

REBIOL

REVISTA DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA



Facultad de Ciencias Biológicas
Universidad Nacional de Trujillo

Volumen 34, Número 2

Julio - Diciembre, 2014

ISSN: 2313-3171(En Línea)





La Acreditación de Escuela AP de Microbiología y Parasitología de la Facultad de Ciencias Biológicas

.....Informamos a la comunidad académica y administrativa de la Facultad de CCBB de la UNT que la carrera de Microbiología y Parasitología estuvo en proceso de auditoría externa con fines de acreditación del 10 al 12 de diciembre del presente año con la participación de 05 auditores de la acreditadora EEFA, empresa que ganó la licitación pública y la presencia de una veedora del SINEACE. Culminado el proceso, el presidente del comité externo informó a la vicerrectora Administrativa (representante del rector), al decano de la facultad y al comité interno de la carrera, los resultados de la evaluación, alcanzando un 97 % de conformidad en el cumplimiento de los estándares y el 3 % de observaciones, las que han sido levantadas y enviadas a la instancia correspondiente.... Este es parte del comunicado que el Sistema de Comunicaciones de la Facultad de Ciencias Biológicas, por encargo del Comité Interno de Autoevaluación y Acreditación de la Carrera de Microbiología y Parasitología (CIAAM), anunció a la comunidad de nuestra Facultad la inminente ansiada acreditación.

Desde esta tribuna felicitamos al CIAAM, en la persona de su Presidente, Dr. Hermes Escalante, porque gracias a su esfuerzo y sacrificio han logrado que la Escuela AP de Microbiología y Parasitología se constituya en la primera Escuela de Ciencias Biológicas del norte peruano en acreditarse. Al mismo tiempo, auguramos un avance en el área de investigación, porque el estándar 54 del Modelo de Acreditación de las Carreras Universitarias de Ciencias Biológicas señala que... la Unidad Académica (La Facultad) cuenta con publicaciones periódicas donde los alumnos publican y el estándar 77 propone que .. los docentes publican los resultados de sus investigaciones en revistas indizadas de su especialidad.

En este contexto, ofrecemos las páginas de esta revista, que ya cuenta con inscripción ISSN, para que, adecuados a las Normas de Publicación, docentes y alumnos de la Facultad de Ciencias Biológicas y otras instituciones publiquen sus informes.

Foto de la portada: *Geositta peruviana* (Lafresnaye, 1847) "Minero Peruano". Familia Furnariidae, Orden Passeriformes. Su estado de conservación es de **Preocupación Menor (LC)**. Es una especie Endémica de Perú. Es común en las Lomas de Virú y Loma Cerro Campana. Habita desde Tumbes hasta Ica. Foto tomada en Virú por Luis Pollack Velásquez.

El Editor

REBIOL

Volumen N° 34, Número 2, Julio-Diciembre, 2014

Contenido/Contents

ARTÍCULOS ORIGINALES/ORIGINAL PAPERS

- **Potencial industrial de la pulpa de *Pouteria sapota* para la preparación de nectar de calidad. / Industrial potential of *Pouteria sapota* pulp for preparing quality nectar. Gino Saavedra Cotrina, Icela Rodríguez Haro, Patricia Torres Plasencia y Marco Salazar Castillo.....Pag. 5**
- **Bioacumulación de cobre en *Chondracanthus chamissoi* de la zona intermareal de Salaverry, Trujillo-Perú. / Copper bioaccumulation in *Chondracanthus chamissoi* from Salaverry, Trujillo-Perú intermareal zone. Marlene René Rodríguez Espejo..... Pág. 13**
- **Identificación de *Listeria monocytogenes* por amplificación del gen *iap* a partir de cultivos de *Listeria* sp. procedente de lugares de expendio de carne de res, pescado y verduras en Trujillo (Perú) / Identification of *Listeria monocytogenes* by *iap* gene amplification from cultures of *Listeria* sp. from places of sale of meat, fish and vegetables in Trujillo (Peru). Pedro Mercado-Martínez; Darwin Zavaleta-Isquierdo; Vanessa Arroyo-Ulloa. Pág. 21**
- **Calidad del agua del río Sendamal (Celendín, Cajamarca, Perú): determinación mediante uso de diatomeas, 2012. / Water quality of the river Sendamal (Celendin, Cajamarca, Peru): determination by use of diatoms, 2012. Narda Alarcón-Rojas y Freddy Peláez-Peláez Pág. 29**
- **Especies de *Trichoderma* aislados de suelos de cultivo de *Solanum tuberosum* de Huamachuco, Perú. 2012. / *Trichoderma* species isolated of *Solanum tuberosum* soil cultivation from Huamachuco, Peru. 2012. John Asmat Sigüeñas, Raúl Castro Angulo, Suemie Cruz Cruz, Juanita Díaz Valverde, Crystel Méndez Puelles, Gerardo Alayo Espinoza y Miguel Muñoz Ríos. Pág. 38**
- **Prevalencia de teniasis y seroprevalencia de cisticercosis en pobladores de San Jacinto, Ancash-Perú. 2010. / Prevalence of taeniasis and cysticercosis seroprevalence in residents of San Jacinto, Ancash, Peru. 2010. Jorge E. Carbajal Valverde y César A. Jara. Pág. 44**
- **Trampas de luz con panel pegante para la captura de adultos de *Prodiplosis longifila* (Diptera: Cecidomyiidae) en tomate. / Light traps with glue panel to capture *Prodiplosis longifila* (Diptera: Cecidomyiidae) adults in tomato. Juan J. Musto Lazarte y Agustín Martos Tupes Pág. 53**

- **Sistema acuapónico del crecimiento de lechuga, *Lactuca sativa*, con efluentes de cultivo de tilapia.** / Aquaponic system growth of lettuce, *Lactuca sativa*, with tilapia farming effluents. Edinson W. Moreno Simón y Alina Zafra Trelles..... Pág. 60
- **Estructura alimenticia de la lechuza de los arenales, *Athene cunicularia*, en el Cerro Campana, La Libertad, Perú. 2011.** / Food structure of the owl sands, *Athene cunicularia*, in the Cerro Campana, La Libertad, Peru. 2011. César Medina, William Zelada y Luis Pollack. Pág. 73
- **Notas sobre el género *Stachys* (Lamiaceae) en el Perú.** / Notes on the genus *Stachys* (Lamiaceae) in Peru. Eric F. Rodríguez Rodríguez y Abundio Sagástegui Alva^(†)..... Pág. 83
- **Percepciones sobre la acreditación de los alumnos de la Escuela Académica Profesional de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional de Trujillo-Perú.** / Perceptions of accreditation of students in the Academic Professional School of Biological Sciences, National University of Trujillo-Peru. Julio Chico-Ruíz, Lisi Cerna-Rebaza, Manuel Rodríguez-Lacherre..... Pág. 90

POLITICA EDITORIAL

- Guía para los autores. Pág. 99



Artículo original

Potencial industrial de la pulpa de *Pouteria sapota* para la preparación de néctar de calidad

Industrial potential of *Pouteria sapota* pulp for preparing quality nectar

Gino Saavedra Cotrina¹, Icela Rodríguez Haro, Patricia Torres Plasencia y Marco Salazar Castillo

¹Departamento de Microbiología y Parasitología. Universidad Nacional de Trujillo (UNT). Trujillo. Perú.

²Departamento de Química Biológica y Fisiología Animal. UNT.

RESUMEN

Se determinó el potencial industrial de *Pouteria sapota* “zapote mamey” mediante estandarización de metodologías de obtención de pulpa y preparación de una bebida no alcohólica. Se obtuvo un alto rendimiento de pulpa (50.16 %) y de producto/pulpa (400%), de proteínas (3.42 %), de carbohidratos (10.94%) y de calorías (59.87 Kcal). La evaluación microbiológica del néctar dio hallazgos por mililitro de levaduras y mohos menores de 10 UFC y ausencia de coliformes, enterobacterias y *Salmonella*: resultados lejanos del rango requerido de contaminación, que podrían afectar la salud de los consumidores. El producto elaborado fue muy bien diferenciado por los panelistas aunque con baja preferencia con relación a un producto similar que circula en el mercado. La descripción de los atributos del producto hecha por los panelistas coincidió con la de un producto óptimo de calidad.

Palabras clave: Potencial industrial, *Pouteria sapota*, néctar.

ABSTRACT

Industrial potential of *Pouteria sapota* "mamey sapote" was determined by standardization of methodologies pulping and preparation of a soft drink. High yield pulp (50.16%) and product/pulp (400%), protein (3.42%), carbohydrate (10.94%) and calories (59.87 Kcal) was obtained. Microbiological evaluation findings gave nectar per milliliter of yeasts and molds under 10 UFC and absence of coliforms, Enterobacteriaceae and *Salmonella*: Long range required results of pollution, which could affect the health of consumers. The finished product was very well differentiated by the panelists' preference but low compared to a similar product that circulates in the market. The description of the product attributes made by the panelists concurred with optimum quality product.

Keywords: Industrial Potential, *Pouteria sapota*, nectar.

INTRODUCCIÓN

Algunos productos industrializados como los zumos y néctares de frutas están ganando espacio en la carrera por la atención de los consumidores, debido a que éstos llegan a todo tipo de público y a que presentan una variedad de sabores, envases, métodos de preparación y constitución^{1,2,3,4}. En este sentido y gracias a los avances tecnológicos, es posible encontrar productos bajos en calorías con características agradables en términos de sabor, apariencia, aroma y textura, y precios competitivos en comparación con productos similares que contienen sacarosa; sin embargo, en el Perú hay muchos productos naturales de alto valor nutritivo que aún son desconocidos para la población, dentro de ellos las sapotáceas⁶.

Pouteria sapota (zapote mamey) es un frutal con alto potencial para su explotación frutícola, debido a su agradable sabor, aspecto que ha incrementado el interés de su exportación a Australia, Israel, Filipinas, Vietnam y España; en efecto, cada 100 g de porción comestible de la pulpa contiene 67,5 % de agua, 26,98 g de carbohidratos, 1,41 g de proteína, 0,74 g de fibras y 1,32 g de cenizas, 46,7 mg de calcio, 22,9 mg de fósforo, 1,57 mg de niacina y 18,4 mg de ácido ascórbico^{7,8,9,10}. Esta fruta ha adquirido un valor fabuloso de \$10 a más por libra de pulpa deshidratada, lo cual indicaría que si se le da un valor agregado (como la producción de néctar) sería muy rentable ya que en el Perú esta fruta es muy barata en comparación con los Estados Unidos de Norteamérica^{11,12}.

En el Perú no existen patrones específicos de control de calidad para la exportación del “zapote mamey”, a excepción del contenido de fibra, sabor dulce y pulpa de color amarillo-ámbar^{13,14}. Otro problema de importancia es el poco conocimiento sobre el comportamiento postcosecha de este fruto, al utilizar tecnologías de almacenamiento a bajas temperaturas, atmósferas controladas y modificadas, etc., las cuales son importantes para poder comercializar este fruto a regiones distantes¹⁵.

La tecnología básica e importante de conservación es el uso de bajas temperaturas con el propósito de frenar el deterioro sin inducir alteraciones en la maduración u otros cambios perjudiciales, manteniendo el producto en condiciones aceptables durante un periodo tan largo como sea posible¹⁵. El zapote mamey debido a su origen tropical puede presentar problemas de “daño por frío”, fenómeno que involucra disfunciones metabólicas que afectan la calidad de los frutos después de someterse a temperaturas entre 0 a 15 °C^{16,17}. Los factores que influyen en las respuestas al daño por frío son, principalmente: la composición de ácidos grasos de los lípidos de la membrana celular, los niveles de azúcares y de prolina, la etapa de maduración y las temperaturas de campo¹⁸. Como el “zapote mamey” es un producto muy inestable a temperatura ambiente hace difícil su comercialización; por tanto, surge la necesidad de aplicar métodos de conservación u obtención de productos derivados con mayor tiempo de vida útil para permitir su comercialización con un valor agregado y fomentar la introducción al mercado de nuevos productos alimenticios naturales y nutritivos¹⁹.

Por néctar de fruta se entiende el producto sin fermentar, pero fermentable, que se obtiene añadiendo agua con o sin la adición de azúcares según se definen en la Sección 3.1.2(a) y la Sección 3.1.2 (b) de la Norma General para los Aditivos Alimentarios (NGAA) a productos definidos en las Secciones 2.1.1, 2.1.2, 2.1.3, 2.1.4 y 2.1.5 o a una mezcla de éstos. Podrán añadirse sustancias aromáticas, componentes aromatizantes volátiles, pulpa y células, todos los cuales deberán proceder del mismo tipo de fruta y obtenerse por procedimientos físicos. Dicho producto deberá satisfacer además los requisitos para los néctares de fruta que se definen en el Anexo de la norma mencionada anteriormente²⁰.

En el Perú la producción de néctar se basa en el uso de frutas convencionales y de poco valor nutritivo para los consumidores. Es por eso que el presente trabajo tiene por objetivo estandarizar la formulación de una bebida (néctar) elaborada a partir de *P. sapota* y determinar sus características bromatológicas, microbiológicas y de su vida ‘útil’^{21, 22}

MATERIAL Y MÉTODOS

Material Biológico

Pouteria sapota “zapote mamey” procedente de la selva peruana, ciudad de Iquitos de la región Loreto de Perú en laboratorio de Química Biológica del Departamento Académico de Química Biológica y Fisiología Animal, Facultad de Ciencias Biológicas - Universidad Nacional de Trujillo.

Procesamiento:

Los procedimientos empleados en la transformación del fruto se describen en la Fig. 1.

Selección, lavado y desinfectado:

Se utilizó criterios de selección de la muestra mediante análisis organoléptico. Se escogió frutos con cáscara de color pardo rojizo, pulpa de color amarillo ámbar y consistencia pastosa. Se procedió a separar la fruta dañada o malograda. La fruta fue lavada con el fin de reducir la carga microbiana que portan en la superficie, luego se sumergió por 2 minutos en una solución clorada (lejía al 5%) de 1 mL por cada 2 litros de agua.

Despulpado y despepitado:

La fruta se despulpó mediante estrujado vigoroso. A la semilla remanente que se le ha extraído la pulpa por estrujamiento, sin la necesidad de usar agua se le sometió a agotamiento con ayuda de un cuchillo, hasta que ésta quede libre de pulpa. Se procedió a medir la concentración de sólidos solubles y pH, con la ayuda de un brixometro y un pH-metro.

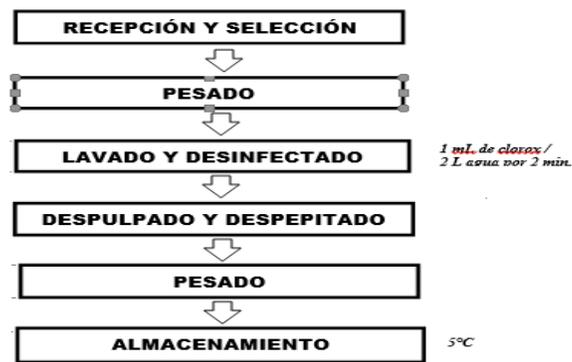


Fig. 1. Obtención de la pulpa de *Pouteria sapota* “zapote mamey”

Homogenización de la pulpa, tamizado y almacenamiento:

La pulpa obtenida por estrujamiento se homogenizó mediante batido vigoroso con ayuda de una licuadora. Se separó la pulpa de la semilla, cáscara y fibras utilizando para esto un tamiz de calibre mediano. Se realizaron las respectivas pesadas. Luego del pesaje y de las mediciones de sólidos solubles y pH de la pulpa se procedió al almacenamiento de la pulpa a 5 °C.

Elaboración de una bebida no alcohólica –néctar- (Fig. 2)



Fig. 2. Flujo de obtención de bebida no alcohólica (néctar) de *Pouteria sapota* “zapote mamey”

Estandarización, filtrado y Pasteurización:

Se reguló la cantidad de pulpa con adición de agua, azúcar, carboximetilcelulosa, y ácido cítrico. Para el cálculo de agua se utilizó la dilución de 3 Kg de agua por cada Kg de pulpa; mientras que el azúcar fue calculado en base a la concentración de sólidos solubles de la pulpa diluida (°Brix inicial) y a la concentración de sólidos solubles del producto que se desea obtener (°Brix final). Se adicionó 9.00 % de azúcar, 0.16 % de CMC y 0.10% de ácido cítrico en base al peso del producto. La mezcla estandarizada es filtrada para retirar partículas extrañas y homogeneizar el tamaño de partícula. El producto obtenido de la mezcla anterior se le sometió a una temperatura de 85 °C por un tiempo de cinco minutos con el fin de inactivar la carga microbiana.

Envasado, cerrado y almacenamiento:

El producto se envasó caliente en frascos de vidrio térmico y el cerrado se hizo de inmediato. El producto se almacenó en un ambiente limpio y cerrado a temperatura de refrigeración (5°C)

Análisis Proximal:

Se determinó materia seca por el método de desecación en estufa: extracto etéreo (grasas) por el método de Soxhlet; proteína (factor de conversión 6.25) por el método semimicro Kjeldahl; cenizas por incineración directa, carbohidratos por el método químico de Fehling²⁵.

Determinación de coliformes totales y fecales y de mohos y levaduras:

Se determinó por el método Norteamericano del número más probable para coliformes totales y fecales del ICMSF (1988).^{25,26} y por el método de recuento en placa del ICMSF (1988), respectivamente^{25,26}.

Análisis sensorial:

- **Prueba de preferencia:** Se utilizó una prueba similar a la discriminatoria de comparación apareada simple de Larmond (1977); ²⁷ en donde se evaluó con un número de 30 personas no entrenados la preferencia o no del producto elaborado. Para dicha prueba se requirió dos muestras similares, la del producto elaborado y una muestra de un producto conocido en el mercado.
- **Prueba discriminativa:** Se utilizó la prueba triangular de Larmond (1977) ²⁷, en donde se determinó con un número de 30 panelistas semientrenados la diferencia entre muestras, de las cuales dos son iguales y una diferente. Para dicha prueba se requirió dos muestras similares; la del producto elaborado y una muestra de un producto conocido en el mercado.
- **Prueba descriptiva:** Se utilizó la prueba de calificación con escalas de intervalo ²⁷, en donde se determinó con un número de 30 panelistas semientrenados las propiedades del producto en los atributos del dulzor, acidez, color, sabor, olor y textura. Para dicha prueba se requirió tres muestras dos obtenidas del mismo lote del producto elaborado y una muestra de un producto conocido en el mercado.

Análisis estadístico

- **Prueba de preferencia:** Se utilizó una prueba estadística de T de Student aplicada a la comparación pareada simple es decir una prueba binomial de los extremos¹³. Se determinó la significancia de la preferencia o no de cada producto elaborado.
- **Prueba discriminativa:** Se utilizó una prueba Chi- cuadrado (X^2) aplicada a la prueba del triángulo es decir una prueba binomial de un extremo¹³. Se determinó si existe o no diferencia significativa entre las muestras de cada producto elaborado.
- **Prueba descriptiva:** Se utilizó la prueba F de Snedecor en un análisis de varianza, para un diseño en bloque completamente al azar aplicada a una categorización cuantitativa absoluta por medio de escalas de intervalo¹³. Se determinó los atributos más significativos.

RESULTADOS

Obtención de la pulpa.

Los pesos de fruta, pulpa, rendimiento de pulpa, características organolépticas y fisicoquímicas que se obtuvieron al realizar las operaciones de selección, pesado, lavado, desinfectado, despulpado, despepitado y homogenización de la pulpa encontrados se muestran en la Tabla 1.

Bebida no alcohólica (néctar)

Los diversos pesos de materia prima (fruta y pulpa), agua tratada, insumos (azúcar, ácido, CMC) y producto con sus respectivos rendimientos y características organolépticas y fisicoquímicas que se obtuvieron en las operaciones de pesado y almacenamiento realizadas en el proceso de obtención de la bebida no alcohólica (néctar) se muestran en la Tabla 2.

Análisis proximal de pulpa

En la Tabla 3 se observa los análisis de proteína, humedad, materia seca, cenizas, grasas, carbohidratos y calorías de la pulpa detectadas.

Análisis microbiológico para bebida no alcohólica

En la Tabla 4 se observan los análisis microbiológicos de numeración de levaduras, mohos, coliformes totales y fecales e investigación de *salmonella sp* del producto elaborado; según criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para alimentos y bebidas de consumo humano. R. M. N° 615-2003SA/DM. Normas legales.

Tabla 1. Pesos, rendimientos y características en la obtención de la pulpa de *Pouteria sapota* “Zapote mamey”

VARIABLE	RESULTADO
Peso de fruta	3,190 Kg
Peso de pulpa	1,600 Kg
Rendimiento en pulpa	50,16 %
Color	Amarillo ámbar
Sabor	Ligeramente dulce
Olor	Agradable
Textura	Pastosa
Brix de pulpa	16
pH de Pulpa	5

Tabla 2. Pesos, rendimientos y características en la obtención del néctar de la pulpa de *Pouteria sapota* “Zapote mamey”

VARIABLE	RESULTADO	VARIABLE	RESULTADO
Peso de pulpa	0,3 kg	Rendimiento de producto / pulpa	400 %
Peso de agua dilución (1/3)	0,9 kg	%azúcar/producto	9,0
Peso de pulpa diluida	1,2 kg	% ácido/producto	0,1
Peso de pulpa diluida y tamizada	1,168 kg	°Brix de pulpa concentrada	16,0
Peso de azúcar	0,11 kg	°Brix de pulpa diluida	4,0
Peso de ácido cítrico	0,001 kg	pH de pulpa diluida	3,9
Peso de CMC (0.16 %)	0,0019 kg	°Brix de producto	12,0
Peso de producto	1,2 Kg	pH de producto	3,5

Tabla 3. Análisis proximal del néctar de la pulpa de *Pouteria sapota* “Zapote mamey”

DETERMINACIONES	UNIDADES	M-I
• Proteína	%	3.42
• Humedad	%	84.4
• Materia seca	%	15.4
• Cenizas	%	0.97
• Grasas	%	0.27
• Carbohidratos	%	10.94
• Calorías	Kcal	59.87

Tabla 4. Análisis microbiológico del néctar elaborado de la pulpa de *Pouteria sapota* “Zapote mamey”

ANÁLISIS MICROBIÓLOGICO	BEBIDA NO ALCOHOLICA (NECTAR)
Numeración de levaduras (UFC/mL)	<10
Numeración de mohos (UFC/mL)	<10
Numeración de coliformes totales (UFC/mL)	Ausente
Numeración de coliformes fecales (UFC/mL)	Ausente

Análisis sensorial para bebida no alcohólica

En el análisis sensorial de preferencia, discriminación y descripción para la bebida no alcohólica (néctar) de *Pouteria sapota* “Zapote mamey” se encontró que 6 de 30 ($p < 0,05$) panelistas prefirieron el producto problema y el resto de los panelistas el producto comercialmente conocido, también se encontró que 30 de 30 panelistas identificaron correctamente la muestra diferente (néctar problema y néctar comercial) y finalmente se encontró que 23 ($p > 0,05$) panelistas manifestaron una descripción de la bebida no alcohólica (néctar problema) como: dulce, ligeramente ácido, color intenso, sabor agradable, oloroso y medio viscoso característico de dicha fruta. Las atribuciones del producto coinciden con los atributos designados para productos de óptima calidad.

DISCUSIÓN

Obtención de pulpa

La dilución facilita en demasía la separación de la semilla, no influye en las características organolépticas; además el tamizado ayuda en el refinamiento de la pulpa, separando fibras, cáscaras y sólidos extraños. Las características fisicoquímicas en cuanto a °Brix y pH determinan que la pulpa del fruto tiene alta concentración de azúcares y baja concentración de acidez. La pulpa tiene un color característico de amarillo ámbar, sabor agridulce, aroma agradable y textura pastosa²⁸, que indica que los frutos son ricos en sacarosa y que la pulpa es comestible, carnosa y amarillado ámbar, más o menos pastosa de sabor ligeramente dulce agradable. El rendimiento de pulpa de *Pouteria sapota* “Zapote mamey” es alto ya que de 3.900 kg de fruta se obtiene 1,600 kg de pulpa; lo que demuestra que el fruto se puede utilizar a nivel industrial, obteniéndose un valor agregado en la transformación de la pulpa²⁸, que indica que es un fruto que constituye alrededor del 50.16% en pulpa del peso del fruto.

Elaboración de bebida no alcohólica (néctar)

Por cada Kg de fruta se utilizó 0,20 Kg de azúcar, 1,7 gramos de ácido cítrico y 3,3 gramos de carboximetilcelulosa. Se estandarizó por Kg de pulpa concentrada y se adicionó, 3 Kg de agua tratada, 0,29 de azúcar, 2,7 g de ácido cítrico y 5,1 gramos de carboximetilcelulosa dando sabor y estabilidad al producto²⁶, acerca de que los néctares tienen un contenido de pulpa o zumo mínimo del 50%, además de esencias, vitamina C, pectinas, azúcar (11 – 15 °Brix) y sustancias acidificantes que mantienen el pH entre

3 a 4 y contribuye a estabilizar el néctar desde el punto de vista microbiológico y fisicoquímico y para darle consistencia al néctar se utiliza un estabilizador o espesante como carboximetilcelulosa (0.1%)²⁹. El remplazo de la molienda coloidal permitió la consistencia y estabilidad del producto. El calentamiento a 85 °C por 5 minutos contribuye a la eliminación de carga microbiana, sabor a crudo, intensidad de color y además contribuye a realizar la pasteurización relámpago. El producto fue envasado, y almacenado a temperatura ambiente logrando buenos resultados.

Las características fisicoquímicas y sensoriales están dentro de las normas técnicas de elaboración de bebidas no alcohólicas descritas por el Codex alimentario. El producto es de un adecuado rendimiento lo que hace viable su industrialización.²⁶. Cabe tener en cuenta que el néctar elaborado guarda relación respecto a los parámetros de calidad de productos similares elaborados con distintos tipos de frutas como por ejemplo el néctar realizado en el Estudio del potencial industrial de *Bunchonsia armeniaca* “CANSABOCA”¹; lo cual no solo indica una buena elaboración del producto sino también genera buenos precedentes para incentivar a la industrialización de frutos no tradicionales; lo cual sería de mucho provecho para las comunidades que las posean, generando empleo y bienestar social.

Análisis microbiológicos de la bebida no alcohólica (néctar)

Los análisis microbiológicos de numeración de levaduras, mohos de bebida no alcohólica de *Pouteria sapota* “Zapote mamey” da valores menores a 10 UFC/mL distante de los valores contaminantes de 10⁴ – 10⁶ UFC/mL y la numeración de coliformes da un valor menor de 3 NMP/mL lejos del rango requerido de 10² – 10³ de NMP/mL que indica contaminación. Por lo que se corrobora que la bebida no alcohólica ha sido elaborada con todas las condiciones higiénicas requeridas²⁶, indicando que las bacterias contaminantes no se han desarrollado en la bebida.

Análisis sensorial para la bebida no alcohólica

Según las pruebas estadísticas empleadas, para los análisis sensoriales de preferencia, discriminación y descripción para la bebida no alcohólica de *Pouteria sapota* “Zapote mamey” se determinó que existe preferencia y diferencia significativa del producto realizado con respecto a productos similares, y que las propiedades de los productos elaborados son iguales y bien definidas por lo que la producción es uniforme o estándar.

CONCLUSIONES

- La pulpa tiene alta concentración de azúcares
- El rendimiento de la pulpa es elevado con respecto al peso de la fruta.
- Con el producto elaborado se obtienen valores muy distantes del rango mínimo de contaminación, y se considera de buena vida útil.
- El néctar elaborado presenta preferencia y diferencia con respecto a otro producto similar.
- La descripción del néctar en estudio es dulce, ligeramente ácido, color intenso, sabor agradable, oloroso y medio viscoso característico de *Pouteria sapota* “zapote mamey”.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Salhuana GJ. Estudio del potencial industrial de *Bunchonsia armeniaca* “cansaboca” [Tesis]. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo. Perú. 2007.
2. Charley H. Tecnología de los Alimentos, Procesos Químicos y Físicos en la Preparación de los Alimentos. 2^{da} ed. México, DF: Edit. Limusa.1991.
3. Kuklinski C. Nutrición y Bromatología. España: Edit. Omega. 2003.
4. Egan H, Kirt R, Sawyer R. Análisis Químico de los Alimentos de Pearson. México, DF: Edit. Continental SA. 1991.
5. Porto CJM, André BHM. Descriptive profile of Peach Nectar Sweetened with Sucrose and Different Sweeteners. J Sensory Studies 2008; 23: 804–816.
6. Alia-Tejacal I, Colinas-León M, Martínez-Damián M, Soto-Hernández M. Factores Fisiológicos, Bioquímicos y de Calidad en Frutos de Zapote Mamey (*Pouteria sapota* Jacq. h.e. Moore &Stearn) Durante Poscosecha. Rev Chapingo, Serie Horticultura 2002; 8(2): 263-281.

7. Pennington TD, Sarukhán J. Árboles Tropicales de México: Manual para la Identificación de las Principales Especies. México, DF: Edit. Universidad Nacional Autónoma de México y Fondo de Cultura Económica. 1998.
8. Ministerio de Salud, Instituto Nacional de Salud (MINSA, INS). Centro Nacional de Alimentación y Nutrición. Tablas peruanas de composición de alimentos. 7^{ma} ed. Lima, Perú: Edit. Agrario.1996.
9. Balerdi CF, Crane JH, Campbell CW. The sapote mamey. Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida.1996; Document FC-30.
10. Brack E. frutas del Perú. Lima, Perú. Universidad de San Martín de Porres. 2003.
11. Ureña M, D'Arrigo O, Girón O. Evaluación Sensorial de los Alimentos. Lima, Perú: Edit. Agraria. Universidad Nacional Agraria la Molina.1999.
12. Wills R, McGlasson, B, Graham D, Joyce D. Introducción a la Fisiología y Manipulación Poscosecha de Frutas, Hortalizas y Plantas Ornamentales. Zaragoza, España: Edit. Acribia 1998.
13. Campbell AC. Handling of Florida grown and imported tropical fruits and Vegetables. Hort Science.1994; 29(9): 975-978.
14. Lyons JM. Chilling Injury in Plants. Ann Rev Plant Physiol 1973; 24: 445-466
15. Wang CY. Physiological and Biochemical Responses of Plants to Chilling Injury. Hort Science. 1982; 17(2): 173-186
16. Bautista-Cruz N. Estudio Químico-Bromatológico y Elaboración de Néctar de aguamiel de *Agave americana L.* (manguey) procedente de Ayacucho. [Tesis]. UNM San Marcos. Lima, Perú. 2006.
17. Robinson D. Bioquímica y valor Nutritivo de los Alimentos. España: Edit. Acribia. 1991.
18. Wilson A, Salas C. Aplicación del sistema HACCP en el proceso de elaboración de alimentos de reconstitución instantánea a base de cereales extruidos. [Tesis]. UNM San Marcos. Lima, Perú. 2003.
19. Cheftel J, Cheftel H. Introducción a la Bioquímica y Tecnología de los Alimentos. España: Edit. Acribia SA.1998.
20. Vásquez QW, Glorio PP. Obtención de calcio y magnesio a partir de conchas de choro (*Aulacomya ater* Molina) para enriquecer un néctar de durazno (*Prunus pérsica L.*) variedad blanquillo. Rev Soc Quím Perú. 2007; 73(4): 235-248
21. Matissek R, Schnepel FM, Steineir G. Análisis de los Alimentos. España: Edit. Acribia SA. 1992.
22. ICMSF. Microorganismos de los Alimentos 6. España: Edit. Acribia SA. 1988.
23. Anzaldúa A. La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica. España: Edit. Acribia SA. 2000.
24. Arenas-Ocampo ML, Evangelista-Lozano S, Arana-Erassquin R, Jiménez-Aparicio A, et al. Softening and biochemical changes of zapote mamey fruit (*Pouteria sapota*) at different development and ripening stages. J Food Biochem 2003; 27: 91-107.
25. Multon J. Aditivos y Auxiliares de Fabricación en las Industrias Agroalimentarias. España: Edit. Acribia SA. 2000.



Artículo original

Bioacumulación de cobre en *Chondracanthus chamissoi* de la zona intermareal de Salaverry, Trujillo-Perú.

Copper bioaccumulation in *Chondracanthus chamissoi* from Salaverry, Trujillo-Perú intermareal zone.

Marlene René Rodríguez Espejo

Departamento de Ciencias Biológicas. Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo. Perú.
malenrre@hotmail.com

RESUMEN

Se determinó la bioacumulación de Cobre (Cu) en *Chondracanthus chamissoi* (Rhodophyta) recolectado del mar de Salaverry (La Libertad, Perú: de 78°59'30" LW, 8°13'42"LS). Las muestras del alga junto con el agua de mar superficial fueron recolectadas aleatoriamente en la zona intermareal en las estaciones de primavera, verano y otoño. Se determinó la salinidad, pH y temperatura. Los niveles de bioacumulación de cobre se realizaron mediante el método de espectrofotometría de absorción atómica por triplicado. Se encontró que: (i) la bioacumulación promedio de Cu en *Ch. Chamissoi* presentó el más alto valor en el mes de abril (1,913 ug/g) y el más bajo en el mes de mayo (0.520 ug/g), (ii) el promedio a lo largo del periodo muestral (agosto-mayo) fue de 1.067 ug/g, (iii) la salinidad y el pH influyen en forma inversa y la temperatura no influye significativamente en la bioacumulación de Cu y (iv) existe una relación directamente significativa entre la concentración del cobre total en agua de mar y el presente en los tejidos de la macroalga.

Palabras clave: Bioacumulación, cobre, *Chondracanthus chamissoi*

ABSTRACT

Bioaccumulation of Copper (Cu) in *Chondracanthus chamissoi* (Rhodophyta) collected from Salaverry Sea (La Libertad, Peru: 78 ° 59'30 " LW, 8, 13 '42"LS) was determined. Samples of the algae with the surface seawater were randomly collected in the intertidal zone in the seasons of spring, summer and fall. Salinity, pH and temperature were determined. The levels of bioaccumulation of copper were performed by the method of atomic absorption spectrophotometry in triplicate. It was found that: (i) the average bioaccumulation of Cu in *Ch. chamissoi* presented the highest value in April (1.913 ug / g) and lowest in May (0.520 ug / g), (ii) on average over the sample period (August-May) was 1.067 ug / g, (iii) the salinity and pH influence reverse and temperature does not significantly influence the bioaccumulation of Cu and (iv) there is a significant direct relationship between the concentration of total copper in seawater and present in tissues of macroalgae.

Keywords: Bioaccumulación, Copper, *Chondracanthus chamissoi*

INTRODUCCIÓN

El equilibrio del ecosistema marino se ha visto alterado en las últimas décadas por un marcado aumento de la contaminación por fuentes terrestres entre los que se destacan principalmente los metales pesados, la creciente industrialización y demás actividades antropogénicas que producen una gran diversidad y cantidad de residuos líquidos que, sin ningún tratamiento, son vertidos a los ríos; estos residuos dispersan y trasladan elementos particulados, generalmente orgánicos, en los cuales se encuentran adheridos metales pesados¹.

Los metales pesados, dentro de los contaminantes, han recibido especial atención debido a sus efectos tóxicos duraderos, ya que en su mayoría no son biodegradables y permanecen en el medio por largos periodos^{2,3}. Presentan un peso específico superior a 4 g/cm y una densidad superior a 5 g/cm y se encuentran en el agua como coloides particulados, sólidos en suspensión, o fases disueltas como cationes o iones complejos^{3,4}.

La mayoría de metales pesados son bioacumulados en los órganos y tejidos blandos comestibles de peces, moluscos, crustáceos, algas y otros organismos marinos y llegan al hombre a través de la cadena alimenticia y le causan efectos negativos acumulativos, la mayoría de veces irreversibles⁵. En las algas la vía de absorción ocurre a través de las paredes celulares y la tendencia de acumularlos está relacionada por la afinidad hacia los polisacáridos cargados negativamente en la pared celular, como un proceso de intercambio iónico principalmente con alginatos y mucopolisacáridos sulfatados reduciendo así la toxicidad de muchos metales^{4,5}.

El cobre es un elemento metálico esencial para la vida humana, pero en altas concentraciones puede causar anemia, daño al hígado, irritación del estómago e intestino⁶; asimismo, es tóxico para muchos organismos acuáticos, incluyendo a las macroalgas, animales marinos los cuales si acumulan elevadas concentraciones se tornan de color verde y adoptan un sabor metálico desagradable⁷.

La generación de estrés oxidativa en la célula es el mecanismo de toxicidad del cobre, el cual junto con otros metales se bioacumulan en diferentes especies, dentro de ellas las macroalgas marinas que, por su abundancia, se han convertido en excelentes bioindicadores de contaminación de los ecosistemas marinos^{8,9,10,11,12,13}.

Estudios efectuados en *Ulva rigida*, *Gracilaria verrucosa* y *Pavlova viridis* han permitido determinar que la variación en la concentración de metales pesados, entre ellos el cobre, en los talos algales se encuentra relacionada con la dinámica del crecimiento, su concentración en el ambiente y la edad del tejido^{14,15}; asimismo, que *E. compressa* acumula pequeñas cantidades de cobre en condiciones fisiológicas, pero en un estado de estrés crónico, el alga acumula una gran cantidad⁸.

En el Perú se han efectuado algunas investigaciones dirigidas a determinar la bioacumulación de metales pesados en sistemas biológicos, por ejemplo de las playas de Salaverry¹⁶, en *Artemia* sp.¹⁷ y en concha de abanico, *Argopectum purpuratus*¹⁸; sin embargo, no se ha utilizado especies algales macroscópicas de procedencia marina para realizar dichos estudios.

En el litoral peruano existe diversidad de flora algológica que se caracterizan por tener importancia económica, dentro de las que destaca *Chondracanthus chamissoi*, conocida con el nombre de “mococho” o “cochayuyo” empleada cotidianamente en la alimentación humana y apreciada en la industria por poseer el carragenato que tiene gran demanda en el mercado internacional por sus múltiples aplicaciones¹⁹. Esta importancia condujo a realizar una investigación encaminada a determinar los niveles de bioacumulación de Cu en *Ch. Chamissoi* de la zona intermareal del Puerto de Salaverry, Trujillo, Perú, así como, la influencia de los factores del ambiente acuático: salinidad, pH y temperatura en la bioacumulación.

MATERIAL Y MÉTODOS

Recolección de las macroalgas.

Siguiendo la técnica descrita por Alveal et al.²⁰ se recolectaron muestras cada mes en el periodo de agosto (invierno) a mayo (otoño) en la zona intermareal del Puerto de Salaverry 78° 59' 30'' W y de 8° 13' 42'' S. Utilizando espátulas se extrajo en forma aleatoria 500 g de individuos adultos de *Ch. Chamissoi*. En cada zona de muestreo se midió la temperatura con un termómetro marca MSZ 13950 graduado a escala 0.1 de 0 a 50 °C, el pH se determinó mediante un pH metro digital Checker-Hanna y la salinidad se midió con el Refractómetro RHS - 10 ATC. Al mismo tiempo, se tomaron muestras de agua superficial para medir la presencia de Cu, en frascos estériles de 650 mL de capacidad debidamente rotulados y sellados con cinta adhesiva los cuales fueron trasladados al laboratorio junto con las muestras de algas donde se los refrigeró hasta sus respectivos análisis.

Determinación de la bioacumulación de Cu.

Las muestras colectadas fueron lavadas con agua destilada para retirar organismos epifitos y otros elementos asociados como sedimentos depositados en la superficie. Del material algal colectado de cada muestreo se sacaron tres submuestras de 10 g el material se secó en una estufa a 80°C, por 48 horas. Después de pulverizar en un mortero cada muestra, se pesa 2.0 g. y se coloca en tubos de ensayo a los cuales se les agrega 10 ml de HNO₃ concentrado hasta su digestión total a 110 °C. Luego las muestras fueron filtradas y se aforaron a un volumen final de 20 ml. con HNO₃ al 0.1 N. Los análisis fueron realizados por triplicado^{20,21}.

Las concentraciones traza de Cu, tanto en el alga como en el agua de mar, fueron medidas mediante el método de espectrofotometría de absorción atómica usando el equipo Espectrofotómetro de Absorción Atómica por horno de grafito modelo HGA-800 Perkin Elmer²². Los resultados fueron analizados tomando en cuenta los límites máximos permisibles propuestos por la FAO²³.

Análisis estadístico.

Los resultados se trataron estadísticamente mediante el programa informático SPSS-15.0 para Windows determinándose el promedio del nivel de bioacumulación de cobre. Asimismo, se realizó un análisis de varianza (ANAVA) y la prueba de Duncan con el fin de determinar diferencias significativas entre los niveles promedios de bioacumulación y un análisis de correlación para determinar la influencia de los parámetros ambientales (temperatura, salinidad y pH) en la bioacumulación de cobre en el alga y su relación con los mismos metales encontrados en agua de mar²⁴.

RESULTADOS

Los niveles promedios mensuales de bioacumulación de Cu a lo largo del periodo muestral mostraron una variación significativa, con una disminución en el mes de octubre a noviembre y posteriormente alcanza el valor más alto de bioacumulación en el mes de abril (1.913 ug/g) y el mínimo seguidamente en el mes de mayo, con 0.520 ug/g (Fig. 2, Tabla 1). En la misma Tabla 1 se aprecia que el promedio de bioacumulación de cobre en los talos del alga *Ch. Chamissoi* a lo largo del periodo muestral fue de 1.067 ug/g. y los promedios alcanzados por los diferentes parámetros fueron de 34.73 ups para la salinidad, 7.89 de pH y 20.19 °C para la temperatura.

Según el análisis de varianza, existe diferencia altamente significativa en el promedio de bioacumulación de Cu en por lo menos un nivel tanto en la salinidad, pH y temperatura ($p < 0.01$). De tal manera, que el nivel promedio de bioacumulación, según la prueba Duncan ($p < 0.05$), aun nivel de salinidad de 35.2 ups

(0.618 ug/g) difiere significativamente del nivel promedio a un nivel de salinidad de 34.9 ups (1.575 ug/g). A pH 7.7 el nivel promedio de bioacumulación es alto (1.597 ug/g) valor que difiere significativamente a pH 8.2 (0.583 ug/g) el cual es bajo, por lo tanto al aumentar el pH a partir de 7.7 el nivel de bioacumulación de dicho elemento disminuye. En cambio, no hubo diferencias significativas en el nivel promedio de bioacumulación de cobre en los rangos de pH de 8.0 (0.700ug/g) a 8.2 (0.583ug/g).

Tabla 1. Niveles promedios de bioacumulación de cobre en *Chondracanthus Chamissoi*, y de los factores ambientales (salinidad, pH y temperatura) de la zona intermareal de Salaverry. Trujillo. La Libertad. Perú, durante 10 meses consecutivos.

