="https://orcid.org/0000-0003-4278-5996">https://orcid.org/0000-0003-4278-5996</a>
Julio Manuel Costa Herrera: Orcid:		<a href="https://orcid.org/0000-0001-6302-7436">https://orcid.org/0000-0001-6302-7436</a>
Christian Alejandro González Campos:		<a href="https://orcid.org/0000-0003-2920-9054">https://orcid.org/0000-0003-2920-9054</a>
Zoila Gladis Culquichicón Malpica:		<a href="https://orcid.org/0000-0002-4822-1254">https://orcid.org/0000-0002-4822-1254</a>

**Recibido: 9 de noviembre 2020 / Aceptado: 29 de diciembre 2020**

#### RESUMEN

La anchoveta se distribuye a lo largo del Pacífico Suroriental, desde la latitud 4° S hasta la latitud 42°30' S. En el litoral peruano se diferencian dos stocks o unidades poblacionales de esta especie: la norte-centro y la que se comparte con el norte de Chile. Esta especie canaliza la productividad primaria de las aguas (nutrientes), hacia niveles tróficos superiores, forma parte de la dieta de un sinnúmero de organismos. La población de estudio fue toda la información existente de anchoveta mientras la muestra fue la fracción de la información. Se empleó el navegador Google Chrome para hacer uso de los diversos motores de búsqueda, tales como: Google, Google Academic y World Wide Science; donde se colectó la información de diferentes revistas y/o repositorios tal como: Instituto de Mar del Perú, Instituto de Investigación de los Recursos Marinos, entre otras. Esta revisión bibliográfica tiene como objetivo presentar y difundir la información de diferentes autores en una sinopsis biológica de *Engraulis ringens* anchoveta, que es un recurso pesquero con una notable importancia en el Perú, resaltando específicamente la identidad, la distribución, la bionomía e historia biótica, la nutrición y el crecimiento, el comportamiento, la población y stock.

**Palabras claves:** anchoveta, *Engraulis ringens*, sinopsis biológica, aguas frías

#### ABSTRACT

The anchovy is distributed along the Southeast Pacific, from 4° S to 42°30' S. On the Peruvian coast, there are two stocks or population units of north-central anchovy and the one that is shared with northern Chile. This species channels the primary productivity of the waters (nutrients), towards higher trophic levels, it is part of the diet of countless organisms. The study population was all the existing information on anchovy while the sample was the fraction of the information. The Google Chrome browser was used to make use of the various search engines, such as: Google, Google Academic and World-Wide Science; where information was collected from different journals and / or repositories such as: Instituto de Mar del Perú, Instituto de Investigación de los Recursos Marinos, among others. This bibliographical review aims to present and disseminate information from different authors on a biological synopsis of *Engraulis ringens* anchovy, which is a fishery resource that is of notable importance in Peru, specifically highlighting the identity, distribution, bionomics and biotic history, nutrition and growth, behavior, population and stock.

**Keywords:** anchovy, *Engraulis ringens*, biological synopsis, cold water

## 1. INTRODUCCIÓN

Tresierra y Culquichicón (1993) reportan que, para el estudio biológico de una especie íctica que está bajo régimen de pesca, la FAO, ha establecido lineamientos básicos que sirven de guía para que los investigadores o estudiantes desarrollen artículos de revisión, que les permita conocer qué aspectos de la biología se han realizado en ella y se conozca aquellas características en las que falta o hay escasa información. Esto hace posible desarrollar proyectos de investigación a fin de lograr un conocimiento integral de los recursos hidrobiológicos más importantes en base a los volúmenes de captura, para lograr una gestión pesquera óptima que lleve a una pesquería sostenida.

El sector pesquero es estratégico para la economía del Perú, principalmente por ser una importante fuente generadora de ingresos después de la minería. Se destaca particularmente la importancia de la pesquería marítima y en menor grado la pesca continental y la acuicultura. La actividad pesquera peruana está tradicionalmente sustentada en los recursos pesqueros marinos pelágicos, principalmente en la anchoveta (*Engraulis ringens*) (FAO, 2010 citado por De Novoa y García, 2011).

Desde principios de la década de los cincuenta se dio inicio a la pesquería de anchoveta a gran escala, Cerpa (2012) afirma que la anchoveta se caracteriza por poseer un tamaño pequeño de 20 cm de longitud total y la primera madurez sexual se presenta al primer año de vida, a un tamaño de 12 cm aproximadamente.

Bouchon et al. (2010) indican que la anchoveta (*Engraulis ringens*), es una especie pelágica de crecimiento rápido y vida corta; vive en la franja de aguas frías de la corriente peruana. La pesquería de la anchoveta, representa alrededor del 95% de los desembarques pesqueros industriales a nivel nacional y es una de las actividades económicas más importantes del país, cuyo destino principal es la producción de harina y aceite de pescado.

La anchoveta no solo es importante para la industria pesquera y para nuestra historia, también cumple un rol ecológico fundamental (Muck, 1989). Esta especie canaliza la productividad primaria de las aguas (nutrientes) hacia niveles tróficos superiores (Jhancke et al., 2004), y es alimento de un sinnúmero de organismos que también son aprovechados directamente por la población humana. Sueiro (2012) indica la importancia de la anchoveta en el ecosistema, ya que es una especie de soporte alimentario de toda la cadena trófica. En este sentido, la anchoveta es crucial porque si colapsa, las especies predatoras van a sufrir un fuerte impacto en sus poblaciones, especialmente si éstas no son generalistas, el perjuicio afectaría enormemente al ser humano, que tiene en la anchoveta un fundamento esencial de ingresos. Es vital una revisión bibliográfica de la biología de *E. ringens* dado que es un recurso hidrobiológico de notable presencia en el ecosistema marino peruano. Este trabajo tiene como objetivo presentar una sinopsis biológica de esta especie y difundir la información existente de diferentes autores sobre la identidad, distribución, bionomía e historia biótica y población y stock de la anchoveta, especie que sustenta una de las pesquerías industriales vitales para el país, económica y socialmente.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

La población de estudio fue toda la información biológica de anchoveta y la muestra fue la fracción de las publicaciones sobre anchoveta y que fueron accesibles al equipo de trabajo durante los meses de 6 de julio al 23 de octubre de 2020, esta muestra, fue determinada, elaborando primero un cuadro sinóptico con las características de la biología de la anchoveta (Tresierra y Culquichicón, 1993) y se revisó la literatura según las características definidas. Se empleó el navegador Google Chrome para hacer uso de los diversos motores de búsqueda, tales como: Google, Google Academic y World Wide Science; y se colectó la información de diferentes revistas y/o repositorios tal como: Instituto de Mar del Perú, Instituto de Investigación de los Recursos Marinos y la revista de Valparaíso- Chile, Océánica, entre otras. La literatura fue citada

textualmente y/o parafraseada para posteriormente ser referenciada, de acuerdo a las normas APA 7° Edición 2019 (Zamora, 2019).

Para desarrollar la presente sinopsis biológica se empleó la herramienta Documentos Google para finalmente integrar todos los informes y presentarlo en un documento de Microsoft Word. Asimismo, los autores utilizaron Google meet para trabajar en equipo. De la información muestreada, se extrajo todo lo concerniente a los diferentes aspectos de la biología de anchoveta. La búsqueda fue orientada a adquirir información sobre la identidad, distribución, bionomía e historia biótica y población y stock de *Engraulis ringens*.

El tamaño de la muestra, referente al número de trabajos revisados, varió según la característica, ya que hay aspectos que son estudiados por más autores y aspectos en los que se obtuvo menor cantidad de información.

### 3. RESULTADOS:

#### IDENTIDAD:

#### TAXONOMÍA

La taxonomía fue obtenida del Catalog of Fishes (2004, citado por Cotrina, 2016):

**Reino:** Animalia

**Phylum:** Chordata

**Subphylum:** Vertebrata

**Superclase:** Osteichthyes

**Clase:** Actinopterygii

**Subclase:** Neopterygii

**Infraclase:** Teleostei

**Superorden:** Clupeomorpha

**Orden:** Clupeiformes

**Suborden:** Clupeoidei

**Familia:** Engraulidae

**Subfamilia:** Engraulinae

**Género:** *Engraulis*

**Especie:** *Engraulis ringens* (Jenyns, 1842)

#### Definición:

La anchoveta es el alimento primordial para la gran mayoría de especies del ecosistema marino en la Corriente de Humboldt, que fundamentalmente constituyen peces grandes, aves marinas y mamíferos marinos; así mismo, es la pesquería sustentada por una especie, más grande del planeta, el empleo final que se le da predominantemente es la producción de harina y aceite de anchoveta destinada a mercado externo. Parte de la producción se comercializa en el mercado interno según el Reglamento de ordenamiento pesquero de la anchoveta (El Peruano, 2020) y es dirigido a consumo humano directo, aunque dentro de este instrumento legal, se considera el descarte de recursos hidrobiológicos, permitiendo que capturas de esta especie con ejemplares deteriorados y no aptos para el consumo humano directo, se destinan para el consumo humano indirecto hasta un porcentaje máximo de 10%, la captura restante es decomisada.

#### Descripción de la especie

Es un pequeño pez plateado de 10 a 16 cm de longitud total, con cuerpo fusiforme, comprimido lateralmente, con ojos de gran tamaño. El dorso de color azul oscuro fuertemente diferenciado de los costados del cuerpo y del vientre que son de un color plateado brillante. Presenta una mancha oscura en la parte superior del opérculo por detrás del ojo. Aleta caudal de color oscuro siendo las restantes aletas de color claro. Aletas sólo con radios, sin espinas. Una sola aleta dorsal corta, ubicada en la mitad del dorso. Las aletas pectorales se encuentran próximas al

borde ventral y la aleta anal es corta, su origen está bien por detrás de la proyección del último radio de la aleta dorsal. Aletas pélvicas en la región ventral media entre las aletas pectoral y anal, por delante de la proyección del inicio de la aleta dorsal. Aleta caudal ahorquillada. Escamas cicloides grandes, plateadas y caedizas, las que no se extienden hacia la cabeza. Sin línea lateral visible a los lados del cuerpo. Dos series de escamas modificadas (Alae) se ubican en cada lado de la base de la aleta caudal. Sin escamas aquilladas a lo largo del vientre. La aleta dorsal presenta de 15 a 16 radios, la aleta anal, 21 a 23, la aleta pectoral, 16 a 17 y la aleta pélvica 7 radios (Oyarzun, s.f.).

Ávila y Carbajal (2018) describen a la anchoveta con un cuerpo largo y cilíndrico, de boca amplia y color plateado que vive alrededor de 3 años. Binothlan y Bailly (2008) coinciden con los autores anteriores en que el cuerpo es alargado. Es, además, delgado y redondeado en la sección transversal; hocico largo y prominente; rama inferior del primer arco branquial con 34 a 49 branquiespinas; aleta anal con menos de 22 radios, ubicada detrás de la base de la dorsal; cuerpo azul brillante o verde. Hay una franja plateada a lo largo del flanco en los juveniles que desaparece con la edad. El alto número de branquiespinas la distingue de todas las especies de anchoa del Pacífico.

### **NOMENCLATURA:**

**Nombre científico:** El nombre científico de la anchoveta es *Engraulis ringens* (Jenyns, 1842) es el aceptado mundialmente.

**Sinonimia:** Según (Fishbase versión 2019, citado en Q-quatics, s.f.) existen 4 nombres científicos como sinonimia, aunque nunca han sido usados: *Anchoviella tapirulus* (Cope, 1877), *Engraulis pulchellus* (Girard, 1855), *Engraulis tapirulus* (Cope, 1877) y *Stolephorus tapirulus* (Cope, 1877).

**Nombres comunes:** Según Jordán y Chirinos (1965), a esta especie, en el Perú, a los individuos mayores se le denomina “anchoveta” y a los individuos de menor tamaño se les denomina “peladilla”. En Chile se le llama “chicora”, “sardina bocana” y “anchoveta”. En España se le llama “anchoa”.

### **VARIABILIDAD GENÉTICA:**

Respecto a la anchoveta peruana, se reportaron productos con un peso promedio de 500pb, 10 alelos y una heterocigosidad de 0,243. Razón por la cual sólo se procedió a realizar el cálculo de heterocigosidades, observada y esperada, frecuencias alélicas y genotípicas, así como el valor Fis, esto debido al bajo grado de polimorfismo del marcador. El alelo predominante en la población de anchoveta peruana es el alelo 2, al igual que el genotipo 1, homocigoto para el alelo 2, de los 124 individuos analizados el 77% cuenta con este genotipo. Este intrón presenta una baja variabilidad genética, lo cual no lo hace apropiado para futuros análisis de estructura poblacional dentro de las especies. Los valores de heterocigosidad observada fueron variables en las calas del stock centro, desde 0,05 hasta 0,300, mientras que el valor más alto se encontró en las muestras correspondientes al stock sur (Rojas, 2010).

### **DISTRIBUCIÓN:**

La anchoveta se distribuye a lo largo del Pacífico Suroriental, desde la latitud 4° S hasta la latitud 42° 30' S. En el litoral peruano se diferencian dos stocks o unidades poblacionales de anchoveta (*Engraulis ringens*): 1) norte-centro desde Zorritos (04°30'S) hasta los 16°00'S en el Perú; y 2) la que se comparte con el norte de Chile (16°01' – 24°00'S) (Chirichigno y Vélez, 1998). Las características biológicas de estas dos unidades poblacionales son aparentemente diferentes (Pauly y Tsukayama, 1987, citado por Bouchon et al., 2012).

