

REBIOL

REVISTA DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA



Facultad de Ciencias Biológicas
Universidad Nacional de Trujillo

Volumen 35, Número 2

Julio - Diciembre, 2015



ISSN: 2313-3171(En Línea)

Las Jornadas Científicas de los estudiantes de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de Trujillo

El currículo vigente de las tres Escuelas Académico Profesionales (EAP) de la Facultad de Ciencias Biológicas de nuestra Casa de Estudios: Ciencias Biológicas, Microbiología y Parasitología y Pesquería, establece que, como parte de su formación en investigación, desarrollen tres cursos que son denominados, Investigación Científica I (VIIIc), dirigido a proponer un proyecto de investigación; Investigación II (IXc), en el cual se ejecuta el proyecto e Investigación III (Xc), en el cual se culmina la ejecución y se redacta el informe bajo tres formatos: Tesis, Artículo Científico y Póster.

Estas actividades de investigación se desarrollan grupal o individualmente, aspecto que depende del grupo de docentes del curso; así, por ejemplo, en la EAP de Ciencias Biológicas se desarrolló (al menos en el ciclo 2015-II) 43 proyectos, correspondientes al mismo número de alumnos; en la EAP de Microbiología y Parasitología, por su parte, (con un número de alumnos similar a la anterior: 55) se ejecutaron 13 proyectos, es decir, una investigación por grupo de entre tres y cinco alumnos, y en la EAP de Pesquería, que cuenta con menor número de alumnos que las anteriores se desarrollaron 15 proyectos.

Al margen de esta diferencia, con el propósito de dar a conocer los resultados de sus investigaciones, las promociones de alumnos de las tres EAPs, con mucho entusiasmo, organizan sus Jornadas de Investigación, por separado, en las dos últimas semanas del Xc, con la participación de autoridades de la Facultad, docentes y alumnos. La manera de presentación de los resultados es bajo la forma de Posters, entendiéndose que ésta es la forma más apropiada en una Facultad que carece de ambientes idóneos para la presentación bajo la forma de disertación oral.

Como se ha mencionado, la redacción de resultados también se hace bajo la forma de Artículo Científico. Esto significa que existen 71 artículos que pueden someterse a distintas revistas científicas a fin de que se procure su publicación, que, lógicamente, tendría más alcance que la exposición de posters. En ese sentido REBIOL y REBIOLEST, las revistas de nuestra Facultad, ofrecen amablemente sus páginas para que tales artículos, luego de su revisión por expertos, puedan ser publicados.

Foto de la portada: *Echinopsis pachanoi* (Britton & Rose) Friedrich & G. D. Rowley. Familia Cactaceae. Comúnmente "cactus de San Pedro". Posee tallo columnar de color verde oscuro. Foto tomada en Cascas por Luis Pollack Velásquez.

El Director

REBIOL

Volumen N° 35, Número 2, Julio-Diciembre, 2015

Contenido/Contents

ARTÍCULOS ORIGINALES/ORIGINAL PAPERS

- **Demanda hídrica y calidad de agua de uso agrícola de la cuenca del río Jequetepeque, Perú.** Water demand and water quality for agricultural use in Jequetepeque River basin, Peru. Ana M. Guerrero-Padilla. Pág. 5
- **Vulnerabilidad en sistemas de agua potable y alcantarillado ante inundaciones en el distrito de Trujillo, Perú.** Vulnerability in drinking water supply and sewage flooding in Trujillo district, Peru. Georgina S. Rubio-Herrera y Ana M. Guerrero-Padilla. Pág. 19
- **Variabilidad morfo-agronómica en poblaciones de pallar, *Phaseolus lunatus*, cultivado en condiciones de Costa de la Provincia de Trujillo (Perú).** Morpho-agronomic variability in populations of lima, *Phaseolus lunatus*, grown under conditions of Coast Province Trujillo (Peru). Manuel F. Pesantes Vera, Eduardo León Alcántara, Edith De La Cruz Araujo y Juan Carlos Rodríguez Soto. Pág. 29
- **Características germinativas de semillas del algodón nativo, *Gossypium* sp., de fibra verde, lila y marrón.** Germination characteristics of native cotton, *Gossypium* sp., seeds of green, lilac and brown fiber. Armando Gil Rivero y Eloy López Medina. Pág. 39
- **Actividad antifúngica del extracto etanólico de las hojas de *Schinus molle* sobre el crecimiento de *Lasiodiplodia theobromae* en condiciones de laboratorio.** Antifungal activity of ethanol extract of *Schinus molle* leaves on growth of *Lasiodiplodia theobromae* under laboratory conditions. Silvia Segura-Contreras, Marlene Rodríguez-Espejo, y Julio Chico-Ruiz. Pág. 47
- **Comparación de antígenos de excreción-secreción de epimastigotes (ESEA) y tripomastigotes (TESA) de *Trypanosoma cruzi* mediante Western blot para el diagnóstico de la enfermedad de Chagas.** Comparison of *Trypanosoma cruzi*-epimastigotes (ESEA) and trypomastigotes (TESA) excretory-secretory antigens by Western blotting technique for Chagas' disease diagnosis. Ana Vásquez Tandaypán, Hermes Escalante y Adderly Benites. Pág. 53
- **Efecto del extracto etanólico de *Ficus carica* (Moraceae) sobre la formación de la larva 2 de *Ascaris suum* y *Trichuris ovis*, en condiciones de laboratorio.** Effect of the ethanol extract of *Ficus carica* (Moraceae) on the formation of *Ascaris suum* and *Trichuris ovis* larva 2, under laboratory conditions. Karen Siccha Aguilar, Víctor Terán y César A. Jara. Pág. 62
- **Biología de *Ceratocapsus dispersus* (Hemiptera) predator de *Pectinophora gossypiella* (Lepidoptera).** Life history of *Ceratocapsus dispersus* (Hemiptera) predator of *Pectinophora gossypiella* (Lepidoptera). Nicanor Migue Bravo Choque y Agustín Martos Tupes. Pág. 69
- **Calidad de agua según los macroinvertebrados bentónicos y parámetros físico-químicos en la microcuenca del río Tablachaca (Ancash, Perú) 2014.** Water quality according to benthic macroinvertebrates and physico-chemical parameters in the Tablachaca River (Ancash Peru) watershed, 2014. Maritza Vásquez Valerio y Cesar A. Medina Tafur. Pág. 75

- **Notas sobre Malvaceae subfamilia Bombacoideae en la región La Libertad, Perú.** Notes on Malvaceae subfamily Bombacoideae in the La Libertad region, Peru. Eric F. Rodríguez Rodríguez¹, Elmer Alvítez Izquierdo², Luis Pollack Velásquez², Emiliana Huamán Rodríguez² y Abundio Sagástegui Alva (+)Pág. 90
- **El género Bomarea (Alstroemeriaceae) en la Región La Libertad, Perú, 2013.** The genus Bomarea (Alstroemeriaceae) in Region La Libertad, Peru, 2013. Brenda M. Martínez Torres¹ y Freddy Peláez PeláezPág.Pág. 102
- **Genómica: Definiciones, tecnologías y avances en el Perú.** Genomics: definitions, technologies and advances in Peru. Miguel Á. Alcalde-Alvites.....Pág. 117
- **Reseña biográfica de Juan Ormea Rodríguez (1893 - 1971), creador del Museo de Zoología de la Universidad Nacional de Trujillo.** José Nicanor Gutiérrez Ramos.Pág. 129

POLITICA EDITORIAL

- Guía para los autores.Pág. 136



Demanda hídrica y calidad de agua de uso agrícola de la cuenca del río Jequetepeque, Perú

Water demand and water quality for agricultural use in Jequetepeque River basin, Peru

Ana M. Guerrero-Padilla

Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional de Trujillo-Perú

RESUMEN

Se determinó la demanda hídrica y la calidad de agua de uso agrícola en la cuenca del río Jequetepeque, Perú. La correlación de volúmenes de agua (MMC) y áreas ocupadas por las cédulas de cultivo (ha) en el Valle Jequetepeque durante los años 2001-2014, se observó una disminución de la productividad entre los años 2003 al 2005, luego crecimiento productivo alto en año 2012 y en 2014 bajos volúmenes de agua y en consecuencia la pérdida de la actividad agrícola y productiva. En la determinación de la calidad de agua se ubicaron cuatro estaciones de muestreo, evaluándose parámetros físico-químicos, de acuerdo a lo establecido en el Manual de Métodos Normalizados para el análisis de Agua (APHA) y contrastados con los Estándares Nacionales establecidos por el Decreto Supremo N° 002-2008 del Ministerio del Medio Ambiente, categoría 3 – Riego de vegetales y bebidas de animales y Ley de Recursos Hídricos N° 29338 y la Norma Internacional de la Unión Europea (Directiva 2008/105/CE del Parlamento Europeo y del Consejo. Se concluye que las aguas de la cuenca del río Jequetepeque son óptimas para uso agrícola.

Palabras clave: demanda hídrica, calidad de agua, cuenca Jequetepeque

ABSTRACT

The water demand and quality of agricultural water in the Basin of Jequetepeque River, Peru was determined. The correlation of water volumes (MMC) and occupied areas by the bonds of culture (ha) in the Jequetepeque valley during the years 2001-2014, was found a productivity decrease from 2003 to 2005. In 2012 high production growth was found and in 2014 low water volumes in consequently loss of agricultural and productive activities. Four sampling stations were located, physicochemical parameters were evaluated according to the provisions of the Manual of Standard Methods for the analysis of water (APHA) and compared with the National Standards established by Supreme Decree N° 002-2008 of the Ministry of Environment, category 3 – Irrigation of plants and water resources law N° 29338 and International law of Europe Union (Directive 2008/105/CE of European Parliament and Council. It was concluded that waters of the Jequetepeque river basin are optimal for agricultural use.

Keywords: water demand, water quality, Jequetepeque river basin

INTRODUCCIÓN

Los focos más importantes de contaminación del recurso hídrico en las cuencas lo constituyen los vertimientos y relaves mineros, descarga de aguas residuales de uso doméstico e industrial sin tratar, arrojamiento de desperdicios sólidos a los cauces y contaminación difusa de origen agrícola; otro problema ambiental frecuente es la pérdida de continuidad de los ecosistemas hídricos por construcción de obras dentro del cauce, presas y bocatomas, afectando la biodiversidad acuática^{1,2}.

La Asociación Mundial del Agua³ señala que la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH) es un proceso que promueve la gestión y el desarrollo coordinado del agua, de la tierra y de los recursos relacionados, a fin de maximizar el bienestar económico y social resultante de una gestión equitativa que no cause detrimento a la sostenibilidad de los ecosistemas vitales.

La Estrategia Nacional para la Gestión de los Recursos Hídricos Continentales del Perú establece la protección de la calidad de los recursos hídricos⁴, por lo que hay que implementar los mecanismos necesarios para la protección de las cuencas hidrográficas y acuíferos. Por ello, Dourojeanni⁵ afirma que para lograr la gestión integral de los recursos naturales y del agua en particular es necesario materializar de acciones (crecimiento económico y sustentabilidad), procesar transacciones entre actores (equidad) e integrar disciplinas⁶.

Así, por ejemplo, el río Amajac (México) presenta valores por encima de la norma del índice de calidad de agua (I.C.A), como sólidos solubles, sólidos totales, oxígeno disuelto y Coliformes fecales y totales⁷ y en el río Santa Cruz (RSC), Sonora (México), en la época de estiaje, se observaron las concentraciones más altas de los parámetros evaluados, pero, a excepción de los nitritos, se considera que la calidad del agua y sedimento, es buena⁸. En Colombia, se evaluó los parámetros fisicoquímicos y biológicos del agua de la cuenca Piedras Blancas (Antioquia); las variables fisicoquímicas mostraron fluctuaciones bajas a lo largo del estudio, excepto la conductividad y los sólidos totales, cuyos cambios estuvieron relacionados con la alta pluviosidad durante el período de estudio⁹.

En la actualidad es importante conocer la calidad del agua para el consumo humano, para el riego de los cultivos y uso industrial. El concepto de Calidad de Aguas, se aplica en relación a una serie de requisitos o normas establecidas basadas en las concentraciones de diversos parámetros físicos, químicos y biológicos. Para regular la calidad del agua nace dentro del marco de ordenamiento de la gestión ambiental del país, uno de los aspectos principales es el establecimiento de Estándares de Calidad Ambiental acorde a las exigencias y orientaciones ambientales actuales, la que se sustenta en el Reglamento Nacional para la Aprobación de Estándares de Calidad Ambiental y Límites Máximos Permisibles.¹⁰ Su uso se debe ejercerse de manera eficiente, evitando la afectación de su calidad y de las condiciones naturales de su entorno, respetándose los usos primarios y derechos de uso del agua otorgados, según el artículo 54° según la Ley de Recursos Hídricos N° 29338¹¹.

En el Perú, la calidad del agua es afectada principalmente por los relaves mineros con metales pesados que son arrojados a las cuencas hidrográficas; siendo los ríos Mantaro, Rímac, Santa e Ilo; entre otros, los que presentan gran contaminación química que causan desaparición de fauna y flora. En la Región La Libertad, las cuencas de los ríos Moche y Jequetepeque también sufren la acumulación de contaminantes minero-metalúrgicos causantes de pérdida de la biodiversidad y de la disminución de la capacidad productiva de los suelos agrícolas¹².

La cuenca del río Jequetepeque, que recorre 150 Km de Este a Oeste, desde los 4 000 m.s.n.m., colectando en su trayecto el drenaje de más de 30 ríos secundarios, riachuelos y quebradas menores, se embalsa en la Represa Gallito Ciego; cuya vida útil fue diseñada para 50 años; sin embargo, volúmenes considerables de sedimentos viene colmatándose y, con ello, reduciendo la vida útil para la que fue diseñada; ya que, desafortunadamente, no recibe mantenimiento adecuado.

Estudios realizados por el proyecto Jequetepeque-Zaña¹³ expresan la preocupación por los graves problemas de contaminación que está afrontando el río Jequetepeque al tener en cuenta que este recurso es utilizado en el consumo humano, agricultura y ganadería; además aguas abajo de la represa Gallito Ciego son usadas en actividad agrícolas y pecuarias; por lo que debe implementarse los arreglos adecuados, bajo una política del agua de gran visión; de lo que resultó el objetivo principal de este trabajo, tuvo como objetivo realizar un estudio hidrológico y determinar la calidad de agua de uso agrícola en la cuenca del río Jequetepeque (Perú), lo que permitirá realizar una gestión integrada de la cuenca.

MATERIAL Y MÉTODOS

La cuenca del río Jequetepeque ubicada en la costa Norte del Perú, entre los 7°6' y 7°30' de la L.S. y los 78° 30' y 79° 40' L.O. en la Vertiente Occidental de los Andes tienen un área total de 698 200 ha distribuida en la provincias y distritos de Pacasmayo y Chepén, Cajamarca, Contumazá, San Pablo y San Miguel (Regiones La Libertad y Cajamarca). Sus niveles altitudinales varían entre 0 y 4000 m.s.n.m. atravesando una accidentada topografía y precipitaciones de 0 a 1,100 mm anuales.

Comprende 4,372.5 Km², con influencia climática del Pacífico y de la vertiente Altoandina Oriental (Cuenca del Amazonas).

El presente estudio comprendió: a) Demanda hídrica de la Cuenca del río Jequetepeque, disponibilidad y uso de tierras y aguas; b) Calidad de aguas de uso agrícola.

La disponibilidad hídrica es un instrumento de planificación de las organizaciones de usuarios y entidades que tienen el rol de operadores de la infraestructura hidráulica, para lo cual la junta de usuarios del Sub Distrito de Riego Regulado Jequetepeque (JUSDRRJ) encargado de la operación y mantenimiento de la infraestructura hidráulica menor y distribución de agua planificó el uso de la disponibilidad hídrica para los años 2001-2014, para el uso racional y eficiente del recurso hídrico¹⁴.

En la determinación de la calidad de agua de uso agrícola; se realizó a través de la determinación de las estaciones de muestreo; las mismas que fueron localizadas en zonas, obteniendo muestras representativas, donde la mezcla del agua era homogénea. Se ubicaron en las márgenes del río en número de cuatro y aledañas a la carretera, aguas debajo de la represa Gallito Ciego (Fig. 5). El muestreo se realizó de acuerdo a la metodología de APHA¹⁵.

- Estación I (E1): correspondiente a la localidad de Pay-Pay, entre las latitudes 7° 15' 20.77'' L.S. y 79° 14' 06.24'' L.O.
- Estación II (E2): se ubicó en la localidad de Ventanillas, entre las latitudes 7° 16' 26.11'' L.S. y 79° 15' 49.62'' L.O.
- Estación III (E3): ubicada en la localidad de Huabal, entre las latitudes 7° 18' 21.35'' L.S. y 79° 19' 33.16'' L.O.
- Estación IV (E4): ubicada en el puente La Libertad (entre las localidades de San José y Ciudad de Dios), a los 7° 19' 28.46'' L.S. y 79° 28' 52.56'' L.O.

Las muestras fueron colectadas en 2 frascos de polietileno de 250 mL de capacidad previamente esterilizados para análisis físico-químicos y la frecuencia de muestreo para los análisis mencionados, se colectaron en cada una de las estaciones de muestreo, durante 12 meses consecutivos¹⁵.