MESES	Cu (ug/g)	FACTORES AMBIENTALES		
		SALINIDAD (UPS)	pH	TEMPERATURA (°C)
Agosto	1.196	34.13	7.83	19.03
Setiembre	1.303	34.22	7.73	19.30
Octubre	0.646	35.00	8.20	19.33
Noviembre	0.716	35.13	8.00	20.30
Diciembre	1.08	34.30	7.80	21.06
Enero	0.946	35.40	8.10	21.33
Febrero	1.116	34.08	7.90	21.10
Marzo	1.236	34.90	7.80	21.30
Abril	1.913	34.91	7.73	20.10
Mayo	0.520	35.20	7.90	19.00
Promedio	1.067	34.73	7.89	20.19

El nivel promedio de bioacumulación de cobre en *Ch. Chamissoi* a una temperatura de 20.1 °C (1.913 ug/g) difiere significativamente del nivel de bioacumulación de cobre en la macroalga a 20.0 °C (0.5200ug/g), por debajo de 20.1°C los niveles de bioacumulación de cobre disminuyen, así como por encima de dicho nivel de temperatura. El análisis de correlación reportó que existe una relación inversa estadísticamente significativa entre los niveles de salinidad ($r = -0.371$) y pH ($r = -0.834$) con la bioacumulación de cobre en *Ch. Chamissoi*, es decir a mayor nivel de salinidad y pH menor bioacumulación de cobre en *Ch. chamissoi* ($p < 0.05$) y ($p < 0.01$) respectivamente, por otra parte el nivel de salinidad no influye significativamente ($p > 0.05$), en el incremento de cobre a nivel del agua ($r = -0.179$); así mismo el pH tiene una relación moderadamente significativa e inversa ($p < 0.05$) sobre el agua de mar ($r = -0.429$) y no existe una relación significativa entre la temperatura y la concentración de cobre tanto en el alga y agua de mar ($p > 0.05$); la concentración de cobre en *Ch. Chamissoi* y agua de mar mantiene una relación directa estadísticamente significativa.

La concentración de cobre a nivel del agua de mar a lo largo del periodo muestral presento variaciones significativas alcanzando un valor mínimo de 0.01mg/L en el mes de octubre y un valor máximo de (0.061mg/L) en los meses de agosto y febrero (Fig. 3)



Fig. 2. Niveles promedios de bioacumulación de cobre (ug/g) en *Chondracanthus chamissoi* de la zona intermareal de Salaverry. Trujillo. Perú durante 10 meses.

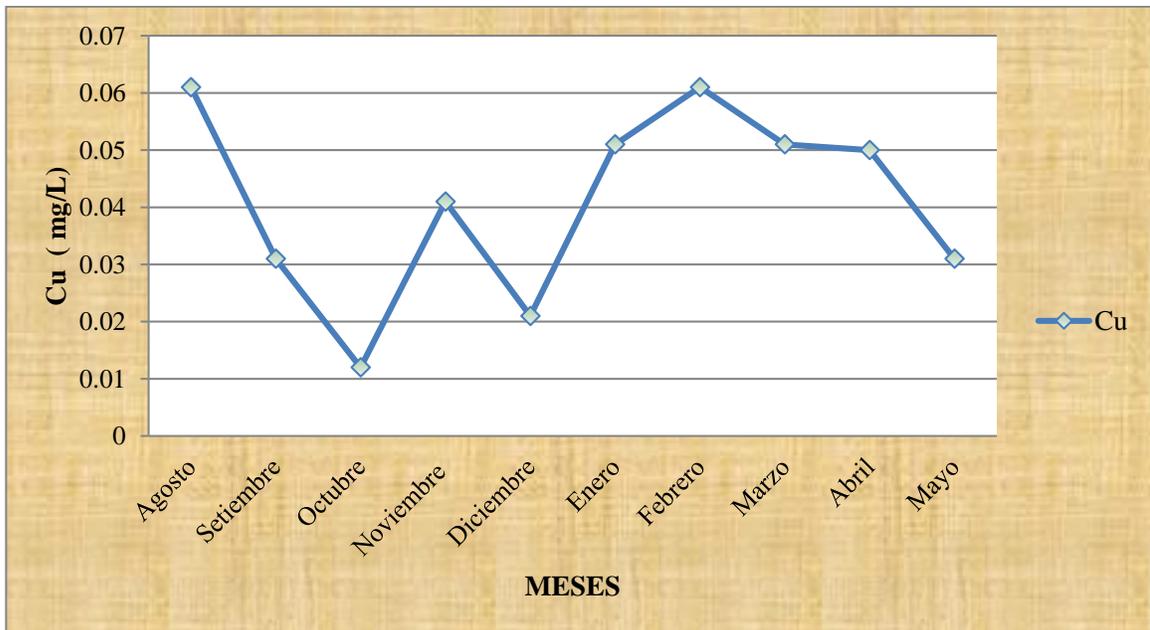


Fig. 3. Niveles promedios de cobre (mg/L) en agua de mar de la zona intermareal de Salaverry. Trujillo. La Libertad. Perú, durante 10 meses.

DISCUSIÓN

El promedio de bioacumulación de cobre de 1.067 ug/g, a lo largo del periodo muestral, alcanzando el más alto nivel en el mes de abril del 2007 (1.913ug/g), debe considerarse baja si se compara con los resultados obtenidos en investigaciones anteriores en *Gymnogongrus* sp (5.4 ug/g), *Myriogramme mangini* (10.0 ug/g) y *Gracilaria lemaneiformis* (5.93ug/g)^{21,25}, lo cual se debería a que las rodofitas, grupo al cual perteneces estas algas, se caracterizan por presentar concentraciones superiores de metales pesados en sus tejidos por presentar grupos polisacáridos, como los carragenanos que se encuentran ligados a la pared celular, los cuales presentan elevada afinidad por elementos metálicos en función de sus cargas y por la estabilidad de sus uniones con los metales pesados²⁶.

Los menores valores bioacumulados de cobre por *Ch. chamissoi* en los meses de octubre (0.646 ug/g) y mayo (0.520ug/g), se debería a la reducción en la biodisponibilidad de este metal en la fracción disuelta lo cual indica que la fase disuelta representa la fuente biodisponible principal de metales para los organismos y se encuentra favorecida por un pH bajo, concentración baja de materia orgánica particulada y altas concentraciones de materia orgánica disuelta²⁷. Se debería, asimismo, a la poca actividad de trabajo portuario y de desembarque evita la contaminación del Puerto o a que un aumento del caudal de los ríos provocado por las lluvias, ocasiona una dilución de la concentración de los metales y consecuentemente una disminución en la biodisponibilidad de los mismos en el medio acuático²⁸.

Los niveles de bioacumulación de cobre encontrados en *Ch. chamissoi* están por debajo del límite máximo permisible reportado por la FAO²³ para productos marinos, valores establecidos por algunos países en el rango de (10 ug/g a 70 ug/g). Asimismo, se puede observar que la variación temporal a lo largo del periodo muestral fue significativa, alcanzando el más alto valor en el mes de abril, lo cual podría estar asociado a problemas sanitarios como evacuación de desperdicios domésticos, residuos industriales, materiales de dragado, descarga de embarcaciones petroleras nacionales e internacionales; estos contaminantes se esparcen en el agua por medio de corrientes y procesos turbulentos de mezcla que afectan según su estado físico^{25,28}.

Dentro de los parámetros ambientales la salinidad alcanzo un promedio de 34.73 ups encontrándose entre los valores normales, reportados para los mares (33 ups a 37 ups). Las variaciones de salinidad se deben a factores climáticos, aportes fluviales, a los desechos y cambios estacionales en la temperatura y los iones sodio disminuyen la bioacumulación de cationes metálicos^{21,25,28}. El pH del medio oscilo entre los rangos de 7.7 a 8.2, siendo un pH que tiende a la alcalinidad, límites que se encuentran dentro de los establecidos, (6.0 – 8.5) por la Ley General de Aguas D.S. N° 261- 69-AP. Se acelera la biodisponibilidad de un metal cuando el pH es ácido y en pH moderadamente altos se produce su precipitación o permanecen como material particulado en suspensión; dichos resultados fueron casi similares a los encontrados por Marcovecchio¹⁰. Con respecto a la temperatura (20.2°C), presentó una tendencia poco variable en el tiempo y se encuentra dentro de la clasificación de aguas marinas cálidas que a su vez influye en la disociación de las sales disueltas y en el pH del agua²⁹.

En base a las condiciones hidrográficas, el año en el cual se hizo la investigación puede ser considerado como un año cálido aunque con predominancia de aguas costeras frías (ACF) y de mezcla, con presencia de frecuentes afloramientos costeros y esporádicamente influenciada por las Aguas Subtropicales Superficiales (ASS) y la presencia de la Extensión Sur de la Corriente de Cromwell (ESCC)³⁰. La presencia de cobre en el agua de mar tuvo una variación significativa encontrándose en los rangos de 0.012 mg/l - 0.061 mg/L en la etapa muestral, alcanzando un promedio de (0.041 mg/L) valores que se encuentran por debajo de los límites permisibles establecidos por la Ley General de Aguas para la zona de pesca de mariscos y bivalvos (Clase VI). La variación en la concentración de dicho elemento se

debería a fuentes de contaminación antrópicas y también a la suspensión de sólidos transportados por el efluente más cercano como es el río Moche hacia esta zona costera.

La relación de los factores ambientales, salinidad y pH en la bioacumulación de cobre en *Ch. Chamissoi* tuvo una influencia inversamente significativa, pues al aumentar disminuye la bioacumulación, mientras que la temperatura no presentó una relación tan significativa con el contenido de cobre en la macroalga; esto se debería a que la solubilidad de los metales pesados en el agua de mar están controlados por tales parámetros ambientales²⁷. La bioacumulación de cobre en *Ch. chamissoi* tiene correlación con la presencia de dicho metal en el agua de mar, a medida que se incrementa el contenido de este elemento en el medio aumenta en el alga. Pues se ha podido establecer que la tasa de absorción de un metal varía con cambios en factores externos medioambientales, sean químicos o físicos como se ha mencionado, o por cambios en las condiciones fisiológicas³¹. Asimismo, las fluctuaciones en la bioacumulación de cobre en los talos algales estaría condicionada con la dinámica del crecimiento, su concentración en el medio, la edad del tejido y la variabilidad estacional³².

Por lo tanto, *Ch. chamissoi* puede constituir un recurso bioindicador de encontrarse en un ambiente más contaminado. Alveal et al.²⁰ consideran que las macroalgas bioacumulan elevadas concentraciones de metales; en consecuencia, son ampliamente utilizadas en diferentes lugares como organismos de vigilancia de contaminación por tolerar altos niveles de metales en sus tejidos.

CONCLUSIONES

- Los niveles de bioacumulación de cobre en *Ch. chamissoi* procedente del Puerto de Salaverry presentó el valor más alto en el mes de abril equivalente a 1.913 ug/g y el valor más bajo en el mes de mayo (0.520ug/g) del 2007.
- El promedio de bioacumulación de cobre en *Ch. chamissoi* a lo largo del periodo muestral fue de (1.067 ug/g)
- Los factores salinidad y pH tienen una influencia significativamente inversa en la bioacumulación de cobre en *Ch. chamissoi* mientras que la temperatura no influye significativamente
- Existe una relación directamente significativa entre la concentración del cobre total en agua de mar y la presente en los tejidos de la macroalga.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Prokop Z, Vangheleiw M, Sprang P, Janssen C, Holoubek I. Mobility and Toxicity of metals in sandy sediments deposited on land. J Ecotoxicol Environ Safety 2003; 54 (1): 65-73.
2. Carranza R. Medio Ambiente Problemas y Soluciones. Callao, Perú: Edit. Vicerrectorado de Investigación. Universidad Nacional del Callao. 2001.
3. Capo M. Principios de Ecotoxicología. Madrid, España: Mac Graw-Hill-Interamericana. 2002.
4. César C. Uso das macroalgas vermelhas como espécies bioindicadoras da poluição por metais pesados. Mestre en Bioquímica. Universidade Federal de Pernambuco. Brasil. 2006.
5. Nebel B, Wrigth R. Ciencias Ambientales. Ecología y Desarrollo Sustentable. 6ta. Ed. México, DF: Edit. Prentice Hall Hispanoamericana S. A. 1999.
6. Rand C, Petrocelli R. Fundamentals of aquatic Toxicology Hemispher. Washington, DC: Publishing Co. 1995.
7. Rodríguez L, Rivera D. Efecto del cobre y del cadmio en el crecimiento de *Tetraselmis suecica* (kylin) Butcher y *Dunaliella salina* Teodoresco. Estudios Oceanol 1995; 14: 61-74.
8. Alvez J, Cambraia J, Oliva M, Pereira C. Absorción e acumulo de cadmio e sus efeitos sobre o crecimiento relativo de plantas de “aguape” e de “salvinia”. Rev Brasil Fisiol Veg 2000; 12: 3-7
9. Campos N. La contaminación por metales pesados en la Ciénaga Grande de Santa María. Caribe. Colombiano. Caldasia 1990; 16: 231-244
10. Marcovecchio J. Metal accumulation in tissues of sharks from the Bahía Blanca Estuary, Argentina. Marine Environm Res 1991; 31: 263-274.

11. Nahle C, Ibañez M. Contenido en metales pesados de las especie marinas bentónicas de la Costa de Vasca. Lurr@lde Investigaciones especiales 2001; 4: 53-62
12. Correa J, Castilla J, Ramírez M, Varas M, et al. Copper, copper mine tailings and their effect on marina algae in Northern Chile. J App Phycol 1999; 11(1): 57-67.
13. Robledo D. Cultivo, adaptación morfológica y fisiopatológica de macroalgas marinas de interés industrial. Tesis doctoral. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. 1993.
14. Malea P, Haritonides S. Season accumulation of metals by red algae *Gracilaria verrucosa* (Huds) Papens from hermamaidokos, Gulf, Greece. J Tof App Phycol 1999; 11(6): 503-509.
15. Haritonides S, Malea P. Bioaccumulation of metals by green algae, *Ulva rigida*, from Thermaikos Gulf, Greece. J Environm Pollut 1999; 104 (3): 365-372.
16. Correa J, González P, Sánchez P, Muñoz P, Orellana J. Copper-algae Interactions: Inheritance or adaptation. Environm Monitoring & Assesment 1996; 40: 41-54.
17. Vásquez D. Toxicidad de los efluentes de Industrias pesqueras de Salaverry y Puerto Malabrigo sobre *Artemia* sp. durante los meses de Enero a Julio de 1999. Tesis de Biólogo Pesquero. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo Perú. 1999.
18. Maceda S, Sakaguchi T. Accumulation and detoxification of toxic metal elements by algae. In: Introduction to Applied Phycology. Netherlands: Atkatsuka, SpB: Academic Publish. 1990; pp.107-135
19. Acleto C, Zuñiga R. Introducción a las Algas. México, DF: Edit. Escuela Nueva S.A. 1998.
20. Alveal K, Ferrario M, Oliveira E. Manual de Métodos Ficológicos. Universidad de Concepción. Chile. 1995.
21. Karez C, Filho S, Pfeiffer G. Concentración de metales en algas marinas bentónicas de tres regiones del Estado de Río de Janeiro. An Acad brasilera da Ciencias 1994; 66: 205-221.
22. Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA). Metodologías para la Caracterización del Agua. Santiago de Chile: Edit. Partners. Comunicaciones Corporativas. 1996.
23. Nauen C. Compilation of legal limits for hazardous substances in shellfish, fish and fishery products. FAO Fish Circ. 1983; 764:102
24. Steel R, Torrie J. Bioestadística. 2da ed. Colombia: Edit. Macgraw-Hill. 1985.
25. Vodopivec C, Farias S, Smichowski P. Niveles de metales pesados en seis especies de algas marinas de la Península Antártica. Instituto Antártico. Argentino, Buenos Aires. Argentina. 2002.
26. Cástañe P, Topalian M, Cordero R, Salibián A. Influencia de la especiación de los metales pesados en medio acuático como determinante de la toxicidad. Rev Toxicol 2003; 20: 13-18
27. Ansari T, Marr L, Tariq N. Heavy metals in marine pollution perspective - a mini Review. J App Sciences 2004; 4(1): 1-20.
28. Carvalho C, Lacerda V, Gomes D. Metales pesados en la biota de la Bahia de Sepetiba y Angra de Reis. Acta Limnol Brasil 1993; 6: 222-229.
29. Gastañadui H. Evaluación de la Contaminación Ambiental por metales pesados y sustancias orgánicas en playas del Distrito de Salaverry. Tesis de Maestría. Escuela de Postgrado Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo. Perú. 2003.
30. Carbajal W, Castañeda J, Castro J, Galán J, et al. Informe Anual 2006. Seguimiento e investigaciones de las pesquerías artesanales. Lambayeque. Instituto del Mar del Perú. 2007.
31. Jacinto M, Aguilar S. Concentraciones traza de metales en especies marinas de la bahía de Huarney, Ancash, Perú. Rev Peruana Biol 2007; 14(2): 307-311
32. Sánchez G, Tupayachi M. Pruebas preliminares sobre toxicidad del cobre en la "concha de abanico" (*Argopecten purpuratus*). En: H. Salzzdwedel y A. Landa (Eds). Recursos y dinámica del ecosistema del afloramiento peruano. Informe del Instituto del Mar. Callao. Perú. 1988.



Artículo original

Identificación de *Listeria monocytogenes* por amplificación del gen *iap* a partir de cultivos de *Listeria* sp. procedente de lugares de expendio de carne de res, pescado y verduras en Trujillo (Perú)

Identification of *Listeria monocytogenes* by *iap* gene amplification from cultures of *Listeria* sp. from places of sale of meat, fish and vegetables in Trujillo (Peru)

Pedro Mercado-Martínez; Darwin Zavaleta-Isquierdo; Vanessa Arroyo-Ulloa

Departamento de Microbiología y Parasitología. ²Escuela AP de Microbiología y Parasitología. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo. Perú

RESUMEN

A partir de cultivos de *Listeria* sp. procedentes de lugares de expendio de carne de res, pescado y verduras en Trujillo (Perú), se realizó la amplificación por PCR clásico de un fragmento de ADN conservado perteneciente al gen *iap* y limitado por los primers MonoA y Lis1B, para la identificación de *L. monocytogenes*. Para ello, se usó 37 cultivos de carne de res, 15 cultivos de pescado y 15 cultivos de verdura aislados e identificados fenotípicamente como pertenecientes al género *Listeria*; el procedimiento constó de tres etapas: (i) extracción del ADN molde de los cultivos aislados mediante la técnica del hervor para luego usando la técnica la PCR clásico, (ii) amplificación de los fragmentos conservados en el termociclador Applied Biosystems, obteniéndose en las muestras positivas 235 segmentos objetivos con un peso de 660 bp cada uno, el segmento de ADN amplificado se encuentra dentro del gen *iap* y es específico para *L. monocytogenes*, y (iii) corrido electroforético en gel de agarosa al 2% para luego ser comparados con el control positivo y determinado su peso molecular mediante el marcador ladder. Se obtuvo la identificación de *L. monocytogenes* en 10 de los 37 cultivos de carne de res, en tres de los 15 cultivos de pescado y en cuatro de los 15 cultivos de verduras.

Palabras clave: *Listeria monocytogenes*, PCR

ABSTRACT

From cultures of *Listeria* sp. from places of sale of meat, fish and vegetables in Trujillo (Peru), classical PCR amplification of a DNA fragment preserved *iap* gene belonging to and limited by the primers MonoA and Lis1B for identifying *L. monocytogenes* was performed. For this, 37 cultures of beef, 15 fish and 15 crops crops and vegetables isolated phenotypically identified as belonging to the genus *Listeria* was used; The procedure consisted of three stages: (i) removal of mold cultures isolated by the technique of boiling and then using the classical DNA PCR technique, (ii) amplification of the fragments stored in the Applied Biosystems thermocycler, resulting in samples 235 positive target segments with a weight of 660 bp each, the amplified DNA segment is within the *iap* gene and is specific for *L. monocytogenes*, and (iii) gel electrophoretic run 2% agarose and then be compared to the positive control and its molecular weight determined by the marker ladder. The identification of *L. monocytogenes* in 10 of the 37 cultures of beef, in three of the 15 cultures in four fish and vegetable crops 15 was obtained.

Keywords: *Listeria monocytogenes*, PCR

INTRODUCCIÓN

L. monocytogenes es un patógeno transmitido por el consumo de alimentos contaminados, puede causar una grave enfermedad invasiva conocida como listeriosis, principalmente en grupos de alto riesgo que incluye adultos mayores, pacientes inmunodeprimidos, mujeres embarazadas, recién nacidos e infantes; además, debido a su alta tasa de mortalidad en la población, la listeriosis ocupa el segundo lugar después de la salmonelosis, como causa más frecuente de muerte entre las enfermedades transmitidas por alimentos¹.

La listeriosis puede producirse por consumo de alimentos contaminados con *L. monocytogenes*, tales como, productos cárnicos, aves de corral, mariscos, pescados y productos lácteos, siendo la dosis infectante variable, dependiendo de varios factores tales como el estado inmune del individuo y la virulencia de la cepa ingerida².

La Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR) es una técnica mediante la cual segmentos de ADN son amplificados usando una ADN polimerasa termoestable y dos cebadores o primers (oligonucleótidos, secuencias cortas de ADN específicas para un gen en particular), luego de desnaturarse el ADN los dos cebadores se unen a cada hebra respectivamente, delimitando la secuencia de ADN que se amplificará, entonces la ADN polimerasa reconoce los cebadores como puntos de iniciación de la polimerización, agregando dNTP (desoxinucleósidos trifosfatos) en la dirección 5'→3', y así sintetizar una nueva hebra de ADN; los fragmentos amplificados son detectados por electroforesis en gel de agarosa teñido con bromuro de etidio³. La PCR es una técnica fiable y reproducible para la identificación de *Listeria* spp. y diferenciación de *L. monocytogenes* de otras especies de *Listeria*, para esto se usan cebadores para genes de factores de virulencia o genes de subunidades de ARN; el principal obstáculo para el uso de la PCR en muestras directamente de comidas y ambientales, es la presencia de inhibidores de la PCR que podrían dar lugar a resultados falsos negativos. Para remover estos factores inhibitorios se emplean perlas magnéticas, tiras reactivas o membranas que permitan remover el ADN objetivo⁴.

La proteína p60 es una proteína extracelular de 60 KDa con actividad hidrolasa de la mureína, involucrada en la formación del septum durante la división celular y responsable de la invasión listerial en fagocitos no profesionales. El gen *iap* codifica la proteína asociada a la invasión p60 que es común en todas las especies de *Listeria*; una comparación anterior de secuencias de ADN indicó que es conservado y que ciertas porciones del gen son específicas para cada especie; por lo tanto, basándose en esto, una combinación de sólo cinco cebadores permite la detección específica y la diferenciación de especies de *Listeria*. Un cebador es derivado al extremo conservado 3' que es específico para todas las especies de *Listeria*, los otros cuatro cebadores son específicos para *L. monocytogenes*, *L. innocua*, *L. grayi* y las tres especies agrupadas *L. ivanovii*, *L. seeligeri* y *L. welshimeri*, respectivamente. Así, la técnica de PCR puede ser útil para la identificación y diferenciación de especies de *Listeria* aisladas de diferentes fuentes^{5,6}.

Finalmente, la identificación de *L. monocytogenes* por amplificación del fragmento de ADN conservado perteneciente al gen *iap* a partir de los cultivos de *Listeria* sp. nos proporcionará un elevado porcentaje de confiabilidad al determinar esta especie en los cultivos que fueron aislados e identificados fenotípicamente, además la identificación genotípica nos proporciona una mayor validez ya que la técnica de PCR tiene gran capacidad de sensibilidad y especificidad en la reacción, un gran poder discriminatorio y reproducibilidad, y es de fácil interpretación; al mismo tiempo, debido a su importancia como agente patógeno, la identificación de *L. monocytogenes* es de gran interés en salud pública.

MATERIALE Y MÉTODOS

Se usó 37 cultivos procedentes de lugares de expendio de carne de res, 15 cultivos procedentes de lugares de expendio de pescado y 15 cultivos procedentes de lugares de expendio de verdura identificados como *Listeria* sp.; se usó un par de cebadores diseñados a partir de un fragmento conservado de 660 bp perteneciente al gen *iap* específicos para identificar *L. monocytogenes*. La secuencia de nucleótidos se describe a continuación:

Mono A: 5'-CAAACCTGCTAACACAGCTACT-3'
Lis1B: 5'-TTATACGCGACCGAAGCCAAC-3'

Para la extracción y preparación del ADN molde se preparó, a partir de cultivos bacterianos aislados, un caldo de infusión de cerebro y corazón (BHI) y se dejó enriquecer de 20 - 24 horas a 35 °C luego se transfirió 1 mL de la suspensión a un tubo de microcentrífuga para centrifugar a 12 000 RPM/g por 3 minutos. El sobrenadante se eliminó y se resuspendió completamente el precipitado en 1 mL de NaCl al 0.85 % para luego centrifugar a 12 000 RPM/g por 3 minutos. El sobrenadante se eliminó y se resuspendió el precipitado en 1 mL de agua estéril y se hirvió durante 10 minutos. Finalmente se centrifugó a 12 000 RPM/g por 1 minuto, el sobrenadante fue separado y guardado como ADN molde a -20 °C.

Para el ensayo de PCR clásico se preparó el siguiente "master mix", el volumen final de la reacción fue de 22 µL, conteniendo 16 µL de agua ultra pura estéril, tampón de reacción MgCl₂ 2.5 µL; desoxirribonucleótidos trifosfato (dNTP) 1 µL, enzima Taq ADN polimerasa 0.5 µL, cebadores 1 µL de cada uno, y ADN genómico 1 µL. La amplificación del ADN se realizó en el Termociclador Applied Biosystems. Los productos obtenidos de la PCR fueron sometidos a un corrido electroforético.

RESULTADOS

En el primer corrido electroforético de ocho cultivos procedentes de carne de res sólo uno amplificó el ADN objetivo, en el segundo corrido se obtuvo la amplificación de cinco cultivos y en el tercer corrido se obtuvo la amplificación de cuatro muestras de los cultivos restantes (Figs. 1,2 y 3).

De los cultivos procedentes de verduras, se obtuvieron la amplificación de tres muestras en el primer corrido electroforético y una muestra en el segundo corrido; de los cultivos procedentes de pescado se obtuvo la amplificación de tres muestras en el corrido (Figs. 4, 5 y 6).

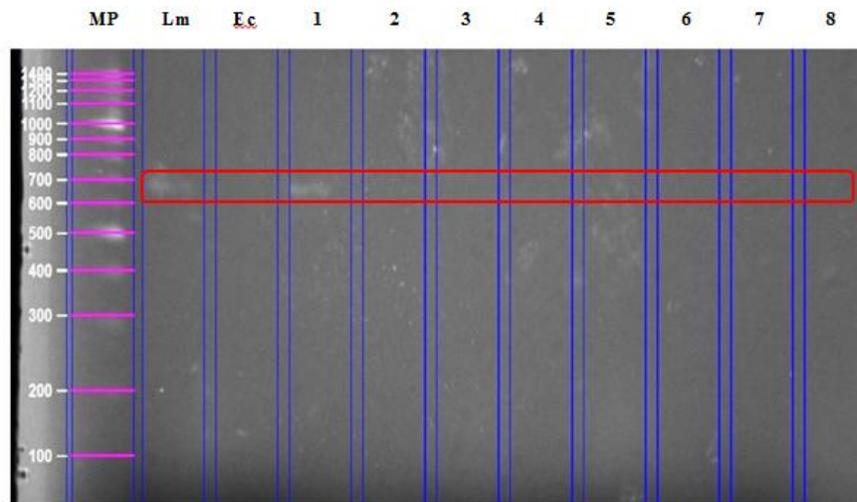


Fig. 1. Fragmento de ADN del gen *iap* amplificado en el cultivo 1 de 660 pb separado por electroforesis en gel de agarosa (MP, marcador de peso molecular ladder 100 bp; Lm, *Listeria monocytogenes*-control positivo-; Ec, *Escherichia coli*-control negativo-)

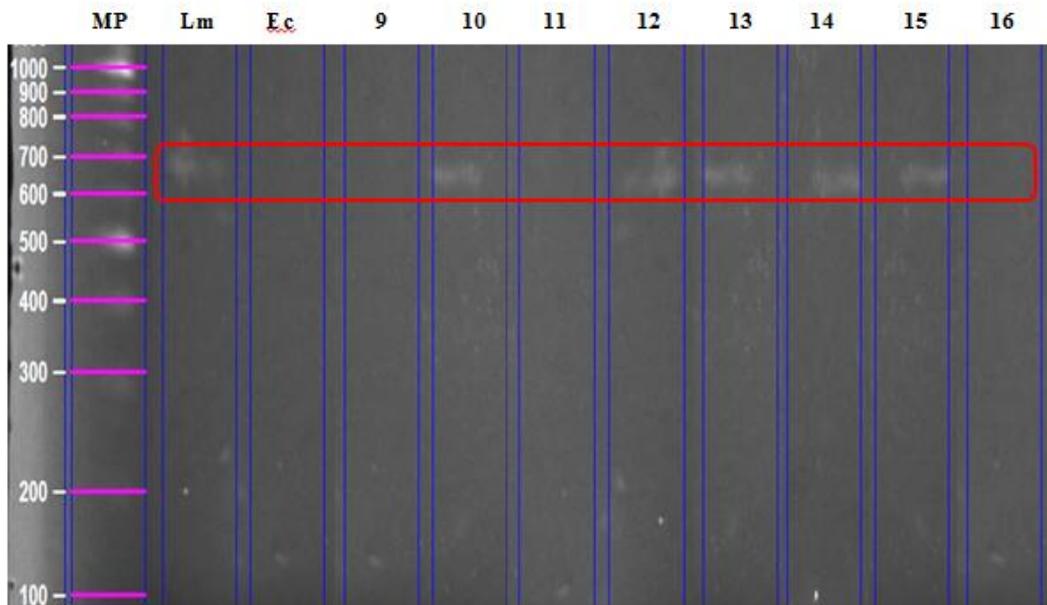


Fig. 2. Fragmentos de ADN amplificados del gen *iap* en los cultivo 10, 12, 13, 14 y 15 de 660 pb separado por electroforesis en gel de agarosa (MP, marcador de peso molecular ladder 100 bp; Lm, *Listeria monocytogenes* -control positivo-; Ec, *Escherichia coli* -control negativo-).

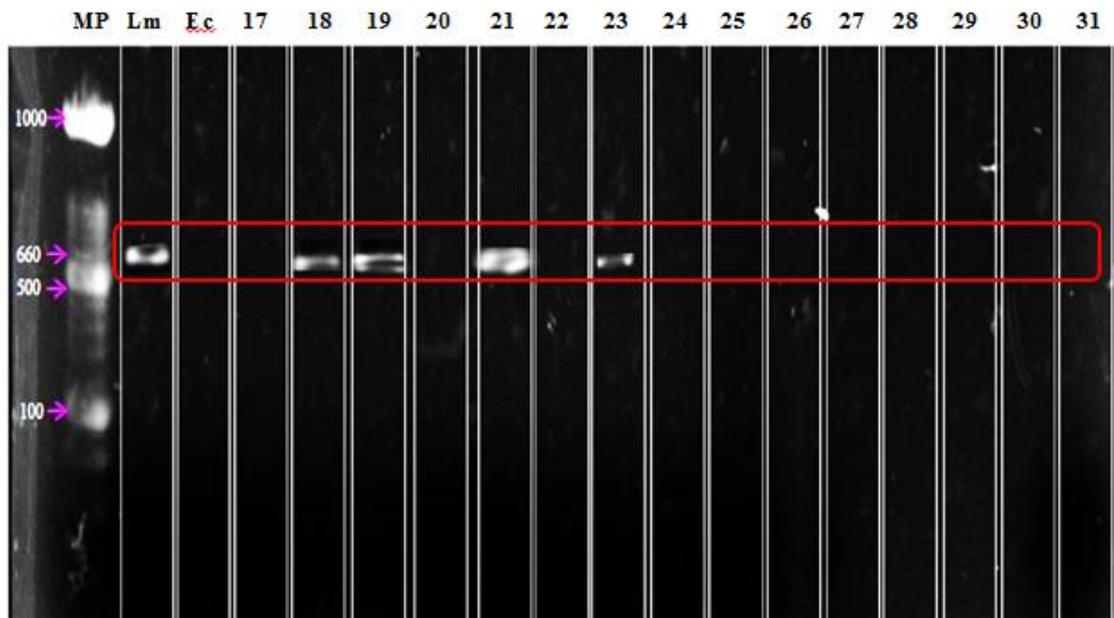


Fig. 3. Fragmentos de ADN amplificados del gen *iap* en los cultivo 18, 19, 21 y 23 de 660 pb separado por electroforesis en gel de agarosa (MP, marcador de peso molecular ladder 100 bp; Lm, *Listeria monocytogenes* -control positivo-; Ec, *Escherichia coli* -control negativo-).

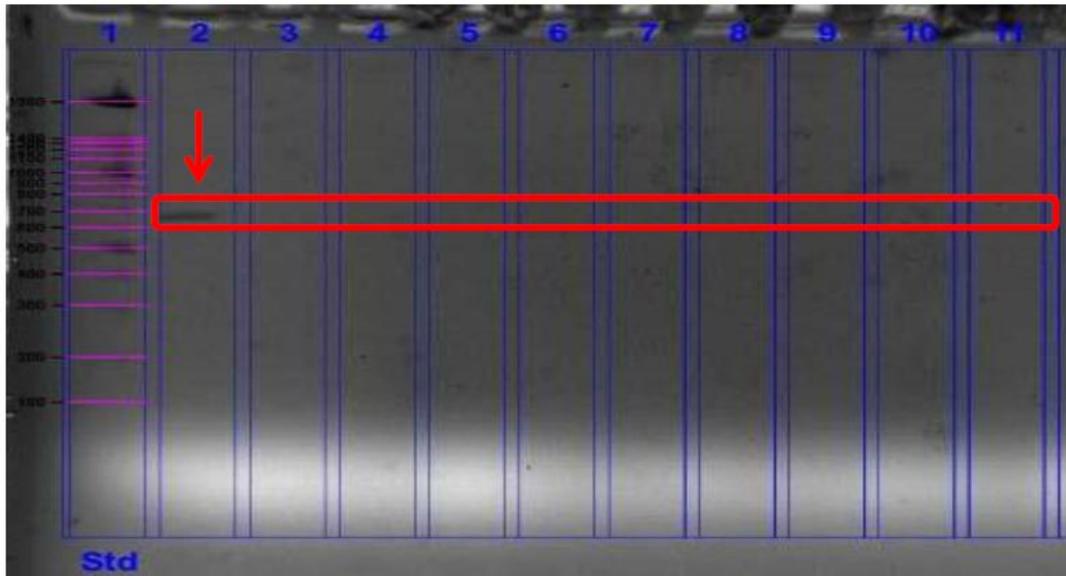


Fig. 4. Fragmentos de ADN amplificados del gen *iap* de *Listeria monocytogenes* separados por electroforesis en gel de agarosa: El marcador ladder 100pb (Pocillo 1). Cultivo 11 al 15 de verdura (pocillos 2, 3, 4, 5, 6) y cultivo 01 al 05 de pescado (7 ,8 ,9 ,10 ,11).

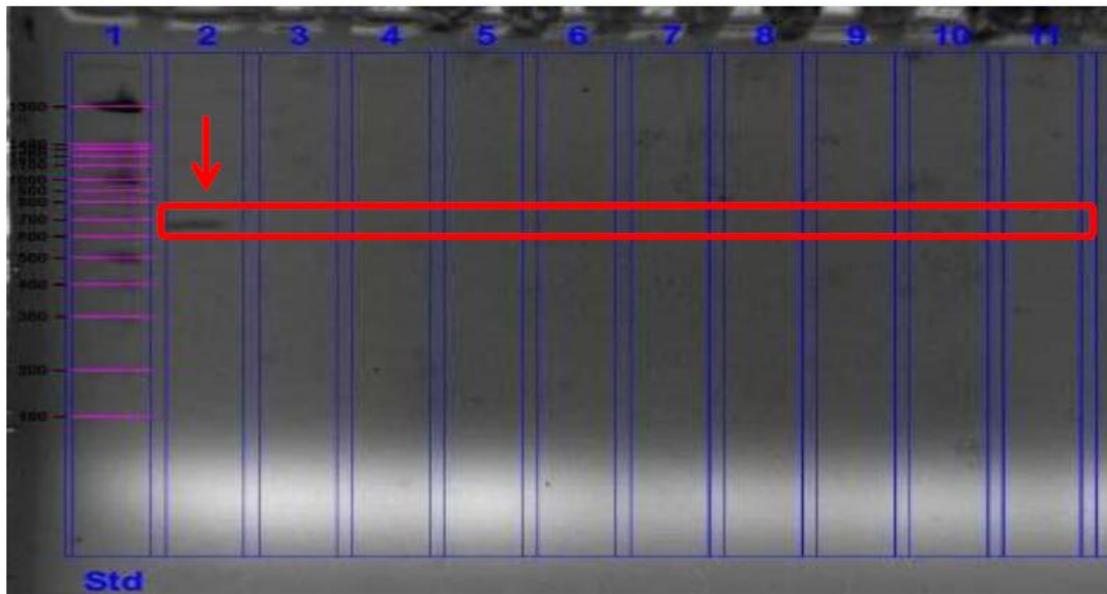


Fig. 5. Fragmentos de ADN amplificados del gen *iap* de *Listeria monocytogenes* separados por electroforesis en gel de agarosa: El marcador ladder 100pb (Pocillo 1). Cultivo 11 al 15 de verdura (pocillos 2, 3, 4, 5, 6) y cultivo 01 al 05 de pescado (7 ,8 ,9 ,10 ,11).

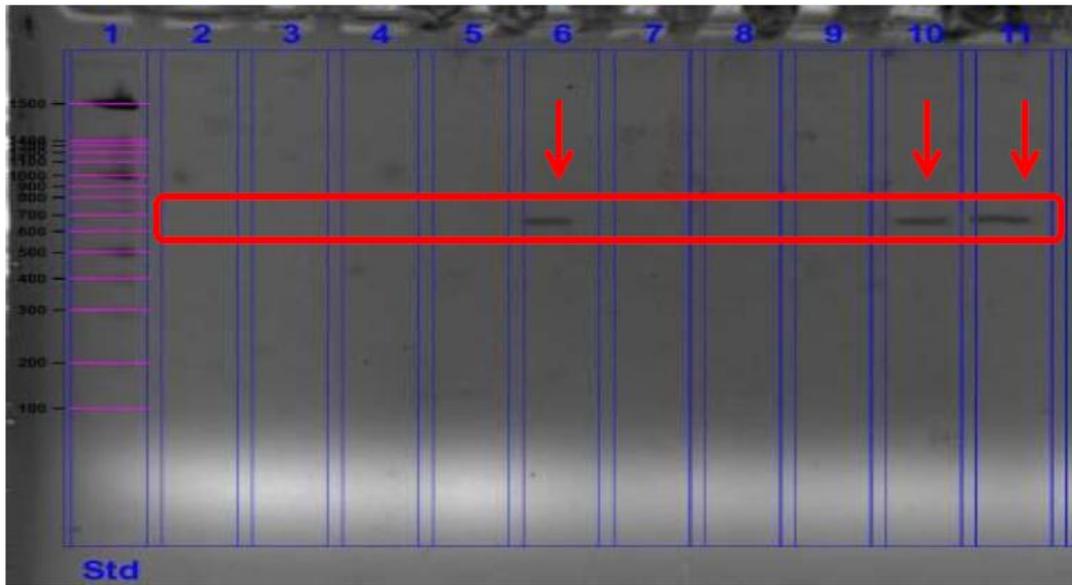


Fig. 6. Fragmentos de ADN amplificados del gen *iap* de *Listeria monocytogenes* separados por electroforesis en gel de agarosa: El marcador ladder 100pb (Pocillo 1). Cultivo 06 al 15 de pescado (Pocillos 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11).

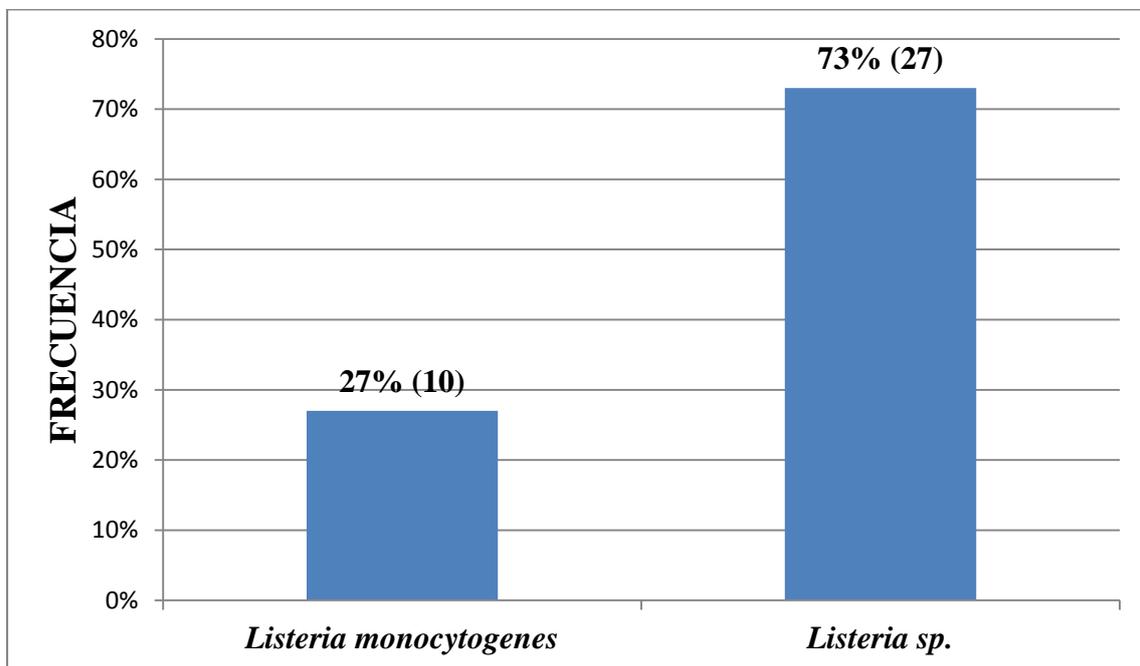


Fig. 7. Frecuencia de la especie *Listeria monocytogenes* identificada usando PCR clásico a partir de cultivos de *Listeria sp.* procedentes de lugares de expendio de carne de res en Trujillo ($p < 0.05$)

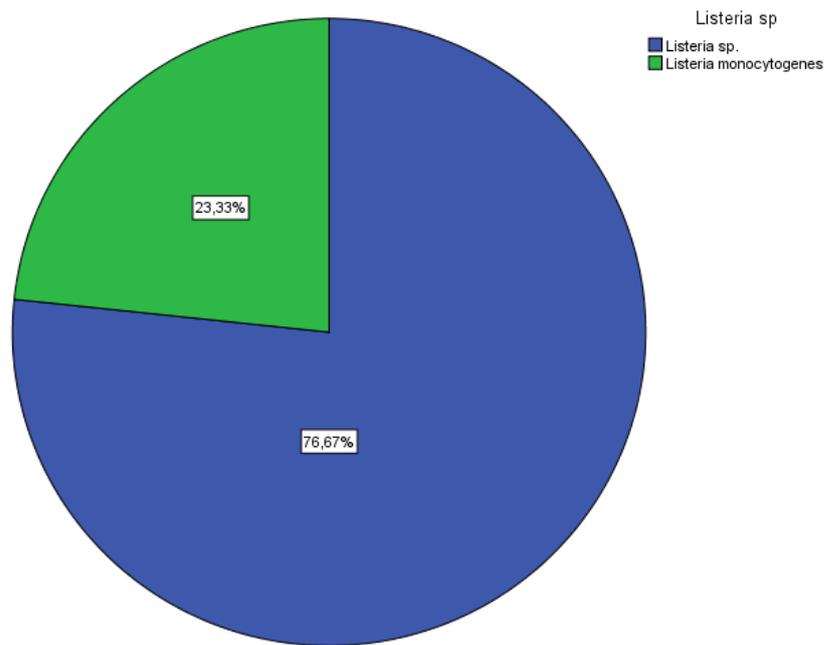


Fig. 8. Frecuencia de *Listeria* sp y *Listeria monocytogenes* identificadas mediante la amplificación del gen *iap* procedentes de lugares de expendio de verduras y pescados en Trujillo (Perú).