Bajo condiciones normales, en la zona de San Juan (15°S) ocurren fuertes afloramientos (surgencia de agua de fondo a la superficie que fertiliza el mar), por lo cual no es frecuente ubicar concentraciones grandes de cardúmenes y constituye una barrera natural que separa estas unidades poblacionales (Bouchon et al., 2010).

Comúnmente está a menos de 80 km de la costa, pero ocasionalmente puede estar hasta los 160 a 180 km de la orilla. En condiciones normales, se encuentra cerca de la superficie durante la noche y para escapar de sus depredadores desciende hasta los 50 m de profundidad durante el día. Cuando ocurre el evento El Niño se mantiene en aguas muy profundas (100 - 150 m), fuera del alcance de todos (EcuRed, 2014, citado por Cotrina, 2016).

### **DELIMITACIÓN Y FACTORES**

Vive en aguas moderadamente frías, con rangos que oscilan entre 16 ° y 23 °C en verano y de 14 ° a 18 °C en invierno. La salinidad puede variar entre 34,5 y 35,1 unidades prácticas de salinidad (UPS) (IMARPE, 2008, citado por Cotrina, 2016). Existe un patrón estacional de distribución. Valores mensuales de profundidad media de los cardúmenes de anchoveta registrados acústicamente por las embarcaciones comerciales entre el 2004 y 2006 demuestran que durante los veranos la anchoveta se ubica a una profundidad media <20 m y durante los inviernos a una profundidad media de ~25 m (IMARPE, 2006a, citado en Walsh Perú S.A, 2009).

### **BIONIMIA E HISTORIA BIÓTICA:**

#### **REPRODUCCIÓN:**

La anchoveta es heterosexual sin caracteres secundarios externos y no se conoce ningún caso de hermafroditismo, alcanza su madurez sexual a los 12 cm y se reproduce mediante la producción de óvulos, que son fertilizados por el macho en el agua y el embrión se desarrolla fuera del cuerpo de la hembra (Vigo, 2016). Según Salvatelli y Mendo (2005), la anchoveta es ovulípara, la proporción sexual es 1 H:1M. No se conoce algún tipo de cortejo y no hay comportamiento agresivo durante la época de reproducción.

El promedio de la fecundidad parcial de la anchoveta fluctuó entre 4 283 y 8 837 ovocitos por hembra madura en la zona central. En la zona sur el promedio de fecundidad parcial fue menos variable en comparación con la zona central, y fluctuó entre 7 260 y 8 903 huevos por hembra madura (Cubillos et al., 2011).

La fecundidad parcial relativa de la anchoveta fluctuó entre 351 y 390 huevos g<sup>-1</sup> de peso total de hembra madura, y entre 376 y 434 huevos g<sup>-1</sup> cuando se consideró el peso corporal (peso sin ovarios) de las hembras maduras, este rango es menor en comparación con otras especies del mismo género como *E. japonica*, *E. anchoita*, *E. capensis*, *E. encrassicolus* y *E. mordax*, y aún con la misma especie en aguas peruanas y en el norte de Chile. De acuerdo con los criterios de Murua y Saborido-Rey (2003), la estrategia reproductiva de las hembras de la anchoveta puede ser clasificada como iteróparas, con desarrollo ovocitario asíncrono, fecundidad indeterminada, y desoves parciales (Cubillos et al., 2011).

#### **DESOLVE**

(Santander y Flores 1983, citados por Perea et al., 2011), reportan que la anchoveta desova parcialmente y el periodo máximo de desove abarca desde agosto hasta marzo. Además, señalan dos etapas máximas: en septiembre durante el invierno austral, y en febrero y marzo perteneciente al verano austral (Einarsson et al., 1966, Saetersdal y Valdivia, 1964, Csirke et al., 1996, citados en Perea et al., 2011).

El desove parcial, significa que se realiza en intervalos aproximados de una semana, durante un periodo determinado y usualmente presenta dos picos de desove, uno secundario en verano (febrero) y uno principal entre invierno-primavera (agosto-septiembre) (IMARPE, s.f.). Históricamente, la anchoveta desova durante todo el año, con dos picos de alto desove en los que normalmente se cierra la temporada de pesca (WWF, 2018). Una hembra adulta produce millares de huevos durante su vida, desovando en la superficie y hasta 50 metros de profundidad (Vigo, 2016).

Santander y De Castillo (1973), realizaron un estudio sobre las primeras etapas de vida de la anchoveta entre las localidades de Salaverry y Chimbote, de 08°04' a 09° 16' Latitud Sur. Para

determinar el desove de la anchoveta, se empezó aproximadamente a las 22 horas por la presencia de huevos en los primeros estadios (1, 2, 3, 4 y 5) en muestras de la estación 116. Hubo evidencia de que el desove continuó produciéndose hasta 2 horas y 20 minutos después, por la presencia de dichos estadios en las muestras de las estaciones 117 y 118. De las tres series de muestreo, se registró el mayor número de huevos indicadores de desove a las 00.15 horas, por lo que se concluyó que el máximo desove debió producirse aproximadamente a esa hora. La anchoveta desova en todas las latitudes del mar peruano y las áreas más importantes se localizan, en el norte desde Chicama (7°30'S) hasta Chimbote (9°S) y del Callao (12°S) hasta Pisco (14°S) en la zona central (Bouchon et al., 2010).

### **Características de los huevos**

Los huevos de la anchoveta son pelágicos y se caracterizan por su forma ovoide. Tienen una sola membrana transparente y lisa y no poseen glóbulos de aceite. El vitelo es de aspecto granular y de un color ámbar en material preservado. In vivo, los huevos son transparentes y pueden ser detectados solamente en el agua de mar por reflexión de luz sobre la membrana del huevo (Einarsson y Rojas de Mendiola, 1963). Sus dimensiones varían para el axis mayor entre 1,19 a 1,60 mm y para el menor entre 0,57 a 0,80 mm. El espacio perivitelino se encuentra bien formado solo en los polos. El vitelo es de aspecto granular, dividido en numerosos alveolos claramente visibles (Jordan y Chirinos, 1965).

## **HISTORIA DE LA LARVA**

### **Vida embrionaria**

Ahlstrom y Counts (1955), citados por Santander y De Castillo (1973), estudiaron las primeras etapas de vida de anchoveta y las dividen en 3 fases y estas autoras establecieron 18 estadios, de acuerdo a las diferencias físicas.

Einarsson y Rojas de Mendiola (1963), también establecen tres fases embrionarias para la clasificación de huevos que sirve de base para la determinación de los diferentes estadios de desarrollo del huevo de la anchoveta. La primera fase incluye desde que se inicia la división, vitelo hasta el cierre del blastoporo, la segunda fase se inicia en el cierre del blastoporo hasta la separación del extremo caudal del embrión del saco vitelino y la tercera fase va desde la separación de la cola del embrión del saco vitelino hasta su eclosión.

## **HISTORIA DEL ADULTO**

Esta especie es de crecimiento rápido y vida corta, con una longevidad de entre 3 y 4 años y es capturada mayormente entre 1 y 2 años de edad (Chirinos de Vildoso y Chumán, 1968, citado por Díaz, 2017). Según Jordán et al. (1985), citado en Luján (2016) la anchoveta es un pez considerado como estenotermo y estenohalino, es decir susceptible a abruptos y prolongados cambios de temperatura y salinidad.

Se ha demostrado que la anchoveta y la sardina (*Sardinops sagax*) tienen la misma dieta. Ambas son preferentemente zooplanctívoras y sus principales presas son los eufáusidos y los copépodos, aunque la sardina tiene una preferencia por los copépodos (Espinoza et al., 2009).

La anchoveta se encuentra restringida a las aguas muy superficiales en la zona mínima de oxígeno, lo que la hace presa fácil para peces más grandes, mamíferos, aves y los pescadores (Gerlotto et al., 2006). Entre los Peces: jurel, cojinova, angelote, lenguado, corvina, lorna, bonito, etc., Aves marinas: guanay, piquero, alcatraz, zarcillo, pájaro niño, gaviota, Mamíferos: lobos marinos, delfín.

## **NUTRICIÓN Y CRECIMIENTO**

### **Hábitos alimentarios**

Su dieta no ha mostrado cambios durante el periodo 1953 al 2008. Los últimos estudios sobre la composición de esta dieta, en términos de contenido de carbono, confirman que es una especie planctívora, siendo los eufáusidos la presa más importante, y en segundo lugar los copépodos.

El zooplancton representa el 80-95% de su dieta (Bouchon et al., 2010). La composición alimentaria de la anchoveta durante la primavera está conformada por 7 grupos planctónicos: géneros de Diatomeas, Dinoflagelados, Silicoflagelados, fitoflagelados, crustáceos, moluscos y huevos de peces (Blaskovic et al., 1999). En cuanto a la actividad alimentaria, se observó que la mayoría de los estómagos analizados contenían alimento al inicio de la digestión. Esto se debe a que las capturas comerciales se realizan al amanecer, horas a las cuales la anchoveta se acerca a la superficie para alimentarse (Chiappa, 1993).

### **Alimento**

Blaskovic et al. (1999), indican que el alimento estuvo conformado por diatomeas y copépodos principalmente y, en menor intensidad de dinoflagelados, silicoflagelados, eufáusidos y otros zooplanctones. Los géneros de diatomeas que más aportan a la dieta de anchoveta en individuos mayores a 10 cm son: *Coscinodiscus* spp. seguido de *Chaetoceros* spp., *Asterionellopsis* y *Skeletonema* spp. en cuanto a fitoplancton. En el zooplancton, los géneros de copépodos más relevantes en la dieta de anchoveta, en individuos mayores a 10 cm, es el *Eucalanus* spp. seguido de restos de copépodos, *Calanus* spp. y *Euchaeta* spp.

La anchoveta abarca un amplio espectro trófico, evidenciando ser claramente una especie generalista, que aprovecha un gran número de recursos de manera simultánea. El espectro trófico comprendió 44 categorías de presas, donde las diatomeas de los géneros *Rhizosolenia* y *Chaetoceros*, el grupo zooplanctónico Copépoda fue el componente de mayor importancia relativa en la dieta (Medina et al., 2015).

### **Crecimiento**

De acuerdo a los análisis de comparación de valores de las medidas del radio  $r_1$  en otolitos de anchoveta colectados en los diferentes cruceros, se puede apreciar que existen diferencias en el primer anillo de crecimiento de los otolitos provenientes de cruceros de investigación realizados durante periodos El Niño (crucero 9802-03) y los realizados durante años normales (cruceros 0310-11 y 0402-03). Los otolitos colectados durante el crucero realizado en el año 2002 con anomalías térmicas positivas (crucero 0210-11) evidenciaron el mismo efecto significativo en el crecimiento que el obtenido durante el crucero 9802-03, al aplicar el Anova en los  $r_1$  de los otolitos con un anillo de crecimiento (un año de edad), colectados en los cruceros realizados en años El Niño y en años normales, se concluyó que las condiciones durante condiciones de este evento, afectan el crecimiento del radio del otolito y la longitud de la anchoveta (Goicochea y Arrieta, 2008).

Asimismo, estos autores indican que el gasto metabólico de la anchoveta está condicionado por la temperatura, por lo que, si esta variable física se incrementa, se vería afectada la ración mínima y el oxígeno mínimo vital; al mismo tiempo, la temperatura afecta colateralmente a la biomasa planctónica por lo que la producción de anchoveta se ve aún más perjudicada debido a que afectan a los niveles de mortalidad, migración, biomasa y reclutamiento. En cuanto a los parámetros de crecimiento iniciales de la ecuación de von Bertalanffy fueron estimados en:  $K=0,55 \text{ año}^{-1}$ ,  $L_{\infty}=19,5 \text{ cm}$ ,  $t_0=-1,0 \text{ año}$ , al modificarlos luego de la corrección por la longitud de la eclosión larval, resultaron en:  $K=0,91 \text{ año}^{-1}$ ,  $L_{\infty}=18,72 \text{ cm}$  y  $t_0=-0,01 \text{ año}$  (Canales y Leal, 2009).

### **COMPORTAMIENTO**

La información acústica recopilada durante 15 años (15 cruceros de evaluación hidroacústica pelágica en verano y 12 en invierno) a lo largo de la costa peruana entre 2000 y 2014, reveló patrones característicos dentro del comportamiento de agregación y distribución de la anchoveta (Ramiro et al., 2015).

Las migraciones de los recursos pelágicos se deben a tres factores: alimentación, desove y a las alteraciones climáticas de su hábitat. Estas alteraciones pueden ocurrir en las corrientes, temperatura, salinidad, oxígeno, etc; y son las que han originado a partir de 1997 un desplazamiento de los recursos pelágicos hacia el sur, especialmente de la anchoveta. Esta

migración se deduce por las mayores capturas de anchoveta obtenidas desde mayo a octubre de 1997 en los puertos de Pisco e Ilo (Castillo y Gutiérrez, 1998).

En general, hay diferencias significativas de comportamiento intraestacional e interestacional. En el verano, los valores de integración promedio ( $m^2/nmi^2$ ) son mayores que los valores de primavera e invierno, debido a la prevalencia del comportamiento de agregación de cardumen por el estrechamiento de su área de hábitat favorable (aguas frías costeras). Las concentraciones más altas de cardúmenes con altas densidades de biomasa generan altos valores de integración. Por lo tanto, existen diferencias significativas por estaciones e incluso hay una variabilidad en el comportamiento de distribución en cada temporada (Ramiro et al., 2015).