Para evaluar el nivel de contaminación de las aguas de la zona de estudio, se determinaron parámetros físico-químicos, de acuerdo a la normatividad vigente de acuerdo a La Ley Recursos Hídricos D.L. N° 29338.¹¹ Los parámetros mencionados se ejecutaron de acuerdo a lo establecido en el Manual de Métodos Normalizados para el análisis de Agua.¹⁵ Estos parámetros fueron contrastados con los estándares nacionales establecidos por el decreto supremo N° 002-2008 del Ministerio del medio ambiente¹⁶, categoría 3 – Riego de vegetales y bebidas de animales, la Ley de Recursos Hídricos N° 29338¹¹ y ECA-MINAM del año 2012¹⁰ y la Directiva 2008/105/CE del Parlamento Europeo y del Consejo¹⁷.

RESULTADOS

La demanda hídrica en la cuenca de río Jequetepeque es utilizada en los diferentes sectores que implican el desarrollo de las actividades humanas, siendo el uso agrícola el más importante por la principal actividad económica. Los usos se realizan a través del sistema regulado existente, que permite atender estos requerimientos. La demanda de agua programada por comisiones de usuarios según el plan de riegos para la campaña grande (2014-2015) y volúmenes de agua agosto a diciembre 2014 y de octubre 2014 a julio 2015, fue de 634 268 hm³ (Tabla 1).

La Tabla 2, contiene el balance hídrico a nivel del sector hidráulico regulado en el valle Jequetepeque año agrícola 2014-2015 la demanda de agua programada (hm³), de acuerdo a la disponibilidad hídrica total, se resume los usos actuales de agua en los diferentes sectores de riego. Según la Administración de agua de Jequetepeque y la Junta de usuarios del Sub-distrito de riego regulado Jequetepeque del año hídrico 2014-2015, tiene disponibilidad hídrica total de 631 218 hm³, mientras que la demanda de agua bruta es 686 260 hm³. El reservorio de Gallito Ciego a inicio del mes de agosto fue 261 999 hm³ y se espera que para el mes de julio sea de 189 476 hm³.

En referencia a balance de tierras en el sector hidráulico de Jequetepeque durante la campaña grande, año agrícola 2014-2015, con un área registrada bajo riego de 55693,88 ha, y con área afectada, drenaje y salinidad 12 000 ha. Es pertinente además indicar las áreas ocupadas con cultivos instalados en el sector hidráulico de Jequetepeque durante el año agrícola 2001-2014, con un crecimiento en área de cultivos para el año 2012 y decreciendo notablemente en 2014 (Fig. 2).

Los requerimientos de agua fluctuaron entre 564,06 y 850,06 millones de metros cúbicos para el riego de cédulas de cultivo del Valle Jequetepeque durante los años 2001-2014. Así como también se

indica el análisis de correlación entre los volúmenes de agua (MMC) y áreas ocupadas por las cédulas de cultivo (ha) en el Valle Jequetepeque durante los años 2001-2014 (Fig.4).

Tabla 1: Demanda de agua programada (hm³) durante el plan de riegos campaña grande año agrícola 2014-2015, en la Cuenca Jequetepeque (Perú). Fuente: Junta de usuarios del subdistrito de riego regulado

Comisiones de usuarios	Volumen de agua (hm ³)		TOTAL
	AGO-DIC 2014	OCT 2014-JUL 2015	
	Según área instalada	Según área programada	
PAY PAY	0.554	2.630	3.185
VENTANILLAS	0.796	2.608	3.404
TOLON	9.839	26.811	36.650
HUABAL-ZAPOTAL	0.341	11.115	11.457
TALAMBO	17.048	100.514	117.562
TALAMBO-PRESURIZADO	6.645	21.558	28.204
AREAS NUEVAS	2.044	4.096	6.141
CHEPEN	1.496	45.381	46.877
GUADALUPE	0.952	52.815	53.768
PUEBLO NUEVO	2.740	66.685	69.425
PACANGA	9.120	62.060	71.180
LIMONCARRO	0.170	44.023	44.193
TECAPA	1.005	13.981	14.986
SAN PEDRO	1.923	57.552	59.475
SAN JOSE	0.849	53.496	54.345
JEQUETEPEQUE	0.972	12.445	13.417
TOTAL:	56.498	577.771	634.268

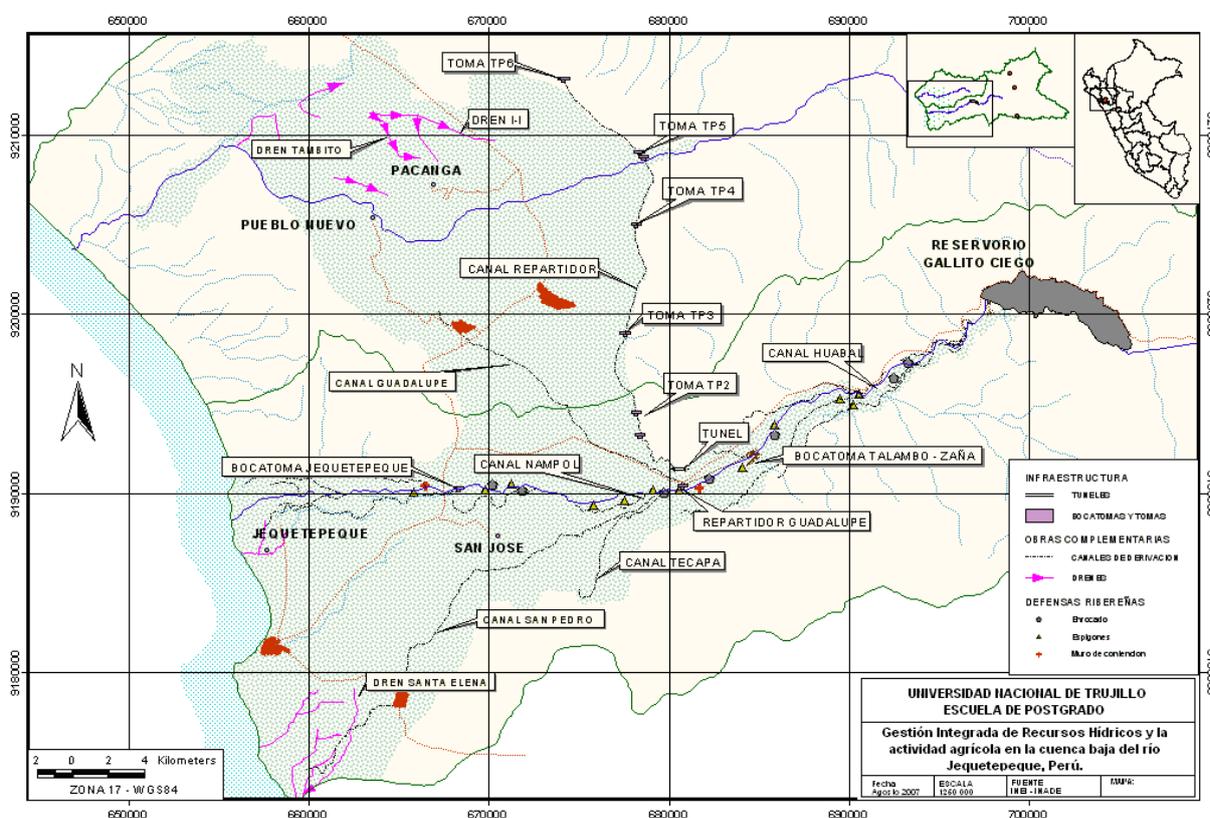


Fig.1. Ubicación de la infraestructura canales de riego regulado, cuenca baja del río Jequetepeque, Perú.¹⁸

Tabla 2: Balance hídrico a nivel del sector hidráulico regulado en el valle Jequetepeque año agrícola 2014-2015

DESCRIPCION	MASA DE AGUA MENSUALIZADA EN (hm ³)												TOTAL
	2014					2015							
	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	
DISPONIBILIDAD HIDRICA TOTAL	8.544	6.905	14.957	21.760	31.707	57.443	89.881	170.584	135.306	48.762	27.260	18.110	631.218
RIO JEQUETEPEQUE AL 75 % PERSISTENCIA	4.980	4.025	11.597	17.478	25.920	46.780	77.770	157.580	124.350	42.125	21.650	14.325	548.580
AGUA DE RECUPERACION DE RIO	1.650	1.140	1.480	2.250	3.470	6.100	6.200	7.300	5.800	3.430	3.330	1.750	43.900
AGUA DE RECUPERACION DE CANALES	1.914	1.740	1.880	2.033	2.317	4.563	5.911	5.704	5.156	3.207	2.280	2.035	38.738
DEMANDA DE AGUA BRUTA	25.863	19.042	14.534	29.007	81.401	126.958	129.720	114.052	77.484	33.112	17.629	17.458	686.260
USO AGRARIO	21.979	15.284	10.651	24.730	76.178	121.735	125.002	108.829	73.207	29.228	13.870	13.574	634.269
CAMPAÑA ANTERIOR	21.979	15.284	9.431	5.006	4.798	-	-	-	-	-	-	-	56.498
CAMPAÑA GRANDE ACTUAL	-	-	1.220	19.724	71.380	121.735	125.002	108.829	73.207	29.228	13.870	13.574	577.771
USO POBLACIONAL	0.536	0.518	0.536	0.518	0.536	0.536	0.484	0.536	0.518	0.536	0.518	0.536	6.307
USO PRIMARIO	0.670	0.648	0.670	0.648	0.670	0.670	0.605	0.670	0.648	0.670	0.648	0.670	7.884
USO MOTOBOMBAS(FORMALES E INFORMALES)	2.678	2.592	2.678	3.110	4.018	4.018	3.629	4.018	3.110	2.678	2.592	2.678	37.800
PERDIDAS TOTALES	1.753	1.534	1.666	1.934	1.724	1.786	1.340	1.062	1.019	1.374	1.637	1.556	18.385
EVAPORACION DEL RESERVORIO	1.753	1.534	1.666	1.934	1.724	1.786	1.340	1.062	1.019	1.374	1.637	1.556	18.385
BALANCE SIN RESERVORIO	-19.07	-13.67	-1.24	-9.18	-51.42	-71.30	-41.18	55.47	56.80	14.28	7.99	-0.90	-73.427
RESERVORIO A INICIO DE MES	261.999	242.927	229.255	228.013	218.832	167.414	96.113	54.934	110.404	167.206	181.482	189.476	
BALANCE FIN DE MES	242.927	229.255	228.013	218.832	167.414	96.113	54.934	110.404	167.206	181.482	189.476	188.572	
RESERVORIO FIN DE MES	242.927	229.255	228.013	218.832	167.414	96.113	54.934	110.404	167.206	181.482	189.476	188.572	

Fuente: Junta de usuarios del subdistrito de riego regulado Jequetepeque

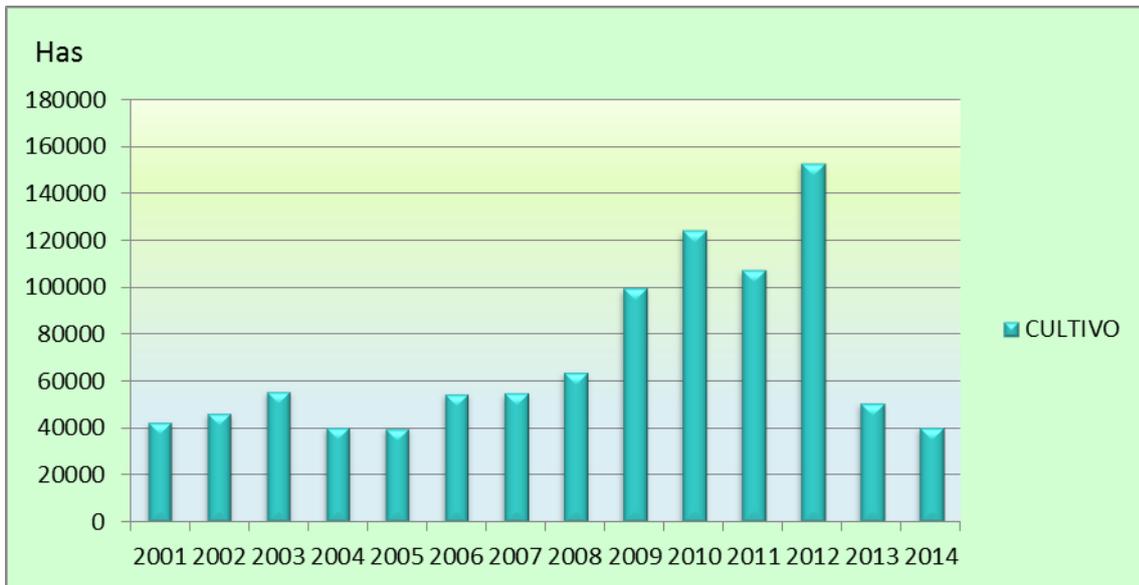


Fig. 2. Cédulas de cultivo por campañas agrícolas 2001-2014 en el Valle Jequetepeque. Perú

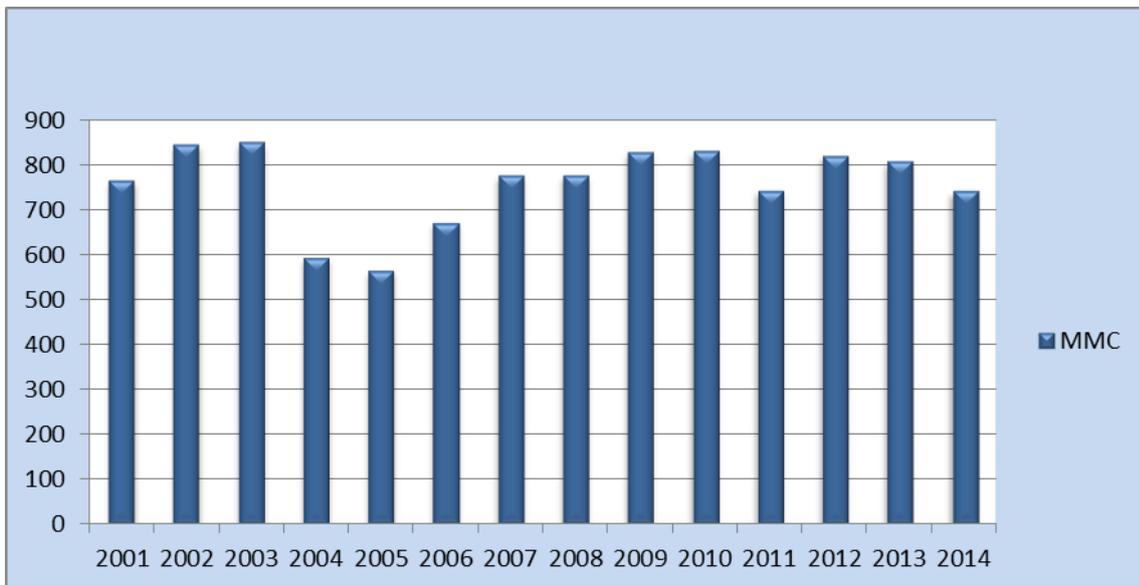


Fig. 3. Requerimientos de agua en millones de metros cúbicos de la cuenca del río Jequetepeque para el riego de cédulas de cultivo del Valle Jequetepeque, Perú, durante los años 2001-2014.

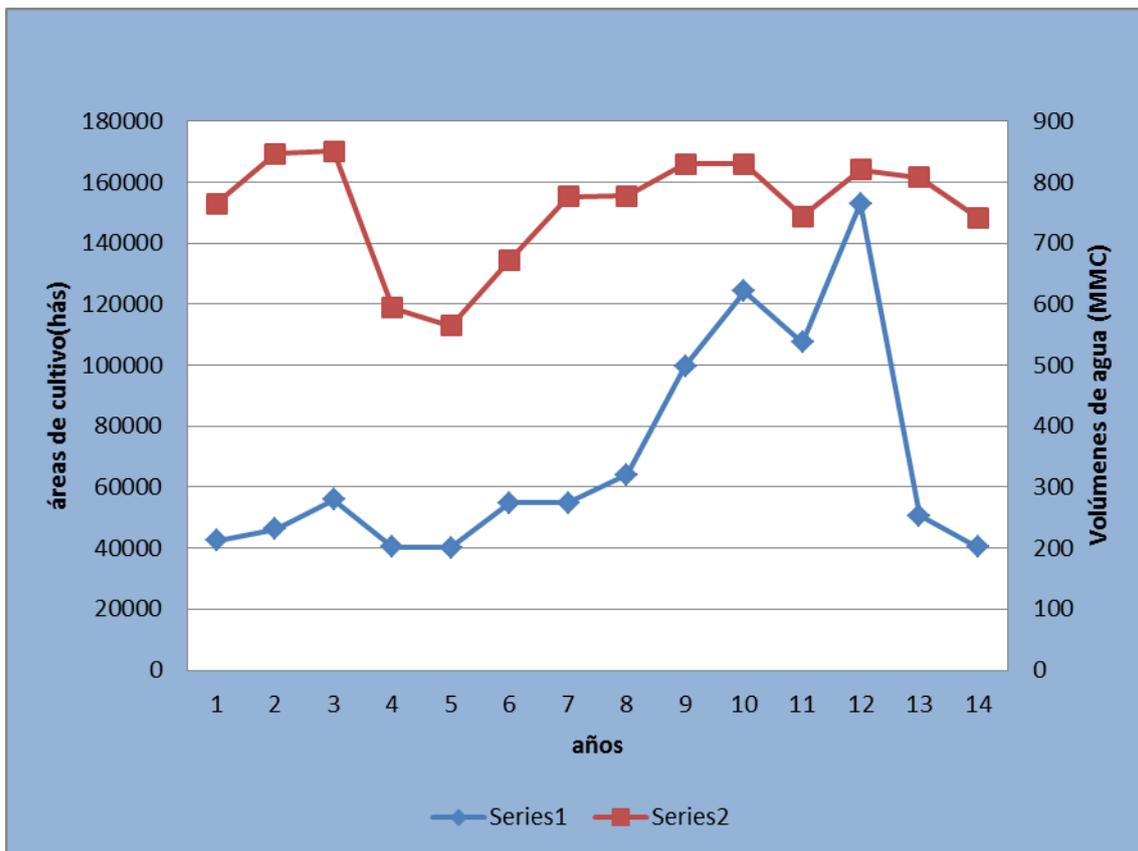


Fig.4. Correlación de volúmenes de agua (MMC) y áreas ocupadas por las cédulas de cultivo (ha) en el Valle Jequetepeque (Perú) durante los años 2001-2014.