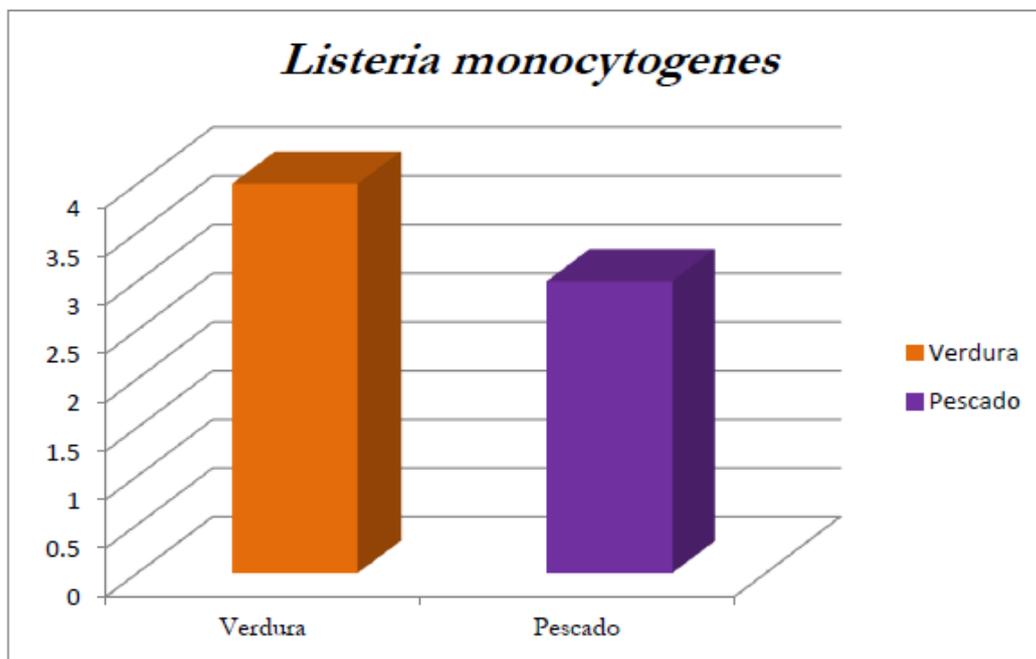


Fig. 9. Comparación de frecuencia de *Listeria monocytogenes* identificadas mediante la amplificación del gen *iap* procedentes de lugares de expendio de verduras y pescados en Trujillo ($p < 0,05$)

DISCUSIÓN

La identificación de la especie *Listeria monocytogenes* por amplificación del fragmento de ADN conservado perteneciente al gen *iap* nos garantizó la fiabilidad de los resultados obtenidos, lo cual evidencia la presencia significativa de este patógeno en un 27% de los cultivos de *Listeria* sp. procedentes de lugares de expendio de carne de res en Trujillo, lugares que resultan ser fuentes de desarrollo y diseminación de este microorganismo causante de la listeriosis, enfermedad que hoy en día ocupa el segundo lugar después de la salmonelosis, como causa más frecuente de muerte entre las enfermedades que son transmitidas por alimentos. En la Gráfica N°1 observamos que existe diferencia significativa entre la presencia de *Listeria monocytogenes* con un 27% y *Listeria* sp. con un 73%, lo cual evidencia que en los lugares dónde se aislaron estos cultivos tienen inadecuadas prácticas de limpieza para este patógeno.

En la Gráfica N° 2 se observa que de un total de 30 cultivos de *Listeria* sp provenientes de lugares de expendio de verduras y pescados en Trujillo, se identificó molecularmente 7 cultivos como *Listeria monocytogenes* mediante PCR clásico, lo cual evidencia presencia significativa de éste patógeno en un 23.33% de los cultivos de *Listeria* sp evaluados.

En la Gráfica N° 3 observamos que existe diferencia significativa entre las muestras que corresponden a las obtenidas de lugares de expendio de verduras con 4 muestras positivas en comparación con las obtenidas de lugares de expendio de pescado con 3 muestras positivas.

Los cebadores usados en esta investigación Mono A y Lis1B evidenciaron su alta especificidad al reconocer el segmento objetivo de 660 pb del gen *iap* específico para *Listeria monocytogenes* y no para otras especies de *Listeria*. La técnica de PCR puede ser útil para la identificación y diferenciación entre especies del género *Listeria* aisladas de diferentes fuentes. Sin embargo en esta investigación la elección del segmento objetivo de 660 pb ubicado en el gen *iap* fue en base a estudios anteriores en el cual se determinó el uso de los cebadores Mono A y Lis1B para la identificación de *L. monocytogenes* mediante PCR clásico, ya que en el ensayo PCR múltiple para la identificación de *L. monocytogenes* se emplea el cebador específico para el gen *hly*, la amplificación con este cebador produce segmentos objetivos de ADN de 210 pb. Se conoce que una causa frecuente de falsos negativos y/o amplificaciones atenuadas de fragmentos objetivos por PCR clásico, es debido a inhibidores orgánicos e inorgánicos presentes en las muestras de ADN contaminadas que actúan directamente inhibiendo la acción de la Taq polimerasa.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Rebagliati V, Philippi R, Rossi M, Troncoso A. Prevention of foodborne listeriosis. *Indian J Pathol Microbiol* 2009; 52(2): 145-149.
2. El-Shenawy M, Mañes J, Soriano JM. *Listeria* spp. in Street-vended ready-to-eat foods. *Interdiscip Perspect Infect Dis*. 2011 Dec 12 [Epub ahead of print].
3. Mullis KB, Faloona F, Scharf S, Saiki R, Horn G, Erlich H. Specific enzymatic amplification of DNA in vitro: The Polymerase Chain Reaction. *Cold Spring Harbor Symp Quant Biol* 1986; 51: 263-273.
4. Gasanov U, Hughes D, Hansbro PM. Methods for the isolation and identification of *Listeria* spp. and *Listeria monocytogenes*: a review. *FEMS Microbiol Rev* 2005; 29 (5): 851-875.
5. Bubert A, Hein I, Rauch M, Lehner A, Yoon B, Goebel W, et al. Detection and differentiation of *Listeria* spp. by a single reaction based on multiplex PCR. *Appl. Environ. Microbiol* 1999; 65 (10):4688-4692.
6. Villegas M. Caracterización molecular de cepas clínicas de *Listeria monocytogenes* aisladas en el Hospital Madre Niño San Bartolomé de Lima durante el período 2001-2005. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. 2010.



Calidad del agua del río Sendamal (Celendín, Cajamarca, Perú): determinación mediante uso de diatomeas, 2012

Water quality of the river Sendamal (Celendin, Cajamarca, Peru):
determination by use of diatoms, 2012

Narda Alarcón-Rojas y Freddy Peláez-Peláez

Departamento de Ciencias Biológicas. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Nacional de Trujillo.
Trujillo. Perú

RESUMEN

En el propósito de determinar la calidad del agua del río Sendamal (Celendín, Cajamarca, Perú), se evaluaron parámetros físico-químicos y biológicos (diatomeas) en cinco estaciones de muestreo, en dos temporadas, seca (mayo) y húmeda (noviembre). Los resultados de los parámetros físico químicos se vieron incrementados aguas abajo, sin embargo, no excedieron los ECA - CAT. III: "Riego de Vegetales y Bebida de Animales" (D.S.002 – 2008 MINAM), a excepción de fosfatos, nitratos, nitritos y pH. Estos últimos parámetros, también se vieron incrementados en la temporada húmeda, demostrando ligera contaminación orgánica, debido posiblemente a la cercanía de los cultivos y a las escorrentías formadas por las lluvias propias de la época; situación que se vio reflejada en los resultados del análisis del índice de diversidad de Shannon & Wiener H para especies de diatomeas, el cual evidenció que el agua presentaba una Contaminación "Imperceptible" y "Leve", con valores que varían de 2.423 y 3.300 bits cel⁻¹.

Palabras clave: Calidad de agua, Diatomeas, río Sendamal, Celendín (Perú).

ABSTRACT

In order to determine the water quality of the Sendamal River (Celendin, Cajamarca, Peru), some physical and chemical parameters were evaluated and biological (diatoms) in five sampling stations in two seasons, dry (May) and wet (November). The results of the physical and chemical parameters were increased downstream, however, not exceeded the ECA - CAT – III: Watering Plants and Animals drink " (DS 002 - 2008 MINAM), except phosphate, nitrate, nitrite and pH. These latter parameters were also increased in the wet season, showing slight organic pollution, possibly due to the proximity of crops and runoff formed by the rains own time, this situation was reflected in the results of the analysis of the index Shannon & Wiener diversity H' for species of diatoms, which showed that the water had a Pollution " Imperceptible " and " Mild " with values ranging from 2.423 and 3,300 bits cel⁻¹.

Keywords: Water quality, Diatoms, Sendamal River, Celendín (Peru).

INTRODUCCIÓN

Los ríos altoandinos en el Perú constituyen un componente muy importante de los recursos hídricos del Perú, siendo la fuente principal de alimentación de lagos, humedales, embalses y zonas agrícolas; asimismo, los ríos de los Andes cumplen un papel indispensable, ya sea en el mantenimiento natural de los ecosistemas o en la satisfacción de necesidades de las poblaciones ubicadas en sus cuencas¹.

No obstante, los andes vienen experimentando algunos de los más destructivos procesos originados por la intervención humana, la introducción del ganado vacuno y ovino y a la intensa actividad minera, a lo que se suma la implementación de una legislación medioambiental inadecuada, la misma que se acompaña de una débil gestión de la calidad ecológica de los recursos hídricos utilizados; por ello, la región altoandina representa uno de los ecosistemas más amenazados y menos gestionados adecuadamente en nuestro país¹.

Ante esta realidad, en los últimos tiempos se ha generado un creciente interés por conocer y conservar los ecosistemas acuáticos, estudiando sus cambios en el tiempo en base a procedimientos y parámetros no sólo físico-químicos, que reflejen la condición del momento de la toma de muestra, sino también a parámetros biológicos, que brinden una respuesta integradora con respecto a su medioambiente y a las fluctuaciones en la calidad del agua^{2,3,4,5}.

Esta complementariedad de los análisis biológicos ha sido recogida por la Directiva Marco del Agua 2000/60/CE, D.M.A.⁶ y demanda la utilización de métodos biológicos para estimar la calidad de agua de los ríos, en base a estudios de algas (diatomeas), macrófitos, invertebrados y peces⁷. En efecto, las diatomeas son organismos muy usados como indicadores ambientales, pues representan más del 80% de las especies totales en una gran variedad de grupos taxonómicos, son cosmopolitas, fáciles de recolectar, preservar, y disponen de elementos estructurales en el frústulo de silicio que permiten una determinación a nivel de especie o variedad con un nivel de exactitud elevado^{4,8}. Asimismo, por su pequeño tamaño y elevada tasa de reproducción, responden sensible y rápidamente a cambios en su medio, causando variaciones en la composición de las especies, que favorecen a las más tolerantes en las nuevas condiciones⁴.

Sin embargo, los estudios de microalgas en el Perú no pasan de ser sólo referentes de la determinación de la calidad de agua, pues no son consideradas como herramientas en la caracterización de un ambiente acuático. Asimismo, la Ley de Recursos Hídricos (Ley 29338), y los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para agua (D. S. 002-2008-MINAM) establecen a los análisis físicos, químicos y microbiológicos (bacterias y protozoarios parásitos) como los indicadores de la calidad del agua en ecosistemas acuáticos⁹.

El Río Sendamal es una microcuenca ubicada en la provincia de Celendín (departamento de Cajamarca), exactamente en el territorio de los distritos de Sorochuco, Huasmín y Celendín, y su recurso es ampliamente utilizado por los pobladores de la zona para actividades como la agricultura y la ganadería; sin embargo, últimamente se encuentra en riesgo de ser afectado por el “Proyecto Minero Conga”; cuyas actividades podrían causar la degradación de sus aguas y de sus afluentes, afectando directamente a los pobladores^{10,11}. Por esta razón, en la presente investigación se buscó determinar la calidad de sus aguas, en el tramo de los distritos de Sorochuco y Huasmín, en la provincia de Celendín - Cajamarca, a fin de generar información básica que permita inferir sobre las alteraciones que pueda sufrir el recurso hídrico por parte de las actividades antropogénicas. Así también, obtener mejores herramientas para la gestión integral del río, que permita su uso sostenible.

MATERIAL Y MÉTODOS

Área de estudio

El río Sendamal, se ubica en la región de Cajamarca, en la Provincia de Celendín, nace en la unión de la quebrada San Idelfonso y otra que aún no tiene nombre, entre las coordenadas 17 M 0808788 y 9222542 a 3343 m.s.n.m., y tiene un amplio recorrido llegando a desembocar en el río Marañón por su margen derecha^{12, 13,14} (Fig. 1).

Determinación de la calidad del agua

Se realizaron dos muestreos, en temporada seca y húmeda (mayo y noviembre del año 2012), en 05 estaciones de muestreo (EM), 3 de las cuales se ubicaron en el río Sendamal y 2 en los afluentes que lo forman; la selección de las EM se basó parámetros tales como la altitud, distancia e influencia de la actividad humana y accesibilidad determinada por la trama de caminos rurales existentes.

Parámetros físico – químicos

Siguiendo las recomendaciones emitidas en la Resolución Directoral N°: 2254/2007 DIGESA/SA, los parámetros evaluado fueron temperatura, pH, Conductividad, Oxígeno Disuelto, Nitratos, Nitritos, Fosfatos, Amonio, Color Verdadero y Aparente, Sólidos Totales Disuelto, Sulfatos, Cloruros, Alcalinidad y metales pesados (Ba, Cd, Cr, Pb, Zn, Mn, Fe, Cu, Hg y As. Cuyos resultados fueron comparados con los estándares de calidad ambiental para agua - categoría III, Riego de Vegetales y Bebida de Animales.



Fig. 1.- Mapa de ubicación del área de estudio, Río Sendamal. Celendín – Cajamarca (Perú).

Evaluación de diatomeas:

Por cada estación de muestreo se colectaron 5 piedras de 10-20 cm del lecho del río bien iluminado y con corriente constante. La superficie superior de estas piedras fue cepillada en un área aproximada de 20 cm², completando un área total de 100 cm², este cepillado, se introdujo en un frasco con tapa hermética con 50 ml de agua de río. Este procedimiento se repitió 3 veces siempre siguiendo aguas arriba para evitar la contaminación de las muestras¹⁵.

Los frascos se etiquetaron y transportaron en refrigeración hacia el laboratorio, para el tratamiento respectivo. Se inició con 10 mL de muestra sometida a un proceso de oxidación con peróxido de hidrógeno (H₂O₂) (30 vol.) para limpiar los frústulos y facilitar la identificación. Posteriormente se realizó un montaje definitivo, para lo que se usó una resina sintética, para la identificación de las diatomeas^{16, 17, 18} y conteo promedio de 400 valvas por cada muestra¹⁵.

La calidad del agua se determinó mediante los valores de diversidad de especies de diatomeas (índice de Shannon & Wiener H'), según el patrón establecido por Lobo & Kobayasi¹⁹.

Tabla 1.- Patrón de Calidad de agua, según Lobo & Kobayasi 1990.

Índice de diversidad Shannon H'	CALIDAD DE AGUA
3 - 4 bits cel -1	Contaminación imperceptible 
2 - 3 bits cel -1	Contaminación leve 
1 - 2 bits cel -1	Contaminación moderada 
0 - 1 bits cel -1	Contaminación severa 

RESULTADOS

La mayoría de los parámetros físicos - químicos evaluados en el agua del río Sendamal, presentaron un ligero incremento aguas abajo, así mismo, similar patrón se observó en los muestreos, cuyos valores fueron mayores en el muestreo realizado en la temporada húmeda. Es así que, la temperatura, el pH, nitratos, nitritos y fosfatos se vieron aumentados en la época húmeda. Para el caso particular del amonio, se mantuvo imperceptible, con excepción de un ligero incremento en las estaciones SEND 03 y SEND 05 para la época húmeda.

Tabla 2.- Valores de los parámetros físico - químicos evaluados en época seca y húmeda (respectivamente) en el río Sendamal, 2012.

PARAMETRO	UNIDAD	ECA - CAT. 3	SEND 01	SEND 02	SEND 03	SEND 04	SEND 05
T°	°C	-	12.4 - 14.5	11.8 - 14.6	10.7 - 12.8	13.30 - 13.6	14.30 - 15.7
pH	Unidad de pH	6.5 - 8.5	7.8 - 8.74	7.34 - 8.7	7.35 - 8.50	7.84 - 8.63	7.02 - 8.67
Conductividad	µS/cm	< 2000	236 - 318	250 - 317	251 - 321	194 - 225	238 - 258
Nitratos	mg/L	10	0.0 - 13.29	0 - 11.96	0 - 13.73	0 - 8.86	1.33 - 6.20
Nitritos	mg/L	0.06	0.0 - 0.07	0 - 1.97	0 - 0.03	0 - 0.07	0.03 - 0.07
Oxígeno Disuelto	mg/L	≥4	9.8 - 11.0	7.7 - 10.9	6.9 - 11.0	11.0 - 11.0	11.0 - 11.0
Fosfatos	mg/L	1	0.9 - 2.7	1.2 - 1.6	0.7 - 3.3	1.7 - 5.20	1.90 - 2.4
Amonio	mg/L	-	0 - 0	0 - 0	0 - 0.12	0.00 - 00	0 - 0.32
Color aparente	UPC	-	48 - 87	46 - 61	41 - 137	51 - 289	53 - 204
Color verdadero	UPC	-	38 - 41	30 - 33	56 - 66	79 - 114	73 - 92

Referente a las diatomeas encontradas en el río Sendamal para las épocas seca y húmeda del año 2012, se registraron 62 especies repartidas en 14 Familias, correspondientes a 9 Órdenes, tales como Melosirales, Tabellariales, Fragilariales, Achnanthesales, Thalassiosiphales, Naviculales, Cymbellales, Bacillariales y Surirellales; de los cuales los órdenes Naviculales y Cymbellales fueron los más abundantes.

En la época Seca se encontraron 8 órdenes, 13 familias y 19 géneros que agruparon a 54 especies reconocidas, mientras que para la época húmeda, se registró 9 órdenes, sumándose a ésta lista el orden Melosirales, por lo que se presentó a su vez 14 familias y 60 especies.

En el listado se encontraron especies que residieron en las diferentes estaciones de muestreo, tal es el caso de: *Ulnaria ulna*, *Planothidium frequentissimum*, *Karayevia oblongella*, *Achnanthes minutissimum*, *Achnanthes saprophilum*, *Achnanthes straubianum*, *Cocconeis pseudolineata*, *Cocconeis lineata*, *Navicula antonii*, *Navicula cryptocephala*, *Encyonema minutum*, *Reimeria sinuata*, *Reimeria uniseriata*, *Gomphonema parvulum*, *Gomphonema saprophilum*, *Grunowia solgensis*, *Nitzschia palea* var. *Debilis*; mientras que, especies como: *Frustulia vulgaris*, *Gyrosigma scalproide*, *Cymbella excisa* var. *procera*, *Gomphonema capitatum*, *Gomphonema truncatum* y *Surirella angusta*, fueron menos frecuentes y abundantes en los muestreos.

Tabla 3.- Abundancia de Diatomeas evaluadas en época seca y húmeda (respectivamente) en el río Sendamal, 2012.

ESPECIE	SEND 01		SEND 02		SEND 03		SEND 04		SEND 05	
	ES	EH	ES	EH	ES	EH	ES	EH	ES	EH
<i>Melosira varians</i>						5		2		1
<i>Tabellaria flocculosa</i>			2	2			1			2
<i>Fragilaria arcus</i>	1	2	3	4	1				1	
<i>Fragilaria capucina</i>		2	2		5					3
<i>Fragilaria vaucheriae</i>			3		1		8	4	1	2
<i>Ulnaria ulna</i>	2	4	6	4	3	2	1		1	7
<i>Planothidium biporumum</i>					4		7		4	4
<i>Planothidium frequentissimum</i>	3	2	4		2	5	31	9	15	9
<i>Planothidium lanceolatum</i>	4		1				7	8	3	7
<i>Karayevia oblongella</i>	18	20	27	7	23	33	49	27	52	31
<i>Achnanthes catenatum</i>		18		3		22	10	19	26	4
<i>Achnanthes minutissimum</i>	111	116	56	68	60	120	89	96	101	51
<i>Achnanthes saprophilum</i>	56	15	21	10	33	9	24	4	23	
<i>Achnanthes straubianum</i>	17	7	10	1	6	17	23	3	10	3
<i>Achnanthes sp.</i>	7	2			4					
<i>Achananthes trinoidis</i>			4		3				3	1
<i>Halamphora montana</i>	1	1			1	2				
<i>Cocconeis pseudolineata</i>	3	2	2	7	72	8	11	3	26	7
<i>Cocconeis lineata</i>	3	8	4	5	46	5	10	8	16	17
<i>Frustulia vulgaris</i>			1			2		2		7
<i>Gyrosigma acuminatum</i>										6
<i>Gyrosigma scalproides</i>		3	1							2
<i>Navicula trivialis</i>	1		4			1				3
<i>Navicula tripunctata</i>	0		4				1	2	1	
<i>Navicula antonii</i>	7	11	32	11	10	35	4	38	8	46
<i>Navicula cryptocephala</i>	1	10	8	26	6	26		27	8	67
<i>Navicula veneta</i>	4	8	26	7	15	17			1	
<i>Navicula cryototenella</i>	3	6	8		3				2	
<i>Encyonema minutum</i>	18	22	19	5	4		1	3	3	5
<i>Encyonema silesiacum</i>	9	6	3							1
<i>Encyonema lange - bertalotii</i>	6	6	3	3		1			1	1
<i>Encyonema ventricosum</i>	5	21	10	8	6					

<i>Cymbella affinis</i>					1		1			
<i>Cymbella excisa</i>	3		4	3					1	
<i>Cymbella excisa</i> var. <i>Procera</i>			9	48						
<i>Cymbella lange - bertalotii</i>		4		1						
<i>Cymbella</i> sp.	1	1	1							2
<i>Reimeria sinuata</i>	51	18	8	34	13	15	87	7	32	10
<i>Reimeria uniseriata</i>	24	26	6	68	8	14	17	2	23	13
<i>Gomphonema rhombicum</i>	1	7	2	10	1		3			
<i>Gomphonema olivaceum</i>	3	2	3	16	2					
<i>Gomphonema pumilum</i> var. <i>elegans</i>		9	1	9	1	1		5		
<i>Gomphonema capitatum</i>	1	1	1							
<i>Gomphonema clavatum</i>				2		1				
<i>Gomphonema saprophilum</i>	2	3	11	8	2		7	7	1	
<i>Gomphonema exilissimum</i>	1		2	2	1			34		3
<i>Gomphonema lagenula</i>	1	2	4		2	5			1	
<i>Gomphonema parvulum</i>	2	3	6	5	2	9		22	11	4
<i>Gomphonema truncatum</i>				1						
<i>Gomphonema</i> sp.			1	2		1				
<i>Grunowia solgensis</i>	5	13	6	6	9	13	2		17	9
<i>Nitzschia umbonata</i>	9		8		2	2		4	0	7
<i>Nitzschia linearis</i>		5	6		2	2			3	12
<i>Nitzschia palea</i> var. <i>Debilis</i>		1		5	1	13	1	48	2	16
<i>Nitzschia filiformis</i>	5	4	5	1	2	1		10		
<i>Nitzschia dissipata</i>						8		4		14
<i>Nitzschia tenuis</i>						3		2		
<i>Surirella angusta</i>	1		13		4				2	13
<i>Surirella brevissonii</i>	9	4	36	8	33	2	4		0	8
Sp.1	1	5	1		1		1		1	1
Sp.2	0		2		5					
Sp3										1

ES: Época seca EH: Época húmeda

El análisis del índice de diversidad de Shannon & Wiener H', reveló que la diversidad es alta, valores que según Lobo & Kobayasi 1990, determinan que en la época seca las estaciones de muestreo SEND 01, SEND 03, SEND 04 Y SEND 05 presentan una Contaminación Leve, en tanto que en SEND 02 hay Contaminación imperceptible. Para la época húmeda, las estaciones de muestreo de SEND 01 a SEND 04, presentaron contaminación leve, a diferencia de la estación de muestreo SEND 05, donde hallamos un ecosistema imperceptiblemente alterado.

Tabla 4: Clasificación del agua del río Sendamal según el índice de diversidad de Shannon & Wiener H' para diatomeas.

ESTACIÓN DE MUESTREO	ÉPOCA SECA		ÉPOCA HÚMEDA	
SEND 1	2.657		2.927	
SEND 2	3.300		2.839	
SEND 3	2.848		2.681	
SEND 4	2.423		2.655	
SEND5	2.654		3.011	

DISCUSIÓN

Los parámetros físico químicos evaluados, revelaron una ligera alteración en los niveles de fosfatos y de conductividad, los mismos que se acentuaron aguas abajo de las EM, por otro lado, valores normales de nitrógeno en sus formas de nitrato y nitrito se presentaron en época seca, pero, en época húmeda se incrementaron considerablemente, siendo SEND 01, SEND 02 y SEND 03 las EM que presentaron valores por encima del ECA para la categoría III (10 mg/L), escenario que pudo ser desencadenado por las intensas lluvias (que ocurren en esta época) y por la actividad agrícola, con la aplicación de fertilizantes, y ganadería así como efluentes domésticos^{20,21,22}. Esta situación coincide con el incremento notable de los sólidos en suspensión, llegando a 354.00 mg/L y 427.31 mg/L en época húmeda, ya que las avenidas por lluvias arrastran substratos producto de la erosión y las escorrentías²³. A raíz de estos resultados se puede decir que las condiciones de calidad del agua del río Sendamal, sigue el patrón de las precipitaciones, las cuales son responsables de arrastrar sedimentos desde fuentes difusas como tierras agrícolas y forestales, estableciéndose una correlación entre carga de nutrientes desde el área de drenaje y el volumen de agua caída, asociada a características de infiltración, permeabilidad del suelo y otros parámetros hidrológicos²¹.

Para el caso del oxígeno disuelto, los valores encontrados son elevados ya que cumple con los ECA, condición general que favorece el desarrollo de una imponente comunidad de algas, macrófitas y briófitas importantes²⁴. Es así que en la presente investigación la diversidad de diatomeas epilíticas alcanzo las 62 especies, 9 Órdenes y 14 Familias. Los géneros *Gomphonema*, *Nitzschia* y *Navicula*, tienen una mayor riqueza con 11, 6 y 6 especies respectivamente; no obstante, al comparar dicha cifra con datos de otras investigaciones (178 especies en el río Lerma, o 92 especies en el río Sauce Grande-Argentina, e incluso con los 77 taxas en el río Locumba-Tacna^{9,25}, se observa una baja riqueza de especies, que puede obedecer a que el gradiente ambiental del río estudiado puede presentar un bajo grado de mineralización, factor importante para la formación de las comunidades de Diatomeas¹.

Del total de diatomeas reconocidas, los géneros *Nitzschia*, *Gomphonema* y *Navicula* están usualmente asociadas con ecosistemas contaminados, con una fuerte correlación con una contaminación orgánica²⁶, específicamente *Gomphonema parvulum* y *Nitzschia palea*, que se han encontrado en la zona de estudio, estas se relacionan a áreas de escorrentía de terrenos agrícolas o con altas concentraciones de nitratos y fosfatos²⁵, siendo evidente en el muestreo realizado en época húmeda, pues la abundancia de estas especies incrementa en las EM SEND 03, SEND 04 y SEND 05, donde a su vez se han detectado niveles elevados los parámetros antes mencionados. Por otra parte, *Melosira varians* se desarrolla fácilmente bajo condiciones eutroficadas²⁷, es decir con niveles elevados de nutrientes, es por ello que se han encontrado individuos de esta especie en las EM SEND 03, SEND 04 y SEND 05, donde los niveles de contaminantes orgánicos son considerable.

Otros estudios consideran a otras especies de diatomeas como indicadoras de una condición saprobia, por ser constantes en situaciones de contaminación orgánica; específicamente, *Amphipleura lindheimeri*, *Fragilaria ulna* (*Ulnaria ulna*), *Navicula cryptotenella*, *Nitzschia amphibia*, *Nitzschia nana*, *Sellaphora pupula*²⁸, de las cuales en nuestra área de estudio sólo se encuentra a *Ulnaria ulna* (*Fragilaria ulna*), *Navicula cryptotenella* aunque vale destacar que no se encontraron en gran abundancia. En cambio, *Gomphonema parvulum* es una especie tolerante a estas condiciones, es por ello que fue más abundante en la época húmeda, especialmente en la EM SEND 02.

Adicionalmente a los datos de abundancia y ocurrencia de especies de diatomeas, se evaluó el índice de diversidad Shannon & Wiener H', pues éste resulta ser muy útil para predecir las condiciones de calidad de los ecosistemas acuáticos³; considerando que las diferencias en las abundancias de especies, la organización espacial de la comunidad y el grado de contaminación; pues los valores elevados de diversidad, representarían ecosistemas altamente organizados y una mayor complejidad estructural de la taxocenosis y, por consecuencia, una mayor estabilidad y menor alteración por contaminación, mientras que, los valores bajos de diversidad se han asociado con un aumento de las condiciones tróficas del

sistema²¹, o también podría significar que la comunidad se encuentra en una etapa transicional representada por los valores máximos y mínimos de diversidad, lo cual denotaría cierto grado de inestabilidad o alternancia de especies⁴. Para el área de estudio, se determinó que el índice de diversidad de Shannon & Wiener H' oscila entre 2.423 cel bits⁻¹ y 3.3 cel bits⁻¹, señalando que la calidad del agua presentan una Contaminación Leve (SEND 02 en época seca y SEND 05 en época húmeda) y Contaminación imperceptible en las EM restantes; es decir, la calidad del agua del río Sendamal según el índice de diversidad de diatomeas es aceptable.

De acuerdo a los resultados obtenidos podemos reconocer que el empleo de las diatomeas epipélicas resulta apropiado para la evaluación y monitoreo de la calidad del agua de sistemas lóticos, como los ríos de los Andes del Perú, ya que suministran información con respecto a su medioambiente y a las fluctuaciones en la calidad del agua, los cuales no son detectados por análisis químicos intermitentes; así mismo las diatomeas precisan polución a corto término, permitiendo advertir la presencia de factores de estrés ambiental (metales pesados) a partir de la observación de deformaciones de las valvas⁴. No obstante, se ha indicado que las diatomeas tienen una correspondencia evidente y cuantificable con las variables ambientales, siendo más relevantes las físicas y químicas respecto a las hidrológicas, lo que las evaluaciones de diatomeas se tienen que complementar con los parámetros físico-químicos, que brinden un conocimiento de las condiciones actuales del cuerpo de agua¹.

CONCLUSIONES

- Los resultados de los parámetros físicos - químicos, han evidenciado que el agua del río Sendamal y sus afluentes, cumple con los ECA - CAT. III: “Riego de Vegetales y Bebida de Animales” (D.S.002 – 2008 MINAM), para la mayoría de parámetros, a excepción de fosfatos, nitratos, nitritos y pH, los mismo reflejan una ligera contaminación orgánica.
- En el río Sendamal y sus afluentes que lo forman, se encontraron 62 Especies de Diatomeas repartidas en 14 Familias, correspondientes a 9 Órdenes.
- Los parámetros comunitarios de diatomeas del río Sendamal y sus afluentes que lo forman, indican que el índice de diversidad de Shannon & Wiener (H') oscila entre 2.423 y 3.3, lo que determina una calidad de agua con “Contaminación Imperceptible” a “Contaminación Leve”, en ambas épocas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Díaz C, Rivera C. Diatomeas de pequeños ríos andinos y su utilización como indicadoras de condiciones ambientales. *Caldasia*, 2004; 26(2): 381-394
2. Alba-Tercedor J. Un Método Rápido y Simple Para Evaluar la Calidad Biológica de las Aguas Corrientes Basado en el de Hellowell (1978). *Limnética*, 1988; 4: 51-56
3. Norris R, Hawkins C. Monitoring river health. *Hydrobiologia*, 2000; 435: 5-17
4. Licursi M, Gómez N. Aplicación de Índices Bióticos en la Evaluación de la Calidad del Agua en Sistemas Lóticos de la Llanura Pampeana Argentina a Partir del Empleo de Diatomeas. En: Ringuet R. (ed), *Biología Acuática N° 21. Diatomeas y Macroinvertebrados Bentónicos en el Monitoreo de Sistemas Lóticos Bonaerenses*. Instituto de Limnología. UNLP-CONICET. 2003.
5. Herrera M. Guía para Evaluaciones Ecológicas Rápidas con Indicadores Biológicos en Ríos de Tamaño Mediano Talamanca - Costa Rica. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) Turrialba, Costa Rica. 2005
6. E. C. European Commission. Overall approach to the Classification of the Ecological Status and Ecological Potential. Water Framework Directive. Common Implementation Strategy. Working Group 2A. Ecological Status (ECOSTAT). November, 2003
7. Puntí T, Prat N. Evaluación del Estado Ecológico de un Río Mediterráneo: El Ripoll. Departamento de Ecología, Universidad de Barcelona. 2002

8. Gómez N, Rodrigues A. Programa de Monitoreo Integrado de Calidad de Agua Superficial y Sedimentos de la Cuenca Matanza-Riachuelo y del Río de la Plata y Sistematización de la Información Generada. Instituto de Limnología Dr. R.A. Ringuelet. Argentina. 2010
9. Calizaya A, Avendaño J, Delgado M. Evaluación de la calidad del agua fluvial con diatomeas (*Bacillariophyceae*), una experiencia en Tacna, Perú. Rev Peru Med Exp Salud Pública, 2013; 30(1): 58-63.
10. Alcántara F. Monitoreo Hidrico Superficial de los Afluentes del Río Sendamal en el Distrito de Hueasmín. Tesis de Ingeniero Ambiental. Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca. Perú. 2009.
11. Piésold K. Proyecto Conga: Estudio de Impacto Ambiental Resumen Ejecutivo Minera Yanacocha S.R.L. 2010.
12. GRC. Gobierno Regional de Cajamarca. Zonificación Ecológica y Económica Base Para el Ordenamiento Territorial del Departamento de Cajamarca. 2011
13. Montoya E, Figueroa G. Geografía de Cajamarca. Volumen II. 1991.
14. Sánchez P. Lineamientos para la Política Regional de Medio Ambiente. Primera edición. Imprenta Visual Servis. Cajamarca. 2006
15. C.H.E. Confederación Hidrológica del Ebro. Metodología Para el Establecimiento del Estado Ecológico Según la Directiva Marco del Agua en la Confederación Hidrológica del Ebro. Protocolos de Muestreo y Análisis Para Fitoplancton, Fitobentos (Microalgas Bentónicas y Macrofitas), Invertebrados Bentónicos e Ictiofauna. 2004
16. Smith G. The Fresh-Water algae of the United States. 2da ed. USA: Mc Graw-Hill. 1950
17. Margalef R. Limnología. Barcelona: Edit. Omega. 1983
18. Fernández A. Manual de las Diatomeas Peruanas. U.N.T. Hortus Botanicus Truxillense. 1999
19. Lobo E, Kobayasi H. Shannon's diversity index applied to some freshwater diatom assemblages in the Sakawa River System (Kanagawa Pref., Japan) and its use as an indicator of water quality. Jpn J Phycol (Sorui). 1990; 38:229-43.
20. Córdova S, Gaeteel H, Aránguiz F, Figueroa R. Evaluación de la calidad de las aguas del estero Limache (Chile central), mediante bioindicadores y bioensayos. Departamento de Biología y Ciencias Ambientales, Facultad de Ciencias, Universidad de Valparaíso. Lat Am J Aquat Res. 2009; 37(2): 199-209.
21. Margalef R. Limnología. Teoría de los ecosistemas ecológicos. Publicaciones Universitarias de Barcelona. Barcelona. 1993
22. Medina C. Estado Ecológico del Río CHICAMA. Regiones. La Libertad y Cajamarca. Perú. 2006". Tesis de Doctor en Medio Ambiente. Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo. Perú. 2007
23. Sabater S, Sabater S, Armengol J. Ecología de ríos mediterráneos. Invest y Cienc. 1993; 72-79.
24. Acosta C. Estudio de la Cuenca Altoandina del Río Cañete (Perú): Distribución Altitudinal de la Comunidad de Macroinvertebrados Bentónicos y Caracterización Hidroquímica de sus Cabeceras Cársticas. Memoria de título de Doctor por la Universidad de Barcelona. 2009
25. Segura V, Cantoral I, Maidana N. Epilithic diatoms (Bacillariophyceae) as indicators of water quality in the Upper Lerma River, Mexico. Hidrobiológica 2012; 22(1): 16-27.
26. Goncalves, V, Raposeiro P, Costa A. Benthic diatoms and macroinvertebrates in the assessment of the ecological status of Azorean streams. Limnetica 2008; 27(2): 317-328.
27. Armitage P, Moss D, Wright J, Furse M. The performance of a new biological water quality score system based on macroinvertebrates over a wide range of unpolluted running-water sites. Water Res 1983; 333-347.
28. ACP-UP. Autoridad del Canal de Panamá - Universidad de Panamá. Diatomeas del Canal de Panamá: Bioindicadores Y Otros Estudios Pioneros. Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología Departamento de Botánica y Centro de Ciencias del Mar y Limnología. 2012



Artículo original

Especies de *Trichoderma* aislados de suelos de cultivo de *Solanum tuberosum* de Huamachuco, Perú. 2012

Trichoderma species isolated of *Solanum tuberosum* soil cultivation from Huamachuco, Peru. 2012

John Asmat Sigüeñas, Raúl Castro Angulo, Suemie Cruz Cruz, Juanita Díaz Valverde, Crystel Méndez Puelles, Gerardo Alayo Espinoza y Miguel Muñoz Ríos

¹Escuela AP de Microbiología y Parasitología. Universidad Nacional de Trujillo (UNT). Trujillo. Perú.

²Departamento de Microbiología y Parasitología. UNT.

RESUMEN

Se aisló e identificó cuatro especies del género *Trichoderma* a partir de suelos de cultivos de papa, *Solanum tuberosum*, de siete caseríos del distrito de Huamachuco (Departamento de La Libertad, Perú), entre abril y junio del 2012. Se colectó 17 muestras de suelos de la rizósfera de terrenos de cultivos de papa, las cuales se procesaron mediante siembras por superficie en placas Petri, conteniendo Agar Sabouraud con estreptomycin (30 ug/mL) y subsecuente incubación a 25°C por 3 a 5 días; posteriormente, se realizaron las observaciones microscópicas con azul de lactofenol. Para efectuar la identificación a nivel de especie se realizaron cultivos puros y luego microcultivos utilizándose claves taxonómicas de identificación. De las 17 muestras obtenidas, 11 cultivos nativos presentaron *Trichoderma* correspondientes a cuatro especies: *T. atroviride*, *T. viride*, *T. harzianum* y *T. pseudokonigii* de muestras de suelo de seis caseríos: Nueve de Octubre, Markahuamachuco, Sausacocha, Puente Piedra, Wiracochapampa y La Ramada.

Palabras clave: *Trichoderma*, agar Sabouraud, identificación, suelos

ABSTRACT

Four species of the genus *Trichoderma* of potato, *Solanum tuberosum*, crops lands from seven villages in the district of Huamachuco (Department of La Libertad, Peru), from April to June, 2012 were isolated and identified. 17 soil samples were collected from rhizosphere of potato crop land, which were processed by planting area basis in Petri plates containing Sabouraud Agar with streptomycin (30 ug/mL) and subsequent incubation at 25 °C for 3-5 days; microscopic observations were performed with blue-lactophenol technique later. In order to perform identification at the species level and then pure cultures were performed microcultures taxonomic identification keys used. Of the 17 samples, 11 showed *Trichoderma* native crops corresponding to four species: *T. atroviride*, *T. viride*, *T. harzianum* and *T. pseudokonigii* of soil samples six villages: Nueve de Octubre, Markahuamachuco, Sausacocha, Puente Piedra, Wiracochapampa and La Ramada.

Keywords: *Trichoderma*, identification, isolation, soil

INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas se vienen utilizando organismos o sus productos como una alternativa al uso de controladores químicos, ya que estos tienen un impacto negativo en el medio ambiente, los primeros deben tener la misma efectividad que los químicos sin sus efectos negativos, aumentando el rendimiento de los cultivos y protegiéndolos de ciertos microorganismos fitopatógenos; entonces, el control biológico ofrece un medio ambiente seguro y la opción económicamente viable para la protección de las plantas, reducir las enfermedades y gran potencial para promover la agricultura sostenible^{1,2,3}.

Trichoderma spp. son hongos de vida libre altamente interactivos en entornos de raíz, el suelo y hojas; se ha sabido durante muchos años, que producen una amplia gama de sustancias antibióticas y que parasitan a otros hongos^{1,4}. El potencial de las especies de *Trichoderma* como controlador biológico de agentes etiológico de enfermedades de plantas fue reconocida por primera vez en la década de 1930 y desde entonces la lista de enfermedades controladas aumenta paulatinamente y, dependiendo de la especie, el uso de *Trichoderma* en la agricultura puede ofrecer numerosas ventajas, entre otras: la colonización de la rizósfera, el control de patógenos y microflora competitiva, la mejora de la salud vegetal^{5,6,7,8,9,10}.

T. viride figura, entre las especies de *Trichoderma*, como la más estudiada por ser fácilmente adaptable a las condiciones climáticas, factibles de aislar, propagar y evaluar in vitro^{2,7}, así como, aumentar el crecimiento y procurar mayor absorción de nutrientes^{11,12}. *T. harzianum* también mejora el crecimiento de raíces de una amplia variedad de plantas, debido a que acumula sustancias tóxicas, incrementa el volumen de suelo colonizado por las raíces y aumenta la penetración de raíces profundas y la absorción de nitratos, otros iones y diversos metales tóxicos y metaloides^{13,14}.

T. atroviride, por su lado, ha demostrado que inhibe, en condiciones de laboratorio, el crecimiento micelial de *Rizoctonia solani*, uno de los más importantes patógenos que se transmiten por el suelo, cuyo control implica el uso de productos químicos, lo que lleva a un aumento de los costes de cultivo y los efectos adversos sobre la salud humana y animal; además, los patógenos pueden desarrollar resistencia contra pesticidas químicos, lo que aumenta el desafío de la protección de las plantas^{15,16,17}.