## **POBLACIÓN Y STOCK:**

### **ESTRUCTURA**

#### ***Composición por género***

Perea et al. (2011) afirman que durante el periodo 2000-2008 se registró un mayor número de machos (60%) en relación a las hembras (40%), observándose que esta diferencia varió anual y estacionalmente. Mientras que estudios de proporción sexual según tallas, realizados en anchoveta peruana (Jordán, 1959, Einarsson et al., 1966, y Alheit, 1984, citados por Perea et al. (2011) encontraron una dominancia de hembras, lo cual fue confirmado por Miñano (1968), aunque indicando que entre los individuos de 12 a 14 cm predominan los machos sobre las hembras.

Las proporciones sexuales por año, crucero y sexo para los Cruceros Hidroacústicos de Evaluación de Recursos Pelágicos (cruceros de verano) fluctuaron de 0,539 a 0,648 y a su vez todas las proporciones obtenidas fueron estadísticamente significativas con un rango de Ji-cuadrado de 9,894 a 203,018 (Castillo, 2012).

#### ***Composición por edad***

Jordán y Chirinos (1965) demostraron que el recurso anchoveta de la pesca comercial del Perú registró desde 1 hasta 7 anillos, con una mayor proporción para los grupos de 2 y 3 anillos siendo los representantes de 5 a 7 anillos muy escasos. Motivo por el cual si asignamos a los anillos un valor bianual tendríamos que la mayor abundancia relativa corresponde a los ejemplares de 1 a 1 ½ años de edad y la longevidad máxima superaría ligeramente los 3 años.

La interpretación de los anillos de otolitos de la anchoveta provenientes de la región norte-centro de la costa peruana muestran un alto porcentaje de individuos de edad 0 (59,17%) a diferencia de Jordán y Chirinos (1965), mientras que el porcentaje de individuos adultos por edades 1; 2 y 3 es de 28,33%; 10,83 % y 1,67% respectivamente. Como puede apreciarse la estructura por edad de esta especie durante el periodo estudiado ha estado compuesta por individuos, jóvenes, menores de 2 años (Ñiquen et al., 1999).

Gatica et al. (2007) mencionan que la estructura por edad en las capturas de la anchoveta desde 1991 hasta 2005, presentó ejemplares de hasta 4+ en contradicción con Ñiquen et al. (1999), quienes no reportan al grupo 4+.

#### ***Edad máxima***

Palomares et al., (1987) definieron a la anchoveta como una especie de vida corta que alcanza aproximadamente los cuatro años de edad cuyo estudio es corroborado posteriormente por Ñiquen et al. (2000) y (Bertrand et al., 2008, citados por Perea et al., (2011).

En cuanto a la utilización de los microincrementos en peces pelágicos pequeños (Morales-Nin, 1989, citada por la Universidad Arturo Prat, 2008) validó en *Engraulis ringens*, los annuli, graficando la edad en días versus la edad en años (obtenida por el conteo de los annuli). La Universidad Arturo Prat (2008), encontró ejemplares hasta de 5 años, en la zona centro-sur (Chile) entre marzo 2005 a marzo 2006, los ejemplares de edad 0 a 5 años estuvieron mejor representados.

### **Composición por Longitud**

Ayala (2003), registra que la longitud promedio fue de  $13,51 \pm 0,78$  cm y el peso  $28,02 \text{ g} \pm 5,61$  g mostrando una distribución por tamaños en cuatro categorías: pequeño (< 10 cm), mediano (10,1-12 cm), grande (12,1 a 14 cm) y extragrande (> 14,1 cm). El 78,06 % del total correspondió a la categoría "grande". Según Mori (2007) la longitud total de la anchoveta varió 8,5 a 17,5 cm, con una moda principal de 13 cm; el porcentaje de juveniles alcanzó el 16,33%. Según IMARPE (2020) los resultados de la prospección demostraron que las tallas fluctuaron entre los 5 y 16 cm, con una moda en 11,5 cm y un porcentaje de juveniles del 48% en número y del 33% en peso. Según lo referido por Quiñones y Chipollini (1998), las capturas estuvieron constituidas en su gran mayoría por juveniles, presentándose adultos solo en pequeños sectores frente a playa Tanaca (3 mn), Camaná (1 mn) y entre Cerro Azul y Cañete (dentro de 5 mn) y en un porcentaje moderado a 54 mn frente a Jahuay, donde destaca la presencia de juveniles.

Mientras que Guardia et al. (2012) registran que las curvas anuales de tallas de anchoveta desde el 2005 al 2007, mostraron modas que estuvieron entre 15,0 y 15,5 cm representando el 30,3% y 45,0%, del 2008 al 2010 los desembarques estuvieron conformados por ejemplares de menor tamaño, con una moda en 14,5 cm de longitud total.

El promedio anual de incidencia de juveniles fue variable, alcanzando un máximo de 4,32% en el 2007 y mínimo de 0,03% en el 2005, con promedio de 1,91%; situación que no ameritó el "cierre de pesca", ya que estos valores estuvieron por debajo de la tolerancia máxima establecida para el recurso (10%) de tallas menores a 12,0 cm. IMARPE (2020), manifiesta que durante la Segunda Temporada 2019 los individuos del Stock Norte-Centro capturados por la flota industrial de cerco presentaron un rango de tallas que abarcó desde los 5,5 cm a los 17,5 cm de longitud total con una moda de 14 cm y una incidencia de ejemplares juveniles del 10%, que fue similar a la que se registró en la temporada 2017-II donde los individuos capturados por la flota presentaron un rango de tallas que abarcó desde los 6,5 cm hasta los 17,5 cm de longitud total con una moda de 14 cm y una incidencia de ejemplares con tallas menores a los 12 cm del 7 %. Esta cifra fue menor a la reportada en las dos temporadas anteriores (2018-I con 17 % y 2017-II con 24%).

Asimismo, IMARPE (2020) menciona que enero fue el mes con mayor incidencia de juveniles, mientras que espacialmente, la mayor incidencia de estos individuos se registró entre el Callao y San Juan de Marcona, el cual coincide con lo registrado por (IMARPE, 2018).

### **Relación longitud-peso**

Arones et al. (2000), indican que la relación longitud- peso de anchoveta fue similar entre el periodo 1995 y 1996 y diferente en los años 1997 y 1998, lo cual puede deberse a las condiciones desfavorables de El Niño 1997-1998. Según Guardia et al. (2012), para el cálculo de la relación longitud/peso de anchoveta se tomó la información biológica colectada de enero a agosto del 2010, donde se evaluaron 1 886 ejemplares, observándose que la ecuación potencial es característica del recurso ( $a= 0,007$ ,  $b= 2,964$  y  $R^2 = 0,953$ ). Se determinó que un ejemplar de anchoveta de 16 cm pesó aproximadamente 25 g.

## **TAMAÑO Y DENSIDAD**

### **Tamaño promedio y cambio en el tamaño**

IMARPE (2020), afirma que la biomasa acústica del Stock Norte-Centro de la anchoveta observada al 01 de abril del 2020 por el Cr. 2020-0203 ascendió a 10,11 millones t. Esta cifra es mayor que la observada en el verano de 2019 (7 millones t) y comparable a la observada en el verano del 2018 (10,86 millones). Además, esta cifra es superior al promedio de todas las observaciones de verano correspondientes al periodo 1994-2019 (8,18 millones t).

### **Densidad promedio y cambio en la densidad**

Según Lau (2016), la importancia de los lances de comprobación puede notarse en las relaciones entre valores de NASC (Nautical Acoustic Standard Coefficient) y densidad de Biomasa (en toneladas por milla náutica al cuadrado) a distintas escalas, en donde se observa que para

anchoveta la dispersión de los datos se incrementó a medida que la escala fue disminuyendo. Los resultados muestran una alta relación entre los valores agrupados a nivel de crucero, lo que colocaría al NASC como un buen indicador de biomasa a esta escala; sin embargo, a nivel de UBM (Unidad Básica de Muestreo) (sin agrupación), la información de NASC mostró una alta dispersión. Durante el Cr. 2020-0203, la distribución de la biomasa acústica de anchoveta fue bastante costera. El 65% de la misma se encontró dentro de las primeras 10 mn y el 95% dentro de las primeras 30 mn. Latitudinalmente, el 58% de la biomasa se localizó entre las latitudes 05°00' y 08°59'S, el 42% restante entre 09°00' y 15°59'S (IMARPE, 2020). En los últimos 10 años la biomasa de anchoveta se ha mantenido entre los 6 y más de 12 millones de toneladas reportadas a mediados del 2013, el último registro fue de 10,11 millones de toneladas, 3 millones más que el año anterior.

## NATALIDAD Y RECLUTAMIENTO

### Natalidad

Minaño (1968), calculó la fecundidad en aproximadamente entre 9 000 y 21 000 óvulos fecundados en anchovetas entre 12 y 17 cm. Se ha observado que los peces de mayor tamaño producen mayor número de huevos, en consecuencia, potencial e inicialmente el incremento de la población dependerá del número y tamaño de las hembras desovantes (Jordán y Chirinos, 1965). Bouchon et al. (2010) reportaron que el incremento en la duración de la actividad desovante ha producido un período largo de nacimiento de nuevos individuos que luego serán los futuros reclutas.

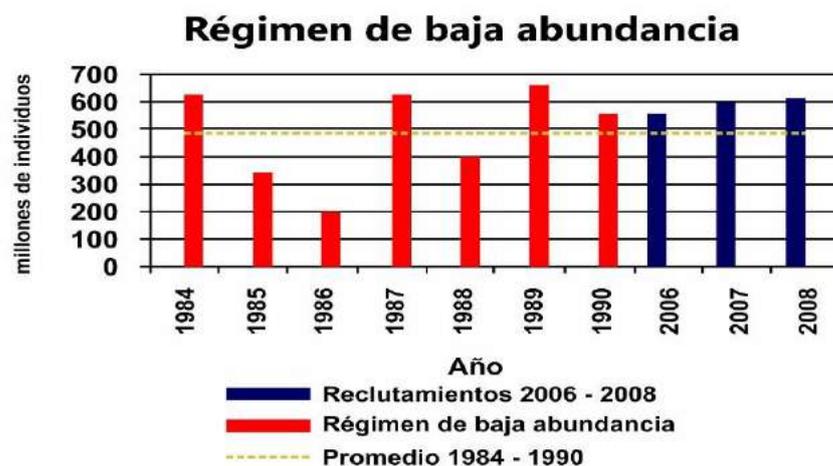
### Reclutamiento

(Bakun, 1989, citado en Ojeda, 2016) definió reclutamiento como el proceso por el cual la cantidad de peces jóvenes que sobreviven a las etapas de huevo, larva y juveniles se incorporan por primera vez a la fase explotable de una población de peces, siendo susceptibles de ser capturados por un arte particular de pesca. Según Schaefer (1967) la clase recluta entra al stock pescable con un tamaño aproximado de 8 cm y una edad cercana a 5 meses, sin embargo, la especie no está completamente disponible para la pesquería hasta los 14 cm.

El desove y especialmente el reclutamiento son muy sensibles a los cambios en las condiciones ambientales (temperatura, salinidad, etc.), cuyos efectos se ven reflejados inmediatamente en el stock, dada la corta vida de la especie. Esta condición genera una alta variabilidad en el tiempo, que dificulta las proyecciones de biomasa (Subsecretaría de Pesca, 2008). Según CeDePesca (2010) en el período 2000-2008 el promedio de reclutas fue de mil millones, mucho más alto que en el período 1984-1990, cuando alcanzó en promedio 500 millones (Figuras 1 y 2).



**Figura 1:** Reclutamiento del stock de anchoveta del norte de Chile y sur del Perú para 2000-2008 según las evaluaciones de 2010 y 2009 del IFOP y promedio del periodo 1991 – 2007 tomando en cuenta las estimaciones de la evaluación de 2010. Fuente: IFOP (citado por CeDePesca, 2010).



**Figura 2:** Reclutamiento del stock de anchoveta del norte de Chile y sur del Perú para el periodo 1984-1990 y 2006-2008 según estimaciones del IFOP. Se muestra además el promedio del periodo 1984-1990. Fuente: IFOP (citado por CeDePesca, 2010).

Los reclutas (individuos de 8 a 12 cm de longitud total) aparecen en las aguas costeras peruanas de octubre a abril con picos en enero y febrero, se ha observado un reclutamiento prolongado, desde enero hasta julio de cada año (Bouchon et al., 2010).

### MORTALIDAD Y MORBIDEZ

Al igual que en otros organismos, el número de individuos de una clase anual de anchoveta va disminuyendo debido a la mortalidad que es ocasionada por diversas, lo cierto es que, a cada instante, cada día, cada mes o cada año, hay una fracción de los individuos existentes que mueren y lógicamente hay otra fracción de individuos que no mueren y que llegan con vida al fin de cada período (Csirke, 1989). Estos ejemplares mueren por longevidad, pero hay otra fracción que muere por la pesca.

#### Mortalidad

Existen dos: aquellos individuos que mueren por mortalidad natural (edad, depredación, contaminación, factores ambientales, etc.) y los que estarán afectados a la mortalidad por pesca, la cual está representada por la captura mensual proveniente la flota industrial pesquera destinada a la extracción de anchoveta (Ávila, 1953).