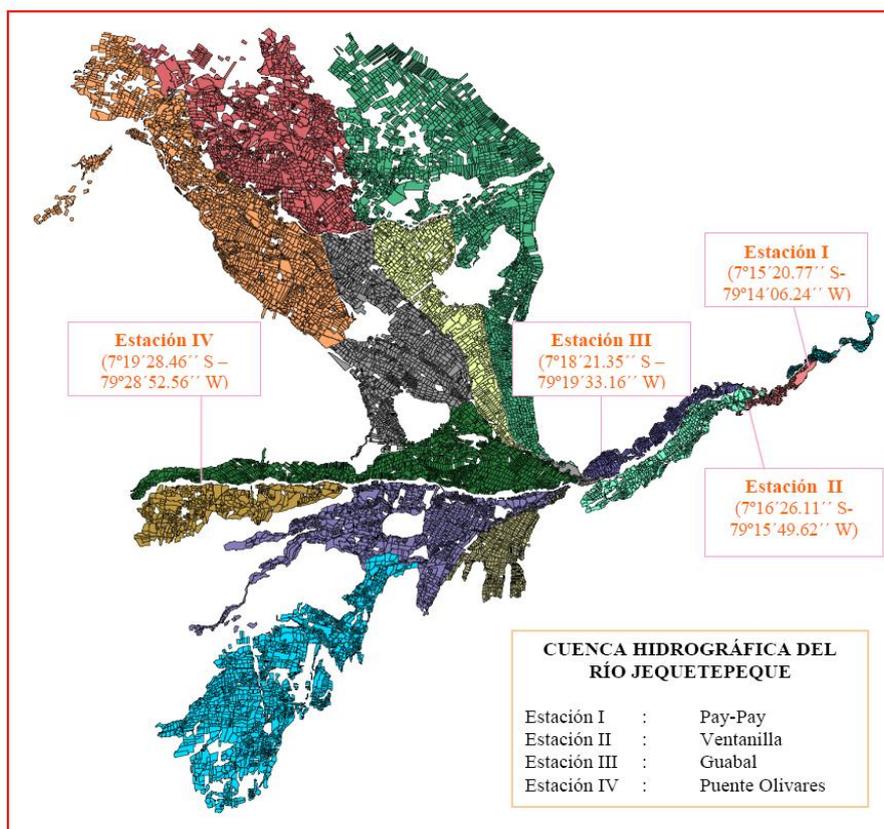


Fig. 5: Ubicación de estaciones de muestreo en la cuenca baja del río Jequetepeque- Perú.

Los valores registrados por el pH oscilaron dentro de los estándares de la Unión Europea (CEE) y los límites máximos permisibles de los Estándares de calidad de agua (ECA), categoría 3 –MINAM 002-2008¹⁶ (Fig. 6).

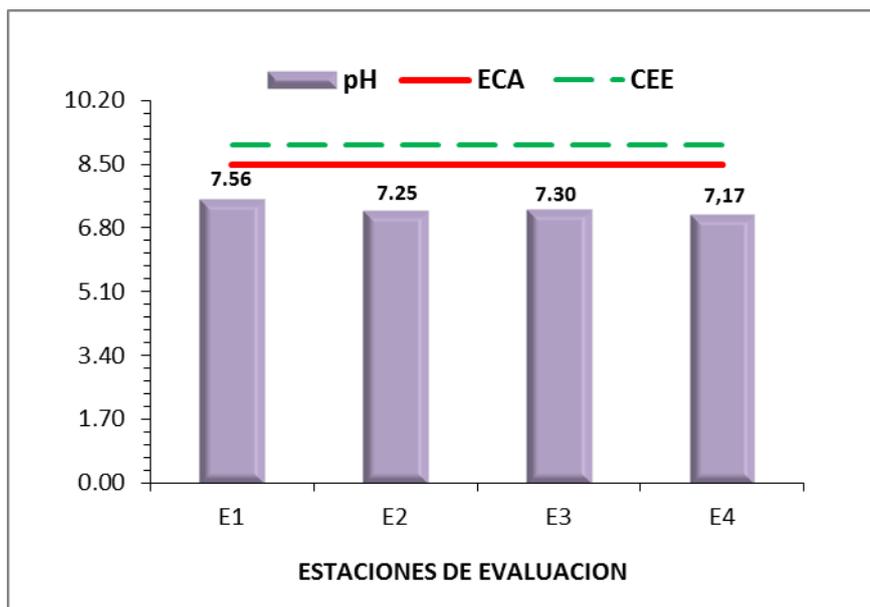


Fig. 6. Promedio de pH, de cuatro estaciones evaluadas en la cuenca baja del río Jequetepeque, comparado con los Estándares de calidad de agua (ECA), categoría 3 –MINAM 002-2008 y Estándares de la Unión Europea (CEE).

La temperatura (°C) en las 4 estaciones de muestreo de la cuenca baja del río Jequetepeque-Perú (Fig. 7).

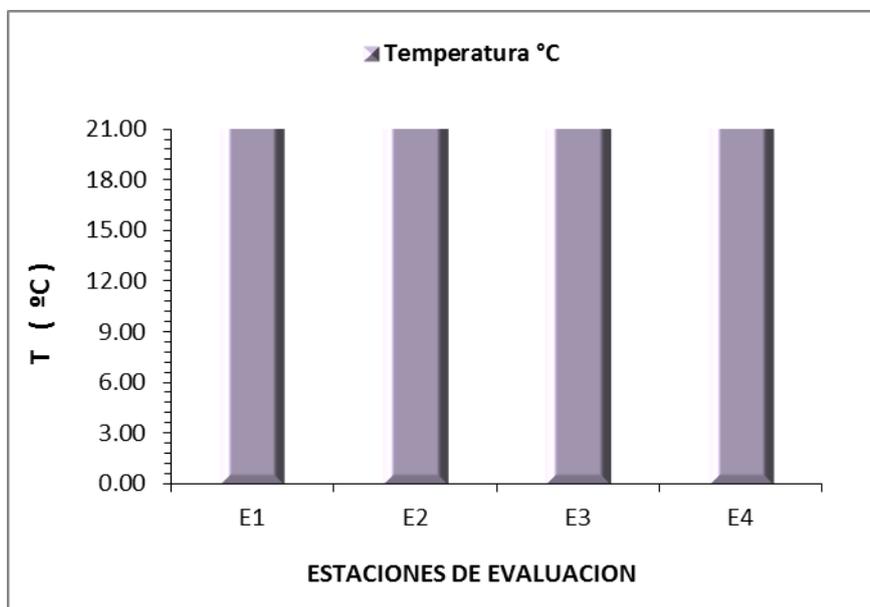


Fig. 7. Promedio de valores de temperatura °C de cuatro estaciones evaluadas en la cuenca baja del río Jequetepeque-Perú.

Los valores registrados por el oxígeno disuelto (mg/L), no excedieron los estándares de la Unión Europea (CEE), superando los límites máximos permisibles de los Estándares de calidad de agua (ECA), categoría 3 –MINAM 002-2008 (Fig. 8)

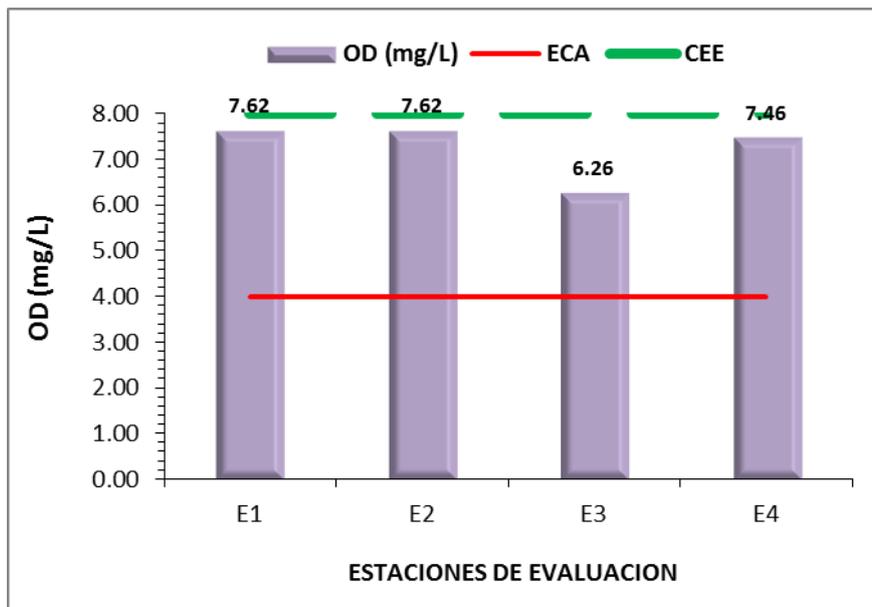


Fig. 8. Promedio de oxígeno disuelto (mg/L), en las cuatro estaciones evaluadas en la cuenca baja del río Jequetepeque-Perú, comparados con los Estándares de calidad de agua (ECA), categoría 3 –MINAM 002-2008 y Estándares de la Unión Europea (CEE).

Los valores registrados por la Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/L), excedieron los estándares de la Unión Europea (CEE) y los límites máximos permisibles de los Estándares de calidad de agua (ECA), categoría 3 –MINAM 002-2008 (Fig. 9).

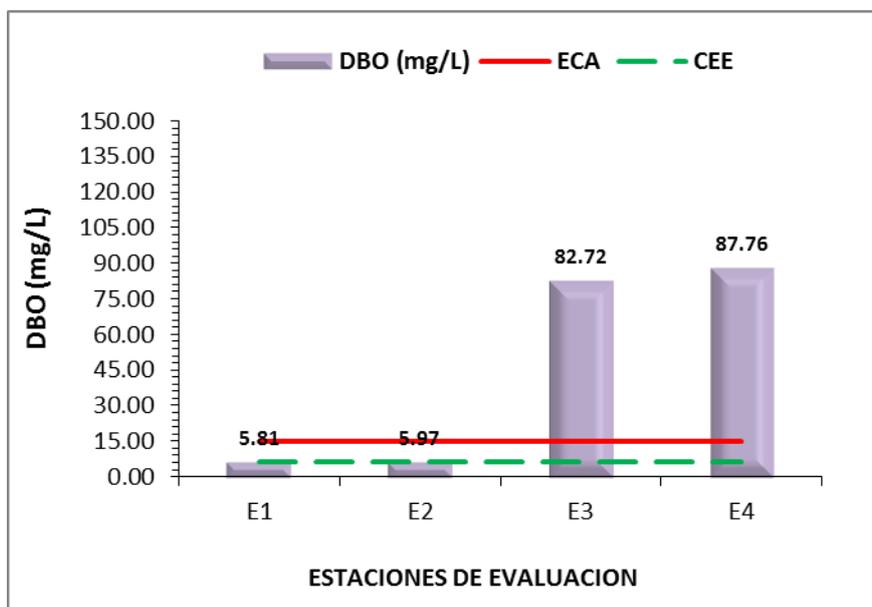


Fig. 9. Promedio de Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/L), en las cuatro estaciones evaluadas en la cuenca baja del río Jequetepeque-Perú, comparados con los Estándares de calidad de agua (ECA), categoría 3 –MINAM 002-2008 y los Estándares de la Unión Europea (CEE).

Los valores registrados por los Solidos Disueltos Totales (mg/L), excedieron los Estándares Internacionales (CI) y los Estándares de la Unión Europea (CEE) (Fig.10).

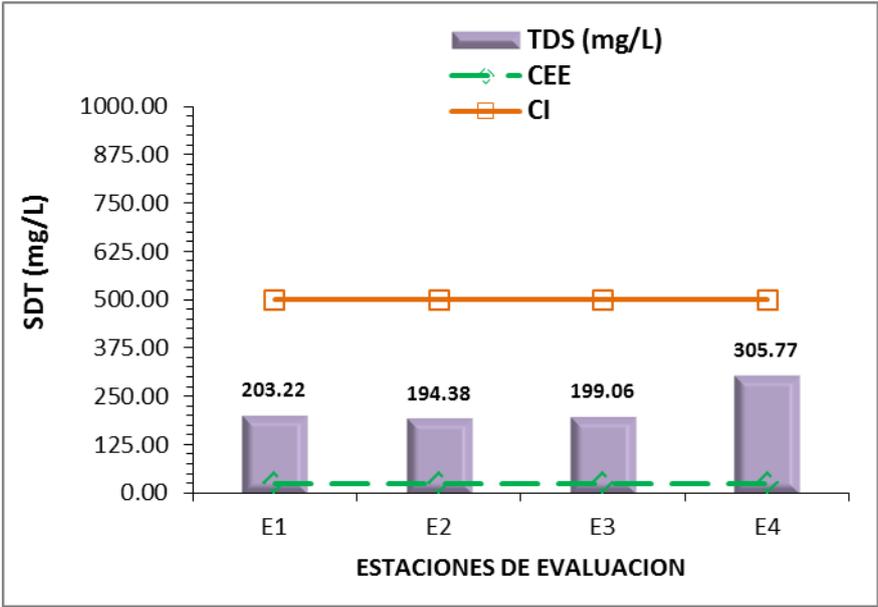


Fig. 10. Promedio de Solidos totales disueltos (mg/L), de cuatro estaciones evaluadas en la cuenca baja del río Jequetepeque-Perú, comparado Estándares Internacionales (CI) y los Estándares de la Unión Europea (CEE).

El índice de RAS de las estaciones evaluadas en la cuenca baja del río Jequetepeque-Perú, se registró valores variables entre 5.65 y 6.17°C (Fig. 11).

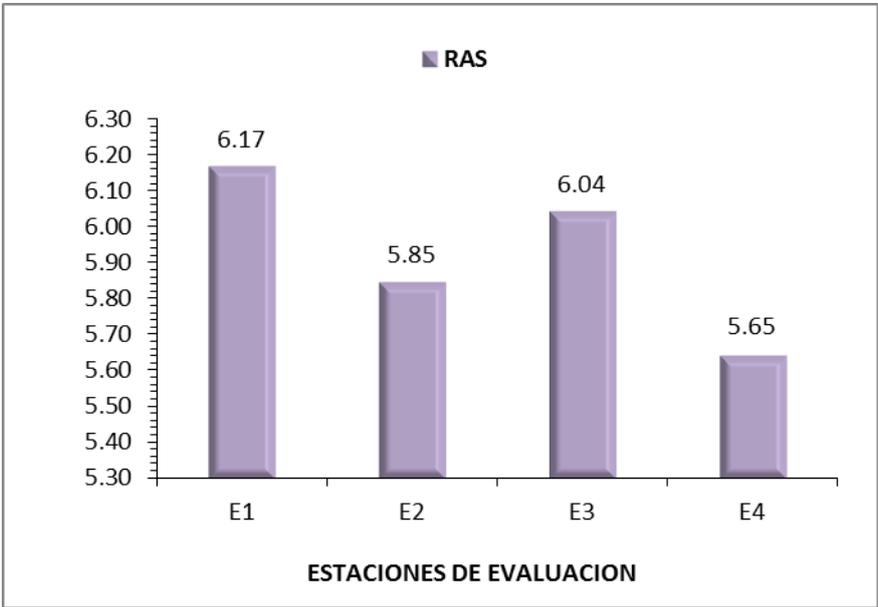


Fig. 11. Promedio de índice de RAS en cuatro estaciones evaluadas de la cuenca baja del río Jequetepeque-Perú.

Tabla 3: La clase de agua para riego según los promedio de conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}^3$) y promedio de los índices de RAS de las estaciones de muestreo de la cuenca del río Jequetepeque-Perú.

Estaciones de muestreo	Conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}^3$)	Índice de RAS	Clase de agua para riego
E1	1203.37	6.17	C ₃ – S ₁
E2	1248.42	5.85	C ₃ – S ₁
E3	1260.89	6.04	C ₃ – S ₁
E4	1260.89	5.65	C ₃ – S ₁

DISCUSIÓN

De acuerdo con los antecedentes, el área de servicio del Proyecto comprendida en el cuenca baja del Jequetepeque (valle Jequetepeque-Chamán), sujeto al suministro de agua para el riego del embalse Gallito Ciego comprende en total 42 000 ha de tierras agrícolas; 36 000 ha instaladas del valle interior, que cuentan con la agricultura bajo riego; en general consisten en minifundios y 6 000 ha de tierras en las Pampas de Cerro Colorado, que serán incorporadas al riego y puestos a la producción.

Las áreas agrícolas bajo riego en uso para las cédulas de cultivo del valle Jequetepeque fueron entre 40086,04 a 63969,34 ha durante los años 2001-2008; entre los años 2009 a 2012 hubo un incremento en las áreas de cultivo mejorando considerablemente la actividad agrícola, lamentablemente en los últimos años 2013 y 2014 se ha reducido en un tercio de las áreas agrícolas antes usadas, alcanzando entre 40269,84 y 50698,04 ha (Fig. 2).