Por sus aplicaciones a gran escala en la remediación de contaminantes en suelos y aguas, las especies de *Trichoderma* se producen en todo el mundo; sin embargo, se ha planteado de que las especies nativas, por un lado, muestran mayor competencia como biocontroladores que las introducidas en un determinado lugar y, por otro, es probable que tengan propiedades controladoras distintas de mayor impacto^{3,8,18,19}. En este contexto, el presente trabajo está dirigido a aislar e identificar especies del género *Trichoderma* de suelos de cultivo de *Solanum tuberosum*, durante la época de cosecha, del distrito de Huamachuco (Perú).

MATERIAL Y METODOS

Material biológico:

- Suelos de cultivos de papa del distrito de Huamachuco, La Libertad, Perú
- 17 muestras constituidas por suelo de la rizósfera de cultivo de *S. tuberosum*

Recolección y transporte de muestra

Se recolectó aproximadamente 1 kg de muestra de rizósfera a 20 cm de profundidad del suelo por cada área seleccionada, en bolsas de primer uso. Las muestras fueron transportadas al laboratorio de Micología del Departamento de Microbiología y Parasitología de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de Trujillo.

Aislamiento e identificación de *Trichoderma* spp.^{20,21}

De cada kilogramo se agregó 10 g de suelo y se aforó a 100 mL con agua destilada estéril. Luego se realizó diluciones al décimo y se tomó una alícuota la cual se sembró por superficie en placas de Petri conteniendo Agar Sabouraud más estreptomycinina (30 ug/mL), luego se incubó a 25°C por 3 a 5 días; se realizaron observaciones microscópicas con azul de lactofenol y luego fueron sembradas en tubos conteniendo Agar Sabouraud más estreptomycinina (30 ug/mL) para obtener cultivos puros. Para la identificación se tomó en cuenta las características macroscópicas de la colonia, así también se realizó microcultivos para observar las características microscópicas y haciendo uso de las claves de identificación correspondientes.

RESULTADOS

Se encontraron cuatro especies de *Trichoderma*: *T. atroviride*, *T. harzianum*, *T. pseudokoningii* y *T. viride*, las cuales fueron identificadas en base a sus características microscópicas y macroscópicas (Tabla 1, Figs. 1, 2, 3 y 4)

Tabla 1. Características obtenidas de colonias de cuatro especies de *Trichoderma* aisladas de suelos de *Solanum tuberosum* del distrito de Huamachuco - La Libertad (Perú) entre Abril y Junio del 2012.

Características	Especie			
	<i>T. atroviride</i>	<i>T. harzianum</i>	<i>T. pseudokoningii</i>	<i>T. viride</i>
Conidia	Sub-globosa	Sub-globosa	Elipsoidal	Globosa
Longitud de fálides (µm)	8.5	8.0	9.1	5.0
Longitud de conidia (µm)	4.2	2.5	4.6	4.0
Ancho de conidia (µm)	3.6	2.3	2.9	3.6
Pigmentación	Blanca con pigmentos amarillos	Verde a verde grisáceo	Blanca con pigmentos verde amarillo	Verde oscuro



Figura 1. Conidio en forma sub-globosa de *T. atroviride* (400x)

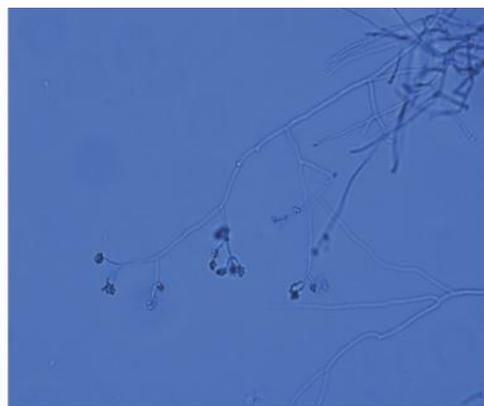


Figura 2. Conidio en forma sub-globosa de *T. harzianum* (400x)



Figura 3. Conidio en forma elipsoidal de *T. pseudokonigii* (400x)

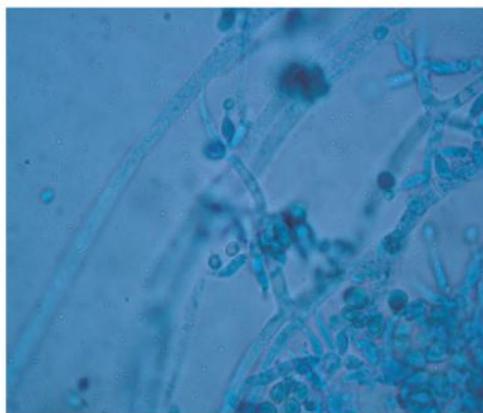


Figura 4. Conidio en forma globosa de *T. viride* (400x)

DISCUSIÓN

Trichoderma es uno de los hongos del suelo aislado con mayor frecuencia y presentes en los ecosistemas en la raíz de planta, este hongo se encuentra distribuido en el mundo y se presenta en diferentes hábitats, su desarrollo se ve favorecido por la presencia de altas densidades de raíces, las cuales son colonizadas rápidamente por estos microorganismos. Esta capacidad de adaptación a diversas condiciones medioambientales y sustratos confiere a *Trichoderma* la posibilidad de ser utilizado en diferentes suelos, cultivos, climas y procesos tecnológicos^{3,5,18,20}.

En los lugares de muestreo de donde se logró aislar *Trichoderma*, se observaron plantaciones sanas; esto se debería a que algunas cepas de *Trichoderma*, mejoran la rizósfera y también pueden colonizar las superficies de toda la raíz, lo cual se ha evidenciado en los efectos observados que incluyen un aumento del crecimiento y los rendimientos de la planta., mayor absorción de nutrientes, así como una mayor utilización de fertilizantes de eficiencia, porcentaje y tasa de germinación de las semillas, y la resistencia sistémica inducida a las enfermedades^{11,22}.

En la tabla 1, se muestra cuatro de especies de *Trichoderma*, esto se debe a que el pH del suelo es importante para el crecimiento, como la esporulación y la mayor longevidad se obtiene con pH de 6.0 y permanecen viables las esporas en un periodo de 40 días en almacén. Bajo condiciones de campo requiere humedad relativa alta para sobrevivir más tiempo. Se presentan diferencias entre especies del género de acuerdo al tipo de suelo, temperatura y contenido de humedad y no solo se encuentra una sola especie¹⁸.

Las especies identificadas con el uso de claves taxonómicas, pues es de conocimiento que un número considerable de cepas de *Trichoderma*, han sido depositadas en el GenBank, y permanecen aún sin identificación segura; y permanecen para ser más estudiado. Las especies de este género producen una amplia gama de pigmentos de brillante color amarillo verdoso a rojizo en color, aunque algunos también son incoloros; del mismo modo, la pigmentación de conidios varía de incoloro a diversos tonos de verde y, a veces también gris o marrón. Aparte de la pigmentación, la identificación de especies dentro del género es difícil debido a la estrecha gama de variación de la morfología simplificada en *Trichoderma*²³.

La identificación de *Trichoderma* es complicada si no se tiene en consideración distintos criterios de identificación; diversos autores han mencionado que los hongos del género *Trichoderma* son difíciles de distinguir morfológicamente, sin embargo, la clasificación filogenética ha alcanzado auge rápidamente y se espera que aumente constantemente^{24,25}.

Para la identificación de las diferentes especies de *Trichoderma* los pocos caracteres morfológicos disponibles resultaron un inconveniente en el trabajo, ya que son variables en algún grado; pues algunos autores mencionan por qué tan pocas especies se han descrito en la mayor parte de la vida del género²⁵. Por ejemplo, *T. harzianum* es tolerante a la tensión impuesta por escasez de nutriente, son a menudo antagonistas. En las altas temperaturas prevalece *T. viride* mientras que *T. pseudokonigii*, en

las bajas temperaturas. Las razones son porque ciertas especies son más prósperas durante meses más frescos mientras que otras son más persistentes durante meses más calientes. *Trichoderma* puede crecer en los suelos que tienen un rango del pH de 2,5 - 9,5; aunque la mayoría prefieren un ambiente moderado ácido. Las especies que prefieren los suelos más ácidos se tienen un hábito tensionar más tolerante del crecimiento y son generalmente menos agresivas^{4,20}.

Dentro de las especies encontradas, las especies de *T. viride* y *T. harzianum* son las mayormente utilizadas en el control biológico; por otro lado otros autores que realizaron trabajos de caracterización molecular y análisis filogenético han permitido identificar cepas de *Trichoderma harzianum* que son patógenos para las plantas²⁶. *T. harzianum*, recientemente ha cambiado de nombre por el de *T. aggressivum*, pues esta especie es antagonista de champiñones y están adaptados para el crecimiento en el compost, resistiendo a los efectos de inhibición de bacterias en este sustrato de cultivo, y se encuentra presente en la mayoría de los suelos abundantes en materia orgánica. Es aeróbico y pueden estar en los suelos con pH neutro hasta ácido. Su crecimiento se ve favorecido por la presencia de raíces de plantas, a las cuales coloniza rápidamente^{27,28}.

A *T. atroviride* se le atribuye la capacidad para detectar y responder a diferentes condiciones ambientales, incluyendo la presencia de un huésped potencial; es esencial para la colonización exitosa de suelo, material orgánico, y el desarrollo de raíces de las plantas. La detección de tales condiciones ambientales se puede producir a través de una variedad de vías de transducción, que determinan la respuesta celular adecuada por parte de este microorganismo²⁹. *T. pseudokoningii*, por su lado, tiene una celulasa fúngica de gran actividad enzimática; en trabajos han visto conveniente manipular la producción de estas enzimas haciendo manipulación genética con *Trichoderma reesei*, lo cual se ve aumentado su producción en un 50%³⁰.

CONCLUSIÓN

- De las muestras de suelo de *Solanum tuberosum* obtenidas de los caseríos Nueve de Octubre, Markahuamachuco, Sausacocha, Puente Piedra, Wiracochapampa y La Ramada (Huamachuco, Perú), se aislaron 11 cultivos del género *Trichoderma*, correspondientes a cuatro especies: *T. harzianum*, *T. pseudokoningii*, *T. atroviride* y *T. viride*.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Küçük Ç, Kivanç M. Isolation of *Trichoderma* Spp. and Determination of Their Antifungal, Biochemical and Physiological Features. Turk J Biol 2003; 27: 247-253.
2. Brunner K, Zeilinger S, Ciliento R, Woo SL, Lorito M, Kubicek CP et. al. Improvement of the Fungal Biocontrol Agent *Trichoderma atroviride* To Enhance both Antagonism and Induction of Plant Systemic Disease Resistance. Appl Environ Microbiol 2005; 71(7):3959-3965.
3. Zeilinger S, Omann M. *Trichoderma* Biocontrol: Signal Transduction Pathways Involved in Host Sensing and Mycoparasitism. Gene Regul Syst Bio 2007; 1: 227-234.
4. Howell CR. Mechanisms Employed by *Trichoderma* Species in the Biological Control of Plant Diseases: The History and Evolution of Current Concepts. Plant Dis. 2003; 87(1): 4-10.
5. Vinale F, Sivasithamparam K, Ghisalberti EL, Marra R, Woo SL, Lorito M. *Trichoderma* – plant – pathogen interactions. Soil Biol Biochem 2008; 40: 1-10.
6. Verma M, Brar SK, Tyagi RD, Surampalli RY, Valéro JR. Antagonistic fungi, *Trichoderma* spp.: Panoply of biological control. Biochem Eng J 2007; 37: 1–20.
7. Goss EM, Cardenas ME, Myers K, Forbes GA, Fry WE, Restrepo S et. al. The Plant Pathogen *Phytophthora andina* Emerged via Hybridization of an Unknown *Phytophthora* Species and the Irish Potato Famine Pathogen, *P. infestans*. PLoS One 2011; 6(9): e24543.
8. Lorito M, Woo SL, Garcia I, Colucci G, Harman GE, Pintor-Toro JA et. al. Genes from mycoparasitic fungi as a source for improving plant resistance to fungal pathogens. Proc Natl Acad Sci U S A 1998; 95: 7860-7865.
9. Benhamou N, Chet I. Hyphal interactions between *Trichoderma harzianum* and *Rhizoctonia solani*: Ultrastructure and Gold Cytochemistry of the Mycoparasitic Process. Phytopathology 1993; 83(10): 1062-1071.
10. Pakula TM, Salonen K, Uusitalo J, Penttilä M. The effect of specific growth rate on protein synthesis and secretion in the filamentous fungus *Trichoderma reesei*. Microbiology 2005; 151: 135–143.
11. Brotman Y, Briff E, Viterbo A, Chet I. Role of Swollenin, an Expansin-Like Protein from *Trichoderma*, in Plant Root Colonization. Plant Physiol 2008; 147: 779 – 789.

12. Hoitink HAJ, Madden LV, Dorrance AE. Systemic Resistance Induced by *Trichoderma* spp.: Interactions Between the Host, the Pathogen, the Biocontrol Agent, and Soil Organic Matter Quality. *Phytopathology* 2006; 96(2): 186 – 189.
13. Harman GE, Howell CR, Viterbo A, Chet I, Lorito M. *Trichoderma*-Species Opportunistic Avirulent Plant Symbionts. *Nat Rev Microbiol* 2004; 2: 43 – 56.
14. Handelsman J, Stabb EV. Biocontrol of Soilborne Plant Pathogens. *Plant Cell* 1996; 8: 1855 – 1869.
15. Grenville-Briggs LJ, Anderson VL, Fugelstad J, Avrova AO, Bouzenzana J, Williams A et. al. Cellulose Synthesis in *Phytophthora infestans* Is Required for Normal Appressorium Formation and Successful Infection of Potato. *Plant Cell* 2008; 20: 720-738.
16. Lahlali R, Hijri M. Screening, identification and evaluation of potential biocontrol fungal endophytes against *Rhizoctonia solani* AG3 on potato plants. *FEMS Microbiol Lett* 2010; 311: 152-159.
17. Carisse O, El Bassam S, Benhamou N. Effect of *Microspheeropsis* sp. Strain P130A on Germination and Production of Sclerotia of *Rhizoctonia solani* and Interaction Between the Antagonist and the Pathogen. *Phytopathology* 2001; 91(8): 782-791.
18. Grondona I, Hermosa R, Tejada M, Gomis MD, Mateos PF, Bridge PD. Physiological and biochemical characterization of *Trichoderma harzianum*, a biological control agent against soilborne fungal plant pathogens. *Appl Environ Microbiol* 1997; 63(8): 3189-3198.
19. Harman GE. Overview of Mechanisms and Uses of *Trichoderma* spp. *Phytopathology* 2006; 96(2): 190-194.
20. Gams W, Bissett J. Morphology and identification of *Trichoderma*. En: Kubicek CP, Harman GE. (eds.) *Trichoderma y Gliocladium – Basic biology, taxonomy and genetics*. Gran Bretaña: Taylor y Francis; 2002. pp.3-34.
21. Samuels GJ, Chaverri P, Farr DF, McCray EB. *Trichoderma* Online, Systematic Mycology and Microbiology Laboratory, ARS, USDA. Disponible en Web: <http://trichodermaIndex.cfm>. Completada en Octubre del 2002.
22. Harman GE. Myths and Dogmas of Biocontrol Changes in Perceptions Derive from Research on *Trichoderma harzianum* T-22. *Plant Dis.* 2000; 84(4): 377-393.
23. Schuster A, Schmoll M. Biology and biotechnology of *Trichoderma*. *Appl Microbiol Biotechnol* 2010; 87(3):787-799.
24. Verma M, Brar SK, Tyagi RD, Surampalli RY, Valéro JR. Antagonistic fungi, *Trichoderma* spp.: Panoply of biological control. *Biochem Eng J* 2007; 37: 1–20.
25. Samuels GJ. *Trichoderma*: Systematics, the Sexual State, and Ecology. *Phytopathology* 2006; 96: 195-206.
26. Benítez T, Rincón AM, Limón MC, Codón AC. Biocontrol mechanisms of *Trichoderma* strains. *Int Microbiol* 2004; 7: 249-260.
27. Savoie JM, Mata G. *Trichoderma harzianum* metabolites pre-adapt mushrooms to *Trichoderma aggressivum* antagonism. *Mycologia* 2003; 95(2):191-199.
28. Carsolio C, Benhamou N, Haran S, Cortés C, Gutiérrez A, Chet I et. al. Role of the *Trichoderma harzianum* Endochitinase Gene, *ech42*, in Mycoparasitism. *Appl Environ Microbiol* 1999; 65(3): 929-935.
29. Mendoza-Mendoza A, Pozo MJ, Grzegorski D, Martínez P, García JM, Olmedo-Monfil V et. al. Enhanced biocontrol activity of *Trichoderma* through inactivation of a mitogen activated protein kinase. *Proc Natl Acad Sci U S A* 2003; 100(26): 15965-15970.
30. Yao Q, Sun TT, Liu WF, Chen GJ. Gene Cloning and Heterologous Expression of a Novel Endoglucanase Swollenin, from *Trichoderma pseudokoningii* S38. *Biosci Biotechnol Biochem* 2008; 72(11): 2799-2805.
31. Samuels GJ, Chaverri P, Farr DF, McCray EB. *Trichoderma* Online, Systematic Mycology and Microbiology Laboratory, ARS, USDA. Disponible en Web: <http://trichodermaIndex.cfm>. Completada en Octubre del 2002.



Artículo original

Prevalencia de teniasis y seroprevalencia de cisticercosis en pobladores de San Jacinto, Ancash-Perú. 2010

Prevalence of taeniasis and cysticercosis seroprevalence in residents of San Jacinto, Ancash, Peru. 2010

Jorge E. Carbajal Valverde y César A. Jara

¹Doctorando en Ciencias Biológicas, Escuela de Postgrado. Universidad Nacional de Trujillo (UNT). Trujillo-Perú. ²Departamento de Microbiología y Parasitología. UNT.

RESUMEN

La teniasis es una infección con sintomatología leve e inespecífica, en cambio la cisticercosis, en particular la neurocisticercosis, está asociada a grave sintomatología. Sin embargo, la falta de estudios epidemiológicos en distintos lugares del Perú no permite entender su real prevalencia e impacto. La presente investigación estuvo dirigida a determinar la prevalencia de teniasis y la seroprevalencia de cisticercosis en la población de la comunidad de San Jacinto (El Santa, Ancash, Perú) durante el 2010, en relación a factores sociodemográficos y culturales. Se examinaron muestras fecales y suero de 353 personas de entre 20 y 50 años de edad mediante las técnicas coproparasitológicas (examen directo, técnica de Richtie y ELISA-sándwich) para determinar la presencia de *Taenia* sp. y la técnica de Western blot para detectar a anticuerpos anti-*C. cellulosae*. Se encontró que el 0.8% mediante la técnica de Richtie y 13.6% mediante ELISA-sandwich presentaron *Taenia* sp. y 5.7% anticuerpos anti-*C. cellulosae*, asimismo, mayor parasitismo en la población de 40 a 50 años ($p < 0.05$).

Palabras clave: Teniasis, cisticercosis, factores asociados, coproparasitológicos, ELISA, Western blot.

ABSTRACT

The taeniasis is an infection with mild and nonspecific symptoms, however cysticercosis, particularly neurocysticercosis, is associated with severe symptoms. However, the lack of epidemiological data from different geographical areas of Peru does not suggest its actual prevalence and impact. This research was aimed to determine the prevalence of taeniasis and seroprevalence of cysticercosis in the population of the community of San Jacinto (El Santa, Ancash, Peru) in 2010, in relation to sociodemographic and cultural factors. Fecal samples from 353 people aged between 20 and 50 years old were examined by the coproparasitological (direct examination, ELISA-sandwich and Richtie) and serological (Western blot) techniques to determine the presence of *Taenia* sp. and anti-*C. cellulosae* antibodies, respectively. It was found that 0.8% by the technique of Richtie and 13.6% by sandwich ELISA showed *Taenia* sp. and 5.7% anti-*C. cellulosae* also increased parasitism in the population of 40-50 years ($p < 0.05$).

Keywords: Teniasis, cysticercosis, associated factors, coproparasitological, ELISA, Western blot.

INTRODUCCIÓN

Taenia solium causa en el hombre dos enfermedades diferentes: la taeniasis y la cisticercosis; la primera, como consecuencia del alojamiento del adulto en el intestino y la segunda, como consecuencia del parasitismo de la larva, *Cysticercus cellulosae*, en diferentes órganos, en particular en el sistema nervioso central causando la neurocisticercosis (NCC)^{1,2}. La taeniasis no causa síntomas claros e importantes, pero la NCC es considerada como la enfermedad neurológica más importante de origen parasitario y la principal causa de epilepsia y de síndromes convulsivos en países endémicos como México y Perú^{3,4}. Su sintomatología presenta gran polimorfismo (convulsiones, cefaleas, déficit neurológicos focales, secuelas neurológicas como epilepsia, hidrocefalia y demencia) que está relacionado con el número, forma y estado biológico del parásito y el grado de reacciones inmunoinflamatorias producidas por el huésped^{5,6}.

Desde el punto de vista epidemiológico, solamente los portadores de la forma adulta de *T. solium* son de importancia ya que, al no mostrar sintomatología, dispersan libremente los huevos en el ambiente con la materia fecal, en cambio los que albergan cisticercos no presentan ningún riesgo para la salud pública debido a que no contribuyen en la mantención del ciclo del parásito^{6,7,8}.

El estado actual del conocimiento sobre la carga en salud pública ocasionada por la taeniasis y la cisticercosis es deficiente, la mayor parte de la información se refiere a tasas de infección, pero escasean los datos sobre morbilidad y consecuencias socioeconómicas, tornándose en uno de los principales obstáculos en la planificación de campañas de control y prevención⁹. De allí que la propuesta de declarar a la cisticercosis humana como una enfermedad internacional de denuncia obligatoria pretende facilitar la cuantificación de la incidencia y prevalencia de NCC a nivel mundial, como paso necesario para la aplicación de mecanismos de vigilancia apropiados¹⁰.

Bern et al.¹¹ estiman en 400 000 el número de casos de NCC sintomática en Latinoamérica y 31 000 en Perú. Se ha determinado, en efecto, que toda la sierra, la costa y la selva alta son zonas endémicas (la costa norte y la selva alta son focos receptores de migración de zonas endémicas de la sierra, con excepción de Iquitos que está aislada del resto), con parasitismo promedio entre 0,5 a 1% de pobladores, con mayor prevalencia en jóvenes, mujeres embarazadas y ancianos; asimismo, en personas con epilepsia se ha encontrado, consistentemente, entre 30 y 50% de casos asociados con neurocisticercosis^{4,11,12}.

La taeniasis y cisticercosis, al igual que las otras enfermedades olvidadas, constituyen un serio obstáculo para el desarrollo socioeconómico y la calidad de vida en países endémicos como el Perú; por ello, resulta importante su abordaje basado en tres aspectos básicos: saneamiento ambiental (disponibilidad de agua y letrinas), educación sanitaria (información y modificación de hábitos de higiene) y ejecución de investigaciones que permitan contar con datos actualizados. En este contexto, la presente investigación se planteó para dar respuesta a la siguiente interrogante ¿cuál es la prevalencia de teniasis y la seroprevalencia de cisticercosis en la población adulta de la comunidad de San Jacinto (Nepeña, Ancash), en el 2010, relacionadas a factores sociodemográficos y culturales.

MATERIAL Y MÉTODOS

Área de estudio:

Esta investigación de tipo descriptivo, de corte transversal, se llevó a cabo en San Jacinto, distrito de Nepeña, provincia del Santa, departamento de Ancash (Fig. 1), área correspondiente a un valle costero seco, de clima cálido, a la altura del Km 393 de la Panamericana Norte. Comprende un área de 1,852 km² encontrándose dentro de sus límites la Empresa Agroindustrias Azucarera San Jacinto, que tiene una extensión de 6,969 hectáreas. Limita: por el Norte, con los cerros del Santa y Lacramarca; por el Sur, con terrenos de la comunidad de Huambacho; por el Este, con terrenos de Jimbe y Moro; y por el Oeste, con el pueblo de Samanco y litoral Peruano. No existe un camal autorizado (oficial) en la localidad, por lo que la matanza de cerdos sin control sanitario es frecuente (en sus domicilios).

Universo muestral:

Pobladores adultos de 20 a 50 años, con domicilio en la Comunidad de San Jacinto durante el 2010.

Muestra y muestreo:

Para determinar la representatividad se usaron los DNIs proporcionados por la RENIEC, los cuales se sortearon luego de asignarle un número a cada uno. La adecuación, por su lado se determinó empleando la fórmula estadística, con un nivel de confianza del 95% y un porcentaje esperado de 1.5% de teniasis y 3.5% de seroprevalencia¹⁴. Con esta fórmula se obtuvo una muestra de 353.

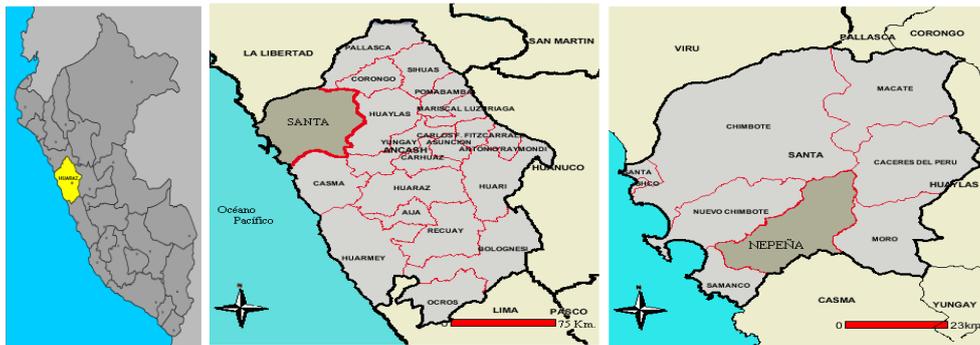


Fig. 1. Plano Urbano de San Jacinto (distrito de Nepeña, provincia del Santa, departamento de Ancash) donde se realizó una investigación sobre la prevalencia de teniasis y seroprevalencia de cisticercosis humanas. En la parte inferior, sucesivamente, se muestra la ubicación del departamento en el Perú, de la provincia en el departamento y del distrito en la provincia.

Criterios de inclusión y exclusión:

Para lo primero: todos los pobladores que vivan en forma perenne en la comunidad de San Jacinto y aceptaron participar, mediante consentimiento informado, en el estudio; para lo segundo: aquellas personas que no desearon participar, o que presentaron algún tipo de limitación mental.

Recolección de sangre: se recolectó mediante venipunción del antebrazo, utilizando tubos con sistemas al vacío. Una vez obtenido el suero por centrifugación se hizo la técnica de Wester Blot, para determinar la presencia de anticuerpos anti-cisticerco¹².

Consideraciones éticas:

- **Credibilidad:** Es el compromiso personal de producir resultados creíbles en base al comportamiento ético, durante el desarrollo de todas las entrevistas, con el informante en el transcurso de la investigación. Esto se refiere al valor de la verdad, la que ha de considerarse desde la descripción del fenómeno como forma intangible establecida entre mi persona y los pobladores de los distintos sectores de la localidad de San Jacinto, distrito de Nepeña.
- **Aplicabilidad:** Es un anhelo de realización personal y profesional aplicar los resultados alcanzados en otros contextos donde se encuentren poblaciones similares al grupo de investigación.
- **Auditabilidad:** Busca ser entendido por otros lectores o investigadores para lo cual se utilizó un lenguaje claro y preciso con criterio de científicidad.
- **Confidencialidad:** Con este principio ético se garantiza que los hallazgos, conclusiones, las recomendaciones aquí encontradas a través de la pesquisa son apoyados por los datos recolectados que existen en la realidad. (Comunidad de San Jacinto).

Tratamiento estadístico

Para el tratamiento estadístico de los datos categóricos en relación a los parásitos se utilizó el test de Ji Cuadrado de Pearson, mientras que los datos de promedios fueron analizados mediante el t de Student, con ayuda de un Software EPI-INFO vs. 3,4,3, con un nivel de significancia del 5%¹⁷

RESULTADOS

Se encontró una infección global por *Taenia* sp. de 13.6% y una seroprevalencia global de cisticercosis de 5.7%; asimismo, que la prevalencia de la teniasis no se relaciona con el sexo, pero sí con la edad: los pobladores de 20 a 29 años estuvieron más parasitados que los otros grupos de edad (Tabla 1)

Tabla 1. Prevalencia de Teniasis (ELISA-“sándwich” positiva) y su relación con la edad y el sexo en la población adulta (20 a 50 años) de la comunidad de San Jacinto (Nepeña, Ancash-Perú) 2010.

EDAD	N	SEXO		n
		MASCULINO	FEMENINO	
		N° (%)	N° (%)	
20-29	53	15 (31.2)	13 (27.1)	28(52.8)*
30-39	120	6 (12.5)	4 (08.3)	10(08.3)
40-50	180	7 (14.6)	3 (06.3)	10(05.5)
TOTALES	353	28 (58.3)	20 (41.7)	48(13.6)

N= número de muestras examinadas; n= número y porcentaje de muestras positivas; *=p<0,05

Tabla 2. Prevalencia de Teniasis, según las técnicas empleadas para su diagnóstico, y su relación con la edad y el sexo en la población adulta (20 a 50 años) de la comunidad de San Jacinto (Nepeña, Ancash-Perú) 2010”.

EDAD	N	n	MUESTRAS POSITIVAS			SEXO	
			FRESCO	RITCHIE	COPROANTIGENO	MASCULINO	FEMENINO
			N (%)	N (%)	ELISA	N° (%)	N° (%)
					N (%)		
20-29	53	28	0(00.0)	0(00.0)	28(52.8)	15 (31.2)	13 (27.1)
30-39	120	10	1(00.8)	1(00.8)	10(08.3)	6 (12.5)	4 (08.3)
40-50	180	10	0(00.0)	2(01.1)	10(05.5)	7 (14.6)	3 (06.3)
TOTALES	353	48	1(0.3)	3(0.8)	48(13.6)	28 (58.3)	20 (41.7)

N= número de muestras examinadas; n= número de muestras positivas

Tabla 3: Prevalencia de Teniasis en la población adulta (20 a 50 años) de la comunidad de San Jacinto (Nepeña, Ancash-Perú), según serología positiva y su relación con algunos factores epidemiológicos (factor sociocultural). 2010

EDAD	n	MANTIENE LIMPIO			
		CONSUME CARNE DE CERDO		EL CRIADERO-CERDOS	
		SI	NO	SI	NO
		N(%)	N(%)	N(%)	N(%)
20-29	28	28(58.0)	0(00.0)	6(27.3)	10(45.4)
30-39	10	10(21.0)	0(00.0)	1(04.5)	4(18.2)
40-50	10	10(21.0)	0(00.0)	1(04.5)	0(00.0)
TOTALES	48	48(100.0)	0(00.0)	8(36.3)	14(63.6)*

n= número de muestras positivas; *=p<0,05

Tabla 4. Seroprevalencia de cisticercosis (Western Blot positivos) y su relación con la edad y el sexo en la población adulta (20 a 50 años) de la comunidad de San Jacinto (Nepeña, Ancash-Perú) 2010.

EDAD	N	n	SEXO	
			MASCULINO	FEMENINO
			N° (%)	N° (%)
20-29	53	8(15.1)	7(35.0)	1(05.0)
30-39	120	7(05.8)	5(25.0)	2(10.0)
40-50	180	5(02.8)	3(15.0)	2(10.0)
TOTALES	353	20(05.7)	15(75.0)*	5(25.0)

N= número de muestras examinadas, n= número y porcentaje de muestras positivas; *=p<0,05

Tabla 5. Seroprevalencia de Cisticercosis (Western blot positivos) y su relación con la edad y el sexo y manifestaciones clínicas en la población adulta (20 a 50 años) de la comunidad de San Jacinto (Nepeña, Ancash-Perú) 2010

EDAD	N	DOLOR DE CABEZA	CONVULSIONES
		N (%)	N (%)
20-29	8	0 (00.0)	0 (00.0)
30-39	7	4 (20.0)	1 (05.0)
40-50	5	3 (15.0)	0 (00.0)
TOTALES	20	7 (35.0)	1 (05.0)

N= número de muestras examinadas

Tabla 6. Seroprevalencia de cisticercosis (Western blot positivos) en la población adulta (20 a 50 años) de la comunidad de San Jacinto (Nepeña, Ancash-Perú) y su relación con algunos factores culturales. 2010.

EDAD	N	CONSUME VERDURAS CRUDAS		LAVA LAS FRUTAS ANTES DE COMER		LAVA LAS MANOS ANTES/DESPUES DE DEFECAR		CONSUME AGUA HERVIDA	
		SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO
		N (%)	N (%)	N (%)	N (%)	N (%)	N (%)	N (%)	N (%)
20-29	8	3(15.0)	5(25.0)	8(40.0)	0(00.0)	4(20.0)	4(20.0)	8(40.0)	0(00.0)
30-39	7	5(25.0)	2(10.0)	6(30.0)	1(05.0)	3(15.0)	4(20.0)	7(35.0)	0(00.0)
40-50	5	3(15.0)	2(10.0)	3(15.0)	2(10.0)	5(25.0)	0(00.0)	5(25.0)	0(00.0)
TOTAL	20	11(55.0)	9(45.0)	17(85.0)*	3(15.0)	12(60.0)	8(40.0)*	20(100.0)*	0(00.0)

DISCUSIÓN

Comparado con otros resultados respecto de la prevalencia de la taeniasis, los hallados en la presente investigación resultan más elevados. En efecto, se han registrado prevalencias de 1.4 y de 0.5 a 1% en poblaciones de Pampa Gallo y de diferentes zonas del Perú, respectivamente^{4,14}. Este mayor resultado podría deberse a que los trabajos mencionados emplearon solamente los análisis coproparasitológicos, los cuales, como se sabe, poseen baja sensibilidad debido a que el parásito elimina proglótidos y no huevos (fenómeno de apólisis). En cambio, en el presente trabajo se emplearon dos técnicas coproparasitológicas y además la detección de coproantígenos mediante un ELISA tipo “sándwich”, la cual aumenta la sensibilidad y tiene enorme valor diagnóstico porque detecta a los antígenos del

parásito que están presentes solamente cuando éste está presente en el huésped¹⁶. Más bien, coincidiendo con Cordero et al.¹⁴ se encontró que la mayor prevalencia se presentó en personas de 40 a 50 años, aspecto que tiene relación con la frecuencia y la forma de comer carne de cerdo; es decir, a mayor edad las personas tienden a comer carne menos cocida o simplemente comer más carne.

Tal como se encontró en la presente investigación, la mayoría de estudios dan una leve mayor prevalencia de infección por taenias y cisticercos a las mujeres en comparación a los hombres^{14,18,19,20}. Sin embargo, en ninguno de los casos nombrados la diferencia posee significancia estadística, lo que permite afirmar, finalmente, que no hay diferencia del parasitismo respecto del sexo.

La procedencia de los individuos cuando se analiza las prevalencias parasitarias en general y las que tienen directa relación con la infraestructura sanitaria y la pobreza en particular, es de suma importancia y se espera que individuos que proceden de zonas rurales presenten las prevalencias más elevadas, porque se entiende que en dichas zonas la falta de educación sanitaria y la infraestructura sanitaria son más deficientes que en otros lugares; sin embargo, en la presente investigación, en concordancia con resultados encontrados en Ecuador, El Congo (África) y Nepal (Asia), las personas mayormente parasitadas procedieron de zonas semirurales^{19,21,22}. Probablemente, las zonas semirurales corresponden a zonas donde las personas tienen mayor capacidad adquisitiva que las de zonas rurales lo que les permite ingerir carne en mayor proporción y, al mismo tiempo, la infraestructura sanitaria y la higienización se mantienen deficientes. Claramente, en cambio, las personas que viven en zonas urbanas presentan menor prevalencia parasitaria.

De la misma manera, la educación sanitaria está ligada generalmente al grado de instrucción y, por lo tanto es de esperar que las personas con menor grado de instrucción presenten mayor prevalencia de parásitos que los otros grupos; sin embargo, realmente no es así porque como su nombre lo dice el grado de instrucción deviene de la enseñanza en general y la educación sanitaria es, básicamente, una actitud que se adquiere en el hogar. Así sucedió, en la presente investigación se encontró que los que tenían grado de instrucción secundaria estuvieron mayormente parasitados, debido, probablemente a que la instrucción secundaria no brinda refuerzos de educación sanitaria. Carriqué-Más et al.¹⁸ en poblaciones rurales del Chaco Boliviano y Esquicha et al.²⁰ en un Hospital General de Lima encontraron la misma tendencia. Contrariamente y también concordando con los dos últimos autores, se encontró mayor parasitismo en lugares hacinados que en los no hacinados, lo cual parece lógico si se toma en cuenta que, en términos generales, el hacinamiento es un factor de riesgo de muchas helmintiasis, entre ellas la teniasis.

Cuando se examinan los factores ambientales, en este caso: el material con que está confeccionado el piso del domicilio, el lugar dónde se eliminan las excretas, el lugar dónde se dispone la basura, el origen del agua (en cuanto a condiciones sanitarias) ingieren los pobladores y si ésta es tratada convenientemente o no, se está pensando directamente en la cisticercosis, porque, como se sabe todos ellos son factores de riesgo de esta enfermedad. Entonces, cabe pensar que todos ellos tienen que analizarse y que se espera que pobladores cuyos pisos son de tierra cuya humedad favorece la viabilidad de los huevos, que defecuen en campo abierto en donde ocurre fácilmente la diseminación de los mismos, que beban agua no potable porque permite una mejor transmisión de huevos sobre todo si no se trata convenientemente, presenten las más altas prevalencias. En efecto, la mayoría de trabajos realizados a fin de abordar la epidemiología de la cisticercosis encuentran estas tendencias^{14,21,23,24,25}, con algunas variantes, como ha sucedido en la presente investigación. Por ejemplo, se encontró que las personas más parasitadas: (i) tenían viviendas con falso-piso, que en buena cuenta está siempre cubierta de tierra y humedecida para evitar la molestia del polvo seco, (ii) tenían baños conectados a redes de alcantarillado, pero no agua potable y poca (el lugar de estudio corresponde a un pueblo joven costero) y (iii) tenían carros colectores de basura, pero basurales por doquier. Todo ello parece contradictorio, como lo señala García et al. (2011 y 2012) pero lo básico es que no tienen agua potable.

De la misma manera, una buena cultura sanitaria que implica lavado de manos antes de ingerir alimentos y después de defecar, por lo menos, así como la higiénica preparación de alimentos y el evitar ingerir alimentos de venta ambulatória que generalmente no son preparados adecuadamente, son de vital importancia para erradicar y controlar las parasitosis. Cordero et al.¹⁴, Cirripio et al.¹⁶ y García et al.²⁵ coinciden con estas apreciaciones; sin embargo, los pobladores que participaron en la presente investigación sostuvieron, cuando se hizo la encuesta, que sí se lavan la manos antes de ingerir sus alimentos y luego de ir al baño a evacuar, al igual que sí lavan las frutas antes de ser ingeridas. Pero, como se ha señalado, esto no se puede comprobar porque los datos se recogen a través de encuestas que se dan por sentadas que son ciertas. Entonces, los resultados dicen lo contrario: los más parasitados

dicen ser higiénicos (no debe olvidarse que las encuestas se hacen generalmente dentro del núcleo familiar y cuando las personas mayores son preguntadas, por vergüenza o por no dar malos ejemplos, responden lo que consideran debería ser correcto, que no necesariamente es la verdad). Por su parte, sí hay coherencia con la costumbre de comer carne cotidianamente y fuera del hogar, es decir, en carretillas, porque la mayoría respondió que así es. Estos resultados coinciden con lo hallado previamente^{14,20}.

Como se ha observado, los resultados de la presente investigación muestran resultados mayores que otras investigaciones, esto quiere decir que ambas enfermedades: taeniasis y cisticercosis requieren atención y resulta necesario implementar medidas de control que para otros países y para el Perú han sido diseñadas y propuestas^{3,4}.

CONCLUSIONES

- En la comunidad de San Jacinto, 13.6 % de personas presentaron infección con *Taenia* sp. y 5.7% serología positiva cisticercosis.
- Se encontró mayor parasitismo por ambas formas evolutivas en la población de 40 a 50 años, de procedencia urbano marginal, que consume comida ambulatoria y cría cerdos con deficiente higiene.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Del Brutto OH, García HH. Cysticercosis of the human nervous system. Berlin, Alemania: Springer-Verlag. 2014
2. Dhaliwal BBS, Juyal PD. Parasitic zoonoses, India; Springer. 2013.
3. Del Brutto OH. Neurocysticercosis: actualización en diagnóstico y tratamiento. Neurología, 2005; 20(8): 412-418.
4. García HH, González A, Rodríguez S, Goncalvez G, et. Al. Epidemiología y control de la cisticercosis en el Perú. Rev Peru Med Exper Salud Pública, 2011; 27(4): 592-597.
5. Mega J, Galdos-Cardenas G, Gilman H. Tapeworms infections. In: Hunters Tropical Medicine and Emerging Infections, USA: Elsevier. 2012;pp.896-902
6. Garcia H, Gilman R, Gonzalez A. Human and porcine *T. solium* infection in a village in the highlands of Cusco. Perú. Acta Tropica, 1999; 73:31-33
7. Gilman RH, Gonzalez AE, Llanos-Zavalaga F, Tsang VCW, et. Al. Prevention and control of *Taenia solium* taeniasis/cysticercosis in Peru. Pathogenesis & Global Helath, 2012; 106(5): 312-318
8. Murrel KD. Epidemiology of taeniasis and cysticercosis. In: Murrel KD (ed.), WHO/FAO/OIE Guidelines for the surveillance prevention and control of taeniasis/cysticercosis. WHO, France. 2012
9. Schantz P, Cruz M, Sarti E. Potencial eradicability of Taeniasis and Cisticercosis. Bull Pan Am. Health Org, 1993; 27: 397-403.
10. Díaz F, Garcia HH, Gilman RH, Gonzales AE, et. al. Epidemiology of taeniasis and cysticercosis in a Peruvian Village. Am J Epidemiol, 1992; 135(8): 875-882
11. Bern C, García HH, Evans C, Gonzalez AE, et. al. Magnitude of the disease burden from neurocysticercosis in a developing country. Clin Infect Dis. 1999; 29(5): 1203-9
12. Escalante H, Pereda F, Schulz P. Presencia de anticuerpos específicos a *Cysticercus cellulosae* en pacientes con alteraciones neurológicas de los Hospitales de Trujillo-Perú. Libro de Resúmenes de Investigación, Universidad Nacional de Trujillo. 1995; p.26
13. García HH, Gonzalez AE, Rodríguez S, Gonzalez G, et. al. Epidemiología y control de la cisticercosis en el Perú. Rev Peru Med Exp Salud Publica. 2010; 27(4): 592-597
14. Cordero A, Miranda E, Segovia G, Huarcaya I. Prevalencia de taeniosis y seroprevalencia de cisticercosis humana en Pampa Gallo. Ayacucho. Perú. 2008. Rev Peru Med Exp Salud Publica. 2010; 27(4) 562-568.
15. Beltrán M, Náquira C. Manual de procedimientos para el diagnóstico de parasitosis intestinales. Instituto Nacional de Salud. Lima. Perú. 2003
16. Cirripio I, Gutiérrez C, Garate D. Diagnóstico de las parasitosis mediante la detección de coproantígenos. Enferm Infecc Microbiol Clín. 2010; 28 (suppl.): 33-39

17. Fathalla MF. A practical guide for health researchers. WHO Regional Publicity Easter Mediterranea Series 30. 2004.
18. Carrique-Mas J, Iiioshi N, Widdowson M, Roca Y, et al. An epidemiological study of *Taenia solium* cisticercosis in a rural population in the Bolivian Chaco. *Acta Tropica*, 2001; 80: 229-235.
19. Rajshekhar V, Joshi D, Doanh N, van De N, Xianong Z. *Taenia solium* taeniosis/cisticercosis in Asia: epidemiolog, impact and issues. *Acta Tropica*. 2003; 87: 53-60
20. Esquicha J, Falcon N, Oshiro S. Características clínicas y epidemiológicas de pacientes con neurocisticercosis en un hospital general de Lima. *Rev Med Hered*. 2012; 23 4-10.
21. Rodríguez-Hidalgo R, Benitez-Ortiz W, Dorny P, Geerts S, et al. Taeniosis-cysticercosis in man and animals in the Sierra of Northern Ecuador. *Vet Parasitol*. 2003; 118: 51-60
22. Assana E, Lightowlers M, Zoli A, Geerts S. *Taenia solium* taeniosis/cysticercosis in Africa: Risk factors, epidemiology and prospects for control using vaccination. *Vet Parasitol*. 2013; 195: 14-23
23. Carpio A. Neurocysticercosis: an update. *Lancet Infect Dis*, 2002; 2: 751-762
24. Dua T, Aneja S. Neurocysticercosis. Management issues. *Indian Pediathrics*. 2006; 43(17): 227-235.
25. García H, González A, Gilman R. Cysticercosis of the central nervous system- how should it be managed. *Curr Opin Infec Dis*. 2012; 24(5): 423-427



Artículo original

Trampas de luz con panel pegante para la captura de adultos de *Prodiplosis longifila* (Diptera: Cecidomyiidae) en tomate

Light traps with glue panel to capture *Prodiplosis longifila* (Diptera: Cecidomyiidae) adults in tomato

Juan J. Musto Lazarte y Agustín Martos Tupes

¹Departamento de Sanidad Vegetal, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Ica, Ica. Perú.