El conocimiento de las tasas de mortalidad natural y por pesca, así como sus fluctuaciones, es indispensable para el manejo de una pesquería. Según Jordán y Chirinos (1965), el método más valioso para la determinación de dichas tasas es la composición por edades y este es un aspecto bastante estudiado en la anchoveta. La mortalidad por pesca es variable, mientras que la mortalidad natural es constante (Csirke, 1989), se toma esta asunción para facilitar el estudio de la dinámica de la anchoveta.

#### Factores que causan la mortalidad

Los cambios de temperatura del mar y en la densidad de alimento disponible son posiblemente los factores más importantes que afectan el ecosistema marino del Perú durante el evento El Niño. Las temperaturas altas aumentan los gastos metabólicos y los requerimientos de oxígeno, y las densidades bajas de fitoplancton y zooplancton decrecen la tasa de consumo de sus depredadores, especialmente de los peces pelágicos como anchoveta y sardina, los cuales son de gran importancia económica (Villavicencio y Muck, 1983). Aunque, actualmente, la sardina,

especie competidora de la anchoveta ha descendido en los desembarques desde 1998, que alcanzó un millón de toneladas (Cárdenas et al., 2015), para descender a menos de 500 000 toneladas en el año siguiente y continuando el decremento en los años subsiguientes, no está extinta pero la biomasa está en niveles bajos como para sostener una pesquería del nivel de los años 80 y 90.

Álamo et al. (1996), indican que el canibalismo y la depredación de huevos de anchoveta es un hecho observado con frecuencia en peces. Asimismo, estos autores reportan que para el invierno de 1995 se ha observado este comportamiento entre 06° y 11°S siendo más intenso entre las 30 y 40 millas del grado 07° LS. En cuanto a la longitud del predador fue de 12 a 18 cm, habiendo determinado que un 11,7 % de la mortalidad natural fue ocasionada por el canibalismo, una cifra menor que la que observó Álamo (1994), quién calculó una mortalidad natural de 20 % por esa causa. Santander et al. (1983), reportan que el 61,1% de 10 estómagos de anchoveta, el número promedio de huevos de anchoveta en por estómago de anchoveta fue de 5.5. Asimismo, estos autores encontraron que el 62,4% de 10 estómagos de sardina contenían huevos de anchoveta y el número de huevos por estómago de sardina fue de 16,4.

### **Morbidez**

La morbilidad es un estado de mala salud o enfermedad. El término puede ser usado para referirse a la existencia de cualquier forma o al grado en que esa condición de salud afecta al individuo. También se entiende como la proporción de seres vivos que enferman en un sitio y tiempo determinado (Real Academia Española, 2020). En el caso de la anchoveta se presentan situaciones que llevan a un grado de morbilidad que a la larga puede ocasionar la muerte.

### **Falta de alimento, provocado por El Niño**

La extraordinaria abundancia de la anchoveta está directamente relacionada con la muy alta productividad de la corriente de Humboldt. Ésta es una de las corrientes de aguas frías y ricas en nutrientes que es impulsada por los vientos de sur a norte llegando hasta la península de Illescas en Piura para que luego desviarse hacia el oeste generando el ingreso de aguas tropicales y claras características del norte. Cada 2 o 7 años los vientos se debilitan en menor o mayor grado, lo cual conlleva que esta corriente pierda fuerza y las aguas cálidas se distribuyen más al sur causando la disminución de la productividad biológica típica de las aguas frías. Luego, la escasez de nutrientes durante los años en los que se manifiesta El Niño afecta la abundancia y la distribución de la anchoveta (OCEANA, 2016), ocasionando que la condición general de la anchoveta disminuya y esté vulnerable a las enfermedades en niveles mayores que en los años neutros.

### **Los microplásticos**

Son partículas de plástico menores a 5 mm hasta tamaños tan pequeños que son imperceptibles. Son producto de la degradación de los residuos plásticos (Ministerio del Ambiente, s.f.). Se ha encontrado en la fauna marina como peces, moluscos, aves, tortugas, etc., sal, agua de grifo y embotellada, polvo ambiental y miel. IMARPE, entre 2014 y 2015, monitoreó cuatro playas arenosas: Vesique (Chimbote), Albufera de Medio Mundo (Huacho), Costa Azul (Ventanilla, Lima); y El Chaco (Pisco), en todos los casos se encontró presencia de microplásticos. Se agregan aditivos a los plásticos para darle características especiales como rigidez, dureza, color, etc. Estos aditivos pueden estar compuestos de sustancias peligrosas y son liberados en el proceso de degradación del plástico o por transferencia del plástico al material que contiene. Se ha identificado que en concentraciones significativas pueden alterar la función del sistema endocrino en peces adultos y otras especies, incluyendo el ser humano (Ministerio del ambiente, s.f.).

Un grupo de científicos ya ha grabado al plancton, microorganismos que conforman la base de la cadena alimenticia del mar, comiendo partículas plásticas. Los peces, como la anchoveta peruana, consumen el zooplancton contaminado y de esta manera el impacto puede llegar a todos. Los microplásticos no solo afectan la vida marina, una persona puede consumir hasta 14 partículas de ellos al beber un vaso de agua, ello demuestra que todo lo que arrojamos al océano

vuelve a nosotros y pueden llegar hasta nuestra mesa, camuflados en cualquier plato marino (OCEANA, 2018).

### Los parásitos

Al ser un recurso muy importante para el país, se efectuó investigaciones sobre los parásitos que se encuentran en este organismo a fin de conocer la posibilidad de perjuicio a los consumidores directos (Gonzales, 2017), se encontró el siguiente parásito: Protozooario: *Kudoa sp.* en el músculo esquelético.

George y Moscoso (2013), indican que del total de anchovetas (n=221), el 68,7% tenía parásitos, 33,9% de los 59 ejemplares recolectados en Caldera (Chile), 75,6% de los 90 individuos de Talcahuano y el 88,9% de los 72 ejemplares de Valdivia. Sólo en Talcahuano se encontraron diferencias significativas entre muestras al comparar la prevalencia total del parasitismo ( $X^2 = 12,39$ ; g.l. = 2 y  $p = 0.002$ ), no hubo diferencias significativas entre las muestras de Caldera y Valdivia ( $0,252 < \chi^2 < 0,675$ , g. l. = 1;  $0,411 < P < 0,616$ ).

### Relación entre la morbilidad y la mortalidad

La relación entre la morbilidad y la mortalidad en *Engraulis ringens*, es directa y está estrechamente vinculada con la temperatura, la cual influye en su distribución y alimentación. Durante El Niño ingresan aguas cálidas por el norte, estas aguas cálidas tienen menor productividad, bajo estas condiciones, las anchovetas migran hacia el sur, los ejemplares que no logran migrar mueren producto de las condiciones ambientales adversas. La morbilidad y especialmente la mortalidad por senectud pueden efectivamente reducirse al bajar la densidad de la población y al disminuir la edad promedio de los individuos que la componen. Bertrand et al. (2004), plantean que, en el Perú, los eventos El Niño tienen fama de producir una muerte masiva de anchoveta (*Engraulis ringens*).

## 4. DISCUSIÓN

La anchoveta, especie bandera del Perú, es conocida como *Engraulis ringens* (Jenyns, 1842), nombre científico que le fue dado primero y aunque existen otros nombres científicos posteriores, nunca reemplazaron al nombre vigente como si ha sucedido con otras especies como corvina y angelote (Rodríguez et al., 1996). Esta especie es gestionada de forma binacional debido a que el Perú comparte el stock sur con Chile, al presente las coordinaciones entre ambos países han mejorado debido al avance de la tecnología.

El monitoreo de anchoveta es permanente, tanto con muestras de embarcaciones industriales como en embarcaciones de investigación (Gob.pe, s.f.), lo que ha permitido describir la distribución de ella, reportando que los factores climáticos como las estaciones del año o el evento El Niño, tienen efecto en la extensión del área que ocupa esta especie, acercándose a la costa en estaciones de verano y ampliando su distribución en invierno. El Niño ocasiona que la anchoveta migre al sur, entrando en territorio chileno, que coordinadamente con Perú, cuidan de no extraer juveniles en porcentajes altos para que la pesquería sea sostenida.

Es una especie de fecundidad media, tiene desarrollo asincrónico y presenta desoves parciales, lo que coincide con algunas especies peruanas (Buitrón et al., 2015), esto se debe a las condiciones subtropicales del mar. La talla media de madurez gonadal es 12 cm y es zooplánctívora preferentemente, estas características se han mantenido por décadas (Bouchon et al., 2010) y es presa de muchas especies, realidad en la anchoveta que permanece hasta hoy, siendo el depredador top el ser humano.

En el Perú se ha encontrado como máximo a ejemplares de hasta 4+ años (Gatica et al. (2007), mientras que La Universidad de Prat (2008), reportó individuos de 0 a 5 años, es probable que para Perú se encontraron muy pocos ejemplares de 5 años y por ello lo expresaron como 4+ que incluye a los de 4 y más años. En cuanto a las concentraciones de los cardúmenes presentan diferencias significativas por estaciones e incluso hay una variabilidad en el comportamiento de

distribución en cada temporada, un comportamiento semejante al de otras especies peruanas (IMARPE, 2019), ya que conviven con la anchoveta en un mismo biótomo.

El promedio de la biomasa entre 1994 a 2019 fue de 8.8 t, un nivel más alto que entre los años 1983 y 1992 (5,13 t como biomasa promedio), período en el que se produjo el colapso de la población debido a la combinación de la sobrepesca y El Niño, la biomasa disminuyó drásticamente (Gutiérrez et al., 2012), la recuperación de la población de anchoveta llevó más de una década.

La natalidad se ha calculado en aproximadamente 9 000 y 21 000 óvulos fecundados en anchovetas entre 12 y 17 cm, un potencial reproductivo bajo en comparación con otras especies como el lenguado que produce 2 125 000 huevos por individuo (Angeles y Mendo, 2005). Los reclutas (individuos de 8 a 12 cm de longitud total) aparecen en las aguas costeras peruanas de octubre a abril con picos en enero y febrero, se ha observado un reclutamiento prolongado, desde enero hasta julio de cada año (Bouchon et al., 2010).

El conocimiento de las tasas de mortalidad natural y por pesca, así como sus fluctuaciones, es indispensable para el manejo de una pesquería, sin embargo, el stock de anchoveta presenta dificultades para una gestión pesquera óptima debido a los factores ambientales tan cambiantes que se presentan en nuestro mar, dado que, hasta la actualidad, no se ha podido predecir la intensidad de los eventos El Niño que impactan negativamente en esta especie.

Dentro de las causas de muerte natural está el canibalismo y la depredación de huevos de anchoveta que lleva a pérdidas que afectan el reclutamiento, asimismo, la contaminación afecta a la población de anchoveta ocasionando una morbilidad que puede llevar a la muerte, lamentablemente falta aún mucho para lograr la conciencia ambiental suficiente del ciudadano de a pie y de los pescadores. Respecto a los parásitos, afectan la condición general de los individuos y los hace vulnerables tanto a factores ambientales como a los depredadores y a la mortalidad por pesca.

Durante todo el tiempo en que se ha estudiado a la anchoveta, desde los años de la década de los sesenta hasta la actualidad, la anchoveta mantiene los parámetros básicos, se ha recuperado de un colapso probablemente por ser de vida corta y por ser una especie resiliente, a pesar del nivel de pesca que soporta en la actualidad, esta especie continúa siendo la base de una fuente de ingresos importantes, debido a los precios de la harina y el aceite de anchoveta en el mercado externo, ahora se cuenta con un reglamento de ordenamiento pesquero que no protege a la anchoveta, esto es porque hay un porcentaje de pesca para consumo humano directo que se puede derivar para la fábrica. Es necesario que la pesquería de la anchoveta y de las especies bajo régimen de pesca se sustente en el conocimiento de la biología, monitoreando las características que son claves para lograr una pesca sostenida.

## **5. CONCLUSIONES**

La anchoveta es conocida oficialmente como *Engraulis ringens* (Jenyns, 1842), presenta reproducción externa y dos épocas de desove al año. Se alimenta preferentemente de zooplancton, los reclutas (individuos de 8 a 12 cm de longitud total) aparecen en las aguas costeras peruanas de octubre a abril con picos en enero y febrero, Tiene una longitud máxima calculada de 18,75 cm y una edad máxima de 5 años. Es una especie que forma cardúmenes y presenta ejemplares de 0 a 5 años, siendo las edades intermedias las que aportan más a la pesquería. En cuanto a la natalidad y la mortalidad son dos procesos opuestos y que se ven afectados por los factores ambientales, la pesca y en cada vez mayor nivel, la contaminación que eleva la mortalidad natural. Ésta es una especie bastante resiliente y que juega un rol importante en el ecosistema marino, tanto peruano como chileno ya que es un recurso binacional.

## **6. AGRADECIMIENTOS**

Agradecemos a la Mg. Darleni Ascón Cabrera por su revisión del informe y sugerencias.

## 7. CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES:

Katicsa Natalie De La Cruz Barrueto: Coordinó el trabajo del equipo 1, la consolidación de la información total, así como se encargó de obtener y procesar la información sobre lo concerniente a bionomía e historia biótica.

Alejandra Elizabeth Delgado Domínguez: Responsable de obtener y procesar la información sobre bionomía e historia biótica.

Julio Franshescoly Baca Izquierdo: Responsable de obtener y procesar información sobre identidad y distribución.

Dolly Solidaly Hualcas Chinchayhuara: Responsable de obtener y procesar información sobre población y stock.

Julio Manuel Costa Herrera: Responsable de obtener y procesar información sobre identidad y distribución.