Las descargas del río Jequetepeque, cuya serie histórica (1943/44 a 1998/1999) de caudales en m³/s y volúmenes en MMC, presentan una marcada estacionalidad en sus ocurrencias; las mismas que en un 65% se producen de Febrero a Abril. El promedio anual de los volúmenes descargados por el río Jequetepeque es de 816,49 MMC.¹⁴

Las descargas del río Jequetepeque cuya serie histórica (2001-2014) fluctuaron entre 564,06 a 850,06 MMC, cuyos volúmenes más bajos fueron registradas para los años 2004 y 2005 (Fig. 3)

La correlación de volúmenes de agua (MMC) y áreas ocupadas por las cédulas de cultivo (ha) en el Valle Jequetepeque durante los años 2001-2014, se observó una disminución de la productividad entre los años 2003 al 2005, luego se observa una recuperación de la misma y el incremento de volúmenes de agua para la actividad agrícola, sólo hubo un pico en cuanto a crecimiento productivo en la actividad agrícola en el año 2012 (Fig.4). Sin embargo en los años 2013 y 2014, decrecieron los volúmenes de agua y en consecuencia la pérdida de la actividad agrícola, esto es realmente preocupante, ya de los agricultores y las poblaciones de las regiones del norte peruano, se abastecen de los productos cultivados en la zona en estudio.

Es evidente resaltar existe una gran variación de los requerimientos de agua en MMC para riego de cédulas de cultivo en el Valle Jequetepeque durante los años 2001-2014 (Fig. 4), debido a las variaciones climáticas, como en años secos, la disponibilidad de agua para el riego en el Valle Jequetepeque es mayor que la demanda de riego durante la temporada húmeda de enero a Mayo y siempre es menor durante el estiaje de junio a diciembre. Se afirma que la productividad agrícola está influenciada por varios factores ambientales dentro de los cuales se puede señalar el tipo de suelo, disponibilidad del recurso hídrico, nivel tecnológico en el manejo y la capacidad financiera del productor para afrontar costos de producción.

El exceso de sales en los suelos ocasiona retraso en crecimiento de los cultivos, así como el rendimiento de los mismos. El grado de afectación sobre los cultivos depende del nivel de concentración de sales.^{19,20}

La presencia excesiva de sales impide el crecimiento de los cultivos al disminuir la cantidad de agua disponible para ser absorbida por las plantas. Esto se debe a que las sales en exceso incrementan la presión osmótica de la solución del suelo, disminuyendo la capacidad de las plantas para absorber agua. Por otro lado, aguas sales en exceso pueden ser tóxicas para las plantas o inhibir la absorción de nutrientes necesarios para el crecimiento de los cultivos.¹⁹

En la determinación de la calidad de agua de uso agrícola en la estaciones ubicadas (Fig. 5) en la cuenca del río Jequetepeque; en referencia a los valores de pH oscilaron entre 7,17 como valor mínimo

y 7,56 valor máximo (Fig. 6), los cuales se encuentran dentro de los estándares de la Unión Europea (CEE)¹⁷ y los límites máximos permisibles de los Estándares de calidad de agua (ECA), categoría 3 – MINAM 002-2008¹⁶, lo que es contrastable con valores semejantes encontrados en el canal de riego del distrito Valsequillo-Mexico.²¹

Los valores de temperatura (Fig. 7) no presentaron variaciones considerables, los que se encuentran dentro de los estándares de la Unión Europea (CEE)¹⁷ y los límites máximos permisibles de los Estándares de calidad de agua (ECA), categoría 3 –MINAM 002-2008.¹⁶ Las variaciones de temperatura en el agua generan un cambio en el ambiente de desarrollo de la fauna y flora alterando el potencial tóxico de ciertas sustancias disueltas en el agua, las cuales originarían la disminución del oxígeno disuelto.^{22,23}

La concentración de oxígeno disuelto fluctuaron entre 6,26 y 7,62 mg/L (Fig. 8), encontrándose dentro de los estándares de la Unión Europea (CEE)¹⁷ y los límites máximos permisibles de los Estándares de calidad de agua (ECA), categoría 3 –MINAM 002-2008¹⁶, considerándose un factor favorable para la actividad biológica y consideración óptimas para uso agrícola.²⁴

El parámetro evaluado Demanda Bioquímica de Oxígeno fluctuó para las E1 y E2 entre 5,81 y 5,97 mg/L (Fig. 9), indicando que se encontraron dentro de los estándares de la Unión Europea (CEE)¹⁷ y los límites máximos permisibles de los Estándares de calidad de agua (ECA), categoría 3 –MINAM 002-2008¹⁶; no siendo así para las E3 y E4 (82,72 y 87,76 mg/L), cuyos valores superaron ampliamente los valores límites permisibles para uso agrícola; estos valores refieren a que se encuentran en relación inversa a la concentración de oxígeno disuelto, lo cual representa una medida indirecta de la concentración de la materia orgánica e inorgánica biológicamente transformable.^{8,25}

Los valores promedio de las concentraciones de sólidos totales disueltos fueron entre 194,38 y 305,77 mg/L (Fig. 10), encontrándose dentro de los estándares de la Unión Europea (CEE)¹⁷ y los límites máximos permisibles de los Estándares de calidad de agua (ECA), categoría 3 – MINAM 002-2008¹⁶, indicando así que el uso del agua es óptimo para uso agrícola.

En la Fig. 11, los promedios del Índice de Absorción de Sodio (RAS) osciló entre 5,65 y 6,17, valores que no superaron según la norma. Estudios realizados en el río Tulancingo, México los valores oscilaron entre 2,154 y 0,036.²⁶ En el diagrama del Laboratorio de Salinidad, según la norma de Riverside, los valores RAS²⁷ y la conductividad eléctrica resultó para la cuenca del río Jequetepeque como tipo C₃S₁ (Tabla 3), lo cual indica que son aguas aptas para uso agrícola con restricciones como suelos de drenaje adecuado, control continuo de los niveles de salinidad y cultivos resistentes a la salinidad. Sin embargo, es necesario precisar que los análisis realizados son solamente referenciales; un monitoreo sistemático podrá determinar con mayor propiedad la calidad del agua para riego.²⁸

Si bien La Ley General del Ambiente D.L. N° 28611 ha introducido el pago de servicios ambientales sobre recursos hídricos, aún está pendiente su reglamentación para poder ser utilizada, por lo que resulta prematuro el análisis de su aplicación al tema de los recursos hídricos. La incipiente aplicación del pago por servicios ambientales en industrias extractivas en el Perú no permite concluir sobre los impactos de su aplicación práctica, sin embargo teniendo a mano la experiencia andada en el caso de bosques^{29,30}; así como la realidad del impacto ambiental y dimensiones de las actividades mineras creemos que podría abusarse del concepto de pago por servicios ambientales en este sector extractivo, sino se toma este instrumento como parte de los otros instrumentos de gestión ambiental.

En conclusión: la correlación de volúmenes de agua (MMC) y áreas ocupadas por las cédulas de cultivo (ha) en el Valle Jequetepeque durante los años 2001-2014, existió una disminución de la productividad entre los años 2003 al 2005; en 2012 hubo un alto crecimiento productivo y en 2014 bajos volúmenes de agua y en consecuencia la pérdida de la actividad agrícola y productiva; los parámetros de oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno, pH, sólidos totales disueltos, temperatura se encuentran dentro de los límites máximos permisibles de los Estándares de calidad de agua (ECA), categoría 3 –MINAM 002-2008, indicando así que el uso del agua es óptimo para uso agrícola. Asimismo se encuentran valores considerados dentro de la Norma Internacional de la Unión Europea (Directiva 2008/105/CE del Parlamento Europeo y del Consejo) y se obtuvieron bajos niveles de sodicidad y altos niveles de salinidad C₃S₁, dichas aguas son aptas para el uso agrícola con suelos de buen drenaje y cultivos resistentes a la salinidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrobiología. Monitoreo de Calidad de Aguas de los Ríos en el Perú. 2007; pp.2- 9
2. Johnson L. Evaluación Físicoquímica y bacteriológica del agua en las cuencas del Río Porcón y Río Grande, Cajamarca – Perú, Tesis Título de Microbiólogo. Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo. Perú. 2012.
3. Global Water Partnership. Introducing Effective Water Governance, mimeo, April, 2002.
4. Autoridad Nacional del Agua (ANA). Plan de Operación, Mantenimiento y Desarrollo de infraestructura Hidráulica menor 2013, propuesta del valor de la tarifa. Resolución Jefatural. 2003. N° 478 – 2012
5. Dourojeanni A. Marco analítico para el manejo integrado de recursos hídricos. Lineamientos para la evaluación de marcos institucionales. Banco Interamericano de Desarrollo. 2003. <http://www.iadb.org/sds/doc/ENV%2DPVAnHofwegens.pdf>
6. Ministerio de Agricultura (MINAG). Informe Nacional del Perú sobre gestión de Recursos Hídricos. MINAG. Lima- Perú. 2004.
7. Álvarez J, Rubiños E, Gavi F, Alarcón J, Hernández E, et al. Índice de calidad del agua en la cuenca del río Amajac, Hidalgo, México. *Rev Inter Bot Experim* 2006; 75: 71-83
8. Posada J, Roldán G, Ramírez, J. Caracterización físicoquímica y biológica de la calidad de aguas de la cuenca de la quebrada Piedra Blancas, Antioquia, Colombia. *Rev Biol trop*. 2000; 48(1) 7734-7744
9. Solís G, Israel A, Nubes G, Castillo J, Meraz F. Físicoquímica del agua superficial y sedimento en el río Santa Cruz, Sonora, México. *Rev Biotecnia* 2011; 28: 1665-1456
10. Ministerio del Ambiente (MINAM). Estándar de Calidad Ambiental (ECA) y Límites Máximos Permisibles (LMP). Resolución Ministerial N° 225-2012, Perú.
11. Ley de Recursos Hídricos N° 29338. Título I: Disposiciones Generales, artículo 2°, Título III: Uso de los Recursos Hídricos. 2010. artículo 54°, 2–19 p.
12. Juárez H. Contaminación del río Rímac por metales pesados y efecto en la agricultura en el cono este de Lima metropolitana. Universidad Agraria La Molina. Lima-Perú. 2006.
13. Proyecto Especial Jequetepeque_Zaña (PEJEZA). Plan de ordenamiento ambiental de la Cuenca del Río Jequetepeque para la protección del Reservorio Gallito Ciego y del Valle Agrícola. Lima-Perú. 1998.
14. Girón E. Andes Basin Profile: Jequetepeque river basin. First Draft to be translated. CONDESAN. 2003.
15. APHA. Standard methods for examination of water and wastewater. APHA (American Public Health Association), WWA (American Water Works Association), WEF (Water Environment Federation), Washington D.C., EUA. 2012. 1100 p
16. Ministerio del Ambiente (MINAM). Estándar de Calidad Ambiental (ECA) y Límites Máximos Permisibles (LMP). MINAM Resolución Ministerial N° 002-2008, Perú. 2008.
17. Diario Oficial de la Unión Europea. DIRECTIVA 2008/105/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO, de 16 de diciembre de 2008, relativa a las normas de calidad ambiental en el ámbito de la política de aguas, por la que se modifican y derogan ulteriormente las Directivas 82/176/CEE, 83/513/CEE, 84/156/CEE, 84/491/CEE y 86/280/CEE del Consejo, y por la que se modifica la Directiva 2000/60/CE. 2008. 13 p.
18. Guerrero A, Florián J. Demanda y uso de agua en los sectores de riego de la cuenca baja del río Jequetepeque (La Libertad, Perú). *REBIOL* 2013; 33(1): 1-17
19. Food and Agricultural Organization of the United Nations (FAO). Salt affected soil and their management. Roma: FAO. <http://www.fao.org/docrep/x5871e/x5871e00.htm#Contents>
20. Instituto Nacional de Evaluación de Recursos Naturales (INRENA). "Las Aguas Subterráneas en el Perú"-Valle Jequetepeque. Ed. INRENA, Lima. 2004.
21. Bonilla M, Vásquez L, Silva S, Cabrera C. Estudio físicoquímico de la calidad del agua para riego del canal principal que abastece al distrito de riego 030 "Valsequillo". 2° Congreso Virtual sobre Tecnología, Educación y Sociedad, Puebla, México. 2013; pp.3-15
22. Sierra C. Calidad del agua. 3th Ed. Universidad de Medellín. Bogotá, Colombia. 2011. 47-85 p.
23. Seoáñez C. Manual de contaminación marina y restauración del litoral. Contaminación, accidentes y catástrofes, agresiones a las costas y soluciones. El turismo de costa, la pesca, la ordenación y la gestión del litoral. Edit. Mundi-Prensa. Madrid-España. 2000.
24. Sánchez O, Herzog M, Peter R, Márquez R, Zambrano L. Perspectivas sobre conservación de ecosistemas acuáticos en México. Instituto Nacional de Ecología. México. 2007; pp.126-128
25. Guerrero M. Bioindicadores en la determinación de la calidad del agua. Prevención de la contaminación del agua por la agricultura y actividades afines. Oficina Regional de la FAO para América Latina y El Caribe. Santiago, Chile. 1993; pp.159-173
26. Rodríguez M, D'Urso C, Rodríguez G, Sales A. Evaluación de la calidad de aguas para riego de la cuenca del río Calera, Tucumán, Argentina. *Rev Ciencia Argentina* 2008; 3(7):15-20.

27. Balairon L. Gestión de Recursos Hídricos. Universidad Politécnica de Catalunya, España. 2002.
28. Atkins D, Calderón C, Montoya E, Morales E. Evaluación de la calidad del agua en Cajamarca, Perú. Informe Anual de monitoreo, 2004-2005. Preparado para Compliance Advisor/Ombudsman (CAO) 2121. Pennsylvania Ave., NW Washington, DC 20433, USA y la Mesa de diálogo y consenso CAO-Cajamarca, Perú. 2005.
29. Balvín D. Agua, Minería Contaminación, Cusco, agosto de 2004, Seminario de Gestión de Cuencas, GSAAC Convenio IICA-Perú. 2004.
30. Boelens R. Las múltiples dimensiones de la valorización del agua en la Región Andina. Agua y Servicios Ambientales: Visiones críticas desde los andes. Universidad de Wageningen. The Netherlands. 2006; pp.27-61

Correspondencia:
Ana Marlene Guerrero Padilla
mguerrero@unitru.edu.pe



Artículo Original

Vulnerabilidad en sistemas de agua potable y alcantarillado ante inundaciones en el distrito de Trujillo, Perú

Vulnerability in drinking water supply and sewage flooding in Trujillo district, Peru

Georgina S. Rubio-Herrera¹ y Ana M. Guerrero-Padilla²

¹Alumna de la Escuela de Postgrado de la Universidad Nacional de Trujillo (UNT). Trujillo. Perú. ²Facultad de Ciencias Biológicas. UNT.

RESUMEN

Se determinó la vulnerabilidad de los sistemas de agua potable y alcantarillado del Distrito de Trujillo, Perú, mediante una metodología basada en la guía de análisis de vulnerabilidad en sistemas de agua potable y alcantarillado sanitario de la Organización Panamericana de la Salud. Se identificó y caracterizó la amenaza inundación mediante láminas y el área probabilística inundable en el Distrito de Trujillo. Se evaluó el estado físico y operacional de los componentes del servicio y de la empresa administradora del servicio, SEDALIB, así como, los componentes de infraestructura, cuyo mal funcionamiento debido a efectos considerados ante una inundación pudieron generar situación de emergencia excediendo la capacidad de atención. Se elaboraron mapas de evaluación de la infraestructura del sistema de agua y alcantarillado, así como áreas inundables, se realizó la superposición de mapas de áreas inundables y sectores vulnerables. Finalmente, se demarcó las áreas e infraestructura de los componentes del sistema de agua y alcantarillado expuestas a mayores daños ante la ocurrencia de inundación, brindándose las medidas de mitigación y emergencia ante un eventual desastre, asimismo estimándose los costos por componente del servicio.

Palabras clave: vulnerabilidad, agua potable, alcantarillado, inundaciones

ABSTRACT

The vulnerability of drinking water supply sewer systems in Trujillo district, Peru, by a methodology based on the vulnerability analysis guide of drinking water and sewage sanitation of the Pan American Health Organization was determined. It was evaluated and characterized by flood threat sheets and probabilistic flood area in Trujillo district. The physical and operational status of the service components and service management of SEDALIB, Water Company, will be assessed. Infrastructure components whose malfunction due to effects considered before a flood could generate emergency situations by exceeding attention capacity were evaluated. Results were expressed quantitatively by probability matrices of damages supported by sheets of identification of critical and floodable areas. The water supply and sewage infrastructure and floodable areas were assessed by the elaboration of maps. Maps of floodable areas and vulnerable sectors were superimposed. Finally, the areas and infrastructure of the water supply and sewer systems exposed to greater damage upon occurrence of flooding were demarked. Mitigation and emergency measures for disasters are given. Besides, costs of service components were estimated.

Key words: vulnerability, drinking water supply, sewage, flooding

INTRODUCCIÓN

La vulnerabilidad ante amenazas naturales se entiende como el nivel específico de exposición y fragilidad que sufren los grupos humanos asentados en un lugar ante ciertos eventos peligrosos, en función de un conjunto de factores socioeconómicos, institucionales, psicológicos y culturales¹. Reconociendo la multiplicidad de las variables que definen la vulnerabilidad social y la dificultad para medirlas e integrarlas, se han hecho esfuerzos por construir indicadores, que, sin perder de vista la

especificidad de aquello que se mide, permitan a la vez valoraciones combinadas que evidencien, en mejor medida, el comportamiento complejo de las variables involucradas; es así como el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD)² ha propuesto el índice de vulnerabilidad social¹.