²Departamento de Entomología, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima

RESUMEN

En Ica, en cultivo de tomate variedad “Dominator”, se evaluó la eficiencia de trampas de luz con panel pegante amarillo en la captura de la “mosquilla de los brotes” *Prodiplosis longifila* Gagne, y la infestación foliar y daños en frutos. Las trampas de luz con panel pegante con tubo fluorescente de luz blanca efectuaron la mayor captura de adultos de *P. longifila* con 27.56 adultos/semana, mostrando diferencias significativas respecto a los demás tratamientos. La más alta población de larvas de *P. longifila*/planta/semana se registró en el tratamiento trampa con panel sin dispositivo de luz con 39.25 larvas, resultando significativamente diferente a los demás, habiéndose registrado la menor población de larvas en el tratamiento trampa de luz con panel pegante con tubo fluorescente de luz blanca con 21.75 larvas. El mayor número de frutos dañados por *P. longifila*/planta/semana se registró en el tratamiento trampa con panel pegante sin dispositivo de luz con 8 frutos dañados, no mostrando diferencias significativas con el tratamiento trampa de luz con panel pegante con lámpara de regador a kerosene con 7.06 frutos dañados; mientras que el tratamiento con el menor número de frutos dañados fue el de trampa de luz con panel pegante con tubo fluorescente de luz blanca con 4.75 frutos, habiendo resultado significativamente diferente con respecto a los demás. Este último tratamiento indicado registró el menor peso de frutos dañados por *P. longifila*/planta con 146.25 g, con diferencias significativas respecto a los otros.

Palabras clave: Trampas de luz, *Prodiplosis longifila*, *Lycopersicon esculentum*

ABSTRACT

In Ica, on tomato crop “Dominator” variety, light traps with sticky yellow panel efficiency were assessed on *Prodiplosis longifila* Gagne adults capture, and the foliage infestation and fruit damages. Panel sticky traps with white light fluorescent gave the highest capture of adults of *P. longifila* with 27.56 adult individuals per week, showing statistical differences respect to other treatments. The highest larvae population of *P. longifila*/plant/week was registered on panel trap without light device treatment with 39.25 individuals, being different statistically respect others, and the lower value was registered on panel sticky traps with white light fluorescent with 21.75 larvae. The higher quantity of tomato damaged fruits by *P. longifila*/plant/week was registered on panel trap without light device with 8 damaged fruits, without statistical differences respect to panel trap with simple kerosene lamp treatment with 7.06 damaged fruits; while sticky panel traps with white light fluorescent treatment with 4.75 damaged fruits had the lower quantity and was different statistically respect others. The last treatment just indicated registered the lowest weight of damaged tomato fruits by *P. longifila*/plant with 146.25 g, with statistical differences respect others.

Keywords: Light traps, *Prodiplosis longifila*, *Lycopersicon esculentum*

INTRODUCCIÓN

El tomate, *Lycopersicon esculentum*, es una hortaliza de gran importancia económica y alimenticia que se cultiva en varios lugares del Perú, en particular en el departamento de Ica, y alcanza un área de siembra por año estimada en 5000 Ha a nivel nacional, en sus diferentes variedades. “Dominador” es una variedad de tomate que se cultiva con mucha frecuencia por sus buenas características culinarias y los buenos rendimientos que pueden llegar hasta 120 tm/ha. Sin embargo, la planta es susceptible de ser atacado por múltiples plagas lo cual hace necesario desarrollar y poner en práctica medidas de control sobre todo aquellas compatibles con el medio ambiente tales como la utilización de los enemigos naturales, el empleo de medidas culturales y mecánicas de control, el uso de trampas de luz con panel pegante y la aplicación racional de pesticidas.

Los insectos muestran respuesta a la presencia u ocurrencia de estímulos de naturaleza variables como químicos, físicos y mecánicos, tal como ocurre con las trampas tipo panel de colores con luz que tienen atrayentes de tipo físico¹, lo cual ha permitido desarrollar trampas de luz ultravioleta para atraer y capturar insectos nocturnos².

Los insectos pueden percibir, en el espectro de luz, longitudes de onda en un rango de 350 nm a 680 nm que se establece en los espectros de luz ultravioleta y luz visible o blanca en los colores violeta, azul, verde amarillo y naranja, excepto el rojo, mostrando la mayor sensibilidad frente a la luz ultravioleta, y a los colores verde, azul y amarillo de la luz blanca³.

Las trampas entomológicas, entre otros propósitos, se emplean para detección, monitoreo y control de insectos plaga; para determinar la ocurrencia estacional y abundancia de especies en particular y para complementar otras medidas de control^{4,1}; sin embargo las trampas de luz negra o ultravioleta atraen coccinélidos e ichneumonídeos como *Ophion sp.*, las luces blancas y negras atraen de manera similar a las crisopas, en tanto que diferentes tipos de luz atraen nápidos y *Hemerobius spp.* en similar proporción⁵.

Diversas especies plagas de cultivos como *Trichoplusia ni* (Hubner), *Cydia pomonella* (Linneo), *Plutella xylostella* (Curtis), *Heliothis zea* (Boddie), “*Manduca quinquemaculata* (Linneo), “*Manduca sexta* (L.), *Spodoptera spp.*, *Empoasca fabae* (Harris), *Cyclocephala sp.*, *Bothinus sp.*, *Diabrotica undecimpunctata* (Howardi), entre otras, han sido monitoreadas y/o controladas con trampas de luz^{6,4,7}.

La calidad de la luz influye en grado diverso sobre las capturas de especies de insectos; la luz incandescente de filamento de tungsteno captura principalmente dípteros y míridos, mientras que especies de lepidópteros, en particular Noctuidae, caen más en trampas con luz ultravioleta⁶. Las trampas luminosas no dejan residuos tóxicos en los cultivos, operan en forma continua, su uso se puede integrar a otros sistemas de control, no son afectados por las condiciones agronómicas del cultivo y el costo de operación es bajo; sin embargo la atracción que ejerce es solo contra adultos y no contra las larvas que en muchos casos son las que causan los daños más importantes en los cultivos¹; muestra, por otra parte, ciertas limitaciones: requieren de energía eléctrica y alta inversión inicial, existen plagas no fotopositivas, atrae insectos benéficos y ciertas condiciones medioambientales inadecuadas pueden hacer difícil su aplicación^{8,4}.

Los diseños de trampas entomológicas luminosas varían, pero todas constan de una lámpara de atracción y un dispositivo recolector o destructor de insectos⁴. En el Perú se emplean trampas de luz para la captura de *Agrotis ipsilon* y gusanos de tierra en general, *Copitarsia spp.*, *Spodoptera spp.*, *Elasmopalpus lignosellus*, *Heliothis virescens*, *Oxydia vesulia*, *Pseudoplusia includens*, *Argyrotaenia spheropa*, *Heliothis zea*, *Cydia pomonella*, *Tuta absoluta*, *Manduca quinquemaculata*, *Trichoplusia ni*, *Palpita quadristigmalis*, *Anomala spp.* y otros escarabeidos, y *Prodiplosis longifila*, entre otras especies^{9,10,11,12,13}.

En Chao y Virú - irrigación Chavimochic, en cultivos de espárrago se emplean exitosamente trampas de luz blanca de fluorescente con panel pegante de color amarillo y blanco más recipientes de plástico con agua y melaza para la captura de *Bemisia argentifolii*, *Prodiplosis longifila*, *thrips tabaci*, noctuideos y escarabeidos, entre otras especies, habiéndose logrado una reducción significativa en los volúmenes de pesticidas con ahorro de dinero, preservación de enemigos naturales de plagas y conservación del equilibrio del agroecosistema^{1,14,15,16}. En cultivo de pimentón en Lara – Venezuela, las trampas pegantes con panel de color blanco capturaron significativamente más adultos de *Thrips*

palmi (karma) respecto a paneles de otros colores ¹⁷. Hubo alta diferencia significativa entre colores de trampa en la captura de trips en palto en Michoacán, México, habiendo sobresalido las amarillas, a las azules, blancas y rojas, en ese orden ¹⁸.

Trampas pegantes de color azul, blanco – azul y blanco capturaron significativamente más trips *Frankliniella occidentalis* (Pergande) respecto a las de color amarillo, en pimiento en Chile ¹⁹. Actualmente en el Perú, en el cultivo de tomate no se tiene conocimiento respecto al comportamiento de trampas de luz en la captura de plagas importantes como *Prodidiplosis longifila*.

Por lo antes indicado, el presente trabajo se realizó con el propósito de determinar la eficiencia de trampas de luz con panel pegante en la captura de adultos de *Prodidiplosis longifila* en tomate de la variedad “Dominador”, y la infestación foliar y daños en frutos.

MATERIAL Y MÉTODOS

El experimento se realizó en el fundo “El Carmen”, Ica, Perú, en un campo comercial con 3 Ha de tomate de la variedad “Dominador” para consumo en fresco, dispuesto en un distanciamiento de 2.80 m entre surcos mellizos y 0.60 m entre plantas, con una planta por golpe y una densidad de siembra de 22,000 plantas/ha.

Todas las labores agronómicas, como son análisis de suelo, riego de machaco, arado, surcado, riego por gravedad, aplicaciones de agroquímicos, etc. fueron realizadas tal como se estila en la conducción de este cultivo. Las trampas se colocaron hacia la parte media del campo procurando evitar los efectos de bordes.

Los datos meteorológicos durante el desarrollo del estudio fueron tomados de los registros del SENAMHI-ICA. La temperatura máxima fue de 27.4 °C (24.6 – 31.0), la mínima de 10.3 °C (7.0 – 15.2), la media de 18.8 °C (16.0 – 23.1); el número de horas de sol por día fue de 7.7 y la media de humedad relativa alcanzó 83.1% (76.5 – 86.7).

Las trampas de luz con panel pegante fueron construidas con una plancha de triplay de 0.60 m x 0.40 m. y se forraron en ambas caras con una lamina de plástico de color amarillo que fue untada en sus dos caras con aceite de motor SAE 50. Para su instalación en el campo, fueron sostenidas en el suelo por dos listones laterales de 1.30 m de longitud a partir del nivel del suelo. En la parte central y superior de cada panel pegante se colocó la fuente de luz: tubo fluorescente de luz blanca de 40 watts (TFb) o el tubo fluorescente de luz violeta de 36 watts (TFv), lámpara de regador a kerosene (TR) y lámpara tipo Petromáx a gas propano (TP); los tubos fluorescentes fueron ubicados horizontalmente, mientras que las lámparas se ubicaron en forma vertical. Como tratamiento testigo se empleó una trampa con panel pegante de color amarillo sin fuente de luz (TA) (Fig. 1).



Fig. 1. Trampa de luz con panel pegante con tubo fluorescente de luz blanca (TFb) o luz violeta (TFv) – izquierda-; trampa de luz con panel pegante con lámpara de regador a kerosene (TR) –centro izquierda-; trampa de luz con panel pegante con lámpara tipo Petromáx a gas propano (TP) –centro- ; Trampa con panel pegante sin fuente de luz (TA)

Las trampas en general se instalaron en el campo a 50 m entre trampas, bajo un diseño en bloques completamente al azar con 5 tratamientos y 4 repeticiones (Fig. 2).

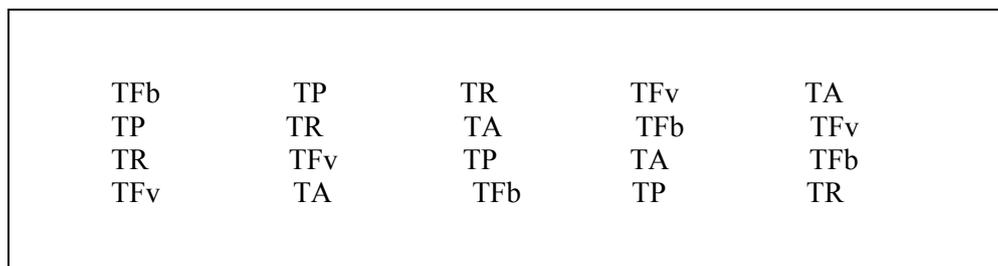


Fig. 2. Croquis del diseño experimental (TFb: Trampa de luz con panel pegante con tubo fluorescente de luz blanca; TP: Trampa de luz con panel pegante con lámpara tipo Petromax a gas propano; TR: Trampa de luz con panel pegante con lámpara de regador a kerosene; TFv: Trampa de luz con panel pegante con tubo fluorescente de luz violeta; TA: Trampa con panel pegante sin fuente de luz)

Se hicieron, en un periodo de cinco meses, evaluaciones semanales de número de adultos, número de larvas, número y peso de frutos dañados desde la siembra de plántulas hasta el inicio de la cosecha de frutos. Unas horas antes de poner en funcionamiento las trampas de luz, se efectuó un mantenimiento de las mismas consistente en una profusa limpieza del panel y aplicación del aceite de motor SAE 50 sobre la lámina de plástico de la trampa. Las trampas se mantuvieron con la luz encendida desde las 6:00 p.m. y hasta las 6:00 a.m. del día siguiente. Al día siguiente se efectuó el conteo de adultos de *P. longifila* en todas las trampas. Para esto, con la ayuda de una lupa de 20 aumentos, se contaron los adultos presentes en ambas caras de la trampa, tomando 4 áreas en total de 8 cm x 8 cm = 64 cm², a fin de obtener luego el promedio de individuos capturados por noche.

Para la evaluación de la infestación larval y daños en el campo se tomaron 5 plantas por tratamiento y se contó el número de larvas de *Prodidiplosis longifila* por brote o fruto, así como los daños efectuados en frutos.

RESULTADOS

La Tabla 1 muestra que las trampas de luz con panel pegante con tubo fluorescente de luz blanca lograron el mayor nivel poblacional de captura de adultos respecto a todos los demás tratamientos estudiados, habiendo resultado el tratamiento indicado estadísticamente diferente respecto a los otros tratamientos, mientras que el tratamiento trampa con panel pegante sin fuente de luz capturó el menor número de adultos.

Tabla 1. Número promedio de adultos de *Prodidiplosis longifila* capturados en trampas según tratamientos en el cultivo de tomate var. "Dominador". Ica, Perú

TRATAMIENTOS	Promedio por semana
Trampa de luz con panel pegante con tubo fluorescente de luz blanca.	27.56 a
Trampa de luz con panel pegante con tubo fluorescente de luz violeta.	9.06 b
Trampa de luz con panel pegante con lámpara tipo Petromax a gas propano	7.00 b
Trampa de luz con panel pegante con lámpara de regador a kerosene	2.94 c
Trampa con panel pegante sin fuente de luz	2.44 c

Las trampas de luz con panel pegante con tubo fluorescente de luz blanca permitieron una captura de 27.56 adultos por semana, en tanto que los otros tratamientos efectuaron capturas en el orden de 9.06 a 2.44 adultos por semana, según orden de eficacia relativa.

Lo antes referido indica que las trampas de luz con panel pegante con tubo fluorescente de luz blanca mostraron mayor eficiencia relativa en la captura de *P. longifila* habiendo resultado numérica y estadísticamente diferente al tratamiento trampa de luz con panel pegante con tubo fluorescente de luz violeta, el cual ocupó una segunda ubicación en orden de eficacia relativa con un promedio de 9.06 adultos capturados por semana.

Las trampas de luz con panel pegante con lámpara tipo Petromáx a gas propano y la de lámpara de regador a kerosene, así como la de panel pegante sin fuente de luz, no fueron eficaces en la captura de adultos de la “mosquilla de los brotes”.

La tabla 2 muestra que las trampas con panel pegante sin fuente de luz registraron el mayor número de larvas de *P. longifila* en plantas por semana respecto a todos los demás tratamientos estudiados, habiendo resultado el tratamiento indicado estadísticamente diferente con respecto a los otros. Por otra parte, el tratamiento trampa de luz con panel pegante con tubo fluorescente de luz blanca tuvo el menor registro poblacional de larvas.

Tabla 2. Número promedio de larvas de *Prodidiplosis longifila* registradas en plantas según tratamientos en el cultivo de tomate var. “Dominator”. Ica, Perú

TRATAMIENTOS	Promedio larvas/semana
Trampa con panel pegante sin fuente de luz	39.25 a
Trampa de luz con panel pegante con lámpara de regador a kerosene	30.50 b
Trampa de luz con panel pegante con lámpara tipo Petromáx a gas propano	27.75 b
Trampa de luz con panel pegante con tubo fluorescente de luz violeta.	23.25 c
Trampa de luz con panel pegante con tubo fluorescente de luz blanca.	21.75 d

El tratamiento trampas con panel pegante sin fuente de luz registró 39.25 larvas en plantas por semana, en tanto que los otros tratamientos mostraron registros de 23.25 a 21.75 larvas en plantas por semana, según orden de eficacia relativa. El menor valor que se indica se registró en el tratamiento trampa de luz con panel pegante con tubo fluorescente de luz blanca.

Los tratamientos Trampa de luz con panel pegante con lámpara de regador a kerosene y trampa de luz con panel pegante con lámpara tipo Petromáx a gas propano siguieron una tendencia similar al tratamiento trampa con panel pegante sin fuente de luz, en tanto que el tratamiento trampa de luz con panel pegante con tubo fluorescente de luz violeta siguió una tendencia similar al tratamiento trampa de luz con panel pegante con tubo fluorescente de luz blanca.

Esto indica que la trampa de luz blanca permitió un menor nivel de desarrollo de larvas en las plantas respecto a los demás tratamientos, lo cual estaría relacionado a un mayor nivel de captura o control de adultos.

La tabla 3 muestra que el tratamiento trampa de luz con panel pegante con tubo fluorescente de luz blanca tuvo la menor cantidad de frutos dañados respecto a los demás tratamientos estudiados, habiendo resultado este tratamiento estadísticamente diferente con respecto a los otros tratamientos, en tanto que el tratamiento trampa con panel pegante sin fuentes de luz mostró un mayor número de frutos dañados.

Tabla 3. Número promedio de frutos dañados por *Prodidiplosis longifila* registrados en plantas según tratamientos en el cultivo de tomate var. “Dominator”. Ica, Perú

TRATAMIENTOS	frutos dañados/planta/ semana
Trampa con panel pegante sin fuente de luz	8.00 a
Trampa de luz con panel pegante con lámpara de regador a kerosene	7.06 a
Trampa de luz con panel pegante con lámpara tipo Petromáx a gas propano	5.50 b
Trampa de luz con panel pegante con tubo fluorescente de luz violeta.	5.25 b
Trampa de luz con panel pegante con tubo fluorescente de luz blanca	4.75 c

El tratamiento con el menor número de frutos dañados registró un valor de 4.75 frutos dañados por planta por semana, mientras que los otros tratamientos tuvieron una mayor cantidad de frutos dañados con registros entre 5.25 a 8.0, aunque los tratamientos trampa de luz con panel pegante con tubo fluorescente de luz violeta y trampa de luz con panel pegante con lámpara tipo Petromáx a gas propano estuvieron en segundo orden respecto a menor cantidad de frutos dañados.

La menor o mayor cantidad de frutos dañados estaría en relación a la menor o mayor cantidad de adultos capturados por las trampas, así como por la menor o mayor cantidad de larvas presentes en brotes y frutos.

La tabla 4 muestra que la trampa de luz con panel pegante con tubo fluorescente de luz blanca tuvo el menor peso de frutos dañados por planta, respecto a los demás tratamientos, habiendo resultado el tratamiento indicado estadísticamente diferente con respecto a los otros tratamientos.

Tabla 4. Promedio en peso de frutos dañados por *Prodidiplosis longifila* registrados en plantas según tratamientos en el cultivo de tomate var. “Dominator”. Ica, Perú.

TRATAMIENTOS	Peso de frutos dañados/planta (g)
Trampa con panel pegante sin fuente de luz	245.00 a
Trampa de luz con panel pegante con lámpara de regador a kerosene	226.25 b
Trampa de luz con panel pegante con lámpara tipo Petromáx a gas propano	185.00 c
Trampa de luz con panel pegante con tubo fluorescente de luz violeta.	165.00 d
Trampa de luz con panel pegante con tubo fluorescente de luz blanca.	146.25 e

El tratamiento antes indicado registró un peso de 146.25 gramos de frutos dañados por planta, mientras que el tratamiento trampa con panel pegante sin fuente de luz tuvo el mayor peso de frutos dañados por planta cuyo valor alcanzó 245 gramos. Los otros tratamientos se ubican en situación intermedia, aunque el tratamiento trampa de luz con panel pegante con tubo fluorescente de luz violeta sigue de cerca al tratamiento con fuente de luz blanca con un peso de frutos dañados del orden de 165 g.

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en el presente estudio demuestran que las trampas de luz que combinan un panel pegante de color amarillo y un determinado tipo de fuente luminosa, atraen en menor o mayor grado adultos de la “mosquilla de los brotes” *Prodidiplosis longifila*, lo cual determina en el mismo sentido valores diferenciales de infestación de plantas con larvas del insecto, así como número y peso de frutos dañados.

Entre los tipos de fuente de luz empleados en el cultivo de tomate para la determinación de su eficiencia en la captura de adultos de la “mosquilla de los brotes”, así como su influencia en los niveles de infestación larval en brotes y frutos y el número y peso de frutos dañados, destaca la luz blanca de tubo fluorescente en razón que permitió a la trampa respectiva efectuar una mayor captura de adultos, una menor infestación larval en brotes y frutos, y un menor número y peso de frutos dañados por planta, presentándose en consecuencia como un factor potencialmente importante en el control de la plaga en el cultivo de tomate. Lo contrario a esto se ha demostrado con el tratamiento en

el cual se empleó el panel pegante de color amarillo sin fuente de luz para las mismas variables antes indicadas; sin embargo, las trampas con otras fuentes de luz evaluadas mostraron niveles variables de eficiencia en la captura de adultos del insecto, su infestación larval y daños en frutos, ubicándose en consecuencia entre el tratamiento de luz blanca y el que carece de fuente luminosa.

La atracción que la luz ejerce sobre *P. longifila*, en particular la luz blanca, ha sido ya demostrada por otros investigadores como Soto V. (2009), en diversos fundos agrícolas en Chao y Virú, irrigación Chavimochic, donde actualmente trampas de luz con panel amarillo pegante y tubo fluorescente de luz blanca se emplean frecuentemente para el control de *P. longifila* en plantaciones comerciales de espárrago.

El estudio también demuestra que la captura de adultos en los paneles pegantes, aún en densidades altas, no eliminan la posibilidad de ocurrencia de infestación y daños en los brotes y frutos del tomate, pero disminuye poblaciones de la plaga y daños, lo cual sugiere que el uso de estos dispositivos, en particular las trampas con luz blanca, en programas de manejo integrado de plagas en tomate, contribuirá a un mejor manejo del problema de plagas con respeto al medioambiente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Cisneros F. Control de plagas agrícolas. 2da ed. Lima, Perú: Full Print. S.R.L. 1995.
2. Castro Z. Control integrado de plagas y producción de controladores biológicos en el valle de Ica y el Callejón de Huaylas. CEDEP/RAAA, Lima, Perú. 1996.
3. Fernández-Rubio F. Las trampas de luz automáticas para la caza de insectos. Rev Aragon Ent. 1992; 1 (2): 79-90
4. National Academy of Sciences. Manejo y control de plagas de insectos. Vol. 3. México, DF: Edit. LIMUSA. 1985.
5. Nabli H, Bailey W, Necibi S. Beneficial Insect attraction to light traps with different wavelengths. Biological Control 1999; 16(2): 185-188.
6. Kilgore W, Doult R. Pest control. Biological, physical and selected chemical methods. New York, USA: Academic Press. 1967.
7. Carranza H, Dardon D, Salguero V. Evaluación de trampas de luz para capturar adultos de lepidópteros en brócoli. Manejo integrado del cultivo de brócoli. Proyecto MIP-ICTA-CATIE-ARF. Guatemala. 1995; pp. 2-15
8. Martin H, Woodcock D. The scientific principles of crop protection. 7th ed. Scotland: Edgard Arnold Publishers Ltd. 1983.
9. Galantini L. Las trampas de luz en el control de plagas del orden Lepidoptera que atacan en el cultivo del olivo. En: Sem Internac Control Etológico. Lima, Perú. 2000; p.49.
10. Castro J. Viabilidad del uso de trampas de luz en el manejo integrado de plagas. Seminario internacional de control etológico. En: Sem Internac Control Etológico. Lima, Perú. 2000; pp.27-28.
11. Castillo J. *Prodiplosis longifila* Gagné en la Irrigación Chavimochic-La Libertad. Arenagro-La Libertad 2006; 2(2): 11-19
12. Sánchez G. Manejo integrado de plagas en el Perú. Departamento de Entomología y Fitopatología. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. 2006.
13. Musto J. Efecto de las trampas de luz pegante y bandeja en la captura de poblaciones de *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) en tomate variedad "Dominador". En: LI Convención Nacional de Entomología. Lima, Perú. 2009; p.47.
14. Jaramillo R. Propuestas de manejo integrado de plagas en el cultivo de pimiento piquillo (*Capsicum annum* L.) en el fundo Agricultor Virú-La Libertad. Tesis de Grado de Magister Agriculturae. Escuela de Postgrado, Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima, Perú. 2005.
15. Collantes J. Manejo integrado de lepidópteros en el cultivo de espárrago en la irrigación Chavimochic. Monografía de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Agronomía, Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. 2008.
16. Soto G. Trampas de luz pegante. Avo Perú SAC. Irrigación Chavimochic. Trujillo, Perú. 2009 (Comunicación personal).
17. Salas J, Mendoza O. Trampas adhesivas de diferentes colores en la atracción y captura de *Trips palmi* de pimiento. Centro de Investigación Agropecuaria del Estado de Lara, Venezuela. 1996.
18. Gonzáles H. Selección de trampas de color y fluctuación poblacional de trips del aguacate en Michoacán, México. Rev Chapingo, Ser Horticult 1999; 5: 287-290.
19. Larain P. Efecto del color de trampa en la captura de *Frankliniella occidentalis* en pimiento. Instituto de Investigación Agropecuaria Intihuasi. Santiago de Chile, 2001.



Artículo original

Sistema acuapónico del crecimiento de lechuga, *Lactuca sativa*, con efluentes de cultivo de tilapia

Aquaponic system growth of lettuce, *Lactuca sativa*, with tilapia farming effluents

Edinson W. Moreno Simón y Alina Zafra Trelles

¹Tesista, Escuela AP de Pesquería. Universidad Nacional de Trujillo (UNT). Trujillo. Perú. ²Departamento de Pesquería. UNT.

RESUMEN

Se determinó el crecimiento de *Lactuca sativa* "lechuga" con efluentes de cultivo de tilapia. La investigación se realizó en un sistema acuapónico de cinco tubos de PVC con capacidad de 50 lechugas, usando la técnica de solución nutritiva recirculante (NFT). Se evaluaron dos tratamientos; T1: agua enriquecida con 50 individuos de tilapia roja, *Oreochromis* sp., y T2: agua enriquecida con 25 individuos de tilapia roja, registrando los datos de longitud de hoja (HH) y longitud de raíz (HR) de lechugas, con una frecuencia de muestreo quincenal por 90 días de cultivo en cada tratamiento. En el T1 se obtuvo un HH de 16,6 cm y HR de 16,4 cm mientras que en T2 la HH fue 11,1 cm y HR 16,3 cm. Además la tasa de crecimiento y tasa específico de crecimiento (TC y TEC) fue mayor en el T1 en hoja (0,15 cm/día; 1,98 %/día) como en raíz (0,16 cm/día; 2,45 %/día) asimismo se obtuvo el mayor crecimiento en peso fresco total (PFt) y peso fresco económico (PFe) registrándose valores promedio de 118,20 g/ planta y 94,40g/ planta respectivamente y también una rentabilidad de 2,261 kg/ m², esto posiblemente a la influencia de la temperatura ambiente y al pH. Se encontró diferencia significativa entre la longitud de hoja y el peso fresco total pero no para longitud de raíz entre los tratamientos. Se concluye que el T1 obtuvo mayor crecimiento de *L. sativa* en sistema acuapónico.

Palabras clave: Acuicultura, hidroponía, acuaponía, NFT, *Lactuca sativa*, tilapia.

ABSTRACT

The growth of *Lactuca sativa* "lettuce" with tilapia culture effluents was determined. The research was conducted in an aquaponic system of five PVC pipes with capacity of 50 lettuces, using the technique of recirculating nutrient solution (NFT). Two treatments were evaluated; T1: water enriched with 50 individuals of *Oreochromis* spp. "red tilapia" and T2: water enriched with 25 individuals *Oreochromis* spp., recording length data sheet (HH) and root length (HR) of lettuce, with a sampling frequency biweekly for 90 days of culture in each treatment. T1 in an HH of 16,6 cm and 16,4 cm HR was obtained while in the HH T2 was 11,1 cm and 16,3 cm HR. In addition the growth rate and specific growth rate (TC and TEC) was higher in the leaf T1 (0,15 cm / day; 1,98% / day) and roots (0,16 cm / day, 2, 45% / day) also the largest growth in total fresh weight (PFt) and fresh economic weight (PFe) was obtained recorded average values of 118,20 g / plant and 94,40 g / plant, respectively, and also a return of 2,261 kg / m², this possibly under the influence of the ambient temperature and the pH. Significant difference between the length and the total leaf fresh weight but not root length was found between treatments. We conclude that the T1 scored higher growth of *L. sativa* in aquaponic system.

Keywords: Aquaculture, Hydroponics, aquaponics, NFT, *Lactuca sativa*, tilapia.

INTRODUCCIÓN

La acuaponía es una actividad tecnológica en la cual los desechos orgánicos producidos por el alimento no consumido y por heces y orina de los organismos acuáticos en cultivo se convierten, mediante la acción bacteriana, en nitratos que sirven como fuente de nutrientes para el crecimiento de las plantas, lo que a su vez mejora significativamente la calidad del agua actuando como un filtro biológico, al grado de que puede reintegrarse a los sistemas acuáticos^{1,2,3}.

Un sistema acuapónico utiliza tres tipos de técnicas para el crecimiento de las plantas: (i) sistema de solución nutritiva recirculante (SNFT), (ii) sistema de raíces flotantes y (iii) sistema de camas de grava⁴. El sistema SNFT consiste en generar una circulación constante de una lámina delgada de solución nutritiva que fluye a través de las raíces del cultivo; no existe pérdida o salida al exterior, por lo que se considera un sistema cerrado; asimismo, consta de un tanque para el cultivo de peces, un clarificador o filtro de sólidos, biofiltro y de cama(s) de crecimiento para plantas, sistema de bombeo de agua y sistemas de aireación interconectados de tal forma, que el agua rica en nutrientes pasa del tanque de peces al clarificador, donde se eliminan la mayor parte de partículas disueltas, tanto grandes como pequeñas^{1,4,6,7}. Después de pasar por el clarificador el flujo pasa al biofiltro, el cual tiene una gran superficie que le permite alojar una gran cantidad de bacterias que convierten el amonio en nitrito (*Nitrosomonas*) y otras (*Nitrobacter*) que convierten el nitrito en nitrato, fenómeno de mucha utilidad en cultivos porque tanto el amonio como los nitritos son altamente tóxicos^{8,9}. Por lo tanto, las plantas capaces de aprovechar ventajosamente los nitratos, como es el caso de la lechuga, resultan de mucha utilidad⁴.

Oreochromis niloticus “tilapia”, *Oreochromis* sp. “tilapia roja” *Dicentrarchus labrax* “róbalo”, *Salvelinus alpinus* “salvelino” y *Perca fluviatilis* “perca” son especies de peces adaptadas al SNFT de las cuales, la tilapia es la que ha dado mejores resultados gracias a su adaptabilidad a los cambios en las condiciones del agua: temperatura entre 20 y 30°C, pH entre 6,5 a 9,0 y requerimiento de oxígeno, ser mayor a 4 mg/L^{9,10,11}, hecho que la ha convertido en una de las especies más importantes en el mundo en cuanto a producción acuícola. Por su lado, debido a sus requerimientos nutricionales de bajos a medianos, la lechuga, albahaca, escarola, espinaca, perejil, orégano, cebollas, tomates, pimientos y pepinos se desarrollan mejor en SNFT¹⁰.

La lechuga es uno de los cultivos hortícolas más importantes: presenta ciclo corto, (alrededor de 45 a 50 días en invernadero), a temperatura entre 14 y 24°C y pH de 6,8 a 5,0¹². Nutricionalmente aporta vitamina A, calcio, hierro, magnesio, fósforo y potasio¹³ y ha sido estudiada en forma intensiva en sistemas acuapónicos¹⁴.

Con el propósito de evaluar la eficiencia del sistema acuapónico en Veracruz (México), se comparó el crecimiento de las plantas versus un cultivo hidropónico de riego por goteo, en un sistema integrado por *Lycopersicon pimpinellifolium* “tomate cherry” y por *Oreochromis niloticus* “tilapia” y *Cherax quadricarinatus* “langosta australiana” y se obtuvo que la incorporación de un sistema acuapónico al cultivo acuícola no afecta en su desempeño productivo de las especies acuícolas y que las plantas acuapónicas tuvieron un crecimiento constante pero a una menor velocidad en comparación con las del cultivo hidropónico³. En Colombia, por su lado, se evaluó un sistema acuapónico de *Carrasius auratus* “goldfish” y *Lactuca sativa* “lechuga” observándose un bajo crecimiento en peces pero una supervivencia del 80% en cuanto al crecimiento de la lechuga fue menor en los sistemas acuapónicos¹⁵ y en Honduras investigaron el efecto de dos tratamientos de agua en la producción de *Lactuca sativa* “lechuga” bajo dos sistemas hidropónicas en piscicultura: SNFT y raíces flotantes con dos niveles de fertilización de agua con nitrato de sodio, alcanzando en tratamiento NFT- fertilizado una mayor altura a diferencia de los otros tratamientos¹⁶.

En el Perú las investigaciones mayormente se desarrollan en hidroponía, dejándose de lado, hasta ahora, la acuaponía que, como se ha señalado presenta ciertas ventajas respecto de la anterior. En base a ello se planteó una investigación dirigida a determinar el crecimiento de *Lactuca sativa* “lechuga” con efluentes de cultivo de tilapia, considerando la longitud de hoja y la longitud de la raíz, ganancia de peso fresco total, peso fresco económico y rentabilidad.

MATERIAL Y MÉTODOS

La investigación se realizó de agosto 2013 a febrero 2014, en el Laboratorio de Maricultura de la Escuela Académico Profesional de Pesquería, Trujillo- Perú. Para la construcción del sistema acuapónico se utilizó un tanque de 500 L de capacidad, 0,93 m de diámetro y 0,80 m de altura, una bomba de recirculación modelo WP-5000 de 60 W de potencia, altura máxima de 3 m y un caudal de 3000 L/ H instalada en el centro del tanque y conectada con 3 m de manguera transparente de 3/4 θ a un filtro artesanal ubicadas fuera del tanque compuesto por un tanque de 50 L y se conectó al modelo NFT (técnica de solución nutritiva recirculante) el cual estuvo compuesto por cinco tubos de PVC de 3" θ y 1.5 m con capacidad para 10 lechugas/tubo.

Además, se construyó un filtro artesanal con un balde de 20 L de capacidad, compuesto por dos capas, la primera tuvo acción biológica conformada por 10 esponjas de 10 x 10 x 4 cm alrededor de toda la superficie las cuales se cambiaron para cada tratamiento, que sirvió como sustrato a las bacterias nitrificantes las cuales promovieron la nitrificación. La segunda capa tuvo acción mecánica conformado por 10 kg de grava, cuya función fue la de retener los residuos sólidos generados por la excreción y resto de alimento de los peces la cual era lavada semanalmente.

El filtro artesanal conformado por un balde de 20 L se colocó en el interior de un tanque de 50 L por bioseguridad el cual estuvo a una altura de 1,30 m, estuvo conectado a una bomba sumergible de recirculación mediante una manguera de 3/4 Θ . La salida del agua filtrada se realizó a través de un tubo de PVC de 3/4" conectada con una llave de agua, para manejar el caudal y no rebalse esta se conectó al modelo NFT.

Para la construcción del modelo de técnica de solución nutritiva recirculante (NFT), se utilizaron cinco tubos de PVC de 3" de θ , de 1,50 m cada uno, los cuales fueron perforados a una distancia de 0,10 m utilizando un taladro percutor de marca Black & Decker y una cierra circular de acero de 2" de θ y dispuestos a 0,10 m de distancia entre cada uno de los tubos, formando una área de 1,08 m².

Con respecto a la obtención de las plántulas de lechuga, la semilla de *L. sativa* fue adquirida de Agropecuaria HORTUS S.A., la siembra se realizó en un depósito de plástico con un área de 0,42 m² conformado por arena gruesa cernida con malla de 1/2 cm a fin de eliminar la arena fina y desinfectada durante dos horas en 2 L de agua con 25 ml de lejía enjuagando con agua varias veces la arena hasta que quede sin olor a cloro. Las semillas se hicieron germinar en surcos de 0,5cm de profundidad a una distancia de 3cm a fin de facilitar el manejo y manipulación en el trasplante. El semillero se regó dos veces por día para su germinación. Fue trasplantada al sistema NFT a los 15 días cuando tenía una longitud promedio de hoja de 2,65 cm y 1,9 cm de longitud de raíz.

En la ubicación de las plantas en el sistema se usaron vasos de plástico sin base para colocar la planta de lechuga con las raíces envueltas con esponja dejándola expuesta en la parte inferior, luego se ubicaron en cada orificio de los tubos, de modo que el agua filtrada del tanque de peces humedezca la raíz constantemente. La biometría de *L. sativa* "lechuga" se realizó quincenalmente, registrando la longitud de hoja (HH) y longitud de raíz (HR) usando una cinta métrica.

Se calculó la tasa de crecimiento y la tasa específico de crecimiento de las lechugas para cada tratamiento:

Tasa crecimiento (cm/día):

$$TC = \frac{(\text{longitud final} - \text{longitud inicial})}{\text{tiempo final} - \text{tiempo inicial}}$$

Tasa específico de crecimiento (%/día):

$$TEC = \frac{(\text{Ln}(\text{longitud final}) - \text{Ln}(\text{longitud inicial}))}{\text{tiempo final} - \text{tiempo inicial}}$$

Dónde: Ln = Logaritmo natural

Al final del cultivo de cada tratamiento se seleccionaron al azar 5 plantas de lechuga, las cuales fueron pesadas en una balanza de 1g de sensibilidad marca KDC. Se expresó en gramos de peso fresco

total por planta. A las mismas plantas se retiró el sistema radicular realizando un corte a nivel del cuello de la planta y las hojas externas cuando estas presentaban daño mecánico se tomó el peso fresco económico y se expresó en gramos de peso fresco económico por planta. Asimismo, a todas las plantas al finalizar el cultivo se les retiró el sistema radicular y se obtuvo el peso total para obtener la rentabilidad que se expresó en Kg/m².

Finalmente el sistema para la crianza de *Oreochromis spp* “tilapia roja” estuvo conformado por 75 ejemplares de cuatro meses de edad con una longitud variable entre 11 a 19 cm con un peso entre 27 y 103 g, un tanque de 500 L de capacidad y se llenó un volumen de 250 L, cada semana se repuso de 25 a 50 L equivalentes al 10 y 20% respectivamente.

Se utilizaron dos tratamientos con densidades T1= 50 individuos y T2= 25 individuos.

T1 = 50 tilapias para el crecimiento de 50 lechugas, una proporción 1:1

T2 = 25 tilapias para el crecimiento de 50 lechugas en una proporción de 0,5:1

Los tratamientos se realizaron de forma consecutiva, el primero (T1) de Agosto 2013 - Octubre 2013 y el segundo (T2) de Noviembre 2013 - Enero 2014. A las tilapias se les alimentó con alimento pelletizado de 42 % de proteína, con una tasa de alimentación (TA) del 3% y una frecuencia de alimentación de dos veces al día.

En el proceso de la crianza de tilapia también se evaluó la cantidad de alimento (C.A.) (Baltazar y Palomino, 2004), se determinó mensualmente para la crianza de *Oreochromis spp* “tilapia roja” en sistema acuapónico.

$$CA = B * TA * d$$

Donde: B= biomasa (g), TA= tasa de alimentación (%) y d= número de días

Entre los Parámetros de cultivo se registró diariamente datos de temperatura ambiente y temperatura del agua (10:00 am y 4:00 pm) usando un termómetro marca BRIXCO de 1°C de sensibilidad; asimismo quincenalmente se tomó información referente a pH empleándose un pHmetro marca WATERPROOF.

Una vez que se recopiló la información estas fueron introducidas a una hoja electrónica en el programa Microsoft Excel 2013. Con ello se realizaron análisis de varianza con el fin de determinar diferencias significativas en el crecimiento de *Lactuca sativa* “lechuga” en el sistema acuapónico.