Christian Alejandro González Campos: Responsable de obtener y procesar información sobre población y stock.

Zoila Gladis Culquichicón Malpica: Supervisó la investigación bibliográfica durante los 4 meses, aportando información en cualquiera de los aspectos estudiados, especialmente en la fase final del estudio, hasta la elaboración final del informe.

## 8. CONFLICTO DE INTERESES:

Los autores declaran que no existe conflicto de interés.

## 9. FINANCIAMIENTO: Autofinanciado

## 10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Álamo, A. (1994). Espectro alimentario y canibalismo de huevos de *Engraulis ringens* durante la primavera de 1994. IMARPE. DGIRH: (Documento Interno).
- Álamo, A.; Navarro, I.; Espinoza, P. y Zubiato, P. (1996). Espectro alimentario y ración de alimentación de *Engraulis ringens* y de *Sardinops sagax sagax*, y mortalidad de huevos de la anchoveta peruana por predación. IMARPE. Inf. N° 119: 34-42. Recuperado de: <http://biblioimarpe.imarpe.gob.pe/bitstream/123456789/492/1/INF%20119-5.pdf>.
- Angeles, B. y Mendo, J. (2005). Crecimiento, fecundidad y diferenciación sexual del lenguado *Paralichthys adspersus* (steindachner) de la costa central del Perú. *Ecología Aplicada*, 4(1,2). Recuperado de: <http://www.scielo.org.pe/pdf/ecol/v4n1-2/a14v4n1-2.pdf>.
- Arones, I., Rubio, J., Huamani, S. y Saravia, P. (2000). Aspectos biológicos pesqueros de la pesquería industrial de anchoveta y sardina en Pisco y Tambo de Mora 1995 – 1998. IMARPE Informe progresivo N° 20. <http://biblioimarpe.imarpe.gob.pe/bitstream/123456789/1161/1/IP%20129.pdf>.
- Ávila, E. (1953) Sobre el factor de condición usado en biología pesquera. *Bol. Crent. Cía. Adm. Guano*, vol. I, n°1, p: 19-53.
- Ávila, C. y Carbajal, J. (2018). Elaboración de hamburguesas de pulpa de anchoveta (*Engraulis ringens*) y torta desgrasada de ajonjolí (*Sesamum indicum*). <http://repositorio.uns.edu.pe/bitstream/handle/UNS/3239/48914.pdf?sequence=1&isAllo wed=y>.
- Ayala, M. (2003). Longitud, peso y composición química proximal de la anchoveta peruana en el periodo post niño 1997-98. Instituto Tecnológico de la Producción. <http://repositorio.itp.gob.pe/bitstream/ITP/96/1/publicacion%205.2.pdf>.
- Bertrand, A., Segura, M., Gutiérrez, M. y Vásquez, L. (2004). From Small-Scale Habitat Loopholes to Decadal Cycles: A Habitat-Based Hypothesis Explaining Fluctuation In Pelagic Fish Populations Off Peru. *Fish And Fisheries*. 5: 296 – 316.
- Binohlan, C. y Bailly, N. (2008). *Engraulis ringens* Jenyns, 1842 Anchoveta. <https://www.fishbase.de/Summary/SpeciesSummary.php?ID=4&AT=peruvian+anchovy#>.
- Blaskovic, V., Espinoza, P., Torriani, F. y Navarro, I. (1999). Hábitos alimentarios de la

- anchoveta frente al litoral peruano durante la primavera 1998. Crucero BIC José Olaya Balandra 9811-12. IMARPE. Inf. 146. <http://biblioimarpe.imarpe.gob.pe/bitstream/123456789/1577/1/INF%20146-11.pdf>.
- Bouchon, M., Ayón, P., Mori, J., Peña, C., Espinoza, P., Hutchings, L., Buitron B., Perea A., Goicochea, C. y Messié, M. (2010). Biología de la anchoveta peruana (*Engraulis ringens* Jenyns). IMARPE, 25 (1-2): 30pp. <http://biblioimarpe.imarpe.gob.pe/bitstream/123456789/1099/1/BOL%2025%281-2%29-3.pdf>.
- Bouchon, M., Ayón, P., Mori, J., Peña, C., Espinoza, P., Hutchings, L., Buitron B., Perea A., y Castillo, J. (2012). Determinación de la proporción sexual y su relación con la hora pico de desove de la anchoveta *Engraulis ringes* (Jenyns, 1842) durante el periodo 2000-2009 en la región norte-centro del Perú. En publicaciones de: Universidad Nacional Mayor De San Marcos. [https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/3793/Castillo\\_aj.pdf?squence=1&isAllowed=y](https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/3793/Castillo_aj.pdf?squence=1&isAllowed=y).
- Canales, T. y Leal, E. (2009). Parámetros de historia de vida de la anchoveta *Engraulis ringens* Jenyns, 1842, en la zona centro norte de Chile. Rev. biol. mar. oceanogr. v.44. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-19572009000100017>: [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S071819572009000100017](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S071819572009000100017).
- Castillo, J. (2012). Determinación de la sexual y su relación con la hora pico de desove de la anchoveta engraulis ringes (Jenyns, 1842) durante el periodo 2000-2009 en la región norte-centro del Perú. Para optar el Título Profesional de Biólogo con mención en Hidrobiología y Pesquería. <https://core.ac.uk/download/pdf/323353231.pdf>.
- Castillo, R. y Gutiérrez, M. 1998. Distribución geográfica de la anchoveta (*Engraulis ringens*) entre Huacho y Pacasmayo a diferentes estratos de profundidad Crucero BIC Humboldt 9711. IMARPE. Inf. Inst. Mar Perú. 133. <http://biblioimarpe.imarpe.gob.pe/bitstream/123456789/1477/1/INF%20133-6.pdf>.
- CeDePesca. (2010). Anchoveta (sur del Perú/ norte de Chile) *Engraulis ringens*. Ficha Técnica de la Pesquería. [http://humboldt.iwlearn.org/es/informacion-y-publicacion/anchoveta\\_stock\\_sur\\_Perunorte\\_Chile\\_Informe\\_CeDePesca\\_diciembre\\_2010.pdf](http://humboldt.iwlearn.org/es/informacion-y-publicacion/anchoveta_stock_sur_Perunorte_Chile_Informe_CeDePesca_diciembre_2010.pdf).
- Cerpa, Y. 2012. Caracterización del crecimiento de juveniles de anchoveta (*Engraulis ringens*) en condiciones de confinamiento en la zona Norte de Chile. En publicaciones de: Pontificia Universidad Católica De Valparaíso. Chile. [http://opac.pucv.cl/pucv\\_txt/Txt-3000/UCE3022\\_01.pdf](http://opac.pucv.cl/pucv_txt/Txt-3000/UCE3022_01.pdf).
- Chiappa, X. (1993). Estudio del régimen y hábitos alimentarios de la anchoveta *Engraulis mordax* Girard (*Pisces: Engraulidae*), En Baja California, México. Recuperado de: <http://iiowwww.cienciasmarinas.com.mx/index.php/cmarias/issue/view/99>.
- Chirichigno, N. y J. Vélez. (1998). Clave para identificar peces marinos del Perú. IMARPE. Edición Especial. Callao. Perú. <http://biblioimarpe.imarpe.gob.pe/bitstream/123456789/3327/1/CLAVE PARA IDENTIFICAR LOS PECES.pdf>.
- Cotrina, K. (2016). Cambios físico-químicos, microbiológicos y sensoriales de la anchoveta (*Engraulis ringens*) fresca en corte hgt a diferentes condiciones de envasado". Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima-Perú. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2767/Q04-V546-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Csirke, J. (1989). Introducción a la dinámica de poblaciones de peces. FAO, Doc. Téc. Pesca, (192). <http://www.fao.org/3/a-t0169s.pdf>.
- Cubillos, L. Alarcón, C., Castillo C., Claramunt, G., Oyarzun, C., y Gacitua, S. (2011). Cambios espaciales y temporales en la fecundidad parcial de la sardina común y anchoveta frente al centro y sur de Chile (2002–2007). Ciencias Marinas. 37(4b).
- De Novoa, J. y García, M. (2011). Pre - evaluación para la pesquería de anchoveta (*Engraulis ringens*) para consumo humano directo. BUREAU VERITAS Certification – España. Marine Stewardship Council. [http://cedepesca.net/wp-content/uploads/2017/05/MSC\\_Pre-Assessment\\_Anchoveta-Peru\\_VFinal-Bureau-Veritas-2012-12-21.pdf](http://cedepesca.net/wp-content/uploads/2017/05/MSC_Pre-Assessment_Anchoveta-Peru_VFinal-Bureau-Veritas-2012-12-21.pdf).
- Díaz, E. (2017). Impacto de diferentes estrategias de explotación sobre el estado inmediato del stock norte-centro de la anchoveta peruana (*Engraulis ringens*). Tesis para optar el Grado Académico de Magister en Recursos Acuáticos con mención en Evaluación y

- Manejo de Recursos Pesqueros. Esc. de Posgrado, UNMSM. <http://biblioimarpe.imarpe.gob.pe/bitstream/123456789/3171/1/Diaz%20Acu%20c3%b1a%20E.pdf>.
- Einarsson, H. y Rojas de Mendiola, B. (1963). Descripción de huevos y larvas de anchoveta peruana (*Engraulis ringens* J.). Bol. Inst. Invest. Recurs. mar. Vol. I, N° 1. <http://biblioimarpe.imarpe.gob.pe/bitstream/123456789/64/1/BOL%20IREMAR%201%281%29.pdf>.
- El Peruano. (2020). Normas legales. Reglamento de Ordenamiento Pesquero (ROP) del recurso anchoveta para consumo humano directo. 2020. DECRETO SUPREMO. N° 005-2017-PRODUCE. <https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/reglamento-de-ordenamiento-pesquero-del-recurso-anchoveta-pa-decreto-supremo-n-005-2017-produce-1509249-2/>.
- Espinoza, P., Bertrand, A., Van Der Lingen, C., Garrido, S., y Rojas de Mendiola, B. (2009). Diet of sardine (*Sardinops sagax*) in the northern Humboldt Current system and comparison with the diets of clupeoids in this and other eastern boundary upwelling systems. Progress in Oceanography 83, 242-250. <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2009PrOce..83..242E/abstract>.
- Gatica, C., Arteaga, M., Giacaman, J. y Ruiz, P. (2007). Tendencias en la biomasa de sardina común (*Strangomera bentincki*) y anchoveta (*Engraulis ringens*) en la zona centro-sur de Chile, entre 1991 y 2005. Instituto de Investigación Pesquera 35(1): 13-24. Chile. <https://scielo.conicyt.cl/pdf/imar/v35n1/art02.pdf>.
- George, M. y Moscoso, D. (2013). Variación local y geográfica de las infracomunidades de parásitos de la anchoveta *Engraulis ringens* en Chile. Revista de Biología Marina y oceanografía. Vol. 48. DOI: 10.4067/S07 18-195720 13000 100020. [https://www.researchgate.net/publication/276219268\\_Variacion\\_local\\_y\\_geografica\\_de\\_las\\_infracomunidades\\_de\\_parasitos\\_de\\_la\\_anchoveta\\_Engraulis\\_ringens\\_en\\_Chile](https://www.researchgate.net/publication/276219268_Variacion_local_y_geografica_de_las_infracomunidades_de_parasitos_de_la_anchoveta_Engraulis_ringens_en_Chile).
- Gerlotto, F.; Bertrand, S., Bez, N. y Gutiérrez, M. (2006). Waves of agitation inside anchovy schools observed with multibeam sonar: a way to transmit information in response to predation. ICES Journal of Marine Science, Volume 63. <https://academic.oup.com/icesjms/article/63/8/1405/711825>.
- Gob.pe. (s.f.). Cruceros de anchoveta. Portal digital única del estado peruano. [https://www.gob.pe/busquedas?institucion\[\]=imarpe&reason=sheet&sheet=1&term=cruceiros%20anchoveta](https://www.gob.pe/busquedas?institucion[]=imarpe&reason=sheet&sheet=1&term=cruceiros%20anchoveta).
- Goicochea, C. y Arrieta S. (2008). Variaciones en el crecimiento de la anchoveta peruana expresadas en los radios de los otolitos. IMARPE 35 (3). Callao. Recuperado de: <https://core.ac.uk/download/pdf/47267346.pdf>.
- González, J. (2017). Parasitología, Histología, Histopatología en Animales Acuáticos. IMARPE. Bol. 32: 1. <http://biblioimarpe.imarpe.gob.pe/handle/123456789/3154>.
- Guardia, A., Sarmiento, H., Flores, D., y Zeballos, J. (2012). Extracción de anchoveta (*Engraulis ringens jenyns*) para consumo humano directo. Pisco, Perú. IMARPE: 39 (1 - 2). <http://biblioimarpe.imarpe.gob.pe/bitstream/123456789/2208/1/Informe%2039%281-2%299.pdf>.
- Gutiérrez, M., Castillo, R., Segura, M., Peraltilla, S. y Flores, M. (2012). Tendencias espacio-temporales en la distribución de la biomasa de anchoveta peruana y de otros peces pelágicos pequeños entre 1966 y 2009. Lat. Am. J. Aquat. Res. vol.40 Valparaíso. <http://dx.doi.org/103856/vol40-issue3-fulltext-12>. [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-560X2012000300012](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-560X2012000300012).
- IMARPE (s.f.) Anchoveta web doc. [http://www.imarpe.pe/imarpe/archivos/articulos/imarpe/recursos\\_pesqueras/adj\\_pelagi\\_adj\\_pelagi\\_anch\\_mar07.pdf](http://www.imarpe.pe/imarpe/archivos/articulos/imarpe/recursos_pesqueras/adj_pelagi_adj_pelagi_anch_mar07.pdf).
- IMARPE. (2018). Situación del stock norte-centro de la anchoveta peruana (*Engraulis ringens*) al 01 de abril de 2019 y perspectivas de explotación para la primera temporada de pesca de 2019. [https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/354618/Situaci%C3%B3n\\_del\\_stock\\_nortecentro\\_de\\_la\\_anchoveta\\_peruana\\_\\_Engraulis\\_ringens\\_\\_al\\_01\\_de\\_abril\\_de\\_2019\\_y\\_perspectivas\\_de\\_explotaci%C3%B3n\\_para\\_la\\_primera\\_temporada\\_de\\_pesca\\_201920190822-8986-1e7ubev.pdf](https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/354618/Situaci%C3%B3n_del_stock_nortecentro_de_la_anchoveta_peruana__Engraulis_ringens__al_01_de_abril_de_2019_y_perspectivas_de_explotaci%C3%B3n_para_la_primera_temporada_de_pesca_201920190822-8986-1e7ubev.pdf).
- IMARPE. (2019). Anuario científico tecnológico. Vol. 18. <http://biblioimarpe.imarpe.gob.pe/handle/123456789/3377>.
- IMARPE. (2020). Situación del stock norte-centro de la anchoveta peruana (*Engraulis ringens*)