En México se han realizado estudios climatológicos de tornados, encontrando que existe una condición interesante debido a que, por un lado, la esfera formal de conocimiento meteorológico (científica y operativa) ha ignorado durante muchos años su experiencia, y por el otro, la ocurrencia de tornados ha sido registrada a través del tiempo como asuntos anecdóticos relacionados con entidades sobrenaturales^{3,4,5,6}. Así mismo, en Buenos Aires (Argentina) se han realizado estudios sobre las precipitaciones como fuente principal de agua y, con los resultados del balance de agua en el suelo (deficiencias y excesos), se analizaron algunos eventos hidrológicos extremos y su distribución espacio-temporal y se relacionaron con fenómenos del Cambio Climático (CC)^{7,8}. En este contexto, los debates acerca del CC se orientan a tratar las cuestiones de mitigación⁹, adaptación^{10,11}, vulnerabilidad¹² o resiliencia^{13,14} de las sociedades a dichos fenómenos, según el objeto de interés y el marco teórico desde el que se construyen los problemas y sus soluciones. Ante ello, la Organización Panamericana de la Salud¹⁵ señala lo siguiente. ... “Todo sistema de abastecimiento de agua potable y alcantarillado está expuesto en mayor o menor grado a las emergencias y desastres, por lo tanto, a daños en sus componentes¹⁵.

El Perú es un país en el cual el fenómeno “El Niño” (FEN) ha causado grandes pérdidas de vidas humanas y económicas, por lo que es necesario contar con planes de prevención y mitigación ante las inundaciones, principales peligros¹⁶. El FEN 97-98, por ejemplo, ocasionó grandes inundaciones que devastaron la costa norperuana hasta el departamento de Lambayeque, ocasionando pérdidas de US \$2000 millones^{9,17}.

En la región La Libertad, la cual tiene condiciones geográficas diversas y variada topografía, la convergencia de las cuencas de río Seco y Quebrada de León ubicada al norte del distrito de Laredo, debido a la no existencia de una cultura de prevención ante posibles amenazas de origen natural en la ciudad de Trujillo, fue afectada por el FEN 98 con la destrucción de más de 240 viviendas y deterioro de otras 600^{18,19}. Esto originó que el distrito de Trujillo fuera inundado por el desbordes de la acequia la Mochica y el almacenamiento y ruptura del dique de Mampuesto, propiciando el arenamiento de diferentes tramos de tuberías de alcantarillado^{19,20}.

Se ha identificado que en el distrito de Trujillo existen zonas críticas expuestas a la amenaza de inundación y la afectación del servicio en los sistemas de agua potable y alcantarillado (han superado los 40 años de antigüedad), así mismo los antecedentes de las lluvias ocurridas en el FEN 2008-2009 y en Febrero-Marzo del 2011 generan la necesidad de realizar un diagnóstico del grado de vulnerabilidad de los componentes del sistema y la implementación de medidas de mitigación y emergencia. En tal sentido, se determinó el grado de vulnerabilidad del sistema de agua potable y alcantarillado sanitario del distrito de Trujillo, desde el punto de vista físico operativo y administrativo ante la ocurrencia de inundaciones.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se aplicó la metodología propuesta por la Organización Panamericana de la Salud¹⁵ a través del método matricial por componentes del servicio. Se tomó como línea base la evaluación probabilística de ocurrencia de inundación desarrollada previamente²⁰, con esta información se logró consolidar la identificación de las zonas potencialmente vulnerable del distrito de Trujillo ante una inundación. Se desarrolló un diagnóstico del sistema de agua potable y alcantarillado en cual se ha logrado identificar las zonas críticas de los componentes. Esta información se logró colocar las láminas superpuestas y de esta manera se determinó el riesgo de vulnerabilidad al que están expuestos los componentes del sistema para, finalmente, estimar los costos de mitigación y emergencia en los componentes del sistema.

Se realizó el análisis de vulnerabilidad con respecto a los riesgos hidrológicos tomando en cuenta la sensibilidad del cambio climático que afecta a Trujillo en este último quinquenio, el cuál fue tomado como base para la presente investigación²⁰.



Fig. 1 Ubicación de la zona de estudio que corresponde al distrito de Trujillo, Perú (Fuente: Google Eart-2014)

RESULTADOS

El mapa de riesgos determinó las áreas que al presentarse la emergencia, teniendo prioridad para ser atendidas. Como áreas prioritarias, se establecieron aquellas zonas por donde pasan líneas que conducen o impulsan el agua potable de la mayor cantidad de usuarios (Tabla 1), los componentes del sistema de agua y alcantarillado que se encuentran en las zonas vulnerables y aquellas estructuras cuyos daños perjudican a los sectores y urbanizaciones del Distrito de Trujillo.

De esta manera, se estimó el riesgo de los componentes de agua potable y alcantarillado teniendo en cuenta la cuantificación del el nivel de impacto y los criterios de evaluación en los que se expresan en la cuantificación del nivel de vulnerabilidad para cada uno de los componentes del sistema de agua potable y alcantarillado y basados en probabilidad de ocurrencia de los peligros eminentes de la zona de estudio.

Tabla 1. Zonas críticas del sistema de agua potable y alcantarillado sanitario del distrito de Trujillo, Perú (Fuente: SEDALIB S.A, 2014)

ZONAS CRITICAS TRUJILLO	Unidad	Cantidad
Urbanizacion La Marqueza	ml	256
Avenida Los Paugiles	ml	420
Urbanización Monserrate	ml	3210
Avenida America Sur	ml	1518
Avenida Federico Villarreal	ml	1740
Centro Civico	ml	2430
Urbanización El Bosque	ml	2480
Urbanización La Noria	ml	2145
Urbanización Santo Dominguito	ml	2063
Urbanización Libertad	ml	1278
Urbanización Los Pinos	ml	1789
Urb. San Andres V Etapa	ml	2612
Avenida America Oeste	ml	1345
Avenida Los Incas	ml	1245
Avenida Eguren	ml	1189
Avenida Jesús de Nasareth	ml	2165
Avenida Mansiche	ml	185
Avenida Moche	ml	245
Avenida Ricardo Palma	ml	150
Urbanización Santa Maria	ml	2570
Ovalo Mochica	ml	135
Avenida Santa Cruz	ml	81
Urbanizacion Covirt	ml	1535



Fig. 2: Simulación de inundación en el casco urbano del distrito Trujillo, Perú.

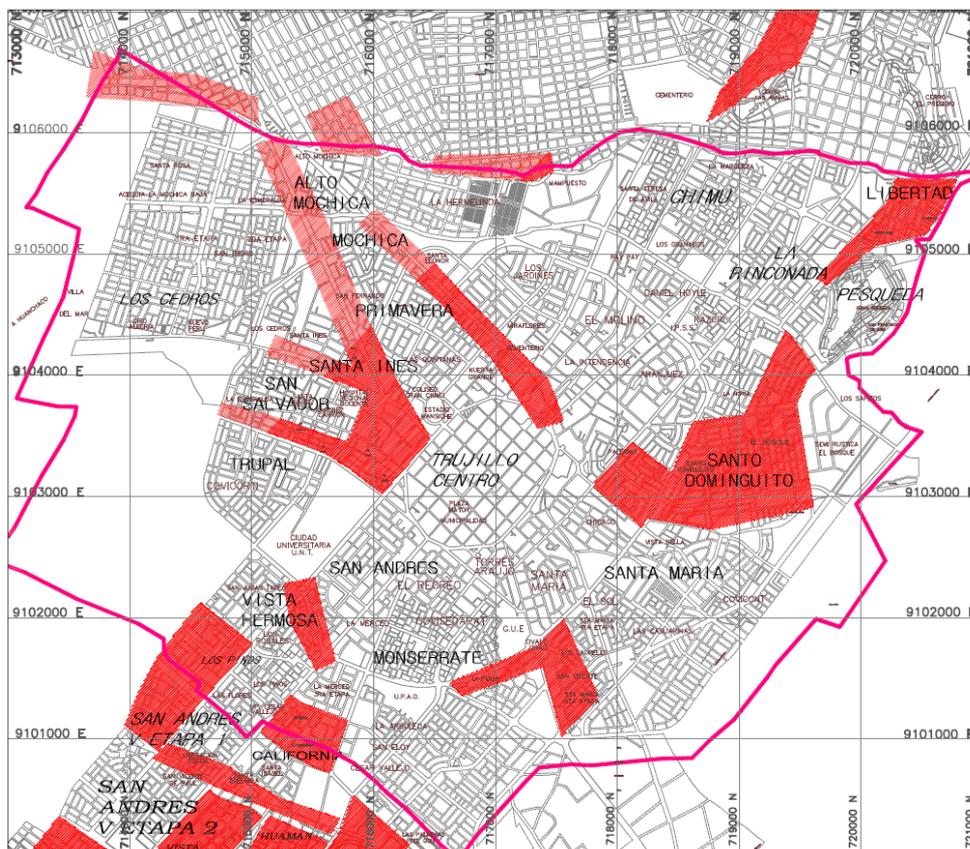


Fig. 3. Zonas críticas de los sistemas de agua y alcantarillado del distrito de Trujillo, Perú.

Tabla 2. Matriz A, aspectos operativos sistema de agua potable del distrito de Trujillo, Perú-2014.

COMPONENTE	CAPACIDAD COMPONENTE(lps)	REQUERIMIENTO ACTUAL	DEFICIT SUPERAVIT	SISTEMAS REMOTOS DE
Pozo Subterráneo	30	33	-3	Monitoreo y reportes de operatividad e infraestructura area operación y mantenimiento de la administradora del servicio Sistema de información SIGIS-Catastro Técnico utilización de software para detectar las zonas
Lineas de Impulsión	180	216	-36	
Linea de Conducción	140	168	-28	
Reservorios	1122	1281.33	-159.33	
Red de Distribución	283,846	290,942	-7,096	
Conexiones Domiciliarias	52,784	57,535	-4,751	

Tabla 3. Matriz B, aspectos operativos sistema de alcantarillado sanitario distrito de Trujillo, Perú-2014.

COMPONENTE	COBERTURA %	CAPACIDAD	SISTEMAS REMOTOS DE ALERTA
Conexiones domiciliarias	84.93%	54,412 und	Monitoreo y reportes de operatividad e infraestructura area operación y mantenimiento de la administradora del empresa servicio
Colector Principal	84.93%	6,550 ml	
Interceptores y emisores	84.93%	14,630 ml	Sistemas de informacion SIGIS-catastro tecnico utilizacion de software para detectar las zonas criticas a intervenir
Estaciones de bombeo	84.93%	3	
Lineas de Impulsion y Aguas Servidas	84.93%	10,139ml	
Redes Colectoras Secundarias	84.93%	283,846.36 ml	
Buzones de Inspeccion	84.93%	6334 und	
Tratamiento y Disposicion Final Lagunas Covicorti Lagunas Cortijo	84.93%	0.432 m3/seg 0.397 m3/ seg	

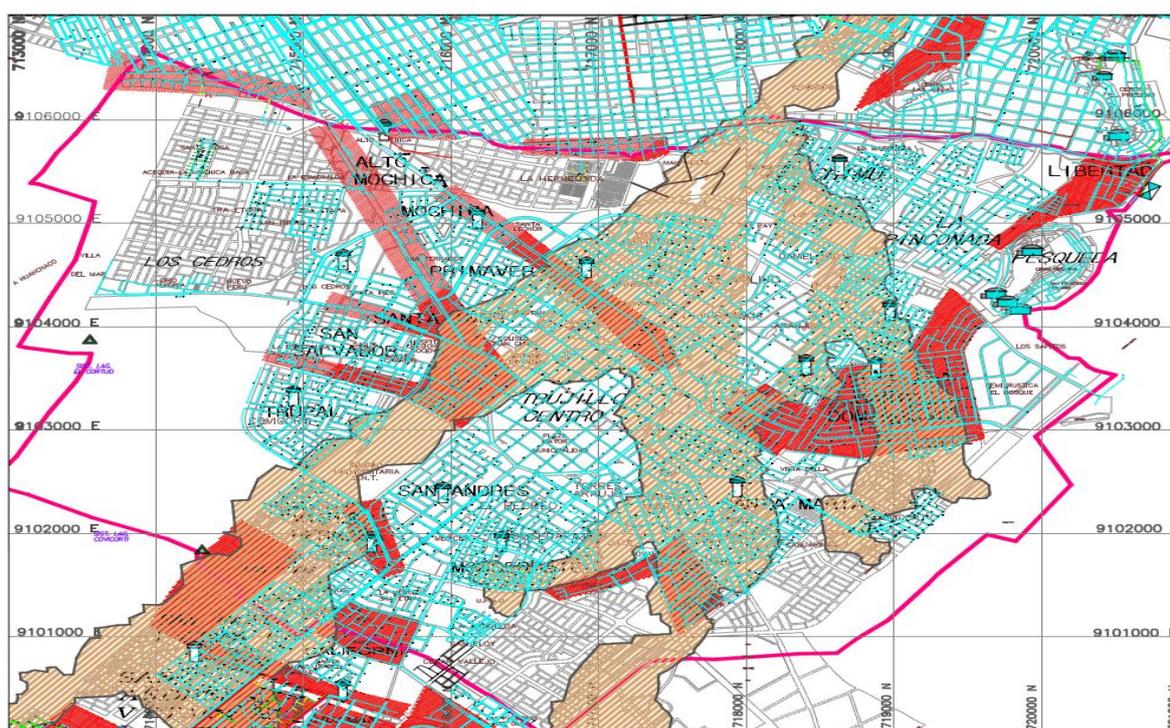


Fig. 4. Simulación de inundación de los sistemas de agua potable del distrito de Trujillo, Perú.

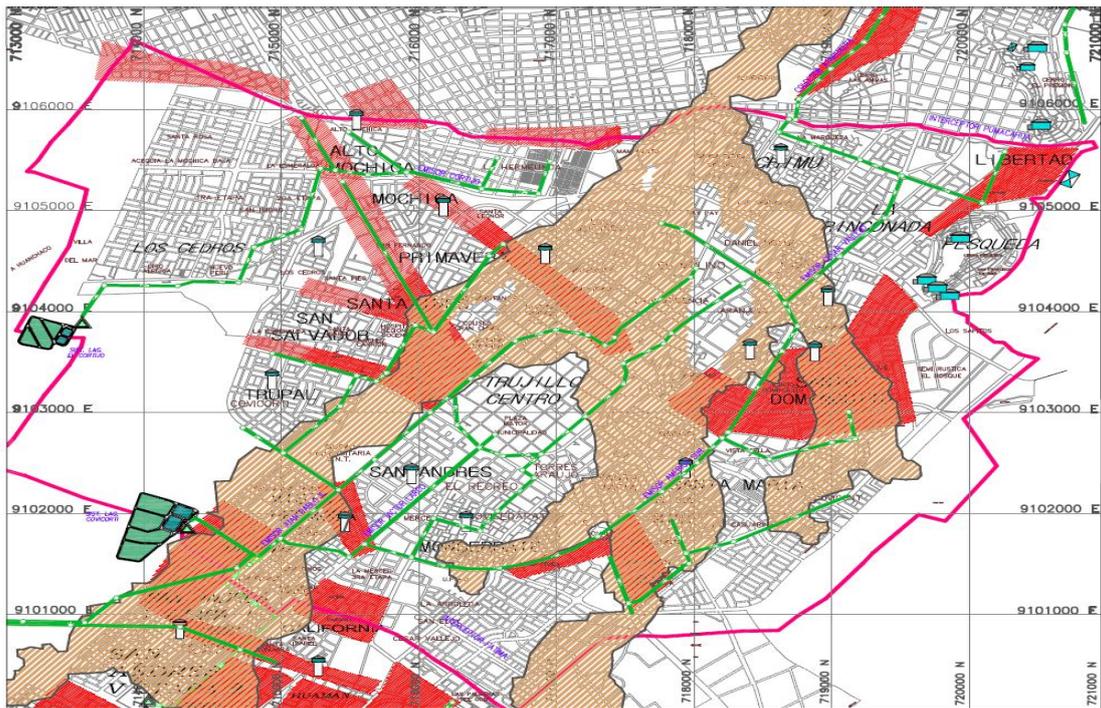


Fig. 5. Simulación de inundación de los sistemas de alcantarillado del distrito de Trujillo, Perú.