RESULTADOS

En la experimentación sobre el sistema acuapónico del crecimiento de *L. sativa* con efluentes de cultivo de tilapia en el T1 se obtuvo una longitud de hoja de 2,8 cm a los quince días y de 16,6 cm a los 90 días a diferencia del crecimiento de la raíz que inició con 1,8 cm y alcanzó 16,4 cm a los tres meses de cultivo (Tabla 1).

Al comparar la longitud de la hoja con la de la raíz estas fueron similares a los 30 días de cultivo y luego la longitud de la raíz es mayor a los 45 y 60 días con respecto a la longitud de la hoja con 2 a 3 cm mayor con respecto al de las hojas, pero son similares a los 90 días (Fig. 1).

En el T2 se obtuvo una longitud de hoja de 2,5 cm a los quince días y de 11,1 cm a los 90 días a diferencia del crecimiento de la raíz que inició con 2 cm y alcanzó 16,3 cm a los tres meses de cultivo (Tabla 2). Con la proporción de 0,5:1 la longitud de la hoja fue menor al de la raíz que fue mayor durante 30 a 90 días, la longitud de la hoja fue constante en 12 cm a los 45, 60 y 75 días (Fig. 2).

Al comparar el crecimiento promedio de longitud de hoja de la lechuga entre los tratamientos se obtuvo que en T1 se observa un crecimiento exponencial de *L. sativa* que se logró entre los 30 a los 90 días. Mientras que en T2 el crecimiento se mantuvo constante en el periodo de 45 a 90 días (Fig. 3).

Al comparar el crecimiento promedio de longitud de raíz entre los tratamientos observamos que ambos llegan a una longitud similar de 16,3 y 16,4 cm. En la longitud de la raíz de T2 se mantuvo el crecimiento en 16 cm a partir de los 45 días hasta los 90 días de cosecha. En comparación al T1 que se observa un crecimiento de la raíz mayor en 6 cm en el mismo tiempo además se observa un crecimiento exponencial hasta los 60 días, para finalmente obtener 0,1cm mayor que el T2 (Fig. 4).

Teniendo en cuenta el crecimiento en longitud de hoja y de raíz para *L. sativa*, se muestra que durante los dos tratamientos, la tasa de crecimiento y la tasa de crecimiento específico fue mayor en el tratamiento 1, siendo 0,15 cm/día = HH y 0,16 cm/día = HR y 1,98 %/día y 2,45%/día respectivamente (Tabla 3).

Al finalizar el cultivo la ganancia de peso fresco total promedio por lechuga en el tratamiento 1 fue 118,20 g siendo mayor que el tratamiento 2. El peso fresco económico promedio por lechuga en el tratamiento 1 fue de 94,4 g no siendo considerado para el T2 ya que presentó un crecimiento del tallo floral y acumulación de latex en el tallo, que hace amargo el sabor de sus hojas, deteriorando su calidad y no llegando a nivel comercial (Tabla 4).

En relación a la cantidad de alimento, cantidad de alimento diario y cantidad de alimento disponible por planta, estos fueron mayores en el T1. Asimismo la tasa de alimentación se mantuvo en 3% para ambos tratamientos (Tabla 5).

Con relación a los parámetros fisicoquímicos durante la investigación, T1 los valores de temperatura ambiente oscilaron entre 20 a 24°C y temperatura del agua valores de 18,4 a 20°C para el T2 los valores de temperatura ambiente oscilaron entre 25,5 a 27°C y temperatura del agua valores de 19,5 a 22,2°C, siendo los meses más calurosos e influyentes en el crecimiento y calidad de *L. sativa*. Los valores de pH presentaron oscilaciones pero en ambos tratamientos estuvieron entre 7,5 y 8,0 influyendo en la disponibilidad de nutrientes (Tabla 6).

Del cultivo de lechuga en acuaponía en el tratamiento 1 se obtuvo una rentabilidad de 2,261 kg/m² y en el T1 se observó que a los 90 días las lechugas desarrollaron mayor longitud de la hoja y su crecimiento fue uniforme presentando un color de hojas verde intenso, lo que refleja un la disponibilidad de nutrientes en el sistema acuapónico (Fig. 1).

Tabla 1. Valores promedio de longitud de hoja HH (cm) y longitud de raíz HR (cm) de *Lactuca sativa* “lechuga” en sistema acuapónico de Agosto 2013 a Octubre 2013.

Meses	Tratamiento 1		
	Tiempo (días)	Longitud de Hoja HH (cm)	Longitud de Raíz HR(cm)
Agosto	15	2,8	1,8
	30	5,2	5
Septiembre	45	7,5	10,4
	60	9,6	12
Octubre	75	12,4	11
	90	16,6	16,4

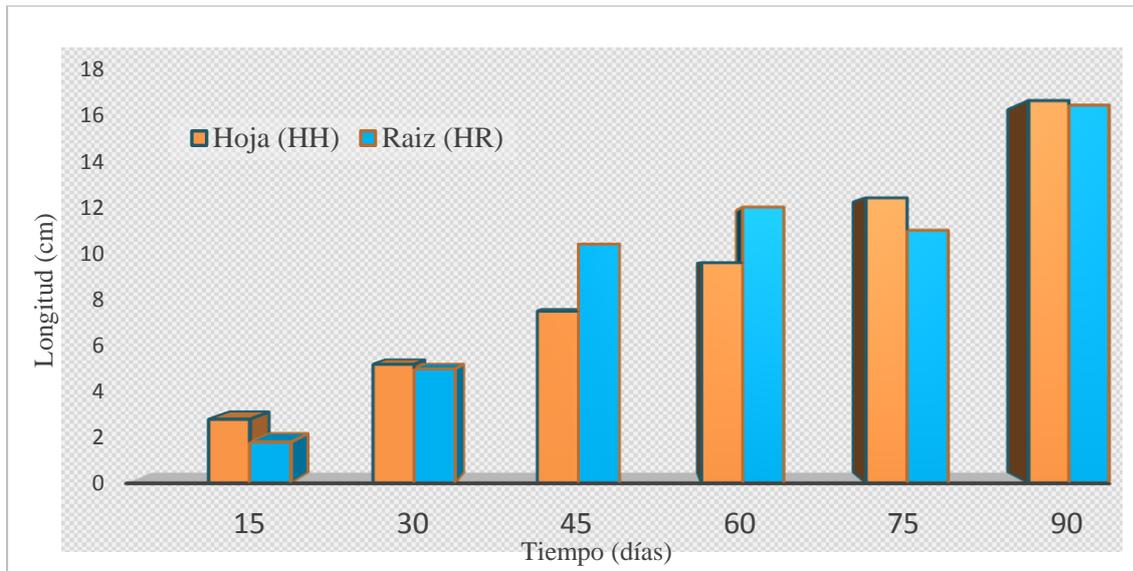


Fig. 1. Crecimiento de *L. sativa* "lechuga" en el tratamiento 1 con un efluente de 50 tilapias en una proporción de 1:1.

Tabla 2. Valores promedio de longitud de hoja HH (cm) y longitud de raíz HR (cm) de *Lactuca sativa* "lechuga" en sistema acuapónico de Noviembre 2013 a Enero 2014.

Meses	Tratamiento 2		
	Tiempo (días)	Longitud de Hoja HH (cm)	Longitud de Raiz HR (cm)
Noviembre	15	2,5	2
	30	8,9	10,9
Diciembre	45	11,5	16,2
	60	12	16,1
Enero	75	12	16,3
	90	11,1	16,3

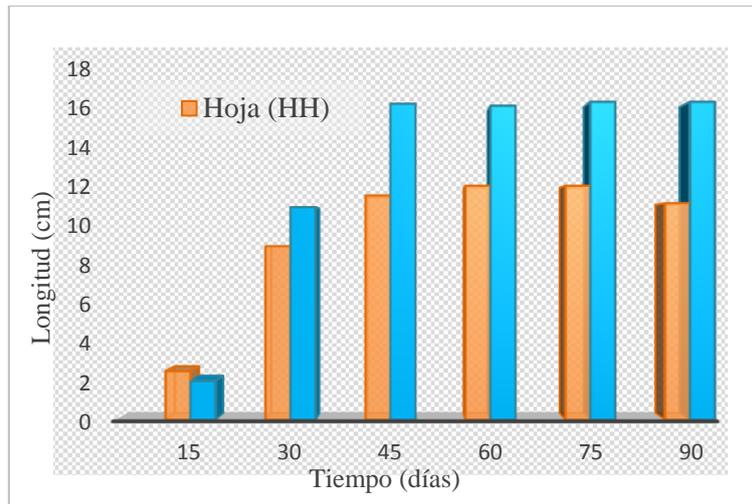


Fig. 2. Crecimiento de *L. sativa* “lechuga” en el tratamiento 2 con un efluente de 25 tilapias en una proporción 0,5:1

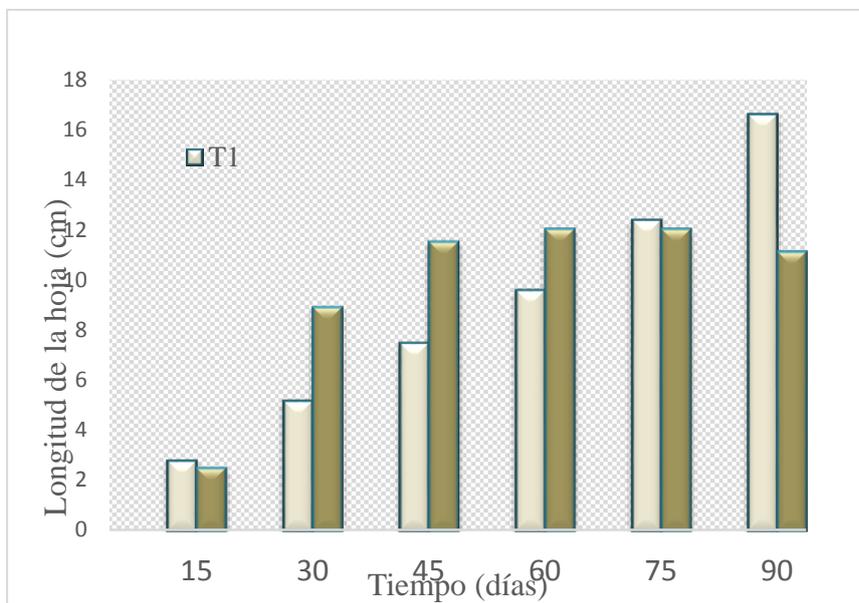


Fig. 3. Crecimiento de longitud de hoja de *Lactuca sativa* “lechuga” en el Sistema acuapónico.

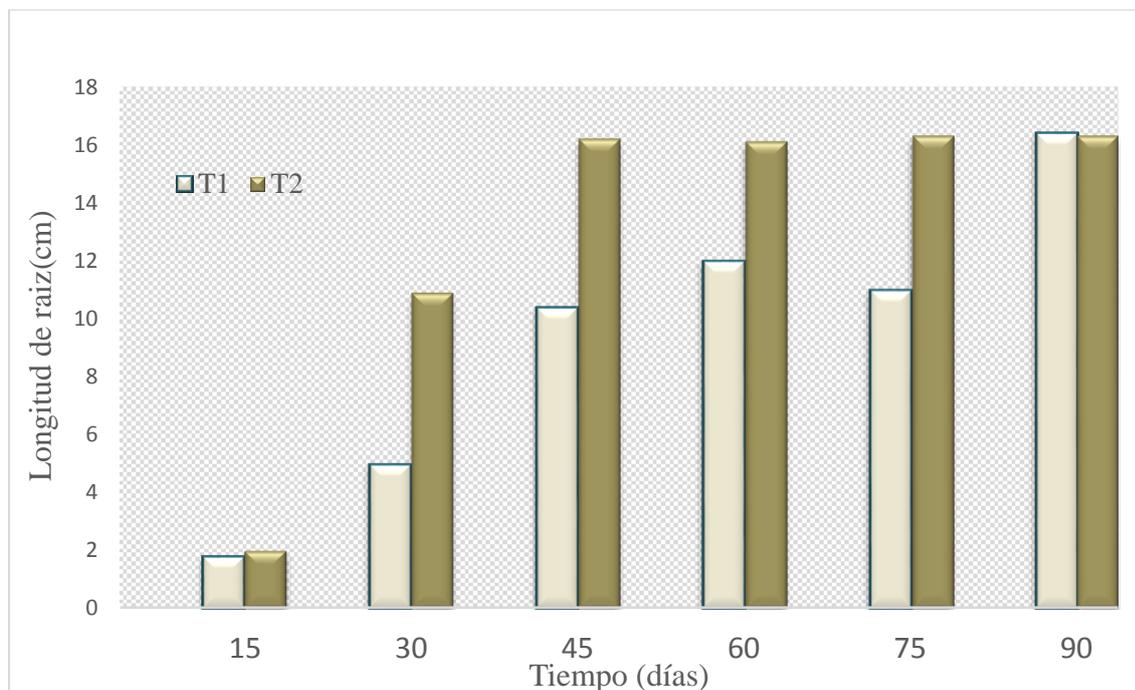


Fig. 4. Crecimiento de longitud de raíz de *Lactuca sativa* “lechuga” en el Sistema acuapónico.

Tabla 3. Tasa de crecimiento de *Lactuca sativa* “lechuga” en sistema acuapónico.

TRATAMIENTO	TC (cm/día)		TEC (%/día)	
	longitud de hoja (HH)	longitud de raíz (HR)	longitud de hoja (HH)	longitud de raíz (HR)
1	0,15	0,16	1,98	2,45
2	0,10	0,16	1,66	2,33

Tabla 4. Comparación de valores de peso fresco total y peso fresco económico de *sativa* “lechuga” en sistema acuapónico.

TRATAMIENTO 1		TRATAMIENTO 2	
Peso fresco total (g)	Peso fresco económico (g)	Peso fresco total (g)	Peso fresco económico (g)
140	115	131	-
139	112	75	-
137	118	63	-
104	81	48	-
71	46	32	-
PROMEDIO	118,20	94,40	69,80

Tabla 5. Biomasa (g) y Parámetros alimenticios: tasa de alimentación (%), cantidad de alimento (C.A), cantidad de alimento diario y cantidad de alimento por planta, durante el cultivo acuapónico con *Oreochromis spp.*, Tratamiento 1 (Agosto 2013 – Octubre 2013) y tratamiento 2 (Noviembre 2013 – Enero 2014).

TRAT.	MESES	Biomasa (g)	T.A (%)	C.A (g)	C.A (g)/día	C.A (g)/planta
1	Agosto	2419	3	2250	73	1.5
	Setiembre	2675	3	2408	78	1.6
	Octubre	2920	3	2716	88	1.8
		3181				
	TOTAL			7374		
2	Noviembre	1110	3	999	33	0.7
	Diciembre	1235	3	1149	37	0.7
	Enero	1336	3	1270	41	0.8
		1504				
	TOTAL			3418		

Tabla 6. Variación de la temperatura promedio del ambiente (°C), temperatura promedio del agua (°C) y pH en sistema acuapónico de Agosto 2013 – Abril 2014.

TRAT.	MESES	Temperatura promedio ambiental (°C)	Temperatura promedio del agua (°C)	pH
1	Agosto	20	18,4	7,4
	Setiembre	20,4	18,6	7,5
	Octubre	24	20	7,5
2	Noviembre	25,5	19,5	7,6
	Diciembre	26,6	21,6	7,8
	Enero	27	22,2	7,8



Fig. 5. *Lactuca sativa* en el sistema acuapónico a los 90 días (Noviembre 2013 –Enero 2014).

DISCUSIÓN

La acuaponía ha sido utilizada con similares diseños de diferente capacidad, en esta investigación para el cultivo de lechuga se trabajó con un técnica de solución nutritiva recirculante (NFT), que entre sus bondades se tuvo la practicidad de su instalación, la versatilidad para su armado, mayor densidad de plantas, mayor rendimiento; al mismo tiempo, al ser tan delgada la película de agua que fluye por los tubos, este siempre se encontrara bien oxigenada y que al salir caigan por desnivel integrándose al tanque de los peces permitiendo también su oxigenación¹⁷.

Caló¹¹, respecto a la filtración del agua de los peces, menciona que para una mejor productividad de un sistema acuapónico se debe filtrar el agua del tanque de peces antes de utilizarlo como fertilizante para las plantas, es por eso que se diseñó un filtro artesanal para el cual se utilizó un filtro mecánico que van a ayudar a remover las excretas y el alimento no consumido de los peces, los sólidos en suspensión ya que estos pueden obstruir las raíces de las plantas y un filtro biológico, dando una superficie de contacto para las bacterias nitrificantes, responsables de la nitrificación. Hay diversos materiales que pueden ser utilizados para diseñar un filtro artesanal, en esta investigación se utilizó graba y esponja, a diferencia de otras investigaciones en las cuales utilizaron bolas plásticas, malla plástica, perlón, espuma y arcilla^{19,20}.

El crecimiento de lechuga cultivada en el sistema acuapónico con el SNFT obtuvo un mayor crecimiento con un efluente fertilizado con 50 tilapias, aunque menor a lo reportado por Cáceres²⁰ que obtuvo, en el mismo tiempo de cultivo y con el mismo número de tilapias, un crecimiento en longitud de hoja de en 25,78 cm y de 30,81 cm de longitud de raíz. Esto se puede deber al modelo de filtro utilizado, ya que se desarrollaron las bacterias nitrificantes las que van a influir en los niveles de nutrientes disponibles y al sistema acuapónico, que también trabajo con la técnica NFT pero el diseño del sistema fue diferente al utilizado en esta investigación.

En relación al rendimiento en peso fresco económico de lechuga logrado en el primer tratamiento (2,261 kg/m²) se considera bajo si se compara con el rendimiento para producciones acuapónicas (4,9 kg/m²) obtenido por Rakocy²¹, aunque mayor a los obtenidos por Grande y Luna²² (2,03 kg/m³) y por Castañeda y Cabrera²³ (1,56 kg/m²).

En cuanto a la proporción de las lechugas en el sistema acuapónico diseñado, fue de 50 lechugas/ m² para los dos tratamientos empleando la técnica NFT lo cual difiere de Grande y Luna (2010) quienes trabajaron 6, 12 y 18 lechugas/m² trabajando también con tilapia. De las dos densidades trabajadas en esta investigación la densidad de 50 tilapias para el crecimiento de 50 lechugas, con una proporción 1:1 fue la que dio mejores resultados aunque Cáceres²⁰ en su investigación utilizando el mismo sistema trabajo una proporción 1.7: 1 obteniendo en el mismo tiempo de cultivo mejores resultados en longitud de hoja 25,78 cm y longitud de raíz 30,81 cm pero no en el peso fresco total promedio por planta que fue 90,49 g.

Respecto a la cantidad de alimento diario disponible para el sistema esta fue de 73 g-88 g en el primer tratamiento y 33 g-41 g en el segundo, de los cuales, el primero se encuentra por encima de lo

sugerido por Rakocy¹⁷ que recomienda suministrar 60 g de alimento para vegetales sin fruto en sistemas de cama flotante asegurando que con esta cantidad de alimento se garantiza los nutrientes necesarios para la producción del binomio tilapia-lechuga/m². Esto depende de las densidades con las que se trabaje, del tipo de alimento, del % de proteína y la especie a cultivar¹. Por esta dependencia es necesario manejar una buena relación entre el número de plantas, y la cantidad de peces; como mínimo se recomienda tener un pez por cada 1,9 plantas, procurando asegurar que como mínimo se reciban 2,4 g de alimento por cada planta²¹. En esta investigación estuvo en un rango de 0,8 a 1,5 g/planta siendo superior para el primer tratamiento.

A los productos producidos en acuaponía se les considera como “productos orgánicos” por no emplear uso de químicos como plaguicidas y fertilizantes, además de aprovechar el alimento no consumido por los peces, ya que un 20 a 30% se este se metaboliza e incorpora como tejido muscular²⁴, mientras que el 60 a 70 % restante es alimento diluido y excreción, estos a través de la filtración consiguiendo en esta la reducción del amonio y amoniaco producido por los peces para ser utilizado como fuente de nutrientes para cultivar plantas comerciales²¹.

Por el análisis de varianza (ANAVA), queda demostrado que si existe diferencia significativa entre las longitudes promedio de la hoja entre ambos tratamientos, pero no en la longitud promedio de raíz esto se puede deber a la temperatura en que se desarrolló el T1 que estuvo en un rango de 20,0 – 24,0 °C y el tratamiento T2 entre 25,5 – 27,0 °C, siendo mayor que el tratamiento T1. Se ha reportado que el cultivo de lechuga es típico de climas templados pero también se desarrolla en climas cálidos, por lo que se puede cultivar entre temperaturas de 14 y 24 °C y existen diferentes factores que influyen en el desarrollo del tallo floral: características genéticas, endurecimiento de la planta en primeros periodos de cultivo, fotoperiodos largos, elevadas temperaturas, sequía en el suelo y exceso de nitrógeno²⁵.

El alimento de las tilapias es la fuente de Nitrógeno (N) y Fósforo (P) al agua; sin embargo, aprovechan sólo el 30 % del total de N y P de su dieta y la diferencia termina en el agua y es disponible para las plantas cultivadas en acuaponía²¹. Al comparar la longitud de hoja entre ambos tratamientos, se encuentra que creció más con el efluente fertilizado de mayor densidad de tilapia por lo que se asumió que el agua recirculada tuvo más nutrientes.

La longitud de la raíz en ambos tratamientos fue menor a comparación de lo reportado anteriormente que se consiguió en 49 días de cultivo un longitud de raíz de 25 cm y en 90 días 30,81 cm^{16,20}, esto se puede atribuir a la materia orgánica que se fijó en ellas al pasar el efluente filtrado al sistema SNFT, esta impedía la difusión de oxígeno que al acumularse en la raíz causando el desprendimiento de las mismas, el caudal pudo haber estimulado el desprendimiento de las raíces en la.

El caudal en el SNFT usados variaron entre 2,4 L/min y 8 L/ min. La diferencia entre estos caudales pudo tener efecto en el desarrollo de las lechugas pero el valor promedio de cada variable estudiada aumenta conforme pasa el tiempo, por lo que se considera el flujo de agua no influyo en el desempeño de las mismas, si no se asume a la absorción de los nutrientes por las raíces de la lechuga que se vio perjudicada por la materia orgánica acumulada en ellas. Por lo que se considera la utilización del SNFT para una buena oxigenación en acuaponía¹⁶.

Entre los parámetros más importantes en cultivos acuapónicos está el pH, ya que afecta la disponibilidad de nutrientes para las plantas y la nitrificación, encontrándose rangos entre 7,4 a 7.8 superando a lo encontrado por Cáceres²⁰ cuyos valores se encuentran entre 6,1 a 6,3 (Sistema acuapónico con filtro) y 5,2 a 6,0 (Sistema acuapónico sin filtro). Asimismo, sobrepasa a lo recomendado por Nelson¹ que indica un pH de 7 garantiza un funcionamiento correcto. Sin embargo, se ha propuesto que en un sistema acuapónico el pH debe mantenerse por encima de 7,0 para promover la nitrificación²⁶. La oscilación de pH muestra cómo ha ido variando la capacidad de absorción de la lechugas con la disponibilidad de nutrientes, ya que nutrientes esenciales como: hierro, manganeso, cobre, zinc y boro que se encuentran menos disponibles para las plantas con un pH mayor de 7,5; mientras que la solubilidad de fósforo, calcio, magnesio, disminuye en plantas con pH igual a 6¹⁷. Asimismo, se ha indicado que la nitrificación puede ocurrir en rangos de 6 a 9 de pH, con una temperatura óptima para el crecimiento de las bacterias nitrificantes de 30°C²⁷.

En sistemas de recirculación las bacterias encargadas de transformar amonio a nitritos son las *Nitrosomas* spp., mientras que las bacterias *Nitrobacter* spp. (ambas aerobias) transforman el nitrito a nitrato, fenómenos de gran importancia debido a que el amonio y el nitrito son productos altamente tóxicos para los organismos acuáticos, mientras que los nitratos lo son, aunque en menor grado, porque muchas especies en cultivo lo pueden tolerar; entonces en acuaponía, las plantas son las responsables de aprovechar el nitrato en sus procesos nutritivos y en su crecimiento⁴.

En cuanto a la evaporación del sistema de cultivo de la tilapia, se atribuyó de 25-50 L de agua al tanque que equivale al 10 y 20% del volumen, lo cual está dentro del rango reportado previamente, atribuyendo la pérdida de agua a la eliminación de lodos, lavado de filtros de red, salpicaduras, evaporación y transpiración²⁶.

En los controles y monitoreo diario fue necesario la revisión de las hojas debido a la presencia de plagas. Así Szczesny²⁸ sostiene que las plagas en cultivos hortícolas están conformados por pulgones, mosca blanca, ácaros, trips, coleópteros, minadores, siendo el pulgón natural una de las plagas más frecuentes en cultivos hortícolas, describiéndolas de cuerpo blando y viven en colonias que normalmente se alojan en las hojas y en los brotes terminales; presentan una reproducción rápida, capaz de dar nacimiento a partir de los siete días, aparato bucal chupador con el cual extraen savia de las plantas²⁸. Por ello, es importante detectarlos tempranamente porque son transmisores de virus; también producen una excreción azucarada sobre la que se desarrolla un hongo de color negro (fumagina) que dificulta la fotosíntesis.

CONCLUSION

- En el sistema acuapónico pez - planta el crecimiento de *L. sativa* “lechuga” en el T1 fue mayor que el T2, obteniendo una longitud de hoja (HH) de 16,6cm y una longitud de raíz (HR) de 16,4 cm. En cuanto a los parámetros productivos la Tasa de crecimiento (TC) y Tasa específica de crecimiento (TEC) fue mayor en el T1 (HH = 0,15 cm/día, HR = 1,98 %/día; HH = 0,16 cm/día, HR = 2,45 %/día respectivamente) asimismo obtuvo el mayor crecimiento en peso fresco total (PFt) y peso fresco económico (PFe) registrándose valores promedio de 118,20g/ planta y 94,40g/ planta respectivamente también una rentabilidad de 2,261 kg/ m².

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Nelson R. Acuaponía. Nelson/Pade Multimedia. Montillo, WI. USA. 2007; 15 pp.
2. Ramírez D, Sabogal D, Jiménez P, Hurtado H. La Acuaponía: Una alternativa orientada al desarrollo sostenible. Universidad Militar Nueva Granada. Bogotá, Colombia. 2008; 32-51 pp.
3. Pérez C, Hernández M, Amado I. Acuaponía: bases y alternativas. Instituto Tecnológico de boca del Río (ITBOCA) Veracruz, México. 2013.
4. Nelson R, Pade J. Aquaponics Food Production. Raising fish and plants for food and profit. History of Aquaponics. 2008; 2: 218.
5. Carrasco G, Ramírez P, Vogel H. Efecto de la conductividad eléctrica de la solución nutritiva sobre el rendimiento y contenido de aceite esencial en albahaca cultivada en NFT. Idesia. 2007; 25(2): 59- 62.
6. Selock D. An introduction to aquaponics: The symbiotic culture of fish and plants. Rural Enterprise and Alternative Agricultural Development Initiative Report. Southern Illinois University Carbondale. 2003.
7. Lennard W. Aquaponics research at RMIT University, Melbourne Australia. Aquaponics J. 2004; 35:18-24.
8. Walsh P. Nitrogen excretion and metabolism. In: Evans DH (ed.), The physiology of fishes. Florida, USA: CRC Press, 1998; 9: 199-214.
9. Rakocy J. Aquaponics: integrating fish and plant culture. In: Timmons MB & Ebeling JM (eds.), Recirculating aquaculture. Florida, USA: Cayuga Aqua Ventures Prints. 2007.
10. Diver S. Aquaponics - Integration of hydroponics with aquaculture. Appropriate Technology Transfer for Rural Areas (ATTRA) and National Center for Appropriate Technology. 1996; 163: 1-20.
11. Lazard J. Tilapia: More than a fish, a tool for sustainable development. Tilapia Aquaculture. 1997; 2: 437-439.
12. Alvarado D, Chávez F, Wilhemina K. Lechugas hidropónicas: Seminario de Agro Negocios. Universidad del Pacífico. Facultad de Administración y Contabilidad Lima- Perú. 2001.
13. Lee R, Escobar H. Manual de producción de lechuga lisa bajo invernadero. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. Argentina. 2000
14. Rakocy J. Integrating Tilapia Culture with Vegetable Hidroponic in Recirculating Systems. In: BA Costa Pierce & JE Rakocy (eds.), Tilapia Aquaculture in the Americas. 1997. Louisiana, USA: World Aquaculture Society, Baton Rouge. 1997.
15. Chamorro L, Morillo E, Burbano M, Casanova E, et al. Diseño, montaje y evaluación preliminar del desempeño de un sistema acuapónico, utilizando *Lactuca sativa* “lechuga” y *Oncorhynchus mykiss* “trucha arcoíris” en un sistema de recirculación acuícola. Departamento de Recursos Hidrobiológicos, Universidad de Nariño, Colombia. 2011.

16. Castilblanco E, Hidalgo J. Efecto de dos tratamientos de agua en la producción de *Lactuca sativa* “lechuga” bajo dos sistemas hidropónicos en piscicultura. Zamorano, Honduras. 2009.
17. Rakocy J. Aquaponics: Integrating Fish and Plant Culture. California. 2010; pp.1-78
18. Caló P. Introducción a la acuaponía. Centro Nacional de Desarrollo acuícola (CENADAC). Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. Argentina. 2011.
19. Jacho J, Rosero S. Comparación del uso de un filtro de bolas y un tanque sedimentador para la producción de lechuga en un sistema acuapónico. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Honduras. 2010.
20. Cáceres D. Efecto del agua residual del cultivo de *Oreochromis niloticus* “tilapia” sobre el crecimiento de *Lactuca sativa* “lechuga” en un sistema acuapónico continuo. Informe de Tesis de Título Profesional de Biólogo. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo-Perú. 2013.
21. Rakocy J, Losordo T, Masser M. Recirculating Aquaculture Tank Production Systems: Integrating Fishing and Plant Culture. SRAC Publication N°454. Southern Region Aquaculture Center. Mississippi State University. 1992.
22. Grande E, Luna P. Comparación de la producción de lechuga a 6, 12 y 18 plantas/m² con 40 y 70 ppm de nitrógeno total en acuaponía con tilapia. Tesis de ingeniero agrónomo. Universidad de Zamorano. Honduras. 2010.
23. Castañeda A, Cabrera J. Producción hidropónica de lechuga integrada con el cultivo de tilapia con tres niveles de potasio y hierro. Proyecto especial de graduación del programa de Ingeniería Agronómica, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Honduras. 2009.
24. Church D, Pond W. Basic animal nutrition and feeding. New York, USA: John Wiley and Sons. 1982.
25. Lumbi C. Evaluación de la Aclimatación y productividad de 17 Cultivares de Lechuga Tipo ICEBERG (*Lactuca sativa* L. var. capitata) a campo abierto, en Macají, cantón Riobamba, provincia de Chimborazo-Ecuador. 2011.
26. Rakocy J, Bayley E, Shultz D, Thoman E. Update on Tilapia and vegetable production in the Uvi Aquaponic System. Agricultural Experiment Station. University of the Virgin Islands. 2004.
27. Wheaton W, Honchheimer N, Kaisser E, Kronen J, Libery S, Easter C. Nitrification Filter Principles. Aquaculture Water Reuse System. In: MB Timmons & TS Losordo (eds.). USA: Elsevier. 1994.
28. Szczesny A. Producción hortícola bajo cubierta. Estación Experimental Agropecuaria Balcarce. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Ediciones INTA. 2014.



Artículo original

Estructura alimenticia de la lechuza de los arenales, *Athene cunicularia*, en el Cerro Campana, La Libertad, Perú. 2011

Food structure of the owl sands, *Athene cunicularia*, in the Cerro
Campana, La Libertad, Peru. 2011

César Medina, William Zelada y Luis Pollack

¹Departamento de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo. Perú.
cemeta@hotmail.com

RESUMEN

Se determinó la estructura alimenticia de la “lechuza de los arenales” (*Athene cunicularia*) a partir de 91 egagrópilas encontradas en tres sectores de la loma del “Cerro Campana”, en la provincia de Trujillo, Perú, durante el 2011. El peso fue de $1,93 \pm 0,996$, la longitud del largo y ancho fue de $2,75 \pm 0,686$ y de $1,33 \pm 0,136$. Se identificaron 1460 ítems presa, en su mayoría correspondientes a Coleoptera, Gastropoda, Scorpiones, Squamata y Rodentia. *Athene cunicularia* presentó hábitos tróficos generalistas. La importancia numérica de los distintos ítems presa en la dieta varió alrededor de 3. Sin embargo la amplitud de nicho trófico fue baja y muy similar. Las dietas de las cinco galerías tuvieron una alta similitud entre el número de individuos consumidos en los tres diferentes sectores. Sobre la base de la biomasa consumida, la “lechuza de los arenales” se comportó como un regulador carnívoro.

Palabras clave: Estructura alimenticia, Loma del “Cerro Campana”, Strigidae, Strigiformes.

ABSTRACT

During 2011 studied the food structure of the *Athene cunicularia*, as from 91 egagrópilas found at three sectors of the hill of the Cerro Campana, at Trujillo's province itself, in Peru. The weight was of $1,93 \pm 0,996$, the length of the length and width was of $2,75 \pm 0,686$ and from $1,33 \pm 0,136$. They identified 1460 items imprisoned, in the main correspondent items to Coleoptera, Gastropoda, Scorpiones, Squamata and Rodentia. *Athene cunicularia* presented trophic habits generalistas. The numerical imprisoned importance of the several items in the diet varied about 3. However the amplitude of trophic niche was low and very similar. A high similitude between the numbers of individuals consumed at the three different sectors had the diets of the 5 galleries. On the consumed biomass's base, the owl of the sandy grounds behaved like a carnivorous regulator.

Keywords: Food structure, the Hill's “Cerro Campana”, Strigidae, Strigiformes.

INTRODUCCIÓN

La formación vegetal conocida como lomas se ubica en la costa del Pacífico del Sur de América a partir de la latitud 8° N, (cerros: “Cabezón” y “Campana”) en Trujillo, Perú¹ hasta la latitud 30° S, Coquimbo, Chile². Su presencia se debe a la formación casi continua de densas neblinas procedentes del Océano Pacífico en la costa continental entre los meses de mayo y octubre³. Esta humedad favorece el desarrollo anual de la cobertura vegetal que a su vez mantiene a las poblaciones de vertebrados⁴.

La comunidad lomal del “Cerro Campana” es considerada como el límite Septentrional de estas formaciones bióticas y se caracteriza por presentar una gran diversidad faunística y florística^{5,6,7,8,9}.

Dentro de ellos, los depredadores o reguladores biológicos son un importante factor que modelan las características de las poblaciones y el uso del hábitat de sus presas mamíferas¹⁰. Uno de éstos es, la “lechuza de los arenales”, *Athene cunicularia* (Strigiformes: Strigidae) (Stotz et al. 1996), ave marrón-jaspeada, de tamaño pequeño (154–247 g), de unos 25 cm de largo, de patas largas, cola corta, cabeza redonda sin orejeras de costumbres diurno-crepusculares y de hábitos de nidificación hipogeos, que habita en pastizales, montes abiertos, praderas y estepas arbustivas y se distribuye desde Canadá hasta el extremo austral de América del Sur¹¹.

A. cunicularia es un importante regulador de poblaciones de roedores, que muchas veces se comportan como plagas, esta especie de ave está catalogada en el Apéndice II, del listado de Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES), donde figuran especies que no están necesariamente amenazadas de extinción pero que podrían llegar a estarlo a menos que se controle estrictamente su comercio¹².

Esta especie es conocida por sus hábitos alimenticios oportunistas, es decir que consume lo que su hábitat le ofrece, y no tiene preferencias por una especie en particular, pues se alimenta de gran diversidad de presas, como: insectos, crustáceos, escorpiones, roedores pequeños, reptiles, aves y anfibios¹³.

Dentro de los diversos estudios sobre dieta alimentaria, los estudios de egagrópilas de lechuzas permiten conocer sus hábitos alimenticios, además informan indirectamente de las especies presa que viven en dicha zona de estudio, las egagrópilas, son masas compactas formadas por restos de alimentos no digeridos, por lo cual dentro de una egagrópila se puede encontrar huesos, plumas, partes de insectos, conchas de caracol, pelo de roedor, etc¹³.

La mayor parte de la fauna de mamíferos que habita la loma del Cerro Campana son animales pequeños que están representados por dos órdenes: Chiroptera y Rodentia: (*Phyllotis amicus* y *Lagidium peruanum*)^{8,14}. En este trabajo se presentan los primeros datos sobre la composición, diversidad, frecuencia, biomasa y el valor de importancia relativa de los ítems de la dieta de *A. cunicularia* “lechuza de los arenales” mediante el estudio de 91 egagrópilas, de tres sectores de la loma del “Cerro Campana”, provincia de Trujillo, en La Libertad.

MATERIAL Y MÉTODOS

Área de estudio:

La loma del “Cerro Campana”, presenta un área de 4,564.96 ha. (Medina 1999), está ubicada en el Km 576 de la Panamericana Norte (7°58'26" L.S. y 79°06'30" L.O.), aproximadamente a 20 Km. al noreste de la ciudad de Trujillo, La Libertad, Perú (Tabla 1 y Fig. 1).

Tabla 1: Ubicaciones georeferenciadas de las galerías de *A. cunicularia*, en tres sectores de la loma del “Cerro Campana”, Trujillo. La Libertad. 2011.

Galerias	DESCRIPCION DE LA ZONA DE MUESTREO	Ubic Geográfica °		Altura msnm	
		E	N		
Cerro Campana	BLV 01	Sector del Barlovento, planicie arenosa de difícil acceso.	7,98656	79,10894	187
	BLV 02	Sector del Barlovento, planicie arenosa de difícil acceso.	7,98623	79,1088	190
	SV 03	Sector del Sotavento, entrada de una quebrada.	7,98397	79,10057	105
	SV04	Sector del Sotavento, entrada de una quebrada	7,98382	79,10029	105
	CC05	Sector central entre el sector barlovento y sotavento.	7,98864	79,10467	423

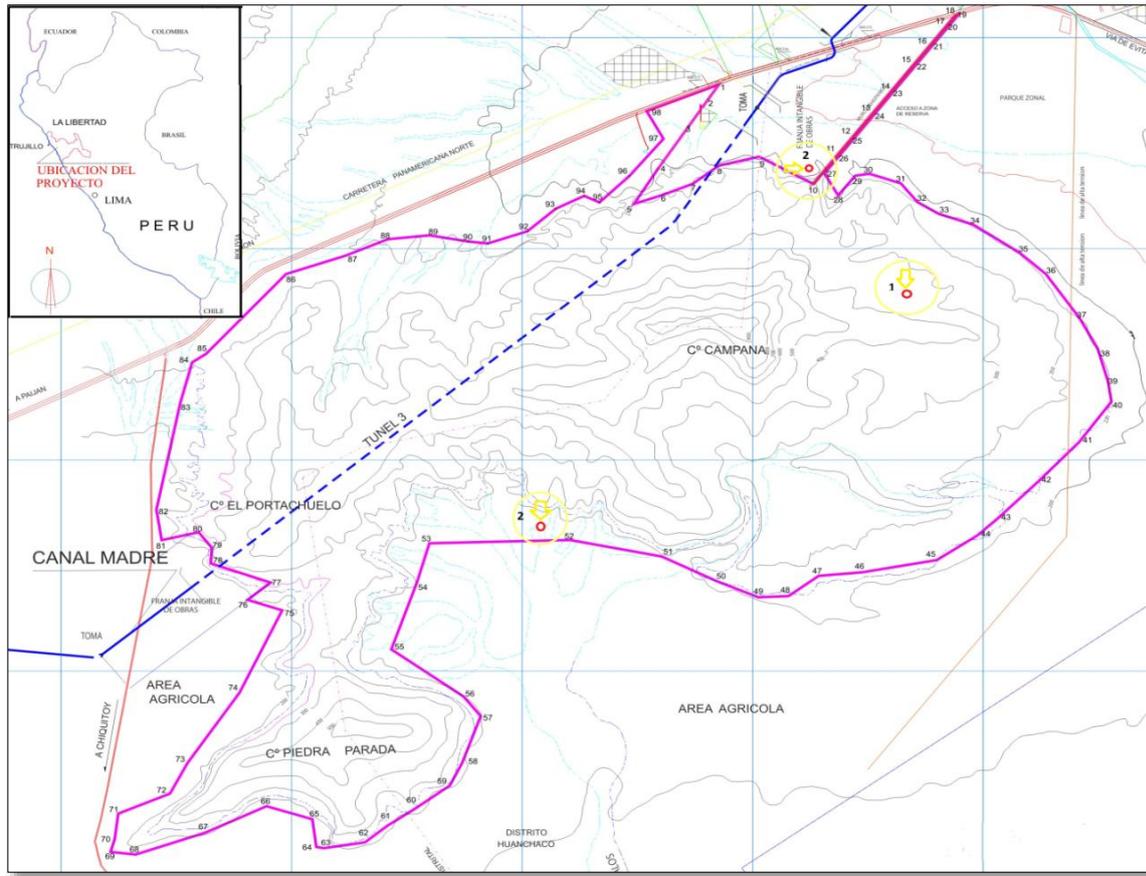


Fig. 1. Ubicación de las 05 galerías, en los tres sectores de la loma del “Cerro Campana”, provincia de Trujillo, La Libertad, Perú. (Fuente Chavimochic 2011)

Recolección de egagrópilas.

El estudio de la dieta de *A. cunicularia* se realizó entre abril (otoño del 2011) a primavera (diciembre del 2011), a partir de 91 egagrópilas encontradas en el área circundante a 05 galerías previamente identificadas como activas, provenientes al menos de cinco parejas. Dichas egagrópilas se colectaron en tres sectores del barlovento y sotavento de la loma del “Cerro Campana”: 2 galerías del barlovento (BLV con 18 y 14 egagrópilas); dos galerías del sotavento (SV con 16 y 21 egagrópilas) y una galería de la zona central a los dos sectores (CC con 22 egagrópilas), en la loma del “Cerro Campana”, las cuales se georeferenciaron, usando el GPS Etrex VISTA HCx, Garmin.

Tratamiento de la muestra de egagrópila.

Las egagrópilas fueron recogidas en las áreas circundantes a las 05 galerías previamente identificadas como activas, puestas en bolsas de papel y colocadas en un recipiente hermético, para luego ser transportadas cuidadosamente y sin romper su estructura. Las muestras fueron llevadas al laboratorio de zoología de vertebrados de la Facultad de Ciencias Biológicas (Sam 301) de la Universidad Nacional de Trujillo. Donde se procedió a medir la longitud del largo (L) y la longitud del ancho (A), con un vernier digital marca MCA METAX Brand of Quality y el peso (W) con una balanza digital, marca Ga.ma Italy, para colocarlas en placas Petri de vidrio, teniendo en cuenta la galería de procedencia.

Procedimiento y colección de referencia.