- al mes de mayo de 2020 y perspectivas de explotación para la primera temporada de pesca del año. Oficio N° 330. <http://imarpe.gob.pe/imarpe/archivos/Informe-correspondiente-Oficio-330-2020-IMARPE-PE.pdf>.
- Jenyns, L. (1842). Fish. In C. Darwin (ed.) The zoology of the voyage of H.M.S. Beagle, under the command of Captain Fitzroy, R.N., during the years 1832-1836. Smith, Elder & Co., London (in 4 parts): p. 1-32 (Jan. 1840); 33-64 (Jun. 1840); 65-96 (Apr. 1841); 97-172.
- Jhancke, J., Checkley, D. y Hunt, G. (2004). Trends in carbon flux to seabirds in the Peruvian upwelling system: Effects of wind and fisheries on population regulation. *Fisheries Oceanography* 13(3):208 – 223. [https://www.researchgate.net/publication/227724881\\_Trends\\_in\\_carbon\\_flux\\_to\\_seabirds\\_in\\_the\\_Peruvian\\_upwelling\\_system\\_Effects\\_of\\_wind\\_and\\_fisheries\\_on\\_population\\_regulation](https://www.researchgate.net/publication/227724881_Trends_in_carbon_flux_to_seabirds_in_the_Peruvian_upwelling_system_Effects_of_wind_and_fisheries_on_population_regulation).
- Jordán, R. y Chirinos, A. (1965). La Anchoveta (*Engraulis ringens*) Conocimiento actual sobre la biología, ecología y pesquería. IMARPE. <http://biblioimarpe.imarpe.gob.pe/bitstream/123456789/235/1/INF%206.pdf>.
- Lau, L. (2016). Construcción de índices de biomasa para los recursos anchoveta (*Engraulis ringens*) y jurel (*Trachurus murphyi*) del ecosistema de afloramiento peruano usando modelos empíricos basados en información acústica (Tesis de maestría). Universidad Cayetano Heredia, Lima. <http://repositorio.upch.edu.pe/bitstream/handle/upch/383/Construcci%C3%B3n.de.%C3%ADndices.de.biomasa.para.los.recursos.anchoveta.%28Engraulis.ringens%29.y.jurel.%28Trachurus.murphyi%29.del.ecosistema.de.afloramiento.peruano.usando.modelos.emp%C3%ADricos.basados.en.informaci%C3%B3n.ac%C3%BAstica.pdf?sequence=3&isAllowed=y>.
- Luján D. (2016). Factores determinantes de la variabilidad espacial de anchoveta peruana (*Engraulis ringens*) en el Pacífico Sudoriental. Tesis para optar el Grado de Maestro en Ciencias del Mar. UPCH. <http://biblioimarpe.imarpe.gob.pe/bitstream/123456789/3031/1/Lujan%20Paredes%2C%20C.pdf>.
- Medina, M., Herrera L., Castillo J., Jaque, J. y Pizarro, N. (2015). Alimentación de la anchoveta (*Engraulis ringens*) en el norte de Chile (18°25'-25°40'S) en diciembre de 2010. *Lat. Am. J. Aquat. Res.* vol.43 no.1: (46-58). [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-560X2015000100005](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-560X2015000100005).
- Ministerio del Ambiente (MINAM) (s.f.). ¿Qué son los microplásticos? <https://www.minam.gob.pe/menos-plastico-mas-vida/que-son-los-microplasticos/>.
- Miñano, J. (1968). Estudio de la fecundidad y ciclo sexual de la anchoveta (*Engraulis ringens*) en la zona de Chimbote. IMARPE, Bol. 1, 9. <http://biblioimarpe.imarpe.gob.pe/bitstream/123456789/1071/1/BOL%201%289%29.1.pdf>.
- Mori, J. (2007). Principales recursos pelágicos. Invierno 2002. IMARPE 34(3): 197-201. <http://190.116.33.230/bitstream/123456789/1956/1/INF.%2034%283%29-2.pdf>.
- Muck, P. (1989). Major trends in the pelagic ecosystem off Perú and their implications for management. In Pauly, D., Muck, P., Mendo, J. y Tsukayama, I. (Eds). The Peruvian Upwelling Ecosystem: Dynamics and Interactions: 386-401. IMARPE-GTZ-ICLARM: 386-403. <http://biblioimarpe.imarpe.gob.pe/bitstream/123456789/1432/1/THE%20PERUVIAN%20UPELLING%20ECOSISTEM.pdf>.
- Murua, H. y Saborido-Rey, F. (2003). Female Reproductive Strategies of Marine Fish Species of the North Atlantic. *Journal of Northwest Atlantic Fishery Science* 33:23-31. DOI: 10.2960/J.v33.a2. [https://www.researchgate.net/publication/240364697\\_Female\\_Reproductive\\_Strategies\\_of\\_Marine\\_Fish\\_Species\\_of\\_the\\_North\\_Atlantic](https://www.researchgate.net/publication/240364697_Female_Reproductive_Strategies_of_Marine_Fish_Species_of_the_North_Atlantic).
- Ñiquen, M., Echevarría, A., Cahuin, S., Bouchon, M., Mori, J., Arrieta, S., y Valdéz, D. (1999). Situación de la anchoveta y otros recursos pelágicos en el mar peruano a fines de 1998. *Crucero BIC José Olaya Blandra* 9811-12. IMARPE N° 146: 39-48. <http://biblioimarpe.imarpe.gob.pe/bitstream/123456789/1571/1/INF%20146-6.pdf>.
- Ñiquen, M., Bouchon, M., Cahuin, S. y Díaz, E. (2000). Pesquería de anchoveta en el mar peruano. 1950-1999. IMARPE. Bol. 19, Vol. 19, 1-2. <http://biblioimarpe.imarpe.gob.pe/bitstream/123456789/1003/1/BOL%2019%281-2%29-11.pdf>.

- OCEANA. (2016). Reporte la anchoveta y El Niño. 19 pp [s.f.]. [http://media.wix.com/ugd/84cd1f\\_d6ae5582a32243d1ad9ff03d8e67afcf.pdf](http://media.wix.com/ugd/84cd1f_d6ae5582a32243d1ad9ff03d8e67afcf.pdf)
- OCEANA. (2018). Contaminación marina por microplásticos, del mar a nuestra mesa [s.f.] *Journal of Northwest Atlantic Fishery Science* 33:23-31. <https://peru.oceana.org/es/blog/contaminacion-marina-por-microplasticos-del-mar-nuestra-mesa>.
- Ojeda, R. (2016). *Monitoreo Reclutamiento Semana N°12*. [https://www.ifop.cl/wp-content/uploads/Boletin-Monitoreo-Reclutamiento-N°C2%B012-2016.pdf](https://www.ifop.cl/wp-content/uploads/Boletin-Monitoreo-Reclutamiento-N%C2%B012-2016.pdf).
- Oyarzun, C. (s.f.). Anchoveta. Departamento de Oceanografía. Universidad de Concepción. Chile. <http://www2.udec.cl/~coyarzun/catalogo/Engraulis.htm>.
- Palomares, M., Muck, P., Mendo, J., Chuman, E., Gómez, O. y Pauly, D. (1987). Growth of the Peruvian anchoveta (*Engraulis ringens*), 1953 to 1982. In Pauly D. & Tsukayama, I. (Eds.). *The Peruvian Anchoveta and Its Upwelling Ecosystem: Three Decades of Change*. <http://pubs.iclarm.net/libinfo/Pdf/Pub%20SR76%2015.pdf>.
- Perea, A., Peña, C., Oliveros-Ramos, R., Buitrón, B., y Mori, J. (2011). *Producción potencial de huevos, reclutamiento y veda reproductiva de la anchoveta peruana (Engraulis ringens): Implicaciones en el manejo pesquero*. *Ciencias Marinas* 37(4B): 585–60. <http://www.scielo.org.mx/pdf/ciemar/v37n4b/v37n4ba6.pdf>.
- Q-quatics (s.f.) Fishbase (version 12/2019). <https://www.fishbase.se/search.php>.
- Quiñones, J. y Chipollini, A. (1998). Aspectos biológico pesquero de los recursos pelágicos durante el crucero BIC José Olaya Balandra 9808-09 entre Los Palos (Tacna) y Callao. *IMARPE N° 141: 167 – 175 pp*. <http://biblioimarpe.imarpe.gob.pe/bitstream/123456789/1567/1/INF%20141-15.pdf>.
- Ramiro P., Madureira L., Marangoni J., Gerlotto F., Guevara R. (2015). Variability In Distribution And Aggregation Behavior Of The Peruvian Anchovy (*Engraulis Ringens*) Analyzed Using A Fifteen Year Long Series Of Acoustic Surveys (2000–2014) *Revista RIO Acoustics* 2015. ISBN:978-1-4673-7019-6. DOI: <https://doi.org/10.1109/RIOAcoustics.2015.7473636>. <https://scihub.tw/10.1109/RIOAcoustics.2015.7473636>.
- Real Academia Española. (2020). *Diccionario de la lengua española*, 23.ª ed., Versión 23.4. <https://dle.rae.es>.
- Rodríguez, W., Paredes, F., Zeballos, J., Juárez, L. y Barreto, J. (1996). Nomenclatura actualizada de peces comerciales del Perú. *IMARPE. Inf. Prog. N° 37*. <http://biblioimarpe.imarpe.gob.pe/bitstream/123456789/1190/1/IP%2037.2.pdf>.
- Rojas De Mendiola, E. (2010). Evaluación de marcadores Moleculares ilps y strs heterólogos en *Engraulis Ringens*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú. [http://www.geocities.ws/pin060-2008/Pub/Tesis\\_para\\_optar\\_el%20titulo\\_de\\_biologo\\_DIANA%20ROJAS.pdf](http://www.geocities.ws/pin060-2008/Pub/Tesis_para_optar_el%20titulo_de_biologo_DIANA%20ROJAS.pdf).
- Salvatteci, R., y Mendo, J. (2005). Estimación De Las Pérdidas Bio-Económicas Causadas Por La Captura De Juveniles De Anchoveta (*Engraulis Ringens, J.*) En La Costa Peruana. *Ecología Aplicada*, 4(1-2), 113-120.
- Santander, H, Altheit, J., Mccall, A., y Alamo, A. (1983). Egg mortality of the peruvian anchovy (*Engraulis Ringens*) caused by cannibalism and predation by sardine (*Sardinops Sagax Sagax*). Publicación N° 8 de PROCOPA. <https://swfsc-publications.fisheries.noaa.gov/publications/CR/1983/8347.PDF>.
- Santander, H. y De Castillo O. (1973). Estudio Sobre Las Primeras Etapas De Vida De La Anchoveta. Informe N° 41. IMARPE. Callao, Perú. <http://biblioimarpe.imarpe.gob.pe/bitstream/123456789/269/1/INF%2041.pdf>.
- Schaefer, M. (1967). Dinámica de la pesquería de la anchoveta *Engraulis ringens* en el Perú. *IMARPE. Bol.Vol I. N° 5*. <http://biblioimarpe.imarpe.gob.pe/bitstream/123456789/889/1/BOL%201%285%29.pdf>.
- Subsecretaría de pesca (2008). Ficha Pesquera. Anchoveta (*Engraulis Ringens*) en XV, I y II Regiones. [http://www.subpesca.cl/portal/618/articles-9172\\_documento.pdf](http://www.subpesca.cl/portal/618/articles-9172_documento.pdf).
- Sueiro, J. (2012). La anchoveta es importante por ser el soporte alimenticio de otras especies SPDA *Actualidad Ambiental*. Lima. <https://www.actualidadambiental.pe/juan-carlos-sueiro-la-anchoveta-es-importante-por-ser-el-soporte-alimenticio-de-otras-especies/>.
- Tresierra, A. y Culquichicón, Z., (1993). *Biología Pesquera*. Trujillo. CONCYTEC. 350 p.
- Universidad Arturo Prat (2008). Validación de la edad de anchoveta en la costa de Chile. Informe Final corregido, 2° versión. [http://www.subpesca.cl/fipa/613/articles-89071\\_informe\\_final.pdf](http://www.subpesca.cl/fipa/613/articles-89071_informe_final.pdf).