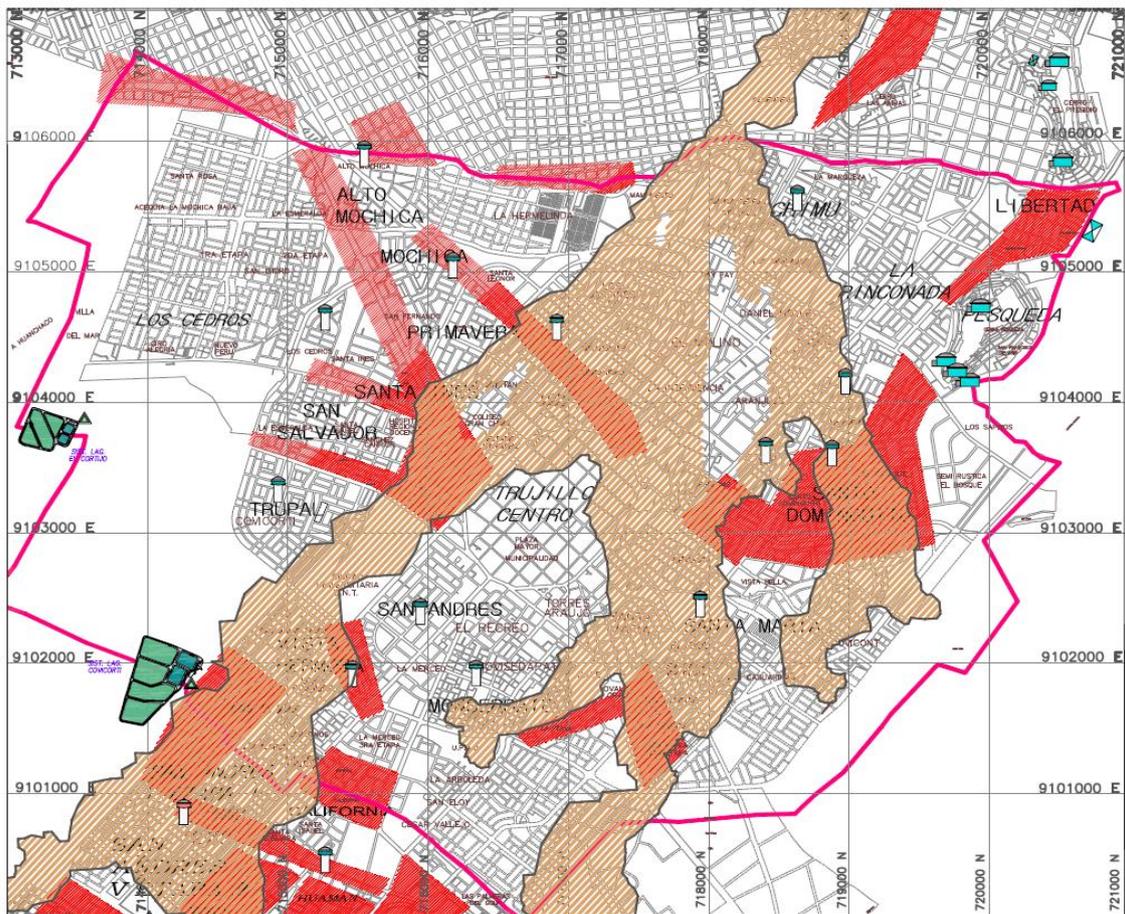


Fig. 6. Simulación de inundación de los sistemas de agua potable y alcantarillado sanitario en el distrito de Trujillo, Perú.

DISCUSIÓN

Las zonas críticas de vulnerabilidad ante inundaciones, se identificaron en el distrito de Trujillo, los correspondientes tramos de agua potable y alcantarillado que han superado su periodo de vida útil (más de 40 años de antigüedad) y a su vez se encuentran expuestas a un eventual desastre; estas zonas son las ubicadas en el sector La Marquesa; emisor 52” calle Simón Bolívar, Los Paujiles; urbanizaciones Monserrate, El Bosque, La Noria, Santo Domingo, Libertad, Los Pinos, San Andrés, Santa María y Corvit; Avenidas América Oeste, Antenor Orrego, Eguren, Jesús de Nasareth, Mansiche, Ricardo Palma, Ovalo Mochica y Santa Cruz y Covirt.

La investigación realizada por la Organización Panamericana de la Salud “Mitigación de Desastres Naturales en Sistemas de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario”, plantea respecto de este tema que la evaluación del peligro en la zona o región de estudio es esencial para estimar la vulnerabilidad y los daños posibles de los componentes del sistema en riesgo¹⁴.

En los aspectos operativos del Sistema de Agua Potable, se determinó que las redes secundarias especialmente las del centro de la ciudad se encontraron en mal estado, han cumplido su vida útil de servicio, existen tuberías de fierro fundido que datan del año 1930 (Santa María, La Intendencia, El Molino; Chicago), tuberías tipo magnani y fierro fundido que se instalaron desde 1960 a 1970, tuberías de asbesto cemento que se instalaron desde 1970 a 1985 y tuberías de PVC que se usan a partir del año 1986 hasta la fecha.

En contraste con esta información, la investigación realizada por la Organización Panamericana de la Salud en la ciudad de Lima Limón Costa Rica ante amenazas sísmicas determinó que se verían afectados a 55,000 habitantes, demuestra el déficit se presentó en las fuentes de almacenamiento menores como tanques con una capacidad de almacenamiento de 150 metros cúbicos. Un requerimiento actual de 2147 metros cúbicos con un déficit de 1997 metros cúbicos y redes de distribución con capacidad de 374 L/S, un requerimiento actual de 453 L/S y un déficit de -79 L/S^{14,20}.

Respecto de los aspectos operativos del sistema de alcantarillado se determinó la cobertura del sistema de alcantarillado fue del 84.93%. Los componentes del sistema 54412 conexiones domiciliarias, 6550 ml colector principal, 14630 ml interceptores y emisores, 3 estaciones de bombeo, 10139 ml líneas de impulsión, 283846,36 ml de redes colectoras secundarias y 6334 buzones de inspección, tratamiento y disposición final con capacidad de 0,432 m³/seg y 0,397 m³/seg.

Estudios similares realizados para la ciudad de Lima Limón Costa Rica ante amenazas sísmicas que verían afectados a 55000 habitantes, demuestra que no existen sistemas remotos de alerta al año de la investigación realizada en 1998^{14,21}.

La vulnerabilidad por el lado de los pozos de agua potable estuvo dada por las inundaciones y la seguridad de su infraestructura, tiene que considerarse medidas de protección correspondientes a las casetas, siendo los más vulnerables las baterías Laredo, Pesqueda Arévalo, PIT, La Esperanza, Pozos de la zona sur de Trujillo Metropolitano. Existen sistemas de remotos de alerta como monitoreo y reportes de operatividad de infraestructura área de operación y mantenimiento de la administradora de la empresa de servicio, implementación de sistema de información SIGIS-Catastro Técnico, empleando software para detectar las zonas críticas a intervenir.

Se estiman daños por fallas en la línea de conducción que cruza el río Moche, es la parte más vulnerable y conduce la totalidad de producción de la planta de tratamiento, cuya reparación tardaría varios días. Rotura de matriz y fisuras en tramos de tuberías principales de agua potable.

Investigaciones realizadas en el distrito de Trujillo determinaron episodios de inundación han dado lugar a severos problemas y son frecuentes produciéndose baja precipitación. La erosión costera, producida por el Puerto de Salaverry es uno de las principales preocupaciones de la zona y del país, dado que está afectando de forma severa a la costa en una zona muy extensa. Ante eventos de inundación fluvial, casi la totalidad de entrevistados identifica la ocupación ilegal humana de los antiguos cursos de agua en las Quebradas de San Idelfonso (El Porvenir) y de Río Seco o El León (La Esperanza y Huanchaco) como la mayor problemática ante fenómenos de intensificación del Niño²⁰.

Los reservorios que alimentan los circuitos del distrito de Trujillo, son de gran importancia, que abastecen a la planta de tratamiento, además del sistema de baterías de Laredo, en caso de situaciones de emergencia, en tal caso, se cuenta con una cámara de bombeo. En la red de distribución se estiman daños por atoros, colmatación, en tuberías de diámetros menores o iguales a 75 mm.

Las conexiones domiciliarias presentaron regular estado de operación, sin embargo se estiman daños severos en los sectores ubicados en la cercanía de la cuenca del río Seco, afectando principalmente las redes de agua potable de las tuberías en las redes existentes. El tiempo estimado de rehabilitación sería de 60 días de acuerdo a cada sector de abastecimiento.

En la matriz de aspectos físico y de impacto en el servicio de alcantarillado, las estaciones de bombeo, se encontraron en buen estado de operación, los componentes interceptores, emisores, red colectora, conexiones domiciliarias y buzones de alcantarillado estando en regular estado de operación y en algunos sectores en estado crítico de operación por haber superado su tiempo de servicio más 20 años de vida útil de las tuberías.

El tratamiento y la disposición final de las aguas servidas el distrito de Trujillo evacua sus descargas a las lagunas aireadas de Covicorti y el Cortijo, se encuentran en estado crítico por haber superado tiempo de vida útil de servicio, haber sobrepasado su capacidad, esto producto del crecimiento poblacional, estado operacional e infraestructura actualmente se encuentran en condiciones críticas, por la constante acumulación de lodos activos que generando la constante necesidad de mantenimiento y mejoramiento de la infraestructura en la actualidad se estima 30198,15 m³ de lodos que se requiere ser eliminados para las limpieza de las lagunas Covicorti.

El Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (INAA), define la gestión de Riesgo como la relación entre amenazas y vulnerabilidades con el fin de determinar las consecuencias sociales, económicas y ambientales de un determinado evento sobre el sistema de Agua y Saneamiento²².

Al respecto, el instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (INAA)²², ente regulador de la prestación de los servicios de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario, con el apoyo de la Organización Panamericana de la Salud (OPS)¹⁵, La Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID) y Departamento para el Desarrollo Internacional (DFID) actualizó en el año 2011 una “Guía técnica para la reducción de la vulnerabilidad en sistemas de abastecimiento de agua potable y alcantarillado sanitario”²³.

Esta actualización se basó en dos temas objetivos fundamentales por un lado incorporaron herramientas sencillas que permitieron identificar y evaluar los niveles de vulnerabilidad de los sistemas de agua potable y alcantarillado sanitario y proponer medidas de prevención y mitigación con el fin de contribuir a emitir estrategias nacionales de prevención y mitigación ante los desastres en los sistemas de agua potable y saneamiento en Nicaragua^{22,23}.

Se analizó la vulnerabilidad de la EPS administradora del servicio desde punto de vista administrativo, organizacional y capacidad de Respuesta de la empresa administradora del servicio²⁴, se determinó que cuenta con Planes de Mitigación y Administración del Servicio, sin embargo se identificó es necesario cuente con la implementación de programas de capacitación para la operación y mantenimiento de los equipos, así mismo que con manuales operacionales y disponibilidad de los recursos financieros para los mismos^{25,26}.

La estimación del riesgo en el sistema de agua potable y alcantarillado, se determinó con la superposición de temáticos de zonas críticas del sistema de agua potable y alcantarillado en el distrito de Trujillo y el mapa de simulación de inundación del distrito de Trujillo, según los estudios realizados por el Instituto de Hidráulica Ambiental universidad de Cantabria-2012²⁰, en la determinación de los puntos críticos. Definiéndose las zonas de mayor riesgo para el sistema de agua potable y alcantarillado en el distrito de Trujillo son las urbanizaciones de Miraflores, Mochica, Santa Inés, San Salvador, Sánchez Carrión, Santo Domingo, Vista Hermosa y la Merced. La ponderación del Nivel de Riesgo para los componentes del sistema se estimó de 0 a 1 como riesgo potencial, de 1 a 2 como riesgo Moderado, de 2 a 3 como riesgo Alto.

Los pozos subterráneos y reservorios así como línea de impulsión y cámara de bombeo en un nivel moderado con un ponderado de 1,56 en cuanto a las redes de distribución y conexiones domiciliarias en un nivel de riesgo alto con un ponderado de 2,01 y 2,34, respectivamente.

En la determinación del nivel de riesgo en el sistema de alcantarillado sanitario, los componentes de estación de bombeo el riesgo son moderados con ponderado de 1,10 y para los componentes interceptores, emisores, línea de impulsión, red colectora y tratamiento de aguas servidas, en nivel de riesgo alto con un ponderado de 2,31.

Entonces, se concluye que: el grado de vulnerabilidad de los sistemas de agua potable y alcantarillado ante la ocurrencia de inundación en el distrito de Trujillo (Perú) fue alto, a causa de la situación crítica en la que se encontró los componentes de infraestructura y la falta de capacidad de respuesta inmediata ante una posible situación de emergencia, siendo los más afectados la población

ubicada en los sectores de La Marquesa, tramo entre Washington y avenida Federico Villarreal, Emisor 52” Calle Simón Bolívar Los Paujiles, urbanizaciones Monserrate, El Bosque, La Noria, Santo Domingo, Libertad, Los Pinos, San Andrés, Covirt Etapa, Santa María y Corvita; avenidas América Oeste, Antenor Orrego, Eguren, Jesús de Nazareth, Mansiche, Ricardo Palma cuadra 3, Ovalo Mochica y Santa Cruz y que la administradora del servicio, empresa “SEDALIB”, ha tomado medidas preventivas de mitigación y emergencia mediante la actualización del plan de mitigación y emergencia 2013; sin embargo, se ha tenido deficiencias en la actualización de los manuales operativos de infraestructura del servicio, así como, los presupuestos destinados anuales para los gastos de operación y mantenimiento en intervenciones menores de reparación del servicio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Thomas J. Evaluación de la vulnerabilidad social ante amenazas naturales en Manzanillo (Colina). Un aporte de método. *Investigaciones Geográficas*, Bol Inst Geografía, UNAM. México. 2013; 81: 79-93.
2. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). *Strengthening capacities on disaster reduction and recovery, the role of UNDP, DRU-BCPR*. 2002.
3. Macías J. Descubriendo tornados en México. El caso del tornado de Tzintzuntzan, CIESAS, México. 2001.
4. Avendaño M. ¿Cuántos tornados pasan desapercibidos en México? El caso del tornado de Huatlatlahuaca, Puebla, Trópico 2008. Programa científico Resúmenes, Palacio de Convenciones de La Habana, Cuba, 2008. Pp.16-20.
5. Avendaño M. La importancia del conocimiento de los tornados en México. En: Herrera M (ed.), *La importancia de la hidrometeorología en el entorno económico-social*, Comisión Estatal de Aguas, Querétaro, México, 2011. Pp. 63-80.
6. Macías J, Avendaño A. Climatología de tornados en México. *Investigaciones Geográficas*. Bol Inst Geografía, UNAM. México. 2014; 83: 74-87.
7. Riera C, Pereira S. Entre el riesgo climático y las transformaciones productivas: la agricultura bajo riego como forma de adaptación del río Segundo, Córdoba, Argentina. *Investigaciones Geográficas*, Bol Inst Geografía. UNAM. México. 2013; 82: 52-65.
8. Rivera C, Wamsler C. Integrating climate change adaptation, disaster risk reduction and urban planning: A review of Nicaraguan policies and regulations. *International J Disaster Risk Reduct*. 2014; 7: 78-90.
9. Klein R, Huq S, Denton F, Downing TE, Richels RG, et al. Inter-relationships between adaptation and mitigation. *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Contribution of Working Group II. IPCC. 2007.
10. Smit B, Pilifosova O. Adaptation to climate change in the context of sustainable development and equity”, in *Climate Change 2001*. Chapter 18: impacts, adaptation and vulnerability. USA: Cambridge University Press. 2001.
11. Smit B, Wandel J. Adaptation, adaptive capacity and vulnerability. *Global Environm Change*. 2006; 16: 282-292.
12. O’Brien K, Eriksen S, Nygaard LP, Schjolden A. Why different interpretations of vulnerability matter in climate change discourses. *Climate Policy*. 2007; 7: 73-88.
13. Barton J. Adaptación al cambio climático en la planificación de ciudades-regiones. *Rev Geografía Norte Grande* 2009; 45: 5-30
14. Gallopín G. Sostenibilidad y desarrollo sostenible: un enfoque sistémico, CEPAL. 2003.
15. Organización Panamericana de la Salud (OPS). *Mitigación de Desastres Naturales en Sistemas de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario*, Programa de Preparativos para Situaciones de Emergencia y Coordinación del Socorro en Caso de Desastre, OPS/OMS. Washington, D.C., U.S.A. 1998; 13: 21-102.
16. Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI). *Plan Nacional de Contingencia para el fenómeno “El Niño” 2002-2003*. 55 p. Disponible en: www.indeci.gob.pe/planes-proy-prg/p-operativos/P-contingencia/2008/01-planes-cont-nac/01.pdf. Fecha y hora de búsqueda: 08/05/2015 – 7:35 p.m.
17. Kuroiwa J. *Reducción de Desastres “Viviendo en Armonía con la Naturaleza”*. Lima. Perú: IGC Ed. 2000.
18. Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI). “Mapa de Peligros por inundación en la quebrada de Río Seco”, 2004. 297p. Disponible en: http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/estudios_CS/Region_La_Libertad/trujillo/trujillo_mp.pdf. 17/06/2012.
19. Robles F. *Mapa de peligro y vulnerabilidad del balneario de Huanchaco*. Tesis Br. Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo. Perú. 2007.
20. Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria-España. *Evaluación Probabilística de la Peligrosidad y la Vulnerabilidad frente a Desastres Naturales Basados en Proyecciones de Cambio Climático Aplicado al Área Metropolitana de Trujillo*, Perú. 2012; pp.22-30.

21. Roset F, Enríquez G, Aguirre E. El componente del riesgo en el Ordenamiento Ecológico del Territorio: el caso del Ordenamiento Ecológico Regional y Marino del Golfo de México y Mar Caribe. Bol Inst Geografía, UNAM. México. 2013; 80: 7-20.
22. Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (INAA). Guía técnica para la reducción de la vulnerabilidad en Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario; Nicaragua. 2011; 14: 20-104.
23. Albala-Bertrand J. Natural disaster situations and growth: A Macroeconomic Model for Sudden Disaster Impacts. World Development. Great Britain. 1993; 21(9): 1417-1434.
24. Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI). “Plan de Prevención ante desastres plan de usos de suelo y medidas de mitigación de Camaná, Perú, 2003. (10): 20-179.
25. Scarpati O, Capriolo A. Sequías e inundaciones en la provincia de Buenos Aires (Argentina) y su distribución espacio-temporal. Investigaciones Geográficas. Bol Inst Geografía. UNAM. México. 2014; 83: 74-87.
26. Holt-Giménez E. Measuring farmers’ agroecological resistance after Hurricane Mith in Nicaragua: a case study in participatory, sustainable land management impact monitoring. Agriculture, Ecosystems and Environment. 2002; 93: 87-105.