Cada egagrópila fue ablandada en agua potable y una pizca de detergente para luego ser desmenuzadas siguiendo las recomendaciones sugeridas por Reise. Posteriormente con ayuda de un Microscopio estereoscópico Olympus SZ-51 se realizaron las determinaciones taxonómicas de los ítems presa, realizada a partir de fragmentos cráneo-mandibulares o cuerpos enteros en el caso de los vertebrados y de restos de exoesqueleto para los artrópodos, utilizando como ejemplares de referencia, material

comparativo depositado en las colecciones de las cátedras de Zoología de los Vertebrados y Entomología de la Escuela de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de Trujillo, además de referencias específicas del área de estudio^{6,7,8}, con especial énfasis de las características craneales y principalmente la morfología de los dientes molariformes constituyen los restos óseos más utilizados para este tipo de estudios¹⁵.

Preparación para determinar la abundancia (número) y peso de los Ítems de alimentos consumidos.

El número mínimo de individuos en las muestras fue establecido a partir del conteo de restos cráneo-hemimandíbulas (mamíferos, aves y reptiles), cabezas y élitros (coleópteros), patas (ortópteros) y pinzas aguijón (escorpiones). El peso promedio de la población de los Gastropoda (*Scutalus proteus* y *Bostryx sp*); los Insecta: Tenebrionidae (Morfoespecie sp), *Calosoma sp.*, *Ectigonia bilineata*, Passalidae (Morfoespecie sp) y *Schistocerca sp*; el Arachnida (*Hadruidoidea charcasus*) y el Gekkonidae (*Phyllodactylus sp*), se calcularon a partir de una muestra de 10 ejemplares de diferentes edades elegidos al azar de poblaciones provenientes del “Cerro Campana”.

Para el caso de los Tropicuridae: *Microlophus occipitalis* y *Microlophus koepckeorum* se utilizaron los pesos promedio hallados por Pearson & Pearson-Ralph¹⁶ y para el ave *Geositta peruviana* se utilizó el peso reportado por Ramírez y cols.¹⁷.

El peso promedio de la población de *Phyllotis amicus* se calculó a partir de los pesos promedio encontrados por Pearson¹⁸ y Luna¹⁹ y el peso promedio de *L. peruanum* se calculó a partir del peso reportado por Medina⁸.

Determinación de la estructura alimenticia: frecuencia (absoluta y relativa), biomasa (absoluta y relativa), índice de importancia relativa, amplitud de nicho trófico y análisis similitud.

Para cada uno de los tipos de presa se calculó la frecuencia absoluta y relativa como FA y FR = N_i/N_t (donde N_i es el número presente de la presa en las 91 egagrópilas i y N_t es la sumatoria de los números presentes de presas) y la biomasa, en porcentaje, como $B\% = (100 \sum w_i M_i) / \sum w_i N_i$, donde w_i es el peso de la presa i y M_i es el número de ítems más probable. Con estos tres parámetros se calculó el índice IRI (índice de importancia relativa) para obtener una expresión general de la importancia de cada una de las presas. $IRI = Ab\% + FR\% + BR\%$, donde $Ab\%$ = abundancia relativa + $FR\%$ = frecuencia relativa + $BR\%$ biomasa relativa.

El cálculo del índice de diversidad de cada egagrópila se estimó mediante el índice de Shannon-Weaver (H')²⁰: $H' = - \sum p_i \times \log p_i$, donde: $p_i = n_i/N$, es la proporción del número total de ítems de una determinada especie i , n_i = número de ítems por especie y N = número total de especies.

La amplitud de nicho trófico se estimó con el índice de Levins, $B = 1 / \sum p_i^2$, donde p_i es la frecuencia relativa de cada categoría de presa, y su versión estandarizada, $B_{est} = (B - B_{min}) / (B_{max} - B_{min})$, donde $B_{min} = 1$ y B_{max} es el número máximo de categorías. Este índice va de 0 cuando la población usa un solo recurso, a 1 cuando la población utiliza los diferentes recursos en iguales proporciones^{21,22,23}.

Se realizó un análisis de similitud según el coeficiente de similaridad de Morisita-Horn, con el programa Past 1,90.

$$M = 2 \sum (a_{i1} b_{i1}) / (d_a + d_b) a_N b_N$$

a_N = Número total de individuos en sitio A.

b_N = Número total de individuos en sitio B.

a_{i1} = Número de individuos de la especie 1 en el sitio A.

b_{i1} = Número de individuos de la especie 1 en el sitio B.

$$d_a = \sum (a_{i1})^2 / (a_N)^2$$

$$d_b = \sum (b_{i1})^2 / (b_N)^2$$

RESULTADOS

Las 91 egagrópilas analizadas pesaron 175,43 gramos. El peso fue de una media y desviación estándar de $1,93 \pm 0,996$, la longitud del largo tuvo una media y desviación estándar de $2,75 \pm 0,686$ y la longitud del ancho tuvo una media y desviación estándar de $1,33 \pm 0,136$. Puede observarse una mayor dispersión en los pesos y en la longitud del largo.

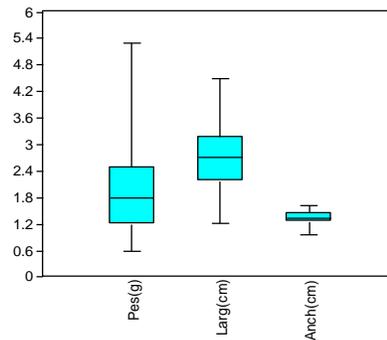


Fig. 2. Media y desviación estándar del peso, largo y ancho de las 91 egagrópilas del Cerro Campana 2011.

Se identificaron 6 Clases, 7 Órdenes, 12 familias y 14 especies (Tabla 1), siendo la clase insecta, la con mayor número de especies y las de menor número, las clases Arachnida y Aves.

Tabla 2. Composición de las especies que presenta la dieta de *A. cunicularia* en la loma del “Cerro Campana”. La Libertad. 2011.

Clase	Orden	Familia	Especie
Gastropoda	Stylommatophora	Bulimulidae	<i>Scutalus proteus.</i> <i>Bostryx sp.</i>
		Tenebrionidae	<i>Morfoespecie sp.</i>
Insecta	Coleoptera	Carabidae	<i>Calosoma sp</i>
		Buprestidae	<i>Ectigonia bilineata</i>
		Passalidae	<i>Morfoespecie sp.</i>
		Orthoptera	Acrididae
Arachnida	Scorpiones	Caraboctonidae	<i>Hadruioides charcasus (Karsch 1879)</i>
Reptilia	Squamata	Tropiduridae	<i>Microlophus occipitalis Peters 1871</i> <i>Microlophus koepckeorum (Mertens 1956)</i>
		Gekkonidae	<i>Phyllodactylus sp</i>
		Aves	Passeriformes
Mammalia	Rodentia	Cricetidae	<i>Phyllotis amicus (Thomas 1900)</i>
		Chinchilidae	<i>Lagidium peruanum (Meyen 1833)</i>

Los restos óseos encontrados pertenecen a dos especies de mamíferos del orden rodentia (*P. amicus* y *L. peruanum*), una especie de ave pequeña (*G. peruviana*) y tres especies de la clase Reptilia, dos de la familia Tropiduridae (*M. koepckeorum* y *M. occipitalis*) y uno de la familia Gekkonidae (*Phyllodactylus sp.*). Los restos óseos más abundantes fueron de *P. amicus*.

Se determinaron 1460 ítem presa, correspondiente a siete (07 órdenes), los ítems más abundantes encontrados pertenecen a una morfoespecie, de la familia (Tenebrionidae) (53,7%), *S. proteus* (23,22%) y *H. charcasus* (14,66%), el resto de vertebrados e invertebrados registraron abundancias más bajas (<5%), Respecto a las frecuencias relativas los valores más altos, los registró la morfoespecie de la familia Tenebrionidae (28,72%), seguido de *H. charcasus* (26,95%) y *S. proteus* (13,48%), los valores menos frecuentes fueron registrados por una morfoespecie de la familia

Passalidae y *G. peruviana*, las dos con 0,35 %. Los mayores valores de biomasa relativa fueron dadas por las especies *S. proteus* (40.32%), *L. peruanum* (22.78%) y *H. charcasus* (15,66%).

El valor de importancia relativa estuvo constituida por la morfoespecie de la familia Tenebrionidae (89,59%), las especies *S. proteus* (77.02%), *H. charcasus* (57,27%).

El peso individual promedio en una población silvestre de *P. amicus* constituida por ejemplares de diferentes edades es 25 g., lo que significaría que por lo menos 550 g., de esta especie han sido consumidos para formar las 91 egagrópilas analizadas. El peso individual de *L. peruanum* es de aproximadamente 1245 g., por lo que dos ejemplares de esta especie aportarían 2490 g adicionales de roedores para la formación de las 91 egagrópilas. Ambas especies representan una biomasa de 3040 g de roedores.

Los restos de mandíbulas de lagartijas pertenecen a por lo menos 4 ejemplares de la especie *M. koepckeorum* y 2 ejemplares de *M. occipitalis*. El peso de estas dos especies en esta localidad varía alrededor de 24 y 20 g (Pearson & Pearson-Ralph 1978), por lo que la biomasa promedio de las lagartijas podría ser 136 g. Los restos óseos del único ejemplar de ave encontrado entre las egagrópilas analizadas y por la morfología del pico podría tratarse de un ejemplar de *G. peruviana* que está representando unos 28 g de biomasa.

La biomasa total de vertebrados consumidos (para formar 91 egagrópilas) de *A. cunicularia* es de 3480 g. Los roedores representan en términos de biomasa relativa el 27,81 % de los ítems consumidos, mientras que los reptiles (lagartijas) el 3,77% y el grupo de aves el 0,26%.

Podemos reconocer según el índice de importancia relativa (IRI) que el grupo más importante en su dieta lo constituyen los artrópodos (161.8%), seguido de los Gastropoda (84.21%) y de los vertebrados (53,97%).

El contenido de las egagrópilas en el “cerro Campana arrojó un promedio de 3,08 ítems \pm 0,92 individuos por regurgitado, el promedio por cada egagrópila del índice de diversidad de Shannon-Weaver (H') es de 0,834 bitt/ind., siendo baja y muy similar entre egagrópilas y el valor de la amplitud de nicho trófico (B) fue de 5.29 y según el cálculo del índice de Levins estandarizado el valor de B estandarizada es de 0,33.

Tabla 3. Estructura alimentaria: abundancia absoluta (N) y relativa (Ab%), frecuencia absoluta (FA) y relativa FR%), peso (W), biomasa absoluta (BA) y relativa BR%) y el índice de importancia relativa (IRI) en *A. cunicularia* en la loma del “Cerro Campana”. La Libertad. 2011.

Clase	Ítem presa	N	Ab%	FA	FR%	W (g)	BA	BR%	IRI
Gastropoda	<i>Scutalus proteus</i> .	339	23,22	38	13,48	13	4407	40,32	77,02
	<i>Bostryx sp.</i>	30	2,055	6	2,128	11	330	3,02	7.20
Insecta	<i>Tenebrionidae</i> .	784	53,7	81	28,72	1	784	7,17	89,59
	<i>Calosoma sp</i>	9	0,616	5	1,773	5	45	0,41	2.79
	<i>E. bilineata</i>	9	0,616	7	2,482	3	27	0,25	3.34
	<i>Passalidae</i>	1	0,068	1	0,355	6	6	0,05	0.47
	<i>Schistocerca sp</i>	20	1,37	16	5,674	7	140	1,28	8.32
Arachnida	<i>H. charcasus</i>	214	14,66	76	26,95	8	1712	15,66	57.27
Reptilia	<i>M. occipitalis</i>	2	0,137	2	0,709	20	40	0,37	1.21
	<i>M. koepckeorum</i>	4	0,274	5	1,773	24	96	0,88	2.92
	<i>Phyllodactylus sp</i>	23	1,575	19	6,738	12	276	2,52	10.83
Aves	<i>G. peruviana</i>	1	0,068	2	0,709	28	28	0,26	1.037
Mammalia	<i>P. amicus</i>	22	1,507	22	7,801	25	550	5,03	14.33
	<i>L. peruanum</i>	2	0,137	2	0,709	1245	2490	22,78	23.62
TOTAL		1460	100	282	100		10931	100	300

Índice de Levins (B)	5.291
Índice de Levins (B estandarizada)	0.33

Según el dendrograma Morisita-Horn se muestran 2 grupos con un 92,2% de similitud entre las 5 muestras de egagrópilas recogidas de tres sectores de la loma del Cerro Campana, un primer grupo con un 98 % de similitud formado entre 1 muestra del barlovento y 1 muestra del área central de la loma del cerro campana y un segundo grupo con un 98.6 % de similitud entre 1 muestra del barlovento y las 2 muestras del sotavento (Fig. 3).

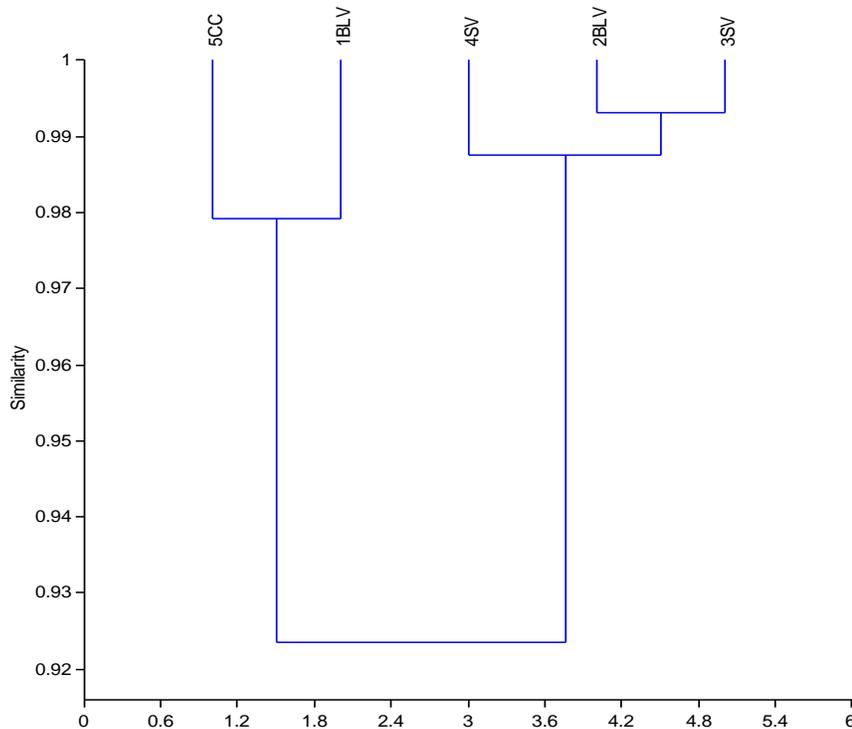


Fig. 3. Dendrograma con el Coeficiente de Similaridad de Morisita-Horn, con 5 muestras de egagrópilas provenientes de *A. cunicularia* en 3 sectores de la loma del “Cerro Campana”. La Libertad. 2011.

DISCUSIÓN

La estructura alimentaria de *A. cunicularia* está basada principalmente en artrópodos, como los insecta y los arachnida, que fueron las presas más consumidas. Sin embargo en términos de biomasa relativa los mammalia representan un recurso importante en su dieta.

Todas las presas de artrópodos y vertebrados corresponden a habitantes terrestres del suelo, excepto la especie *G. peruviana*, pero que si bien es una especie voladora, vive caminando en el ecosistema de lomas, este ítem fue encontrado también en la dieta del Strigidae *Tyto alba* en Tacna²⁴.

La amplitud del nicho es bajo ($B_{est}=0.33$), que indica la especialización en el uso de un tipo de presa al obtener valores cercanos a 0²⁵. Coincidiendo con los valores obtenidos en la Pampa, Argentina ($B_{est}=0.31$ y 0.33)²⁶, y estuvo dentro del rango de los valores documentados para otras

localidades, como en los matorrales xerófitos del noroeste de Paraguay (0.11–0.61)²⁷ y en el Monte de Llanuras y Mesetas (0.26–0.88)²⁸.

La dieta de *A. cunicularia* demuestra que sus hábitos alimenticios poseen un carácter generalista, consumiendo un amplio rango de especies presa que abarcan tanto invertebrados como vertebrados, siendo componentes importantes en su dieta los insectos y los roedores^{29,30}. Similares características se han presentado en estudios tróficos de esta especie en áreas montañosas de los Estados Unidos³¹, bosques de Oregon³² y zonas áridas de Argentina³³.

La presencia de los Gastropoda (*S. proteus* y *Bostryx* sp.) como ítems alimenticio importante en la dieta de *A. cunicularia* en la loma del “Cerro Campana”, especies que viven hibernando en reposo agrupados en las piedras, por lo que su alto valor IRI (77,02%) y biomasa (40,32%) en la dieta puede deberse a que, una vez localizadas, representan un valioso recurso alimenticio concentrado; estos ítems alimenticios también estuvieron presentes en las egagrópilas de la loma Cabezón, junto a algunos insectos coleópteros³⁴. La presencia de alimentos de cáscaras de molusco en el estómago de una hembra criadora apoya la hipótesis que la hembra de que la “lechuza vizcachera” busca artículos ricos de calcio durante el aprovisionamiento de huevo en el Valle Imperial. Esta especie es un depredador oportunista^{27,35} y pueden seleccionar la presa en relación con la abundancia de presa, así que se espera que lugares con abundante alimento disponible, el nicho trófico también aumente durante la estación de cría³⁶.

Los resultados muestran que la dieta de *A. cunicularia* se compone principalmente de gastropodos, coleópteros, escorpiones y roedores, con algunas variaciones entre lomas, estos mismos grupos también han sido registrados por otros autores como las principales presas de *A. cunicularia*, tanto en la loma del “Cerro Cabezón”³⁴ y la loma de Lachay, siendo los roedores el componente vertebrado en biomasa relativa más importante con un valor de 22,78%¹⁹.

Las especies de roedores consumidas por la “lechuza de los arenales” están directamente relacionadas con la diversidad de roedores en los lugares donde la lechuza anida. Para el caso de la loma del Cerro Campana, la diversidad de roedores parece ser pequeña, existiendo sólo dos especies (*P. amicus* y *L. peruanum*). Además de la baja población y el pequeño tamaño de *P. amicus*, constituye una presa representativa para *A. cunicularia* (5,03% de la biomasa consumidos) y a pesar que el porcentaje de preferencia de consumo es relativamente bajo (7,8%) en nuestro resultado, la predación de estos pequeños roedores constituye un valor importante en su alimentación³⁷.

En este estudio, las proporciones de abundancias y frecuencias de los principales ítems no variaron entre las 5 muestras evaluadas, siendo más frecuentes los mollusca coleóptera, scorpiones y vertebrados (principalmente mamíferos y reptiles), observándose una gran similitud entre las 5 muestras (92,2 %). Sin embargo se observa variaciones reflejadas tanto en el peso promedio de las presas como en el peso promedio de los vertebrados mammalia, reptilia y aves (Tabla 3)

También se encontró que los resultados obtenidos presentan una gran similitud con los obtenidos en la Reserva Nacional Pingüino de Humboldt, en Chile, en donde en un estudio basado en el análisis de 76 egagrópilas de *A. cunicularia*, los resultados permitieron reconocer que los artrópodos constituyen el ítem más importante en su dieta (90%) y secundariamente los vertebrados (9,8%)³⁸, coincidiendo con los porcentajes encontrados en el presente trabajo, con valores de 81,56 % para artrópodos y 18,44 % para los vertebrados (Tabla 3).

Así también, la presencia de la clase insecta (39,0%) en nuestros resultados concuerdan con los obtenidos en Argentina, donde estudiaron 589 egagrópilas enteras y fragmentadas de *A. cunicularia*, siendo el ítem más consumido la Clase Insecta (51,9%), seguida por Chelicerata (25,3%) y Mammalia (20,9%); (Nabte 2009). También los resultados son congruentes con lo encontrado por Zunino y Jofré³⁸, quienes estudiaron a *A. cunicularia* en Chile, y reconocieron que los artrópodos constituyen el ítem más importante en su dieta (90%) y secundariamente los vertebrados (9,8%)

A pesar de que se ha encontrado una gran similitud entre los resultados de este trabajo y los obtenidos por otros autores, es importante mencionar que la abundancia de presas en la dieta de los Strigiformes varía de acuerdo a la oferta del hábitat. En los estudios acerca de la dieta de la lechuza de los arenales (*A. cunicularia*), se han encontrado drásticos cambios anuales en la composición de

su dieta, la cual está conformada principalmente por roedores durante el invierno y por artrópodos durante el verano³⁹.

A través del índice de Morisita-Horn aplicados a las dietas de 5 galerías se estableció una alta similitud entre el número de individuos consumidos en tres diferentes sectores de la loma del Cerro Campana lo que nos indicaría, siguiendo el criterio de Sánchez y López⁴⁰, que establece la similaridad de dos nichos tróficos en un valor de 92,2%, que las dietas de ambos hábitats son estadísticamente similares, hecho que se refleja en la presencia común de las clases: artrópodos, moluscos, arachnida, reptilia y mammalia consumidos

Los reptiles gecónidos también son reportados como ítems alimenticio, así se encontró *Phyllodactylus gerrhopygus*, en la evaluaciones de la dieta de *A. cunicularia* en Chile⁴¹, coincidiendo con nuestro reporte con la presencia de *Phyllodactylus sp.*, en la dieta de *A. cunicularia* en el cerro Campana.

Los resultados aquí presentados deben ser considerados como una primera aproximación al conocimiento de la ecología trófica de *A. cunicularia* en la loma del Cerro Campana, en la Libertad.

CONCLUSIONES

- El peso de las 91 egagrópilas del Cerro Campana fue de $1,93 \pm 0,996$ y la longitud del largo y ancho, fue de $2,75 \pm 0,686$ y de $1,33 \pm 0,136$.
- Se identificaron 1460 ítems presa, en su mayoría correspondientes a Coleoptera, Gastropoda, Scorpiones, Squamata y Rodentia.
- La dieta de *A. cunicularia* analizados sobre la base de 91 egagrópilas colectadas en tres sectores de la loma del Cerro Campana de la Provincia de Trujillo, la Libertad mostraron una dominancia numérica de artrópodos, Gastropodos, escorpiones, reptiles y mamíferos.
- En las dietas de las 5 galerías hay una alta similitud entre el número de individuos consumidos en los tres diferentes sectores del Cerro Campana.
- Estas características denotan el hábito generalista de la “lechuza de los arenales” en esta zona ya que depreda sobre un amplio ítem de presas. La mayor frecuencia de artrópodos, Gastropodos, escorpiones, reptiles y mamíferos en las dietas muestran una dependencia positiva en relación a la abundancia de estas especies en el área de estudio, es decir, que la “lechuza de los arenales” selecciona sus presas de acuerdo a la mayor abundancia de éstos en sus nichos tróficos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Mostacero J, Mejía F, Ramírez R, Medina D. Variación Estacional de la Vegetación de las Lomas de la Prov. de Trujillo. REBIOL 1987; 7(1-2): 58-79.
2. Mostacero J, Mejía F, Zelada W, Medina C. Biogeografía del Perú. Lima, Perú: Edición especial de la Asamblea Nacional de Rectores. 2007.
3. Dillon MO, Rundel PW. The botanical response of the Atacama and Peruvian desert floras to the 1982-83 El Niño events. Global Ecological Consequences of the 1982-83 El Niño Southern Oscillation. In: P.W. Glynn (ed.). Elsevier Oceanography Series, Amsterdam. 1989.
4. Sagastegui A, Mostacero J, Mejía F. Fitoecología del "Cerro Campana". Provincia de Trujillo. Bol. Soc. Bot. La Libertad 1985; 14(1-2): 1-83.
5. Gomez A. Gastrópoda del "Cerro Campana". Prov. de Trujillo. En: IX Cong. Nacional de Biol.. Piura - Perú. 1988; p.34
6. Gomez A. Escorpiones del "Cerro Campana". Prov. de Trujillo. En: IX Cong. Nacional de Biol. Piura - Perú. 1988; p.35
7. Zelada W. Fauna Herpetológica del "Cerro Campana". En: 2da. Jornadas Invest. Ciencias Biológicas. Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo, Perú 1994; pp.354-357.
8. Medina C. Presencia, Alimentación y Aspectos Etológicos de *Lagidium peruanum* Meyen 1833 "vizcacha" en la Loma del "Cerro Campana". Tesis de Biólogo. Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo. Perú. 1996.

9. Miñano A. Determinación de los caracteres morfométricos de los roedores del “Cerro Campana”. Trujillo, La Libertad. Tesis de Biólogo. Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo. Perú. 1999.
10. Vassallo AI, Kittlein MJ, Busch C. Owl predation on Two Sympatric Species of Tuco-tucos (Rodentia: Octodontidae). *J Mammal* 1994; 75(3): 725-732.
11. Marks JS, Cannings RJ, Mikkola M. Family Strigidae (typical owls). In: Del Hoyo J, Elliott A, Sargatal J (eds), *Handbook of the birds of the world. Vol 5: Barn owls to hummingbirds*. España: Lynx Eds. 1999; pp. 76–242.
12. MINAM-PERU. Especies de fauna silvestre peruana en los apéndices de la CITES. Impreso por Zona Comunicaciones SAC. DLBNP. 03763. 2012.
13. Reise D. Clave para la determinación de los cráneos de marsupiales y roedores chilenos. *Gayana (Zoología)* 1973; 27: 3-20.
14. Pearson O. A Taxonomic Revision of the Rodent Genus *Phyllotis*. University of California Publications in Zoology 1958; 56(4): 391-496.
15. Luna L. Dinámica poblacional de los pequeños mamíferos en la Reserva Nacional lomas de Lachay, Lima, y su relación al evento "el niño oscilación sur". Tesis de Biólogo. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima. Perú. 2000.
16. Marti CD. Raptor food habits studies. In: Pendleton BAG, Millsap BA, Cline KW & Bird DM (eds) *Raptor management techniques manual*. National Wildlife Federation, Washington DC. 1987; pp. 67-80
17. Feinsinger P, Spears EE. A simple measure of niche breadth. *Ecology* 1981; 62 (1): 27-32.
18. Krebs CJ. *Ecological Methodology*. Harper Collins Publish. University of British Columbia. 1989.
19. Ramírez O, Béarez P, Arana M. Observaciones sobre la dieta de la lechuza de los campanarios en la Quebrada de los Burros (Dpto. Tacna, Perú). 2000. *Bol Inst Francés Estudios Andinos* 2010; 29(2): 233-240
20. Colwell RK, Futuyma DJ. On the measurement of niche breadth and overlap. *Ecology* 1971; 52: 567-576.
21. Tommaso D, Callicó R, Teta P, Pereira J. Dieta de la lechucita vizcachera (*Athene cunicularia*) en dos áreas con diferente uso de la tierra en el centro–sur de la provincia de la pampa, Argentina. *Historia Natural* 2009; 1: 16-21
22. Andrade A, Sauthier DEU, Pardiñas FJ. Vertebrados depredados por la Lechucita Vizcachera (*Athene cunicularia*) en la Meseta de Somuncurá (Río Negro, Argentina). *Hornero* 2004; 19: 91–93.
23. Meserve P, Shadrick E, Kelt D. Diet and selectivity of two chilean predators in the northern semi-arid zone. *Rev Chil Hist Nat* 1987; 60: 93-99.
24. Silva S, Lazo I, Silva-Aránquiz E, Jaksic F, et. al. Numerical and functional response of burrowing owls to long-term mammal fluctuations in Chile. *J Raptor Res* 1995; 29: 250-255.
25. Gleason R, Johnson D. Factors influencing nesting success of burrowing owls in southeastern Idaho. *Great Basin Nat* 1985; 45 (1): 81-84.
26. Green G, Fitzner R, Anthony R, Rogers L. Comparative diets of burrowing owls in Oregon and Washington. *Northwest Sci* 1993; 67 (2): 88-93.
27. Nabte MJ, Pardiñas UFJ, Saba SL. The diet of the Burrowing Owl, *Athene cunicularia*, in the arid lands of northeastern Patagonia, Argentina. *J Arid Environ* 2008; 72: 1526-530
28. Morillo A. Dieta alimentaria de *Athene cunicularia nanodes* “lechuzas de los arenales” en la loma del “Cerro Cabezón”, Trujillo-La Libertad. Tesis de Biólogo. Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo. Perú. 2003.
29. Bellocq MI. Ecology of Burrowing Owl in agrosystems of central Argentina. *J Raptor Res* 1997; 9: 52-57.
30. Carevic F. Rol del pequén (*Athene cunicularia*) como controlador biológico mediante el análisis de sus hábitos alimentarios en la Provincia de Iquique, norte de Chile. *IDESIA (Chile)* 2011; 29(1): 15-21.
31. Andrade A, Teta PV, Panti C. Oferta de presas y composición de la dieta de Tyto alba (Aves: Tytonidae) en el sudoeste de la provincia de Río Negro, Argentina. *Historia Natural (Segunda Serie)* 2002; 1:9-15.
32. Zunino S, Jofre C. Dieta de *Athene cunicularia* en isla Choros, Reserva Nacional Pingüino de Humboldt, IV Región. *Bol Chile Ornitología* 1999; 6: 2-7.
33. Zelaya P, Linares P, De La Cruz C, Kunimoto C, et. al. Composición de la dieta de *Athene cunicularia* durante la estación seca en la Reserva Nacional de Lachay. In: *Anales de la III Jornada Nacional de Ornitología*. Calca, Cuzco, Perú. 2000; pp.70-71.



Artículo original

Notas sobre el género *Stachys* (Lamiaceae) en el Perú

Notes on the genus *Stachys* (Lamiaceae) in Peru

Eric F. Rodríguez Rodríguez y Abundio Sagástegui Alva^(†)

Herbarium Truxillense (HUT), Universidad Nacional de Trujillo. Jr. San Martín 392. Trujillo, Perú. E-mail: erodriguez@unitru.edu.pe

RESUMEN

Se presenta a *Stachys lamioides* (Lamiaceae) como una nueva adición a la Flora del Perú procedente del norte del país (Cajamarca). La especie es conocida para la Flora de Ecuador y Colombia y en esta contribución se amplía su distribución geográfica hacia el Perú, cuyos territorios están restringidos a la zona fitogeográfica de Amotape-Huancabamba. Incluido el nuevo registro, para el Perú se acepta que el género *Stachys* presenta ocho especies, las mismas que fueron reorganizadas en este trabajo: *S. aperta*, *S. arvensis*, *S. herrerae*, *S. germanica*, *S. gilliesii*, *S. lamioides*, *S. peruviana* y *S. pusilla*. En la parte nomenclatural se proponen los siguientes sinónimos: *S. lanata* (*S. germanica*), *S. micheliana* y *S. petiolosa* (*S. gilliesii*). Se provee una clave taxonómica actualizada para identificar las especies peruanas de *Stachys*.

Palabras clave: Flora del Perú, *Stachys*, Lamiaceae, nuevo registro, Cajamarca.

ABSTRACT

We present here to *Stachys lamioides* (Lamiaceae) as a new addition to the angiosperm Flora of Peru from northern of this country (Cajamarca). The species has been formerly known from the Flora of Ecuador and Colombia, but in this contribution extends its geographical distribution range toward the Peru, whose territories are restricted to the phytogeographic zone named Amotape-Huancabamba. Including the new record, we accept that the genus *Stachys* presents eight species, they were reorganized in the present study: *S. aperta*, *S. arvensis*, *S. herrerae*, *S. germanica*, *S. gilliesii*, *S. lamioides*, *S. peruviana* and *S. pusilla*. In the nomenclatural part the following synonyms are proposed: *S. lanata* (*S. germanica*), and *S. micheliana* and *S. petiolosa* (*S. gilliesii*). An updated taxonomic key to identify the Peruvian species of *Stachys* is provided.

Keywords: Flora of Peru, *Stachys*, Lamiaceae, new record, Cajamarca.

INTRODUCCIÓN

El género *Stachys* L. (Lamiaceae=Labiatae) fue descrito por Carl von Linnaeus en *Species Plantarum* 2: 580 (1753) y sustentado con *Stachys sylvatica* L. como su primera especie¹. Conjuntamente con *Salvia* L., *Scutellaria* L., *Plectranthus* L'Hér. e *Hyptis* Jacq. es uno de los géneros con el mayor número de especies dentro de la familia, unas 300 especies, número que presenta un remarcable rango de variación. Este taxón subcosmopolita (ausente en Australasia) está constituido por hierbas anuales o perennes y arbustos, presentando su centro de diversidad en las regiones templado-cálidas del Mediterráneo y Sudoeste de Asia y centros secundarios en Norte y Sud América así como la zona sureña de África^{2,3,4,5,6}.

Existe una gran variabilidad infragenérica, lo que ha dado lugar a diversos criterios y tratamientos disimiles a este nivel^{2,7,8,9}, que a su vez son un tanto confusos, siendo necesarios estudios más acuciosos al respecto.

El género presenta importancia económica, tanto como plantas ornamentales, medicinales o alimenticias^{10,11,12,13,14,15,16,17}.

Las únicas revisiones disponibles para las especies americanas y peruanas de *Stachys* son las realizadas por Epling⁸ y Epling¹⁸ respectivamente. Este autor en su primera contribución describe dos especies nuevas para el Perú: *Stachys aperta* Epling y *Stachys herrerae* Epling, que a su vez es el último estudio con material peruano⁸. Macbride¹⁹, en su tratamiento del género en *Flora of Peru* basado en Epling¹⁸, considera a nueve especies: *Stachys aperta* Epling, *S. arvensis* L., *S. herrerae* Epling, *S. lamioides* Benth. (sin *exsiccatae* para Perú), *S. lanata* Crantz, *S. micheliana* Briq., *S. peruviana* Domb. ex Benth., *S. petiolosa* Briq. y *S. pusilla* (Wedd.) Briq.. Más tarde, Zarucchi²⁰ en el “Catálogo de las Angiospermas y Gimnospermas del Perú”, apoyado en el trabajo de este autor y exceptuando a *S. lamioides* como no conocido para el Perú, lista para la flora del país a ocho especies para el género. Sin embargo, estudios de material de herbario indican que *S. lamioides* conocida para Ecuador y Colombia también se encuentra en el norte del Perú (Cajamarca). Igualmente, es necesaria una reorganización del número de especies planteado para el país debido a que varias de ellas nomenclaturalmente se encuentran en sinonimia taxonómica. Sustentar la presencia de *S. lamioides* en el Perú y reorganizar las especies peruanas de *Stachys* son los objetivos principales de estas notas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio para el nuevo registro está basado en la revisión de material de herbario (acrónimos: F, HUT, K, LD, MO, UC, US)²¹; y en las colecciones efectuadas en las diversas expediciones botánicas hacia a la provincia Contumaza (Guzmango), Cajamarca por personal del Herbarium Truxillense de la Universidad Nacional de Trujillo (HUT). Las colecciones se realizaron de acuerdo con la metodología y técnicas convencionales de herborización²². Para la especie, se indica: el nombre científico en negrita y cursiva con la cita del nombre del autor, seguido de la referencia bibliográfica original abreviada, y el protólogo del tipo.

Se considera una lista en orden alfabético para las especies peruanas, aplicando el principio fundamental de prioridad taxonómica es decir se conserva el nombre correspondiente a la primera descripción publicada de un determinado taxón (según el Código Internacional de Nomenclatura Botánica, CINB). En la nomenclatura, solo se da a conocer a las especies del tratamiento del género en *Flora of Peru*¹⁹ que presentan cambios implicados con la reducción a la sinonimia. La lista completa de sinónimos para las especies pueden consultarse en el “Catálogo de las Angiospermas y Gimnospermas del Perú”²⁰ y en los portales de internet: The Plant List²³ y Base de Datos del Missouri Botanical Garden (Tropicos)²⁴. Los detalles completos de las publicaciones de las especies se encuentran en este último portal y en The International Plant Names Index (IPNI)²⁵. Para cada taxón se indica: El nombre científico aceptado en negrita y cursiva (el sinónimo

taxonómico solo en cursiva), seguido del nombre del autor, de la referencia bibliográfica original abreviada, y del protólogo del tipo.

Para identificar a las especies peruanas de *Stachys* L. se elaboró una clave taxonómica dicotómica de acuerdo a los caracteres exomorfológicos^{5,6,18,26}. La clave está basada en Epling¹⁸ y Macbride¹⁹, así como en las observaciones de campo y de material de herbario.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Stachys lamioides Benth., *Pl. Hartw.* 244. 1846.

Tipo: COLOMBIA: In sylvis in ascensu ad páramo de Sotara, prov. Popayan, *T. Hartweg 1343* (Holótipo: K!; ; Isótipos: LD!, UC!).

Especie conocida para Colombia y Ecuador. Macbride¹⁹ en *Flora of Peru* durante el tratamiento de *Stachys*, considera la descripción de *S. lamioides* Benth. pero sin exsiccatae (material seco de herbario) de respaldo correspondiente. Así mismo, Zarucchi²⁰ en el “Catálogo de las Angiospermas y Gimnospermas del Perú” indica que *S. lamioides* Benth. es “no conocida para Perú”. Actualmente, el estudio y análisis de colecciones provenientes del norte del Perú (provincias de Jaén y Contumazá) evidencian su presencia en el país.

Taxón confundido permanentemente en los herbarios con *S. aperta* Epling, principalmente por el tamaño y forma de las hojas (cordadas, ampliamente cordado-ovadas, deltoideas o deltoideas-ovadas, agudas en el ápice, márgenes crenados) y el cáliz en flor (turbinado) y fruto (urceolado) con lóbulos deltoideos, tipo de pubescencia, entre otros caracteres exomorfológicos. Sin embargo, se diferencia porque *S. lamioides* es una planta perenne más robusta y suberecta (versus decumbente y laxa), presenta los peciolos más largos (2-5 cm versus 1-2.5 cm), pedicelos florales de mayor longitud (2-4 mm versus 1-1.3 mm), largo del tubo de la corola es de 1-1.5 cm y largamente exerto del cáliz versus 6-8 mm y cortamente exerto del cáliz; semillas verrucosas versus semillas lisas en *S. aperta* (ver clave más adelante). En Contumazá (Guzmango) el nuevo registro es conocido como “rashme” (A. Sagástegui *et al.* 9281).

Material Examinado: Perú: Dpto. Cajamarca, Provincia: Jaén. Quebrada de Pajonal, above Tabaconas, 19 km ESE Huancabamba, 2600 - 2800 m, 05°18'S-079°18'W, 12 June 1947, *F. R. Fosberg 27807* (US!). Provincia Contumazá, La Montaña (Guzmango-Contumazá), 2500 m, 18 mayo 1979, *A. Sagástegui, E. Alvítez & J. Mostacero 9281* (F!, HUT!, MO!). Alrededores de Guzmango, 2300 m, 29 abril 1982, *A. Sagástegui, E. Alvítez, S. López & J. Mostacero 10333* (F!, HUT!, MO!). La Pampa (Guzmango), 2500 m, 07 mayo 1989, *A. Sagástegui & F. Sagástegui 14131*(F!).

Con las colecciones realizadas en el norte del Perú, el rango de distribución geográfica y poblacional son mayores, considerándose hasta este momento el distrito de Guzmango en la provincia de Contumaza (Dpto. Cajamarca) como el límite más sureño (ver material estudiado), localidad restringida a la zona fitogeográfica de Amotape-Huancabamba ubicada entre el sur de Ecuador y Norte del Perú, y caracterizada por su elevada riqueza endémica^{27, 28}.

Lista de especies del género *Stachys* L. aceptadas para el Perú

1. *Stachys aperta* Epling, Repert. Spec. Nov. Regni Veg. Beih. 80: 37. 1934.
Tipo: Perú. May-June 1923, *J.F. Macbride 3963* (F!; F!, MO!)
2. *Stachys arvensis* (L.) L., Sp. Pl. ed. 2: 814. 1763.
Tipo: *Glechoma (Glecoma) arvensis* L., Sp. Pl. 2: 578. 1753: China: Fujian: Yuanfu River shores, *Dunn s.n.* (K).
3. *Stachys herrerae* Epling, Repert. Spec. Nov. Regni Veg. Beih. 80: 18. 1934.
Tipo: Perú. Cuzco. Sacsahuaman, above Cuzco, 3500-3600 m, April 14, 1915, *F.W. Pennell 13577* (F!; PH, F!-negativo 33697).
4. *Stachys germanica* L., Sp. Pl. 2: 581. 1753.
Tipo: País desconocido, sin fecha, colector Anón. s.n. (Lectótipo: LINN)
= *Stachys lanata* Crantz, *Stirp. Austr. Fasc.* 4: 267. 1769.
5. *Stachys gilliesii* Benth., Labiat. Gen. Spec. 740. 1835.
= *Stachys micheliana* Briq., *Mém. Soc. Phys. Genève* 32(10): 7. 1897.
Tipo: Paraguay. November 1880 (Pl. du Paraguay 1878-1884), *B. Balansa 3120* (G!; F!-negativo 33726).
= *Stachys petiolosa* Briq., *Bull. Herb. Boissier* 4(12): 868. 1896.
Tipo: Argentina. December 1891, *Kuntze s.n.* (G!; F!-negativo 20143).
6. *Stachys lamioides* Benth., *Pl. Hartw.* 244. 1846.
Tipo: Colombia: In sylvis in ascensu ad páramo de Sotara, prov. Popayan, *T. Hartweg 1343* (K!; LD!, UC!).
7. *Stachys peruviana* Domb. ex Benth., Labiat. Gen. Spec. 551. 1834.
Tipo: Perú. 1778-88, *Dombey s.n.* (G; F!-negativo 33744) . Especie Endémica a Perú.
8. *Stachys pusilla* (Wedd.) Briq., *Annuaire Conserv. Jard. Bot. Genève* 2: 120. 1898.
Tipo: Colombia. Sin fecha, *J. Goudot s.n.* (P).

Clave para las especies de *Stachys* L. del Perú

1. Plantas blanco-lanudas, indumento largo; cáliz de 10-16 mm de largo en fruto; lóbulos del cáliz lanceolados..... *S. germanica*
- 1'. Plantas verdes, más o menos pubescentes, indumento corto; cáliz hasta 8 mm en el fruto, lóbulos del cáliz deltoideos..... 2
2. Cáliz en fructificación hasta 4 mm de largo, lóbulos del cáliz subobtusos, no espinulosos, suberectos..... *S. pusilla*
- 2'. Cáliz en fructificación mayor a 4.5 mm de largo; lóbulos del cáliz acuminado-espinulosos, suberectos o erectos 3
3. Cáliz en el fruto el doble del largo (6-8 mm) que en la flor (3-4 mm), lóbulos suberectos; tubo de la corola incluido..... *S. arvensis*
- 3'. Cáliz en el fruto de igual tamaño que en la flor o ligeramente más largo, lóbulos erectos; tubo de la corola exerto o ligeramente incluso 4
4. Cáliz en la flor de 3-6.5 mm de largo; tubo de la corola subincluido o ligeramente exertado, no piloso- anillado medialmente en el tubo corolino; base de las hojas subcordadas..... 5
- 4'. Cáliz en la flor de 7-8 mm de largo; tubo de la corola exerto, piloso anillado dentro del tubo corolino; base de las hojas cordadas 7
5. Verticilastros multi-floros, cálices 3-3.5 mm de largo en flor y 4-4.5 mm de largo en fruto; tubo de la corola 3.5-4 mm de largo..... *S. gilliesii*
- 5'. Verticilastros pauci-floros, cálices 5-6.5 mm de largo en flores y frutos; tubo de la corola 4.5-7 mm de largo 6

6. Tubo de la corola 4.5-5 mm de largo, subincluido o subexertado, igualando o más corto que el labio inferior..... ***S. peruviana***
- 6'. Tubo de la corola 5-7 mm de largo, ligeramente exerto, más largo que el labio inferior..... ***S. herrerae***
7. Semillas lisas; tubo de la corola de 6-8 mm de largo, cortamente exerto..... ***S. aperta***
- 7'. Semillas verrucosas.; tubo de la corola de 1-1.5 cm de largo, largamente exerto..... ***S. lamioides***

Observaciones: *S. germanica* es una especie propia de Europa Mediterránea, naturalizada y cultivada en jardines en América o también se encuentra asilvestrada. Presenta una gran variabilidad morfológica (e.g.: forma y márgenes de las hojas, largo de los tricomas, color de flores) de la cual existe numerosa sinonimia taxonómica e inclusive se han descrito varios taxones infraespecíficos. El material citado en Macbride¹⁹ como *S. lanata* Jacq. pertenece a *S. germanica* L.: Dpto. Huancavelica: Near Cordova, among rock fences, *Metcalf 30264*(MO!). Dpto. Puno: Salcedo, cultivada, *J. Soukup 573*(F!).