- Vigo, K. (2016). Cambios físico-químicos, microbiológicos y sensoriales de la Anchoveta (*Engraulis Ringens*) Fresca En Corte Hgt A Diferentes Condiciones De Envasado. Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima, Perú. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2767/Q04-V546-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Villavicencio, Z. y Muck, P. (1983). La ración de mantenimiento, la densidad de mantenimiento y la eficiencia de crecimiento de *Engraulis ringens* y *Sardinops sagax* como una medida de su potencia ecológica. IMARPE Boletín Vol 7, N°4. <http://biblioimarpe.imarpe.gob.pe/bitstream/123456789/1035/1/BOL%207%284%29.pdf>
- Walsh Perú S.A. (2009). Resumen ejecutivo: Estudio de impacto ambiental y social, prospección sísmica 2d y 3d – lote Z-49. Preparado para Petro – Tech, Peruana S.A. <http://humboldt.iwlearn.org/es/informacion-y-publicacion/Walsh2009EIASsismicaLoteZ49AncashLima.pdf>.
- WWF. (2018). Desafíos y escenarios en el marco del fin de la segunda temporada de pesca de anchoveta. <https://www.wwf.org.pe/?uNewsID=322450>
- Zamora, T. (2019). Normas APA (Traducción). séptima edición 2019. Universidad San Marcos. [https://www.usanmarcos.ac.cr/sites/default/files/i\\_taller\\_apa\\_7\\_ed.pdf](https://www.usanmarcos.ac.cr/sites/default/files/i_taller_apa_7_ed.pdf).

**Citar como:**

De La Cruz, K.; Delgado, A.; Baca, J.; Hualcas, D.; Costa, J. González, C.; Culquichicón, Z. 2020. Sinopsis Biológica de *Engraulis ringens* (Jenyns, 1842) Anchoveta. REBIOL 42(2):298-317. DOI: <http://dx.doi.org/10.17268/rebiol.2020.40.02.15>.

## Nota Científica

# REGISTRO DE *Asio flammeus* (AVES: STRIGIDAE) PARA EL ÁREA DE CONSERVACIÓN PRIVADA LOMAS DEL CERRO CAMPANA, LA LIBERTAD.

## RECORD OF *Asio flammeus* (BIRDS: STRIGIDAE) FOR THE LOMAS DEL CERRO CAMPANA PRIVATE CONSERVATION AREA, LA LIBERTAD.

**Maria Seminario Rebolledo**<sup>1,2,3</sup>, **William Zelada Estraver**<sup>2,4</sup>, **Cesar Medina Tafur**<sup>1,2</sup> y **Víctor Sánchez Cabrera**<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional de Trujillo, Av. Juan Pablo II s/n – Ciudad Universitaria, Trujillo, Perú.

<sup>2</sup>Museo de Zoología Juan Ormea Rodríguez, Jr. San Martín 368, Centro Histórico, Trujillo, Perú

<sup>3</sup>Instituto de Investigación en Ecología y Conservación (IIECCO), Calle Manuel Tejada 668, Urb. San Fernando, Trujillo, Perú

<sup>4</sup>Universidad Nacional Altoandina de Tarma. Jr. Huaraz 431, Tarma

\* Autor de correspondencia: mseminario@unitru.edu.pe

Maria Seminario Rebolledo:  <https://orcid.org/0000-0002-9243-3764>

William Zelada Estraver:  <https://orcid.org/0000-0001-5607-5798>

Cesar Medina Tafur:  <https://orcid.org/0000-0002-3506-849X>

Víctor Sánchez Cabrera:  <https://orcid.org/0000-0002-3316-973X>

**Recibido: 1 de noviembre 2020 / Aceptado: 30 de diciembre 2020**

### RESUMEN

*Asio flammeus* es una especie de ave de la familia Strigidae, que habita en las zonas agrícolas, urbanas, humedales y lomas de la costa peruana, sin embargo, no había sido registrada en el Área de Conservación Privada Lomas del Cerro Campana, región La Libertad. Los registros fueron hechos entre los años 2016 y 2019, mediante observación directa. En todos los registros se observó un individuo de la especie, cuatro de los cuales fueron realizados en la base y uno en el piso inferior de este lugar. Con el reporte de *Asio flammeus* se incrementa a 39 la lista de especies de aves que ocurren en esta área.

**Palabras claves:** Aves, Strigidae, lomas, Área de Conservación Privada Lomas del Cerro Campana

### ABSTRACT

*Asio flammeus* is a bird of the Strigidae family. Which live in the agricultural, urban, wetlands and hills of the Peruvian coast. However, had not been registered in the Private Conservation Area Lomas del Cerro Campana, in La Libertad region. The records were made between the years 2016 and 2019, through direct observation. In all records, one individual of the species was observed, four of which were made at the base and one on the lower floor of this place. With the report of *Asio flammeus* the bird list species that are present in this area increases to 39.

**Keywords:** Birds, Strigidae, hills, Lomas del Cerro Campana Private Conservation Area

## 1. INTRODUCCIÓN

Sistemas naturales como las lomas, son espacios geográficos muy peculiares, aislados del contrafuerte andino, que emergen, a modo de oasis, sobre el desierto costero. Sus condiciones climáticas están bien delimitadas en dos épocas anuales que consiste en un clima seco y húmedo, caracterizado por la ausencia y presencia permanente de densa neblina. El Área de Conservación Privada (ACP) Lomas del Cerro Campana, marca el límite septentrional de éstos, desde donde se distribuyen hasta parte del desierto costero de Chile, es dividido fitogeográficamente en tres pisos altitudinales, la base (hasta los 200 msnm), el piso inferior (200-500 msnm) y el piso superior (superior a los 500 msnm) (Mostacero et al., 2007; Seminario et al., 2017).

Esta área de conservación privada, se ubica entre las provincias de Trujillo y Ascope, con una extensión de 4564.98 ha, como muestra representativa de las lomas de la zona norte del país, reconocida con RM N° 192-2016-MINAM (MINAM, 2016). Presenta una flora muy diversa con un alto número de endemismos (Leiva et al., 2014; Universidad Nacional de Trujillo y ONG Naturaleza y Cultura, 2016) y del mismo modo, una fauna variada, siendo las aves el grupo más abundante con 38 especies registradas en este sistema natural (Zelada et al., 2014), del mismo modo esta alta abundancia e importancia ha sido reportada en diferentes lomas como las lomas de Matarani, Lachay, Islay-Mejía y Atiquipa (Hughes, 1991; Hughes, 1991; Péfaur, 1978; Wust, 1987; Zeballos et al., 2000). Brack (1974) y Aguilar (1985), han reportado hasta 85 especies de aves, para las lomas costeras del Perú.

Dentro de las aves, la familia Strigidae cumplen un rol muy importante dentro de las redes tróficas, y se han encontrado siempre presentes en los sistemas lomaes, las más comunes como *Athene cunicularia* han sido reportadas en Lachay (Castañeda, 2018), en el Cerro Chiputur (Pérez y Cerna, 2017), en las Lomas de Iguanil (Valverde, 1983) y Las Lomas del Cerro Campana (Zelada et al., 2014). Así mismo, en cuanto a lomas costeras, *Asio flammeus*, sólo ha sido reportado en la Reserva Nacional de Lachay (SERNANP, 2013).

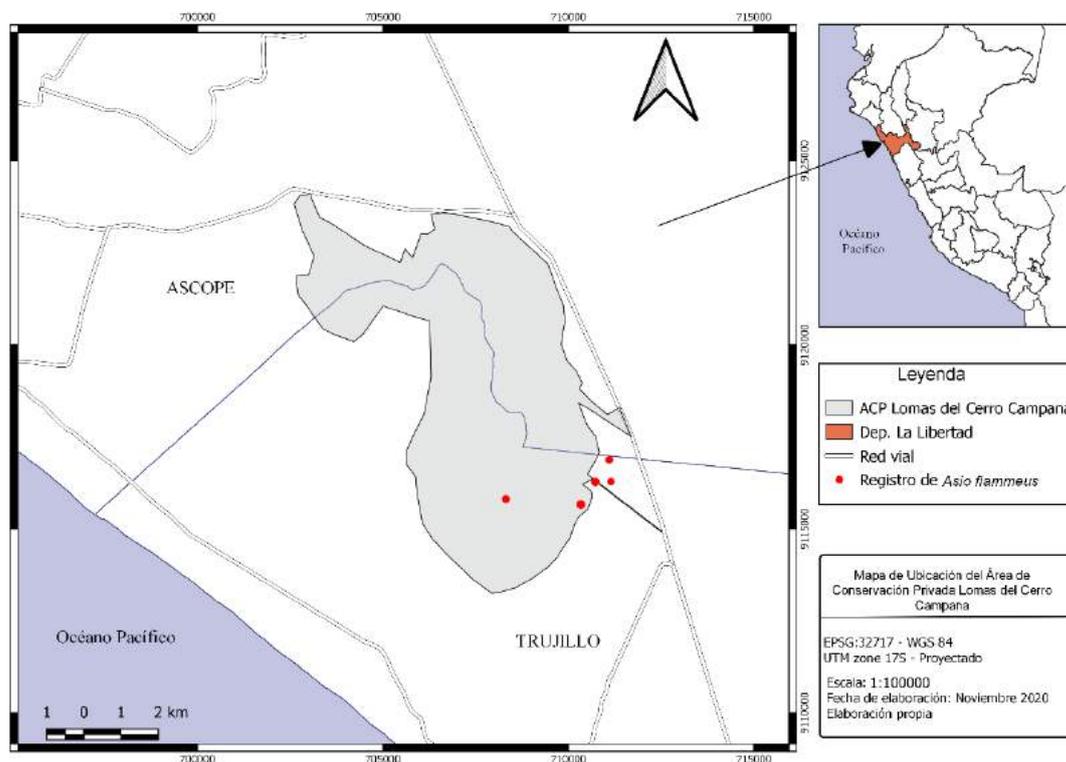
El búho de orejas cortas (*Asio flammeus*) es una de las especies de mayor distribución en el mundo, en los continentes de Europa, Asia, parte de África, Norte América y Sudamérica (Wiggins et al., 2020). A pesar de ello, la población de esta ave ha ido decreciendo por la fuerte presión que genera el cambio de uso de suelo (Olsen et al., 2013), actualmente se encuentra en la Lista Roja de la UICN como de preocupación menor (LC) (Bird Life Internacional, 2016), y se encuentra en el apéndice II de las especies de Fauna Silvestre CITES de Perú (MINAM, 2018).

*Asio flammeus*, posee una morfología más estilizada que otras rapaces nocturnas, su cabeza es relativamente pequeña, posee penachos cefálicos a modo de orejas, de ahí su nombre común es “búho de orejas cortas”. El plumaje periorcular es de color negro, resaltando los ojos amarillos que posee, dándole un aspecto ligeramente enmascarado (BirdLife, 2019). Tiene hábitos crepusculares, pero su actividad de búsqueda de alimento se puede extender hasta el día, sin embargo, puede ser sobre enfatizado, facultativo o debido a la facilidad con la que se observa a este búho en hábitats abiertos (Wiggins et al., 2020).

En ese sentido, este artículo recopila los primeros registros de *Asio flammeus* en el Área de Conservación Privada Lomas del Cerro Campana.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

Las observaciones que se describen son de tipo casual y fueron realizadas entre los años 2016 y 2019, mediante observación directa en el ACP Lomas del Cerro Campana (Figura 1). Para una mejor determinación taxonómica, se utilizaron binoculares, verificando como principal característica el parche beige cerca del extremo distal de las alas, visible durante el vuelo (Wiggins et al., 2020).



**Figura 1.** Mapa de ubicación y registros de *Asio flammeus* en el Área de Conservación Privada Lomas del Cerro Campana, La Libertad.

### 3. RESULTADOS

Entre los años 2016 y 2019 se obtuvieron un total de cinco registros de *Asio flammeus* en ACP Lomas del Cerro Campana (Fig. 1), los cuales se detallan a continuación:

El 20 de abril de 2016, María Seminario (MS) a las 14:40 horas registró un individuo *A. flammeus* en la base del ACP Lomas del Cerro Campana, en las coordenadas 7°59'25.23"S y 79° 5'3.73"O, 151 m s.n.m., posado en el suelo arenoso-pedregoso, el que fue identificado por su mayor tamaño al de otras especies de strigidos que habitan en el lugar y sus penachos en forma de orejas vestigiales (Fig. 2). La observación duró alrededor de 10 minutos, luego del cual se prosiguió el recorrido.

El 23 de junio de 2017, MS, William Zelada (WZ) y Cesar Medina (CM) a las 7:30 horas registraron un individuo de *A. flammeus* sobre el suelo en la base de la loma, a unos 27 metros aproximadamente de la muralla Chimú (coordenadas 7°59'25.49"S y 79° 5'17.41"O, 162 m s.n.m.). El individuo se encontraba con actitud vigilante durante toda la observación, la cual duró aproximadamente 15 minutos.

El 15 de octubre de 2017, Víctor Sánchez (VS) a las 9:30 horas, observó un individuo de *A. flammeus*, en el lado oeste del piso inferior del ACP Lomas del Cerro Campana (Este registro se realizó a 304 m s.n.m., con coordenadas 7°59'41.02" S y 79°6'36.02" O. El individuo se encontraba posado sobre el suelo arenoso, mostrando un comportamiento vigilante para posteriormente levantar vuelo con dirección hacia el este.