Correspondencia:
Ana Marlene Guerrero Padilla, mguerrero@unitru.edu.pe



Artículo Original

Variabilidad morfo-agronómica en poblaciones de pallar, *Phaseolus lunatus*, cultivado en condiciones de Costa de la Provincia de Trujillo (Perú)

Morpho-agronomic variability in populations of lima, *Phaseolus lunatus*, grown under conditions of Coast Province Trujillo (Peru)

Manuel F. Pesantes Vera, Eduardo León Alcántara, Edith De La Cruz Araujo y
Juan Carlos Rodríguez Soto

Laboratorio de Fitogenética. Departamento de Ciencias Biológicas. Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo.
Perú

RESUMEN

Se determinó la variabilidad morfo-agronómica que presentaron ocho poblaciones de *Phaseolus lunatus* L. "pallar" cultivadas bajo condiciones agro-ecológicas de la costa norperuana. Las poblaciones procedieron de Trujillo (costa) y Huamachuco (sierra del Perú), fueron codificadas luego de su colecta como PLUNT 01 a 08 y analizadas tomando en cuenta seis caracteres cuantitativos los cuales fueron procesados estadísticamente. Se observó marcadas diferencias fenotípicas y genéticas entre las ocho colectas cultivadas, así: (i) para el carácter días a la floración, la colecta PLUNT 06 ($X = 39.777$ días) fue la más precoz y la PLUNT 04 (50.444 días) la más tardía, (ii) la mayor variación y heterogeneidad fenotípica (C.V. mayor al 10%) se presentó en las colectas pertenecientes a la costa (PLUNT: 01, 02, 03, 04 y 05), (iii) todas las poblaciones estudiadas presentaron una alta heterogeneidad fenotípica (C.V. mayor al 10%) para los caracteres peso de los granos y número de semillas por vaina y (iv) las colectas de la sierra (PLUNT: 07 y 08), a diferencia de las de la costa, presentaron un tipo de crecimiento arbustivo o mata.

Palabras clave: germoplasma, variabilidad morfo-agronómica, *Phaseolus lunatus*.

ABSTRACT

The variability morpho-agronomic of eight populations of *Phaseolus lunatus* L. "lima" grown under agro-ecological conditions of the Northern coast of Peru was determined. Populations came from Trujillo (coast) and Huamachuco (Peru saw) were coded after their collection as PLUNT 01-08 and analyzed taking into account six quantitative traits which were statistically probed. Marked phenotypic and genetic differences between the eight cultivated collections was observed as well: (i) for the character days to flowering, collection PLUNT 06 ($X = 39,777$ days) was the earliest and PLUNT 04 (50,444 days) more later, (ii) greater variation and (CV greater than 10%) phenotypic heterogeneity appeared in the collections belonging to the coast (PLUNT: 01, 02, 03, 04 and 05), (iii) all populations studied showed a High (CV greater than 10%) for grain weight and number of seeds per pod and (iv) phenotypic heterogeneity characters collections saw (PLUNT: 07 and 08), unlike the coast, had a shrub or bush type growth.

Keywords: germoplasm, morfo-agonomic variability, *Phaseolus lunatus*.

INTRODUCCIÓN

Caracterizada por ser una planta autógama de formas perennes, con vainas o frutos falcados y comprimidos que contienen semillas planas y semicirculares, el pallar, *Phaseolus lunatus*, es una leguminosa que, después del frejol común, constituye un recurso de importancia alimenticia^{1,2}. Esta especie presenta formas silvestres y domesticadas, con dos centros de domesticación independientes: los Andes y Meso-América donde aparecen cultivos tipo "sieva" (de semillas pequeñas), tipo "lima" (de semillas grandes), tipos "solenoides" o "papa" (de semillas cortas y gruesas) y tipos intermedios^{3,4,5,6,7}.

En el norte del Perú prevalecen las formas tipo "lima"⁸, que ha sido fuente de alimentación desde la época precolombina^{5,9}; sin embargo, en la actualidad se cultivan ambos tipos: sieva y lima de modo industrial^{10,11}.

En la Región La Libertad el cultivo de variedades comerciales de pallar son escasos o no significativos, sin embargo existen, tanto en zonas costeras como de sierra, poblaciones semi cultivadas poco explotadas agrónomicamente como un recurso comercial; las que, por presentar características morfo agrónomicas bien diferenciadas, están constituyendo una fuente de variabilidad genética que debería ser aprovechada. En todo programa de mejoramiento genético de una especie vegetal cultivada es necesario disponer previamente de una colección o banco de genes donde se debe conservar la variación genética de la especie a mejorar, para lo cual, esta colección debe estar conformada por un mayor número de colectas o variantes genéticas (entradas) existentes^{12,13} donde cada variante o accesión (entrada) deben ser sistemáticamente caracterizadas a través de sus descriptores cualitativos, así como mediante la evaluación de la variación fenotípica que presentan sus caracteres cuantitativos; sin embargo, no se ha investigado respecto de la caracterización y evaluación de la variación morfo agronómica de colectas procedentes de distintas poblaciones de pallares en el Perú: Por ello, en la presente investigación, teniendo en cuenta seis caracteres cuantitativos, se ha realizado dicha caracterización de poblaciones de *Ph. lunatus* de procedencia costeña (Trujillo) y de la sierra (Huamachuco) del norte peruano.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se estudiaron colectas de pallar procedentes de ocho poblaciones distintas donde seis colectas fueron procedentes de cultivos de la costa de Trujillo y dos de la sierra de Huamachuco. Las muestras fueron clasificadas y registradas con las siglas PLUNT y numeradas en orden secuencial en la Cátedra de Fitogenética de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de Trujillo.

Cada colecta fue previamente caracterizada según el color de sus semillas: único o variado, tamaño: grande (1), mediana (2) o pequeñas (3), forma: Lima (4), sieva (5) y otros descriptores, de acuerdo a lo establecido para el estudio de este recurso vegetal de acuerdo a lo establecido por organismos intencionales competentes y otros^{16,17 18}. Posteriormente, en el campo de Fitogenética durante el mes de Abril del 2014 se realizaron los cultivos correspondientes de cada accesión, colecta o entrada por separado de acuerdo a las recomendaciones agrónomicas existentes para el cultivo de pallar 19 y 20 (antes 20 y 21) con el objeto de evaluar el comportamiento de cada colecta bajo condiciones de la provincia de Trujillo.

De 18 individuos de cada población por separado se registraron los descriptores cualitativos relacionados con el color de los cotiledones en la germinación, color de la flor, hábito de crecimiento y otros según lo propuesto para este tipo de estudio 16, 17 y 18. El estudio de la variabilidad fenotípica continua de cada colecta por separado, se realizó con 50 datos tomados de las plantas cultivadas de cada población donde se tomaron las medidas de los caracteres cuantitativos: días a la floración, longitud y ancho de la vaina (cm) número de granos por vaina, del mismo modo se hizo el análisis del carácter peso (g), longitud de la semilla (cm) y ancho (cm) de las semillas medida en el punto medio del hilio (parte central). Con los datos obtenidos se realizaron las estimaciones biométricas recomendadas según lo establecido para estos caracteres 21 y 22 (antes 18 y 19) como son: media (X), varianza (S), desviación estandar (D.S.), error estandar (E.S.) y coeficiente de variación (C.V.)

RESULTADOS

Las características primarias de las semillas pertenecientes a cada población, mediante la aplicación de descriptores relacionados, con el tamaño, forma y color de la cubierta, para lo cual se adaptó el criterio aplicado para tipificar *Ph. vulgaris* tipo "ñuña" (pesant y chile), con descripción de las características de las semillas de cada colecta se muestra en la Tabla 1:

- Colecta PLUNT O1. Tamaño grande (1), Forma = Lima (4), Color de la cubierta: I Modelo monocolor (1), II Tipo ausente (0), III Fondo blanco (1), IV Sobre fondo ausente (0).
- Colecta PLUNT O2. Tamaño grande (1), Forma = Lima (4), Color de la cubierta: I Modelo monocolor (1), II Tipo ausente (0), III Fondo negro (141), IV Sobre fondo ausente (0).
- Colecta PLUNT O3. Tamaño grande (1), Forma = Lima (4), Color de la cubierta: I Modelo bicolor (2), II Tipo rayado (7), III Fondo blanco (1), IV Sobre fondo rojo (9).

- Colecta PLUNT O4. Tamaño grande (1), Forma = Lima (4), Color de la cubierta: I Modelo biocolor (2), II Tipo borde del hilio (9), III Fondo blanco (1), IV Sobre fondo negro (14).
- Colecta PLUNT O5. Tamaño mediano (2), Forma = Lima (4), Color de la cubierta : I Modelo bicolor (2), II Tipo manchado irregular (8), III Fondo negro (14), IV Sobre fondo blanco (2) ” pallar mochica “
- Colecta PLUNT O6. Tamaño pequeño (3), Forma = sieva (5), Color de la cubierta: I Modelo monocolor (1), II Tipo ausente (0), III Fondo blanco (1), IV Sobre fondo ausente (0) “ pallar bebe “
- Colecta PLUNT O7. Tamaño pequeño (3) ,Forma = Lima (4), Color de la cubierta: I Modelo bicolor (2), II Tipo punteado fino (4), III Fondo marrón (10), IV Sobre fondo ausente (14)
- Colecta PLUNT O8. Tamaño pequeño (3) ,Forma = Lima (4) , Color de la cubierta: I Modelo biocolor (1), II Tipo manchado irregular (8), III Fondo gris (11), IV Sobre fondo marrón (15).

La variabilidad de estas descripciones se presenta en la Fig. 1 y las estimaciones poblacionales para los caracteres días a la floración, longitud y ancho de las vainas así como número de semillas por vaina en la Tabla 2.

Para el carácter días a la floración es muy notorio observar que la colecta PLUNT 06 presenta el menor número de días promedio ($X=39.777$), siendo las poblaciones más tardías PLUNT 04 ($X = 50.444$), PLUNT O2 ($X= 49.277$) Y PLUNT 01 ($X = 48.944$) mientras que el resto de accesiones presentan valores intermedios muy próximos entre sí. En relación a la variación fenotípica (S^2) existente en las diferentes accesiones se encontró que el grupo conformado por PLUNT 06 ($S^2 = 2.065$), PLUNT 07 ($S^2 = 4.060$) y PLUNT ($S^2=5.760$) presentan una marcada diferencia al resto de colectas cuyos valores se hallan comprendidos entre varianzas $S^2=24.290$ (PLUNT 01) y $S^2 = 50.379$ (PLUNT 04), se puede apreciar además, para este mismo carácter que los errores estándar (E.S.) se presentan con valores menores a 2 en todas las colectas ,mientras que los coeficientes de variación (C.V.) para cinco entradas o colectas son superiores al 10% siendo estos valores notoriamente menor en las colectas PLUNT 06 (C.V.= 3.612%) PLUNT 07 (C.V = 4.606 %) y PLUNT 08 (C.V.= 5.605).

Para el carácter longitud de la vaina (cm) se observa que son muy marcadas las diferencias de los valores promedio (X) existente entre el grupo de accesiones conformadas por PLUNT 06 , PLUNT O7 y PLUNT 08 los cuales son muy próximos o menores de 6 cm, respecto a las colectas restantes, las cuales presentan valores promedio superiores a 9 cm, sin embargo, la variación fenotípica (S^2) se presentan muy bajas con valores muy próximos a 1 en la mayoría de los casos; de igual manera se observa que los errores estándar (E.S) son menores también a la unidad en las ocho poblaciones estudiadas. En relación a los coeficientes de variación (C.V.) estos se presentan superiores al 10% solo en tres accesiones, como son: PLUNT 03 (C.V. = 16.831%), PLUNT 07 (C.V.= 13.948%) Y PLUNT 06 (C.V.=17.394%).

Las estimaciones biométricas poblacionales para el carácter ancho de la vaina (cm) muestran que los valores promedio son muy próximos entre sí en las colectas PLUNT 06 ($X=1.558$), PLUNT 07 ($X=1.616$) Y PLUNT 08 ($X=1.686$) mientras que en las cinco restantes entradas, sus valores promedio son superiores a 2 cm, lo cual denota marcadas diferencias. En lo que respecta a los valores de la variación fenotípica (S^2) existente para este carácter nos muestran que todas las poblaciones o accesiones presentan valores muy bajos (menores de 1) de igual modo los errores estándar (E.S.) se presentan también con valores menores a la unidad ; mientras que los coeficientes de variación (C.V.) en la mayoría de los casos son menores al 10% con excepción las colectas PLUNT 03 (C.V.=15.24%), PLUNT 04 (C.V.= 11.247%) y PLUNT 05 (C.V.=12.734).

En relación al carácter número de semillas por vaina, existen marcadas diferencias entre los valores promedio (X) de las colectas PLUNT 02 ($X=2.72$), PLUNT 05 ($X=2.84$) y PLUNT 06 ($X=2.900$) respecto a las colectas restantes; presentándose, además, que en todas las colectas, las variaciones fenotípicas (S^2) y los errores estándar (E.S) son menores a 1, de igual manera es destacable observar que el valor del coeficiente de variación (C. V.) en cada colecta o accesión son mayores del 10%.

De acuerdo a los resultados obtenidos de los caracteres: peso, largo y ancho de las semillas, en el cuadro 3, se muestra que los valores promedio (X) para el peso de las semillas son mayores a 2 g para las colectas PLUNT: 01,02,03 y 04 , presentándose valores menores a 1 g para el grupo de cultivo conformado por las poblaciones PLUNT: 06, 07 y 08 mientras que la colecta PLUNT 05 correspondiente al ”pallar mochica” su valor promedio es 1.4 g el cual es intermedio a los dos grupos anteriormente considerados. Por otro lado la varianzas fenotípicas (S^2) así como los errores estándar (E.S) presentan en general valores menores de 1 en todas las colectas estudiadas, mientras que los coeficientes de variación (C.V.) se presentan mayores al 10 % en cada una de las ocho poblaciones.

En relación al largo de la semilla se pueden diferenciar tres grupos de cultivos, uno conformado por las colectas PLUNT: 01, 02, 03 y 04 las cuales muestran valores promedios muy próximos y superiores a 2.5 cm, un grupo intermedio conformado por las colectas PLUNT: 05,07 y 08 con valores muy cercanos a 2 cm. y un tercer grupo conformado por PLUNT 06 “pallar bebe” con un valor promedio de 1.264. Es notorio observar en relación a los valores de la varianzas fenotípicas (S^2) y de los errores estándar (E.S) que todas las colectas presentan valores menores a 1, mientras que los coeficientes de variación (C.V.) en cada colecta se presentan menores o muy cercanos al 10%.

Respecto al carácter ancho de las semillas, se observa la presencia de dos grupos de cultivos bien diferenciados, uno conformado por las colectas PLUNT: 01, 02, 04 y 05, las cuales presentan valores promedio (X) muy cercanos a 1.5 cm y un segundo grupo con valores promedio (X) menores a 1 cm. el cual está conformado por las entradas PLUNT: 06, 07 y 08. Por otro lado, los valores de la varianzas (S^2) y de los errores estándar (E.S) se presentan en todos los casos con valores menores a 1, mientras los coeficientes de variación (C.V.) en cada colecta o entrada se presentan menores o muy cercanos al 10%

La caracterización cualitativa de cada una de las ocho poblaciones de “pallar” donde es notorio observar ciertos descriptores que permiten caracterizar bien a las entradas o accesiones primarias que fueron cultivadas bajo condiciones agroecológicas de Trujillo. Estos son el color que presentan los cotiledones durante la germinación, los que son de color verde morado en las colectas PLUNT 07 y PLUNT 08 las cuales fueron procedentes de la sierra de Huamachuco, mientras que las restantes colectas procedentes de la costa de Trujillo presentan cotiledones de color verde, de igual manera para el carácter color de la flor este, también es de color morado en las entradas PLUNT: 07 y 08, presentándose flores de color blanco en PLUNT: 01, y 03, color lila en las colectas PLUNT: 02, 04 y 05 y color crema en PLUNT 06, otra característica cualitativa resaltante es el hábito de crecimiento, el cual es trepador o indeterminado en todas las colectas de la costa, mientras que las colectas de la sierra PLUNT: 07 y 08 presentan hábito de crecimiento arbustivo o determinado. En relación a la forma de las semillas, siete colectas presentan el tipo “lima” con excepción de la entrada PLUNT 06 que presenta semillas de forma “sieva” mientras que para el carácter forma de vaina este se presenta de tipo curva para cuatro colectas (PLUNT: 02,03,04 y 06) presentado el resto de entradas vainas de tipo curva. Otro de los caracteres considerados el cual reviste importancia es la dehiscencia o salida de las semillas en forma espontánea el cual solo se presentó en la población PLUNT 06 “pallar bebe” (Tabla 4).