La revisión de material peruano asignado a las especies *S. micheliana* y *S. petiolosa* indica que las características analizadas coinciden con la antigua descripción de la especie *S. gilliesii*. En la descripción original de esta especie se precisa que el tubo de la corola es exerto (no menciona medidas) y la base de las hojas son cordadas⁷. Epling¹⁸ basado en la diagnosis original de *S. micheliana*, mencionado también por Macbride¹⁹, asevera que el cáliz presenta 3.5-4 mm de largo y el tubo de la corola 2.5-3 m de largo. Analizando el tipo de Paraguay [(*B. Balansa 3120* (G!; F!-negativo 33726)] es evidente que el largo del tubo de la corola iguala o supera ligeramente el largo del cáliz pero no se encuentra incluido como en la descripción original. Revisión de colecciones peruanas de esta especie [(e.g.: *J. Campos et al. 3663* (HUT, MO), *C. Díaz 2004* (MO), *S. Llatas 2346* (F)] confirma que el tubo de la corola es más largo, siendo ligeramente exerto en relación al cáliz. Así mismo, el análisis de material peruano considerado como *S. petiolosa* indica también que el tubo corolino es ligeramente exertado y la base de las hojas subcordadas^{18,19} (ver Clave). En ambos casos, las descripciones en general se acercan a lo considerado originalmente por Bentham para *S. gilliesii*, aceptándose formalmente este nombre por ser de publicación más antigua, y pasando *S. micheliana* y *S. petiolosa* a sinonimia del mismo.

Finalmente, *Stachys peruviana*, una hierba anual conocida de numerosas localidades (incluye áreas naturales protegidas por el estado peruano) en un amplio rango altitudinal y ambiental, no presenta ningún grado de amenaza por lo que está categorizada como de Preocupación Menor (LC)²⁹; además, es la única especie endémica para el país³⁰.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su gratitud a las autoridades de los herbarios F, G, HUT, LD, K, MO, UC y US por hacer posible la revisión de sus colecciones. Un agradecimiento especial a nuestro recordado maestro Dr. Arnaldo López Miranda (HUT) por sus enseñanzas y haber dirigido los trabajos de campo e investigación en el Norte del Perú. Al Dr. Michael O. Dillon (F) e Ing. Rodolfo Vásquez (MO) por su constante ayuda en los estudios de la Flora del Perú.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Linneo C. *Species plantarum*. Sp. Pl. Tomos I y II. 1753.
2. Bhattacharjee R. Taxonomic studies in *Stachys*. II. A new infrageneric classification of *Stachys* L. *Notes Roy. Bot. Gard. Edinburgh*. 1980; 38(1): 65-96.
3. Harley RM, Atkins S, Budantsev A, Cantino PD, Conn B, et al. Labiatae. In: Kubitzki, K. (editor). *The Families and Genera of Vascular Plants*. Vol. 7. Springer-Verlag: Berlin, Heidelberg, Germany. 2004; pp. 167-275.
4. De Kok R. Lamiaceae. In *Flowering plants of the Neotropics*. Edited by Smith, N. *et al.* New York Botanical Garden, Princeton University Press. Princeton and Oxford. 2004; pp. 201-204.
5. Pool A. New species of *Stachys* (Lamiaceae) from Mesoamerica. *Novon*. 2007; 17(1): 60-66.
6. Nelson JB. A new hedge-nettle (*Stachys*: Lamiaceae) from the Interior Highlands of the United States, and keys to the southeastern species. *J. Bot. Res. Inst Texas*. 2008; 2(2): 761-769.
7. Bentham G. *Labiatarum. Genera et Species*. James Ridgway and Sons. Piccadilly. London. 1832-1836.
8. Epling C. Preliminary revision of American *Stachys*. *Repert. Spec. Nov. Regni Veg. Beih.* 1934; 80: 1-75.
9. Krestovskaja TV. A new subgenus of the genus *Stachys* (Lamiaceae). *Botanicheskii Zhurnal*. 2003; 88: 94-97.
10. Muñoz M, Barrera E, Meza I. El uso medicinal y alimenticio de plantas nativas y naturalizadas en Chile. *Museo Historia Natural, Publicación Ocasional*. 1981; 3, 91: p. 48.
11. Muñoz O, Peña RC, Montenegro, G. Iridoids from *Stachys grandidentata* (Labiatae). *Z. Naturforsch.* 2001; 56c, 902-903.
12. De Mösbach EW. *Botánica Indígena de Chile*. Editorial Andrés Bello, Santiago de Chile, Chile. 1992.
13. Sagástegui A, Leiva S. *Flora invasora de los cultivos del Perú*. Edit. Libertad. Trujillo, Perú. 1993.
14. Brack Egg A. *Diccionario enciclopédico de plantas útiles del Perú*. Centro de Estudios Regionales Andinos «Bartolomé de la Casas», Cuzco, Perú. 1999.
15. Mantilla HM, Olazábal O. *Pachamama Hampi Qhoranchiskuna: Las Plantas Medicinales de nuestra Madre Tierra*. 2da. Edición. Instituto de Ecología y Plantas Medicinales - IEPLAM, Cusco – Perú. 2004.
16. Mabberley DJ. *The Plant-Book*. Third edition. Cambridge University Press: UK. 2008.
17. Mostacero J, Castillo F, Mejía F, Gamarra O, Charcape M, Ramírez R. *Plantas medicinales del Perú. Taxonomía, Ecogeografía, Fenología y Etnobotánica*. Asamblea Nacional de Rectores, Fondo Editorial. Trujillo – Perú. 2011.
18. Epling C. The Labiatae of Peru. *Repert. Spec. Nov. Regni Veg. Beih.* 1938; 105: 2-6.
19. Macbride F. Labiatae. En *Flora of Peru*. Field Museum of Natural History, Botany. 1960; 13(5/2): 721-829.
20. Zarucchi JL. Lamiaceae. In: Brako, L. & Zarucchi, J.L. (eds.). *Catálogo de las Angiospermas y Gimnospermas del Perú*. Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden. 1993; 45: 579-590.
21. Thiers B. *Index Herbariorum: A global directory of public herbaria and associated staff*. New York Botanical Garden's Virtual Herbarium. 2013 [Acceso: 01 setiembre 2013]. Disponible en: <http://sweetgum.nybg.org/ih/>
22. Rodríguez E, Rojas R. *El Herbario: Administración y Manejo de Colecciones Botánicas*. 2da. Edición. Edit. por R. Vásquez M., Missouri Botanical Garden, St. Louis, U.S.A. 2006.

23. The plant list [homepage en Internet]. The plant list. A working list of all plant species. Versión 1.1. 2013. [Acceso: 27 noviembre 2013]. Disponible en: <http://www.theplantlist.org>
24. Tropicos [homepage en Internet]. Tropicos.org. Missouri Botanical Garden. 2013 [Acceso: 15 octubre 2013]. Disponible en: <http://www.tropicos.org>
25. IPNI. 2013. The International Plant Names Index. 2013 [Acceso: 15 de octubre del 2013]. Disponible en: <http://www.ipni.org/>
26. Mulligan GA, Munro DB. Taxonomy of North American species of *Stachys* (Labiatae) found north of Mexico. *Naturaliste Canad.* 1989; 116:35–51.
27. Weigend M. Observations on the Biogeography of the Amotape-Huancabamba Zone in Northern Peru. In: K. Young et al., *Plant Evolution and Endemism in Andean South America*. *Bot. Review.* 2002; 68(1): 38-54.
28. Weigend M. Additional observations on the biogeography of the Amotape-Huancabamba zone in Northern Peru: Defining the South-Eastern limits. *Rev. peru. biol.* 2004; 11(2): 127-134.
29. UICN. Categorías y Criterios de la Lista Roja de la UICN. Versión 3.1. Segunda Edición. Gland, Suiza y Cambridge, Reino Unido: UICN. vi + 34pp. 2012.
30. Rodríguez M. Lamiaceae endémicas del Perú. En *El libro rojo de las plantas endémicas del Perú*. Ed.: B. León et al. *Rev. peru. biol. Número especial.* 2006; 13(2): 371-379.



Artículo original

Percepciones sobre la acreditación de los alumnos de la Escuela Académica Profesional de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional de Trujillo-Perú

Perceptions of accreditation of students in the Academic Professional School of Biological Sciences, National University of Trujillo-Peru

Julio Chico-Ruíz, Lisi Cerna-Rebaza, Manuel Rodríguez-Lacherre

¹Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo, Perú. ²Universidad César Vallejo-Trujillo. Perú

RESUMEN

Esta investigación analiza la percepción de alumnos del VII y IX ciclo del semestre 2014-I de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de Trujillo-Perú. Las Instituciones de Educación Superior en el Perú, realizan grandes esfuerzos para acreditar sus Escuelas Académicas, sin embargo, es necesario saber la percepción de los alumnos sobre la acreditación. El propósito de este estudio es conocer desde el punto de vista del alumno, la percepción que tiene sobre el proceso de acreditación. El presente estudio es descriptivo, se elaboró un instrumento de medición con 15 preguntas, la muestra consistió en 115 alumnos, la información obtenida se procesó con programas estadísticos, los resultados muestran la percepción de los alumnos sobre el proceso de acreditación en su universidad.

Palabras clave: acreditación, autoevaluación, percepción

ABSTRACT

This research analyzes the perception of students of VII and IX semester cycle 2014-I of the School of Biological Sciences, National University of Trujillo-Peru. Institutions of Higher Education in Peru, making great efforts to prove their academic schools, however, it is necessary to know the perception of students on accreditation. The purpose of this study is to learn from the point of view of the student's perception about the accreditation process. This study is descriptive, a measuring instrument with 15 questions was developed, the sample consisted of 115 students, the information obtained was processed with statistical programs, the results show the perceptions of students about the accreditation process at their university

Keywords: accreditation, self-assessment, perception

INTRODUCCIÓN

La educación superior, en la actualidad, está enfrentando una serie de desafíos y dificultades como producto del entorno cambiante, la globalización y su posicionamiento dentro de la sociedad. La universidad peruana no es ajena a esta realidad y para insertarse en un escenario tan competitivo, es necesario plantear estrategias que conduzcan al establecimiento de la igualdad de condiciones de acceso a los estudios, a una mejor capacitación del personal, al desarrollo de una competitividad basada en mejorar la calidad de la enseñanza, la investigación y la proyección social y la extensión universitaria conforme a los planes de investigación, y mayores posibilidades de empleo para los egresados.¹

El aseguramiento de la calidad en la educación, y la acreditación, es una estrategia correcta y oportuna con performances universitarias adecuadas que permitan el desarrollo sostenible de los países miembros de la región. Además la acreditación es el medio que permite a la institución educativa, llámese universidad o instituto superior, verificando el cumplimiento de estándares de un modelo o referente de calidad, asegurar que la formación de sus alumnos contribuya con el desarrollo de la educación superior con calidad.² Una carrera acreditada es aquella que demuestra, luego de un proceso de autoevaluación y evaluación externa, que cumple con los estándares de calidad establecidos por el CONEAU³.

En cuanto a los efectos no deseados presentes en los procesos de acreditación educativa, se señalan cinco aspectos⁴:

1. Falta de conceptos claros respecto de la calidad y la evaluación, ya que son medidas indirectamente por medio de indicadores, dejando de lado aspectos cualitativos fundamentales para evaluar la calidad de un programa académico.
2. Desvinculación entre la planeación y la evaluación, ya que los programas de desarrollo institucional y los lineamientos para la acreditación operan con distintas lógicas, lo cual incentiva la construcción de indicadores.
3. Selección inadecuada de métodos y herramientas, debido a que las mediciones son indirectas. Adicionalmente, la revisión de indicadores es semejante a una auditoría en la que solo se comprueba la existencia de la evidencia, sin evaluar su calidad o pertinencia.
4. Uso inadecuado de los resultados, ya que en el mejor de los casos sirven para dar validez externa a las Instituciones Educativas Superiores, aunque no sean consideradas en los procesos de planeación, gestión, presupuestación, operación y autoevaluación.
5. Ausencia de condiciones para llevar a cabo evaluaciones continuas, ya que la evaluación es percibida como un proceso único, realizado exclusivamente por expertos en el área y, en la mayoría de los casos, los resultados obtenidos no son socializados a la comunidad académica.

La contribución más importante de los estudios sobre percepción es que proporciona elementos de juicio susceptibles de ser interpretados para investigaciones futuras o abordajes metodológicos posteriores. En este sentido, conocer las actitudes, sentimientos, predisposiciones y opiniones de los alumnos sobre un aspecto determinado de su realidad, proveerá de la información necesaria para iniciar prácticas posteriores de políticas, programas o proyectos educativos.

Importa conocer la percepción sobre el proceso de acreditación de los alumnos de la Facultad de Ciencias Biológicas por dos razones. En primera instancia, porque el ámbito de acción está dentro de la priorización de políticas educativas de la actual gestión universitaria, y en segundo término, porque la visión que tienen los alumnos sobre la acreditación nos permitirá construir procesos de sensibilización y líneas basales más concretas. Como sabemos, el diseño de un proceso de sensibilización supone al sujeto en su contexto, pero con la atenuante de intuirlo, sospecharlo sin previo conocimiento de causa. En respuesta a este vacío consideramos que con el desarrollo del presente trabajo, tendremos una idea más clara de la lectura que hacen los actores beneficiarios de la acreditación y cuán dispuestos están a involucrarse con el trabajo que propondrá el comité interno

de autoevaluación Asimismo, los resultados de esta investigación permitirán diseñar líneas basales apropiadas para el abordaje del proceso de autoevaluación, e incluso estimar niveles de participación, dicotomías de información/desinformación.³

Por lo expuesto propusimos como objetivo conocer las percepciones sobre acreditación de los alumnos del VII y IX ciclo de la Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional de Trujillo

MATERIAL Y METODOS

La presente investigación es abordada desde el enfoque descriptivo comparativo, transversal y cualitativo en alumnos del VII y IX ciclo de la Escuela Académica Profesional de Ciencias Biológicas, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional de Trujillo (UNT). En el mes de Junio de 2014 se aplicó la técnica de la encuesta a una población-muestral de 115 alumnos, divididos en 58 del VII ciclo y 57 alumnos del IX ciclo con edades de 20 a 32 años (Tabla 2).

Como instrumento se elaboró un cuestionario (I), el cual estuvo dividido en dos partes: la primera parte de datos generales del alumno (sexo, edad, ciclo que cursa en semestre 2014-I). La segunda parte, estuvo compuesta por quince ítems: tres relacionados a las instituciones nacionales encargadas de la acreditación (1,2,3), ocho al proceso de autoevaluación (4,8,9,10,11,12,13,14) y cuatro al desarrollo de la autoevaluación en la universidad y/o facultad(5,6,7,15). Se consideraron las respuestas SI y NO a las premisas propuestas (Tabla 1).

Después de 30 días se aplicó otro cuestionario (II) de 10 ítems y en la cual deberían responder SI o NO, de los cuales seis ítems estaban relacionados al proceso de autoevaluación en su escuela académica (1,2,7,8,9,10), dos sobre las instituciones nacionales encargadas de la acreditación (3,4) y dos sobre el proceso de acreditación. En las preguntas 3 y 4 sobre CONEAU y SINEACE se escribieron con siglas, en el cuestionario I se escribió el extenso más las siglas. Además se le planteó cinco preguntas abiertas: Cuál es la fuente de su conocimiento sobre la acreditación? qué institución realiza la certificación?, ¿cuál es el nombre de la revista científica de la facultad de Ciencias Biológicas?, ¿cuál es la escuela académica acreditada en la UNT?, ¿cómo se llama la institución que dirige el proceso de acreditación a nivel nacional?

El orden de tabulación y presentación de las respuestas partió de las frecuencias de las respuestas aportadas por los estudiantes a los ítems propuestos. Los datos fueron procesados y luego presentados en tablas estadísticas.

Tabla 1. Cuestionario I aplicado a los alumnos de la escuela académica profesional de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional de Trujillo, 2014.

1. La acreditación es el reconocimiento formal de la calidad demostrada por una carrera académica profesional universitaria.
2. El Sistema Nacional de Evaluación, Acreditación y Certificación de la Calidad Educativa (SINEACE) acredita solo la educación básica regular
3. El Consejo de Evaluación, Acreditación y Certificación de la Calidad de la Educación Superior Universitaria (CONEAU) prioriza el proceso enseñanza – aprendizaje
4. La autoevaluación de la carrera académica profesional lo realizan sólo los profesores
5. El buen trabajo que realice tu Director de Escuela influye para que se acredite tu carrera profesional
6. El Director de Escuela dirige el proceso de Acreditación
7. La Universidad Nacional de Trujillo tiene una Escuela Académica acreditada
8. La colaboración de los alumnos-docentes-administrativos debe manifestarse con la

participación activa en cada etapa del proceso de autoevaluación.
9. El proceso de acreditación tiene 2 etapas: Autoevaluación-Acreditación
10. Primero se acredita la escuela académica luego se autoevalúa
11. La Escuela Académica acreditada forma profesionales competentes, lo cual te da mayor posibilidad de ser elegible en una oferta laboral, estos son beneficios de tener una carrera profesional acreditada
12. La autoevaluación se realiza sólo para conseguir la acreditación
13. La certificación es sinónimo de acreditación
14. El proceso de autoevaluación comienza con la motivación
15. El Decano de la Facultad dirige el proceso de Acreditación

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tabla 2. Población-muestral de alumnos del VII y IX ciclo pertenecientes a la Escuela Académica Profesional de Ciencias Biológicas. UNT

CICLO SEXO*	VII		IX
	M	F	M
F	18	40	18
39			
TOTAL	58		57
EDADES	20-29 años		20-32 años

*M: masculino, F: femenino

La población-muestral comprende 58 alumnos para el VII ciclo de las cuales 18 son de sexo masculino y 40 femeninos. Para el IX ciclo se encuestó a 57 alumnos, en la cual comprendía 18 de sexo masculino y 39 del sexo femenino. Hay un elevado número de alumnas en ambos ciclos.

Tabla 3. Frecuencia en respuestas de los encuestados* expresados en porcentajes.

Ciclo Item	VII		IX	
	SI	NO	SI	NO
1	98.27	1.72	98.24	1.76
2	27.58	72.41	19.3	80.7
3	84.48	15.51	94.7	5.3
4	15.51	89.48	10.5	89.5
5	91.37	8.62	94.7	5.3
6	55.17	44.82	42.1	57.9
7	58.62	41.37	64.9	35.1
8	87.93	12.06	98.24	3.5
9	82.75	17.24	82.5	17.5
10	20.68	79.31	3.5	96.5
11	93.10	6.89	98.24	3.5
12	31.03	68.96	19.3	80.7
13	37.93	62.06	43.9	57.9
14	86.20	13.79	87.7	12.3
15	91.37	8.62	66.6	33.4

*Cuestionario I

Los alumnos del VII ciclo acertaron en 12 ítems (80%) y los del IX ciclo sólo en 11 ítems (73.3%), confirmando una elevada percepción sobre la acreditación.

El análisis de las respuestas de los ítems sobre instituciones encargadas de la acreditación, encontramos que a la pregunta: “La acreditación es el reconocimiento formal de la calidad demostrada por una carrera académica profesional universitaria” el 98% de los encuestados respondieron que SI para ambos ciclos. A la pregunta:.. el SINEACE acredita solo la educación básica regular”, el 72.41% y 80.7% respondieron que NO a la premisa para el VII y IX ciclo respectivamente. Además ambos grupos de estudio no conocen los fines del CONEAU, 84.44 % (VII ciclo) y 94.7 % (IX ciclo) respectivamente (ítem 3), el cual consideran que es para mejorar el proceso enseñanza-aprendizaje lo cual es falso. Ambos grupos tienen conocimiento que es la acreditación y la función del SINEACE, pero se equivocan en la prioridad del CONEAU. Cuando se aplica el cuestionario II, los alumnos de ambos ciclos coinciden en errores al considerar que CONEAU (ítem 3) mejora el proceso de enseñanza-aprendizaje (repite el mismo error al responder el cuestionario I). El ítem 4 sobre si el SINEACE acredita solo la educación superior, en el IX ciclo están divididos, 36% para el SI y 38 % para el NO, la respuesta correcta es NO. El 57.9% del VII ciclo responde que SI; en el cuestionario I ambos grupos, sobre la misma pregunta, coincidieron en su respuesta negativa (NO).

Los ítems relacionados al proceso de autoevaluación-acreditación muestran lo siguiente: “La autoevaluación de la carrera académica profesional lo realizan sólo los profesores”, 89% encuestados, para ambos grupos, respondieron NO a esta premisa. Cuando se le pregunta: “La colaboración de los alumnos-docentes-administrativos debe manifestarse con la participación activa en cada etapa del proceso de autoevaluación” para el 87.9% del VII ciclo y 98.24% para IX ciclo, respondieron SI a este ítem. El 82% de los encuestados opina que es verdadero que “El proceso de acreditación tiene 2 etapas: Autoevaluación-Acreditación”. A la pregunta: “Primero se acredita la escuela académica luego se autoevalúa” el 79.3% para VII ciclo y 96.5% para IX ciclo respondieron que NO a la premisa. Si: “La Escuela Académica acreditada forma profesionales competentes, lo cual te da mayor posibilidad de ser elegible en una oferta laboral, estos son beneficios de tener una carrera profesional acreditada” respondieron que SI el 93.1% para VII ciclo y 98.2% para IX ciclo. “La autoevaluación se realiza sólo para conseguir la acreditación” frente a este ítem respondieron que NO el 68.9% para VII ciclo y 80.7% para IX ciclo. Cuando se le pregunta si: “La certificación es sinónimo de acreditación” el 62% para VII ciclo y 57.9% para IX ciclo opinan que NO. A la pregunta: “El proceso de autoevaluación comienza con la motivación”..el 86% y 87% de encuestados dicen que SI a la premisa para VII y IX ciclo respectivamente. En conclusión para este bloque ambos grupos coinciden en las respuestas lo cual indica que coinciden en su percepción sobre el proceso de acreditación-autoevaluación. En el cuestionario II lo referente a las definiciones de acreditación y autoevaluación(ítem 5-6) ambos grupos coinciden en responder SI, con porcentajes mayores de 90%. Estas respuestas coinciden con el cuestionario I. Esto nos permite afirmar que el ejercicio de autoevaluación es benéfico para la escuela académica ya que permite detectar áreas de oportunidad que no son consideradas por el organismo acreditador⁵.

Interrogados sobre el proceso de autoevaluación en su escuela académica encontramos lo siguiente: “El buen trabajo que realiza tu Director de Escuela influye para que se acredite tu carrera profesional” el 91.3% para VII ciclo y 94.7% para IX ciclo dicen que SI a la premisa. En el ítem 6 no tienen idea de quien dirige el proceso de acreditación, un 55.17% considera al director de escuela y un 44.82% opina que no es el director de escuela según alumnos del VII ciclo; porcentajes similares se observa en IX ciclo. En el ítem 7 las opiniones están divididas, pero en realidad la UNT actualmente no tiene ninguna escuela acreditada. Con los alumnos del VII sólo el 41.37% opina que la UNT no tiene escuelas acreditadas igual que los de IX ciclo (35.1%). Ambos grupos de estudio coinciden en su afirmación de que el Decano de la Facultad dirige el proceso de acreditación, 91.37% alumnos del VII ciclo y 66.6% los del IX ciclo, lo cual no es cierto pues existe

un comité de autoevaluación. Ambos grupos de estudio se dividen al no tener claro quien dirige el proceso de autoevaluación de su escuela siendo en mayor porcentaje (91.37%) en VII ciclo al opinar que es el decano quien lo dirige y el 66.6% en IX ciclo. De igual manera no tienen claro si la UNT tiene carreras profesionales acreditadas. En el cuestionario II sobre el proceso de autoevaluación en su escuela académica, para ambos ciclos de estudios, VII y IX, sugieren que el Director de escuela debe dirigir el proceso de acreditación y si conocen el nombre del actual director (ítem 1-2)(Tabla 4, fig. 1). Aquí mejoran su opinión sobre quién dirige la acreditación porque en el cuestionario I estaban divididos y ahora opinan, en mayoría quién lo debe dirigir. Sobre el ítem 7, si reciben información sobre la acreditación la respuesta es NO (84,2% para VII ciclo y 78% para IX ciclo). Sobre la visión y misión de su facultad (ítem 8-9) las opiniones están divididas, en VII ciclo dicen conocerla el 50,9% y 54,4% respectivamente y en el IX ciclo dicen SI el 56% y 58 % respectivamente (Tabla 4, fig. 1,2). Sobre la existencia del comité interno de autoevaluación (ítem 10) en VII ciclo están divididos, 43,9% por el SI y 49,1 % por el NO. En cambio para los alumnos del IX ciclo solo el 56% respondió SI (Tabla 4, fig. 2). Para este bloque se concluye que es necesario mayor difusión del proceso de autoevaluación por parte del comité interno en la escuela académica pues se percibe que los alumnos muestran un bajo interés en el proceso de acreditación ya que no tienen la información suficiente para participar activamente en este ejercicio⁵. Además es necesario que el comité interno sea conocido por la población estudiantil haciendo presencia en todos los actos públicos de la facultad. Para que los alumnos del IX ciclo tengan conocimiento de la existencia del comité interno (54%) se debe al trabajo realizado desde el año 2010 por el comité interno de la época³ (estos alumnos estaban en primer año) y en la actualidad hay mayor difusión del tema en pancartas, medios televisivos, periódicos, etc.

Tabla 4. Frecuencia en las respuestas de los encuestados del VII y IX ciclo de Escuela Académica Profesional de Ciencias Biológicas. Los datos están expresados en porcentajes.

Ciclo/ítem	VII		IX	
	SI	NO	SI	NO
1.El Director de escuela debe dirigir el proceso de acreditación	77,2	15,8	62	32
2.Conoces el nombre del profesor que dirige tu escuela académica profesional	77,2	22,8	83	14
3.El CONEAU prioriza el proceso de enseñanza-aprendizaje	52,6	38,6	54	24
4. SINEACE acredita solo la educación superior	57,9	26,3	36	38
5. La acreditación facilita el reconocimiento de la calidad de una profesión y consecuentemente al ejercicio profesional	96,5	01,8	98	02
6. La autoevaluación evalúa la eficacia y asegura la realización plena de la misión de la escuela académica	89,5	07,0	88	10
7. Recibes información sobre la acreditación de tu escuela	10,5	84,2	18	78
8. Conoces la visión de tu Facultad	50,9	49,1	56	44
9. Conoces la misión de tu Facultad	54,4	43,9	58	42
10. Tu escuela tiene un comité interno de autoevaluación	43,9	49,1	54	36

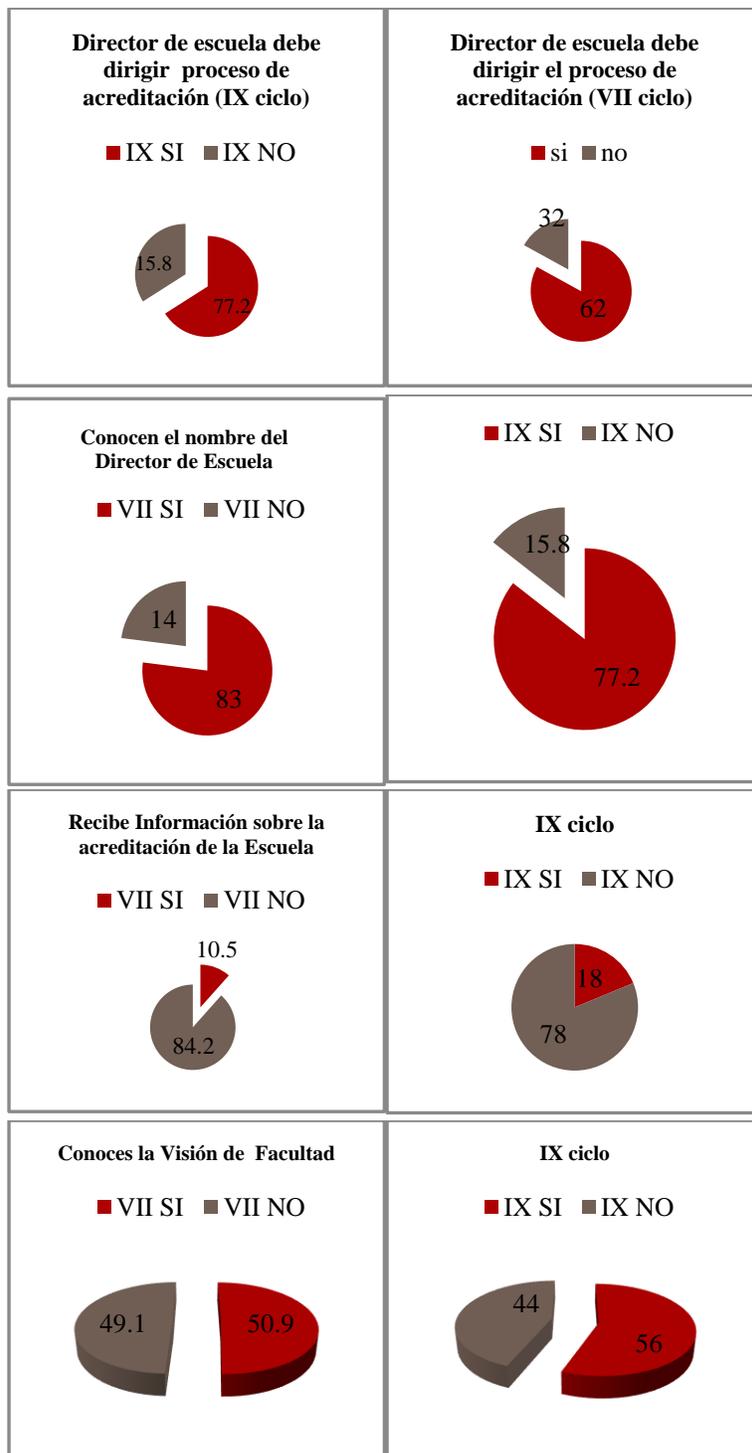


Fig. 1. Porcentajes obtenidos de los ítems 1, 2, 7 y 8 del cuestionario II aplicado a los alumnos del VII y IX ciclo de la Escuela Académica Profesional de Ciencias Biológicas. UNT

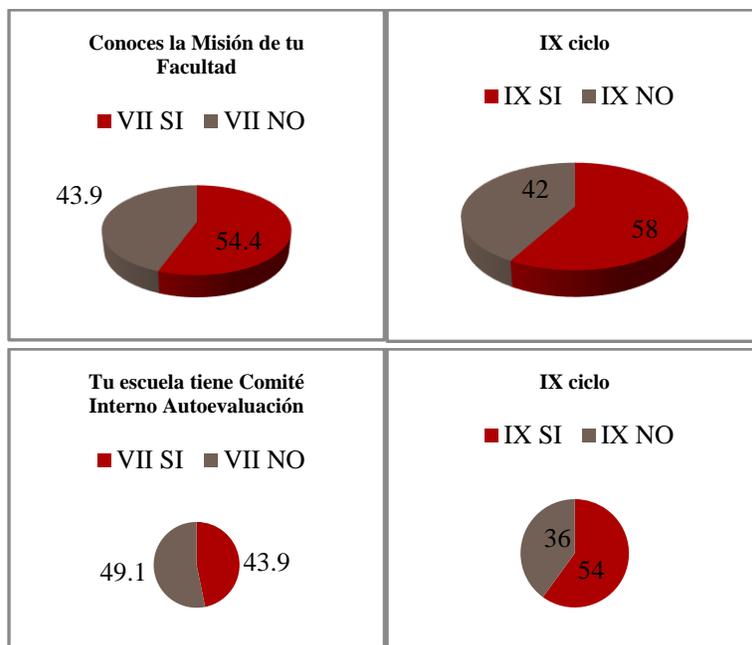


Fig. 2. Porcentajes obtenidos de los ítems 9 y 10 del cuestionario II aplicado a los alumnos del VII y IX ciclo de la Escuela Académica Profesional de Ciencias Biológicas. UNT

En relación a las preguntas abiertas: A los alumnos se les preguntó la fuente de información sobre la acreditación, los de VII ciclo dijeron profesores (33.33%) e igual los del noveno (64%). Otra pregunta fue quién es la institución encargada de la certificación profesional, ambas promociones erróneamente dicen que la Universidad o su Facultad, más del 50% en VII ciclo y 70% los del IX ciclo. En realidad la entidad que certifica la carrera profesional es el Colegio de Biólogos. La Facultad de Ciencias Biológicas tiene su revista científica llamada REBIOL la cual es conocida por el 96% de encuestados del IX ciclo y solo el 38.6% del VII. En la UNT no hay escuela acreditada y están mal informados al reportar que la escuela de Medicina y Microbiología si lo están. Al preguntársele sobre el nombre de la institución que dirige la acreditación de las carreras universitarias solo el 12% lo conoce en el VII ciclo y el 22% en el IX ciclo. Estas respuestas no coinciden con el cuestionario I y II lo cual confirma que no conocen las instituciones encargadas de la acreditación.

A la luz de los resultados que arroja este estudio, son los profesores quienes inciden más directamente y en mayor proporción sobre la percepción de la calidad de los estudiantes, entendible si se tiene en cuenta la cantidad de tiempo de interacción entre estos dos actores. se valoraba más los conocimientos del profesor sigue sus actitudes y termina con sus habilidades, todas sin mucho espacio y unas detrás de otras⁶. Además no es lo mismo ser estudiante del quinto ciclo que serlo del noveno ciclo. Definitivamente hay cambios como consecuencia de la formación, se incrementan los conocimientos teóricos, se consolidan los valores profesionales y se incrementa la capacidad crítica. Este fue el punto de partida para analizar las diferencias intragrupalas según ciclo de estudios. Los resultados fueron claros y significativos. En la medida en que el estudiante tiene mayor formación académica disminuye el nivel de satisfacción⁷

CONCLUSIONES

- El 80% de los alumnos del VII ciclo perciben la acreditación como un proceso de mejora, la asocian al concepto de Calidad Educativa frente al 73.3% del IX ciclo
- Solo el 12% de los alumnos del VII ciclo y el 22% en el IX ciclo conocen a las instituciones nacionales encargadas del proceso de acreditación.
- La mayoría de los encuestados tienen conocimiento sobre el proceso de autoevaluación-acreditación.
- Se debe difundir las actividades del comité de autoevaluación en la escuela académica pues la mayoría de los encuestados no tiene conocimiento de ella.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Piscoya H. Ranking universitario en el Perú. Plan piloto. Asamblea Nacional de Rectores. Lima-Perú. 2006
2. Consejo de Evaluación, Acreditación y Certificación de la Calidad de la Educación Superior Universitaria (CONEAU). Estándares para la acreditación de la carrera profesional universitaria de Ciencias Biológicas. Separata especial.2009
3. Chico-Ruiz J, Rodriguez-Lacherre M. Autoevaluación de la carrera profesional de Ciencias Biológicas: compromiso de profesores, administrativos, alumnos y grupos de interés REBIOL, 2010; 30(1):6-19
4. Salas, I. La acreditación de la calidad educativa y la percepción de su impacto en la gestión académica: el de una institución del sector no universitario en México. Calidad en la Educación, 2013; 38: 305-333
Chacón F, Montufar M. Análisis de la percepción de los resultados de la acreditación de la calidad educativa en los programas académicos de licenciatura. En: XI Cong Nac de Investigación Educativa/13. Política y Gestión. Lima, Perú. 2010; p.21.
6. Duque OE, Chaparro PC. Medición de la percepción de la calidad del servicio de educación por parte de los estudiantes de la UPTC DUITAMA. Criterio Libre (Bogotá, Colombia), 2012; 16: 159-192
7. Castañeda FN, Carhuapoma AY, Candela AV, Oré RM, Cruz PL, Barrueta CH. Percepción estudiantil de la calidad educativa sobre las prácticas comunitarias Rev Per Obst Enf, 2007; 3(2): 17-22

Guía para los autores

La revista **REBIOL** es el órgano oficial de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de Trujillo que publica investigaciones en los diversos campos de las Ciencias Biológicas y afines. Se admiten investigaciones científicas y tecnológicas que no estén publicados parcial ni totalmente o en estado de revisión en otro medio de publicación. La recepción de los informes es permanente y la prioridad de su publicación se hará de acuerdo al orden en el que fueron aceptados y aprobados. La publicación se realizará luego de ser sometido a un arbitraje anónimo por personas versadas.

Naturaleza de los informes.

Se acepta para publicaciones sólo aquellos informes de las categorías siguientes: **a) trabajos originales**, que son informes completos, orientados al registro de hechos o fenómenos y al desarrollo de conceptos (generalizaciones, leyes o teorías; **b) notas científicas**, que son artículos cortos, sobre asuntos muy específicos, que aportan al conocimiento, pero no necesariamente al desarrollo de conceptos, cuyos resultados son difícilmente verificables, debido a que son hechos o fenómenos muy esporádicos o la muestra es muy difícil de encontrar (también puede prepararse de esta manera sobre nuevos métodos, técnicas y aparatos y redactados de modo que no es posible su repetición por razones de propiedad industrial y otros; y **c) revisiones o monografías**, que son informes críticos en los que se reúnen, analizan y discuten informaciones ya publicadas y relativas a un solo tema.

Preparación del manuscrito

Los manuscritos deben ser redactados de modo impersonal, en una extensión máxima de 20 páginas para los trabajos originales, 10 para las notas científicas y 35 para las revisiones bibliográficas. Deben ser escritos a doble espacio, con márgenes de 3 cm a cada lado.

Se recomienda evitar errores gramaticales y de puntuación en el texto y seguir las normas internacionales relacionadas con la escritura de los nombres científicos, de números, de símbolos o abreviaturas de prefijos de pesos y medidas, matemáticos, estadísticos y químicos. Además, no se debe escribir palabras completamente con mayúscula, salvo para siglas y en las figuras.

Estructuración del manuscrito.

Los trabajos originales y las notas científicas deben estructurarse en este orden: **título** (en español e inglés, de una extensión aproximada a no mayor de las 20 palabras, sin abreviaturas, fórmulas químicas ni autores de taxa científicos), **autor(es)** y **dirección(es)**, **resumen y abstract** (en un solo párrafo y extensión aproximada a las 200 palabras), **introducción**, **material y métodos**, **resultados**, **discusión**, **reconocimientos** (opcional y sólo a personas que han contribuido significativamente a la investigación), **referencias bibliográficas**, **tabla(s) y/o figura(s)** (opcional) y leyendas de figuras. Con las mismas características, las revisiones, por su lado, deben estructurarse en este orden: **título**, **autor(es)** y **dirección(es)**, **tabla de contenidos**, **introducción**, **tópicos de revisión**, **reconocimientos** (opcional), **referencias bibliográficas**, **tablas y figuras** (opcional) y leyendas de figuras.

Las referencias y las citas bibliográficas deberán estructurarse acogiéndose a uno de los sistemas internacionales, de preferencia el de **Vancouver**. Las tablas sólo deben tener tres líneas horizontales y ninguna vertical, un título claro y entendible por sí mismo, sin necesidad de recurrir al texto y precedido de un número arábigo.

Descripción de los procedimientos para el manejo de los manuscritos

Los autores enviarán sus manuscritos al Editor (cjara@unitru.edu.pe) conjuntamente con una carta declarativa.

El Editor verifica si el material enviado se ajusta a la línea editorial de la revista. Si es conforme, el artículo es sometido a un sistema de arbitraje de pares (**peer review**), recurriendo a mínimo dos (02) revisores o evaluadores externos, para que en el plazo máximo de quince días expresen sus opiniones (según la “**Hoja de Opinión**”), recomendando la aceptación o rechazo del artículo. Si el artículo no se ajusta a la línea editorial, el Editor se reserva el derecho de enviar un informe al autor para cambiar o rehacer su artículo, total o parcialmente, teniendo los autores que iniciar nuevamente el proceso de envío de su trabajo. En el peor de los casos, el manuscrito se rechaza y es comunicado a los autores, adjuntando un informe con las razones de la denegación. Los nombres de los revisores se mantienen en el anonimato para el(los) autor(es) durante todo el proceso. **Aunque, para facilitar el arbitraje, los autores pueden enviar una lista de cuatro (4) posibles revisores, especialistas en el tema del artículo, con sus respectivas direcciones de correo electrónico.**

Hoja de Opinión

Los revisores responden a las siguientes preguntas:

1. ¿El manuscrito representa una contribución nueva y original?
2. ¿El resumen es adecuado?
3. ¿Las palabras clave son las adecuadas?
4. ¿El material enviado especifica claramente el propósito del trabajo?
5. ¿El método, estrategia, intervención o experimento es idóneo, aplicable y replicable?
6. ¿Los resultados son válidos para otros contextos y realidades?
7. ¿Se logra el objetivo declarado?
8. ¿Se cita bibliografía adecuada y actualizada para el desarrollo del tema?
9. ¿Considera que las conclusiones están acordes con la información que se presenta?
10. ¿El material debe ser revisado en términos de estilo, ortografía y gramática?
11. ¿Cómo calificaría este manuscrito?

Sobresaliente __; Muy bueno __; Bueno __; Regular __; Deficiente __.

12. ¿El artículo es aceptable para su publicación?

SI, en su forma actual.

SI, con algunas modificaciones

SI, después de una revisión importante

NO, debe ser rechazado.

Tras el regreso de las opiniones, éstas se envían al autor para que tenga en cuenta las sugerencias y/o comentarios de los revisores y vuelva a presentar el manuscrito. Se repite el procedimiento hasta que no haya observaciones.

Nota

Mientras el manuscrito se esté evaluando para su publicación, no podrá ser enviado a otras revistas. Una vez aprobado para publicación, todos los derechos de reproducción total o parcial pasarán a la revista REBIOL.

Envíos

Los manuscritos deberán ser preparados en Word para Windows (formato electrónico y digital) y enviados a:

REBIOL

Av. Juan Pablo II s/n - Ciudad Universitaria

Facultad de Ciencias Biológicas

Universidad Nacional de Trujillo

Trujillo, Perú

Email: cjara@unitru.edu.pe