El 08 de agosto de 2018, WZ y CM a las 8:00 horas, registraron un individuo de *A. flammeus*, en la base del ACP Lomas del Cerro Campana, en el sector oriental (7°59'5.88"S y 79° 5'5.39"O,

173 m s.n.m). El individuo se encontraba posado sobre el suelo arenoso-pedregoso, luego de dos minutos alzó vuelo.

El 15 de noviembre de 2019, MS y WZ, a las 07:00 horas, registraron un ejemplar de *A. flammeus* posado en una zona pedregosa-arenosa de la base de la loma (las coordenadas de este registro fueron 7°59'37.77"S y 79° 5'12.65"O, a 189 m s.n.m), mostrando un aparente comportamiento de alerta, girando la cabeza repetidas veces, luego se desplazó a 4 metros del punto inicial, y luego de 5 minutos alzó vuelo. La observación total duró aproximadamente 8 minutos.



**Figura 2.** *Asio flammeus* en la base del ACP Lomas del Cerro Campana, 2016.

#### **4. DISCUSIÓN**

*A. flammeus*, Strigidae residente de la costa peruana, desde Lambayeque hasta el norte de Lima, incluyendo parte de la costa de Arequipa y Tacna, y de forma muy puntual en Junín (Schulenberg et al., 2010). Tiene hábitos generalmente nocturnos como también crepusculares, y es muy común observar ejemplares en zonas agrícolas como urbanas (Muñoz-Pedrerros, et al, 2016; Selcuk, Bankoglu y Kefelioglu, 2017), y aun que el ACP Lomas del Cerro Campana, se encuentra entre un centro poblado y una zona de producción de caña, no había sido registrado antes del 2016.

En la región La Libertad, y específicamente en la provincia de Trujillo, *A. flammeus* ha sido registrado en el Totoral de Huanchaco (Bopp, 2019), el cual se ubica a 3 km aproximadamente

del lado occidental del ACP Lomas del Cerro Campana. Otro de los registros cercanos fue realizado en el Complejo Arqueológico Chan Chan y alrededores (Gómez, 2015), a una distancia aproximada de 10 km de esta loma. Un tercer registro documentado fue realizado por Cliff Cordy en 2018 en una zona agrícola camino a El Milagro, La Libertad (Ebird, 2019).

El matorral desértico espinoso, que conformaba parte del desierto costero, ahora está fragmentada y habitada por población humana, dónde se desarrollan algunas actividades antrópicas, como agropecuarias y de extracción de material para construcción (minería no metálica), afectan a esta ave, tal y como lo mencionan Olsen et al. (2013), quienes atribuyen el decrecimiento poblacional de *Asio flammeus* en Europa Central, a la presión ocasionada por el drenaje y la intensificación de la agricultura, junto con la persecución, el envenenamiento por rodenticidas, la urbanización y la mortalidad por tráfico. En la ciudad de Trujillo no se reporta el tráfico de esta especie, sin embargo, se encuentra en Apéndice II de la Lista de Fauna Silvestre CITES (MINAM, 2018).

Las aves nocturnas como *A. flammeus*, son excelentes predadores de especies del orden Rodentia (Mammalia) en Ecuador y Chile, conformando sus principales presas, entre ellas a ratones del género *Mus* y ratas, como *Rattus rattus* y *Rattus norvegicus*, que son muy comunes en la mayoría de lugares. Del mismo modo, consumen especies propias de las localidades en los que fueron estudiados, como *Sylvilagus andinus*, la presa que más aportaba a su dieta en Antisana (Ecuador). Aspecto que permite considerar a *A. flammeus* como muy importante, dentro de los agentes reguladores de las poblaciones de roedores y fauna adicional asociada a su hábitat (Cadena-Ortiz, Solórzano, Noboa y Brito, 2019; Figueroa et al., 2009; Muñoz-Pedrerros et al., 2016; Pozo-Zamora et al., 2017).

Olsen (2013), menciona que la ocupación que realiza *A. flammeus* en los diferentes hábitats está en relación al nivel de presa y depredación. A pesar de que en el ACP Lomas del Cerro Campana, se encuentran especies de roedores, como *Phyllotis amicus*, *Rattus norvegicus* y *Lagidium peruanum*; y reptiles como *Microlophus thoracicus*, *M. keocpkoerum*, *Medopheos edracanthus*, *Dicrodon heterolepis* (Zelada et al., 2014), las que potencialmente serían presas de *A. flammeus*, no se había registrado anteriormente esta especie en esta loma (Zelada et al., 2014). La aparición de esta especie en estos últimos años se puede deber al incremento de roedores, debido a la proliferación de granjas avícolas y el crecimiento de la población aledaña a esta loma.

Por otro lado, si bien *Asio flammeus* es una especie controladora, el desconocimiento de la gente y la pérdida de hábitat, debido a la minería no metálica e invasiones, pone en riesgo su subsistencia. Por lo que se recomienda implementar programas de educación ambiental con la población aledaña y mejorar la regulación de las actividades de minería no metálica que se realizan cerca al ACP Lomas del Cerro Campana.

#### **4. CONCLUSIÓN**

Se registró a *Asio flammeus* en el Área de Conservación Privada Lomas del Cerro Campana, incrementando la lista de especies de aves de esta área a 39.

#### **5. AGRADECIMIENTOS**

Agradecemos al comité de gestión del Área de Conservación Privada Lomas del Cerro Campana, por su apoyo durante las actividades de Campo. A Homan Castillo Benites, por su apoyo en el trabajo de campo y registros. Y a Jorge Tiravanti por todos sus aportes.

## 6. CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

MSR (1) la concepción y el diseño del estudio, la adquisición de los registros, la fotografía, la elaboración del mapa, redacción del borrador del artículo y la revisión crítica del contenido y la aprobación final. WZE, CMT y VSC (2) la concepción y el diseño del estudio, adquisición de los registros, redacción del borrador del artículo y la revisión crítica del contenido y la aprobación final.

## 7. CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no existe conflicto de interés.

## 8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar, P. (1985). Fauna de las lomas costeras del Perú. *Boletín de Lima*. 7(41): 17-28.
- Bopp, G. (2019). Calidad ambiental de los humedales costeros del departamento de La Libertad, mediante parámetros físicos, químicos y biológicos, 2016. Tesis para optar el grado de Doctor. Escuela de Posgrado. Universidad Nacional De Trujillo. <http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/15276/Bopp%20Vidal%2c%20Geiner%20Manuel.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Brack, E. (1974). Los vertebrados de las lomas costeras del Perú. *Anales Científicos UNA*, XII (3-4): 85-92, Lima.
- Cadena-Ortiz H., Solórzano M., Noboa M. y Brito J. (2019). Diet of the Short- Eared Owl (*Asio flammeus*) in the Antisana highlands, Ecuador. *Huitzil* 20(2): e-535. <https://doi.org/10.28947/hrmo.2019.20.2.436>.
- Castañeda, L. (2018). Propuesta de monitoreo de variables comunitarias al evento El Niño (1998-2001, 2010) en las Lomas de Lachay, Perú. Tesis para optar el grado de Magister Scientiae. Universidad Nacional Agraria La Molina. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/3811>.
- Ebird. (2019). Mapa de distribución de *Asio flammeus*. eBird, Ithaca <https://ebird.org/species/sheowl/PE-LAL>.
- Figueroa, R., Rau, J., Mayorga, S., Martínez, D., Corales, S., Mansilla, A. y Figueroa, R. (2009). Rodent prey of the barn owl *Tyto alba* and short-eared owl *Asio flammeus* during winter in agricultural lands in southern Chile. *Wildlife Biology* 15: 129-136. <http://dx.doi.org/10.2981/08-005>.
- Gómez, J. (2015), Composición ornitológica del Complejo Arqueológico Chan Chan, Trujillo, 2015. Tesis para optar el Título de Biólogo. Universidad Nacional de Trujillo. <http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/8775/G%C3%B3mez%20Otiniano%2C%20Jos%C3%A9%20Miguel.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Hughes, R. (1991) Las aves de la provincia de Islay. *Boletín de Lima*, N°75:47-54.
- MINAM (2016). Resolución Ministerial N° 192-2016-MINAM. Reconocen Área de Conservación Privada Lomas del Cerro Campana. El peruano. Lima, 26 de Julio del 2016. <http://sial.minam.gob.pe/eldorado/normas/reconocen-area-conservacion-privada-lomas-cerro-campana-ubicada>.

- MINAM (2018). Listado de especies de Fauna Silvestre CITES-Perú. Dirección General de Diversidad Biológica. Lima. Perú.
- Mostacero, J., Mejía, F., Zelada, W. y Medina, C. (2007). *Biogeografía del Perú*. Asamblea Nacional de Rectores.
- Muñoz-Pedrerros, A., Gil, C., Yáñez, J., Rau, J., y Möller, P. (2016). Trophic ecology of two raptors, Barn Owl (*Tyto alba*) and White-tailed Kite (*Elanus leucurus*), and possible implications for biological control of Hantavirus reservoir in Chile. *The Wilson Journal of Ornithology*, 128(2): 391-403. <https://doi.org/10.1676/wils-128-02-391-403.1>.
- Leiva, S., Zapata, M., Gayoso, G. y Chang, L. (2014) Diversidad Florística de la Loma Cerro Campana, Provincia Trujillo, Departamento La Libertad-Perú, *Arnaldo*, 21 (1): 187 – 220.
- Olsen, P.D., Kirwan, G. M., Christie, D. A., y Marks J. S. (2013). Short-eared Owl (*Asio flammeus*). In Handbook of the Birds of the World Alive (J. del Hoyo, A. Elliott, J. Sargatal, D. A. Christie, and E. de Juana, Editors). Lynx Edicions.
- Péfaur, J. (1978). Composition and structure of communities in the Lomas of Southern Peru. Ph.D. Dissertation Kansas University USA.
- Pérez, W. y Cerna, K. (2017). Diversidad de la ornitofauna de la loma “Cerro Chiputur”, Trujillo, La Libertad. Enero-Abril del 2017. Tesis para Optar el Título de Biólogo. Universidad Nacional de Trujillo.  
<http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/10817/Perez%20Bellido%2C%20Winnie%20Josselyne%20y%20Cerna%20Diaz%2C%20Karla%20Liseth.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Pozo-Zamora, G., Brito, J., García, R., Alarcón, I., y Cadena-Ortiz H. (2017). Primer Reporte de la Dieta del Búho Orejicorto *Asio Flammeus* (Strigiformes: Strigidae) en Pichincha, Ecuador. *REO Revista Ecuatoriana de Ornitología*, 1: 1–7.
- Selcuk, Y., Bankoglu, K. y Haluk, K. (2017). Comparison of Winter Diet of Longeared Owls *Asio otus* (L., 1758) and Short-eared Owls *Asio flammeus* (Pontoppidan, 1763) (Aves: Strigidae) in Northern Turkey. *Acta zoológica Bulgaria* 69(3):345-348.
- Seminario, M., Castillo, H., Zelada, W., y Pollack L. (2017). Distribución y densidad poblacional de *Incaspiza pulchra* Sclater (1986) (Aves: Thraupidae) en el ACP Lomas del Cerro Campana, La Libertad, 2016-2017. *Arnaldo*, 24(2): 635-644.
- SERNANP (2013). Plan maestro de la Reserva Nacional de Lachay 2013-2018. [http://old.sernanp.gob.pe/sernanp/archivos/baselegal/Resoluciones\\_Presidenciales/2019/RP%20071-2019-SERNANP.pdf](http://old.sernanp.gob.pe/sernanp/archivos/baselegal/Resoluciones_Presidenciales/2019/RP%20071-2019-SERNANP.pdf).
- Schulenberg, T., Stotz, D., Lane, D., O'Neill, J. y Parker III, T. (2010). *Aves de Perú*. Lima: CORBIDI.
- Universidad Nacional de Trujillo y ONG Naturaleza y Cultura (2016). Ficha técnica para la propuesta de reconocimiento del ACP Lomas del Cerro Campana. Trujillo.
- Valverde, D. (1983). Evaluación de la fauna de vertebrados de las Lomas de Iguanil. *Zonas Áridas*, 3: 101-110.
- Wiggins, D. A., Holt D. W. y Leasure S. M. (2020). Short-eared Owl (*Asio flammeus*), version 1.0. In Birds of the World (S. M. Billerman, Editor). Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, NY, USA. <https://doi.org/10.2173/bow.sheowl.01>.

Wust, W. (1987). Aves de las lomas de Lachay. Boletín de Lima. (54): 19 – 22.

Zeballos, H., Villegas, L., Gutiérrez, R., Caballero, K., y Jiménez P. (2000). Vertebrados de las Lomas de Atiquipa y Mejía, sur del Perú. *Rev. Ecol. Lat. Am*, 7 (3): 11-18.

Zelada, W., Pollack, L., Medina, C. y Castillo, H. (2014). Vertebrados del sistema lomal Cerro Campana. *Arnaldoa*, 21(1):221-240. Trujillo-Perú.

**Citar como:**

Seminario, M.; Zelada, W.; Medina, C.; Sánchez, V. 2020. Registro de *Asio flammeus* (aves: Strigidae) para el área de conservación privada lomas del Cerro Campana, La Libertad. REBIOL 42(2):318-325. DOI: <http://dx.doi.org/10.17268/rebiol.2020.40.02.16>.