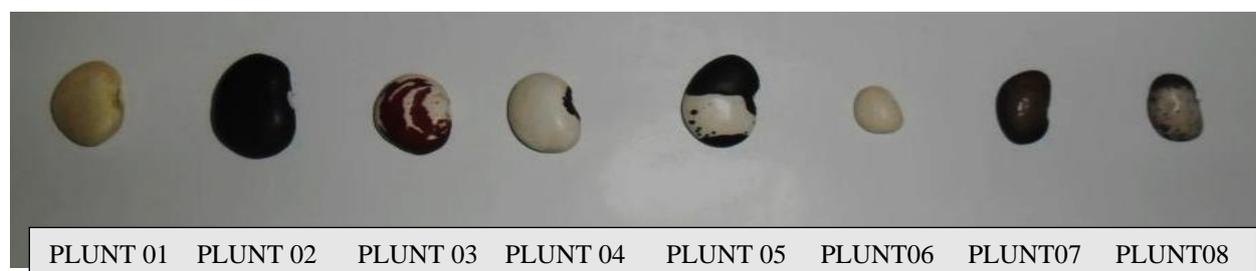


Fig. 1: Características primarias de las semillas pertenecientes a cada una de las colectas de *Phaseolus lunatus* “pallar” colectadas en Trujillo y Huamachuco.

Tabla 1: Caracterización primaria mediante descriptores de tamaño, forma y color de las semillas de ocho poblaciones de “pallar” procedentes de Trujillo y Huamachuco. Región La Libertad

DESCRIPTOR COLECTA	TAMAÑO	FORMA	COLOR DE CUBIERTA DE SEMILLA			
			I	II	III	IV
PLUNT 01	1	4	1	0	1	0
PLUNT 02	1	4	1	0	14	0
PLUNT 03	1	4	2	7	1	9
PLUNT 04	1	4	2	9	1	14
PLUNT 05	2	4	2	8	14	1
PLUNT 06	3	5	1	0	1	0
PLUNT 07	3	4	2	4	10	14
PLUNT 08	3	4	2	8	11	15

Tabla 2: Estimaciones poblacionales para los caracteres, días a la floración, longitud y ancho de vaina y número de semillas por vaina de ocho colectas de pallar cultivadas en condiciones de la provincia de Trujillo.

Colecta		PLUNT 01	PLUNT 02	PLUNT 03	PLUNT 04	PLUNT 05	PLUNT 06	PLUNT 07	PLUNT 08
Caracteres									
Días a la floración	X	48.944	49.278	45.722	50.444	46.278	39.778	43.556	42.500
	S ²	24.291	45.389	39.860	50.379	33.153	2.065	4.027	5.676
	S	6.655	6.737	6.313	7.098	5.758	1.437	2.007	2.383
	E.S	1.569	1.588	1.488	1.673	1.357	0.339	0.473	0.562
	C.V.	13.597%	13.672%	13.808%	14.071%	12.442%	3.613%	4.607%	5.606%
	Máx.	62.0	58.0	54.0	60.0	54.0	42.0	47.0	46.0
Mín.	42.0	27.0	39.0	39.0	39.0	38.0	39.0	39.0	
Long. de vaina	X	9.852	11.558	9.672	10.752	11.178	6.186	5.944	5.848
	S ²	0.902	1.573	2.650	1.278	1.351	0.376	0.687	1.035
	S	0.950	1.25	1.628	1.130	1.162	0.613	0.829	1.017
	E.S	0.134	0.177	0.230	0.160	0.164	0.086	0.117	0.144
	C.V.	9.643%	10.853%	16.832%	10.516%	10.399%	9.911%	13.947%	17.395%
	Máx.	11.8	14.0	12.8	13.1	13.7	7.4	7.4	8.0
Mín.	6.3	9.1	6.0	8.0	8.7	4.9	4.5	1.6	
Ancho de vaina	X	2.37	2.424	2.76	2.2	2.13	1.558	1.616	1.686
	S ²	0.045	0.054	0.177	0.061	0.074	0.022	0.017	0.021
	S	0.212	0.233	0.421	0.247	0.272	0.150	0.131	0.145
	E.S	0.030	0.033	0.059	0.035	0.038	0.021	0.019	0.021
	C.V.	8.951%	9.596%	15.249%	11.247%	12.734%	9.625%	8.137%	8.600%
	Máx.	2.9	3.2	3.5	2.7	2.8	1.8	1.9	2.0
Mín.	1.9	2.0	2.0	1.7	1.6	1.2	1.2	1.4	
Nº de semilla	X	2.02	2.72	2.12	2.32	2.84	2.9	1.34	1.32
	S ²	0.061	0.328	0.312	0.263	0.341	0.255	0.289	0.222
	S	0.247	0.573	0.558	0.513	0.584	0.505	0.479	0.471
	E.S	0.035	0.081	0.079	0.073	0.083	0.071	0.068	0.067
	C.V.	12.208%	21.061%	26.341%	22.099%	20.568%	17.416%	35.710%	35.698%
	Máx.	3.0	4.0	3.0	3.0	2.0	2.0	2.0	2.0
Mín.	1.0	2.0	1.0	1.0	4.0	4.0	1.0	1.0	
Colecta		PLUNT 01	PLUNT 02	PLUNT 03	PLUNT 04	PLUNT 05	PLUNT 06	PLUNT 07	PLUNT 08
Caracteres									
Días a la floración	X	48.944	49.278	45.722	50.444	46.278	39.778	43.556	42.500
	S ²	24.291	45.389	39.860	50.379	33.153	2.065	4.027	5.676
	S	6.655	6.737	6.313	7.098	5.758	1.437	2.007	2.383
	E.S	1.569	1.588	1.488	1.673	1.357	0.339	0.473	0.562
	C.V.	13.597%	13.672%	13.808%	14.071%	12.442%	3.613%	4.607%	5.606%
	Máx.	62.0	58.0	54.0	60.0	54.0	42.0	47.0	46.0
Mín.	42.0	27.0	39.0	39.0	39.0	38.0	39.0	39.0	
Long. de vaina	X	9.852	11.558	9.672	10.752	11.178	6.186	5.944	5.848
	S ²	0.902	1.573	2.650	1.278	1.351	0.376	0.687	1.035
	S	0.950	1.25	1.628	1.130	1.162	0.613	0.829	1.017
	E.S	0.134	0.177	0.230	0.160	0.164	0.086	0.117	0.144
	C.V.	9.643%	10.853%	16.832%	10.516%	10.399%	9.911%	13.947%	17.395%
	Máx.	11.8	14.0	12.8	13.1	13.7	7.4	7.4	8.0
Mín.	6.3	9.1	6.0	8.0	8.7	4.9	4.5	1.6	
Ancho de vaina	X	2.37	2.424	2.76	2.2	2.13	1.558	1.616	1.686
	S ²	0.045	0.054	0.177	0.061	0.074	0.022	0.017	0.021
	S	0.212	0.233	0.421	0.247	0.272	0.150	0.131	0.145
	E.S	0.030	0.033	0.059	0.035	0.038	0.021	0.019	0.021
	C.V.	8.951%	9.596%	15.249%	11.247%	12.734%	9.625%	8.137%	8.600%
	Máx.	2.9	3.2	3.5	2.7	2.8	1.8	1.9	2.0
Mín.	1.9	2.0	2.0	1.7	1.6	1.2	1.2	1.4	
Nº de semilla	X	2.02	2.72	2.12	2.32	2.84	2.9	1.34	1.32
	S ²	0.061	0.328	0.312	0.263	0.341	0.255	0.289	0.222
	S	0.247	0.573	0.558	0.513	0.584	0.505	0.479	0.471
	E.S	0.035	0.081	0.079	0.073	0.083	0.071	0.068	0.067
	C.V.	12.208%	21.061%	26.341%	22.099%	20.568%	17.416%	35.710%	35.698%
	Máx.	3.0	4.0	3.0	3.0	2.0	2.0	2.0	2.0
Mín.	1.0	2.0	1.0	1.0	4.0	4.0	1.0	1.0	

Tabla 3: Estimaciones poblacionales para los caracteres peso, longitud y ancho de semilla de ocho colectas de pallar cultivadas en condiciones de la provincia de Trujillo.

Colectas Caracteres		PLUNT 01	PLUNT 02	PLUNT 03	PLUNT 04	PLUNT 05	PLUNT 06	PLUNT 07	PLUNT 08
Peso semilla	X	2.149	2.466	2.401	2.263	1.412	0.628	0.879	0.940
	S ²	0.198	0.113	0.195	0.122	0.060	0.005	0.037	0.033
	S	0.358	0.336	0.442	0.350	0.246	0.073	0.193	0.181
	E.S	0.051	0.048	0.062	0.049	0.035	0.010	0.027	0.026
	C.V.	16.646%	13.636%	18.399%	15.463%	17.409%	11.656%	21.939%	19.269%
	Máx.	3.12	3.085	3.45	3.0	2.215	0.78	1.195	1.285
	Mín	1.19	1.805	1.05	1.395	0.96	0.45	0.395	0.605
Long. de semilla	X	2.654	2.658	2.526	2.45	2.144	1.264	1.904	1.84
	S ²	0.037	0.042	0.042	0.029	0.025	0.011	0.035	0.038
	S	0.192	0.204	0.205	0.172	0.158	0.105	0.187	0.195
	E.S	0.027	0.029	0.029	0.024	0.022	0.015	0.026	0.028
	C.V.	7.230%	7.680%	8.110%	7.009%	7.369%	8.268%	9.838%	10.589%
	Máx.	3.1	3.0	3.0	2.8	2.4	1.8	2.3	2.4
	Mín	2.3	1.9	2.0	2.0	1.8	1.1	1.4	1.4
Ancho semilla	X	1.648	1.436	1.430	1.350	1.336	0.842	0.950	0.918
	S ²	0.011	0.012	0.025	0.016	0.008	0.003	0.008	0.008
	S	0.103	0.110	0.157	0.128	0.092	0.054	0.091	0.090
	E.S	0.015	0.016	0.022	0.018	0.013	0.008	0.013	0.013
	C.V.	6.280%	7.675%	10.966%	9.494%	6.890%	6.389%	9.570%	9.766%
	Máx.	1.9	1.6	1.8	1.9	1.5	0.9	1.2	1.1
	Mín	1.4	1.2	1.1	1.1	1.1	0.7	0.7	0.7

DISCUSIÓN

El análisis de datos muestra marcadas diferencias morfológicas respecto al tamaño forma y color de las semillas de “pallar”, lo que permitió, describir, clasificar y registrar fácilmente las ocho colectas o entradas primarias, de las cuales seis fueron procedentes de la costa de Trujillo y dos de la sierra de Huamachuco. Cada una de estas colectas estarían constituyendo variantes genéticas bien diferenciadas conformadas por un conjunto de genes propios (pool génico), lo cual fue confirmado en razón a que las semillas de los descendientes de cada entrada que fueron cultivadas o sembradas bajo condiciones agro ecológicas de Trujillo, presentaron las mismas características de sus progenitores, esto se debería que *Ph. lunatus* es una planta autógama, cuyo sistema reproductivo estaría asegurando la formación de individuos homocigotos dentro de cada colecta²⁴; por otro lado, desde el punto de vista de la herencia mendeliana se conoce que estas características morfológicas estudiadas están codificadas por un loci y en ciertos casos por unos pocos loci u oligogenes sobre los cuales los factores ambientales tienen un efecto nulo o escaso sobre la expresión de los mismos^{13,25}.

Se observa, además, que se presentan dos grupos bien diferenciados respecto al tamaño de las semillas; un grupo formado por semillas de menor tamaño donde se ubican las colectas procedentes de Huamachuco (PLUNT 07 Y PLUNT 08) y otro grupo formado por semillas grandes (PLUNT: 01, 02, 03, 04 y 05) lo cual es una característica de los pallares cultivados con fines comerciales, cuyo origen sud americano se extendió desde el norte del Perú hasta el norte de Argentina, siendo su gran tamaño el resultado de la selección que realizaron los pobladores del Perú antiguo mucho antes que la civilización inca, debido a que este aumento de tamaño fue imposible de efectuarse en un periodo corto de tiempo²⁵.

Tabla 4: Caracterización mediante descriptores cualitativos de ocho colectas de *Phaseolus lunatus* cultivadas bajo condiciones de la provincia de Trujillo, Región de La Libertad.

COLECTA	Color de cotiledón	Color de flor	Color de la vaina seca	Habito de crecimiento	Color de semilla	Forma de la semilla	Forma de vaina	Ápice de la vaina	Forma de la hoja	Tamaño de la hoja	Capacidad de apertura de la vaina
PLUNT 01	Verde	Blanca	Crema	Trepador	Blanco	Lima	Curva	Largo	Redondeada	Mediana	No presenta
PLUNT 02	Verde	Lila	Morada pardo oscuro	Trepador	Negro	Lima	Semi curva	Mediano	Redondeada	Mediana	No presenta
PLUNT 03	Verde	Blanca	Parda	Trepador	Blanco/rayado rojo	Lima	Semi curva	Mediano	Redondeada	Mediana	No presenta
PLUNT 04	Verde	Lila	Parda	Trepador	Blanca hilio negro	Lima	Semi curva	Mediano	Redondeada	Mediana	No presenta
PLUNT 05	Verde	Lila	Morada	Trepador	Negro c/puntos blanco	Lima	Curva	Mediano	Redondeada	Mediana	No presenta
PLUNT 06	Verde	Crema	Parda	Trepador	Blanco	Lima-sieva	Semi curva	Largo	Redondeada	Pequeña	Presenta
PLUNT 07	Verde c/morado	Morada	Parda	Arbustivo	Marrón c/puntos negro	Lima	Curva	Largo	Redondeada	Pequeña	No presenta
PLUNT 08	Verde c/morado	Morada	Parda	Arbustivo	Gris y manchas marrón	Lima	Curva	Largo	Aovada	Pequeña	No presenta

Respecto al color de las cubiertas de semillas en las ocho colectas estudiadas el modelo bicolor se presenta más frecuente; estando la expresión de este carácter cualitativo codificado por alelos múltiples que presentan interacciones complejas²⁴. Según el análisis de resultados de las estimaciones paramétricas poblacionales, del carácter días a la floración en cada colecta cultivada bajo condiciones de costa de la provincia de Trujillo se establece que tienen validez y representatividad debido a que los valores de sus errores estándar (E.S.) son inferiores a 2²⁶, observándose lo mismo para los caracteres, longitud de la vaina, ancho de la vaina y número de semillas por vaina.

Es notoria, por otro lado, la existencia de marcadas diferencias entre los valores promedio (X) para el carácter días a la floración de la colecta PLUNT 06 (X=39.778 días) en relación al resto de los valores promedio de las poblaciones de la costa, cuyos valores fluctúan entre X = 45.722 días (PLUNT 02) y X= 50.379 días (PLUNT 04). Esto nos estaría indicando en cierta forma la existencia de diferencias significativas entre los valores promedio. Lo planteado anteriormente, se puede comprobar mediante la aplicación de un diseño experimental adecuado (para reducir los efectos ambientales) un análisis de varianza y la respectiva prueba de comparación de promedios^{20,21}, por otro lado se puede observar que cinco de las colectas de la costa presentan una mayor variación fenotípica (S²) en relación a PLUNT06 (S²=1.437) y las dos colectas procedentes de la sierra como son PLUNT 07 (S²=2.007) y PLUNT 08 (S²=2.83), esto pondría de manifiesto que en cada colecta estarían presentándose arreglos génicos propio para este carácter el cual se conoce esta codificado por poligenes cuya expresión son afectados por factores ambientales²⁷.

En lo que concierne a los valores de los coeficientes de variación (C.V.) que se observan, estos se presentan mayores al 10% en las colectas PLUNT 01,02,03,04 y 05 lo que está indicando la existencia de una heterogeneidad fenotípica entre individuos que están conformando cada una de estas cinco colectas, lo cual expresaría en cierta medida la ausencia de homogeneidad genética entre individuos, lo que a su vez, se interpretaría como la presencia de diferentes líneas homocigotas en cada población cuyas causas serían la existencia de mutaciones o de cruzamientos naturales (alagamia ocasional), los cuales estarían originando poblaciones híbridas transitorias que por autofecundaciones sucesivas darían origen a estas diferentes líneas²⁵. Al respecto se reporta que la alagamia ocasional en poblaciones de *Ph. lunatus* es de 1% y en ciertos caso llegan a 48%, dependiendo de las condiciones ambientales²⁴.

El análisis de resultados de los valores promedio (X) que presenta el carácter longitud de la vaina (cm) nos indica que existen dos grupos bastantes diferenciados; donde cinco colectas de Trujillo presentan longitudes promedio entre 11.588 (PLUNT 02) y 9.852 (PLUNT 01) lo que notoriamente son mayores a los valores promedio de PLUNT 06 (X=6.186 cm) y a los valores de las dos colectas procedentes de la sierra PLUNT 07 (X= 5.944 cm) y PLUNT 08 (X= 5.840 cm). No ocurre lo mismo con la variación fenotípica (S²), la cual presenta valores muy próximos a 1 para la mayoría de los casos, con excepción de PLUNT 03 (S²=2.650) y PLUNT 06 (S²=0.339). Es notorio además, que las accesiones PLUNT 03, 07 y 08 presentan una alta heterogeneidad fenotípica en razón a que sus coeficientes de variación (C.V.) son mayores al 10%.

En lo que se refiere al ancho de la vaina sus valores promedio, se presentan sobre 2 cm en el grupo conformado por PLUNT: 01, 02, 03, 04 y 05 el que difiere marcadamente de las colectas PLUNT 06, 07 y 08; sin embargo, se observan valores de varianzas fenotípicas (S²) menores a 1. En relación a los coeficientes de variación (C.V.) se puede observar que sus valores son superiores al 10%, lo cual nos indica la existencia de heterogeneidad fenotípica para este carácter, en las colectas PLUNT 03,04 y 05.

Con relación al carácter número de semillas por vaina, se observan en las colectas PLUNT: 02, 05 y 06, valores promedio muy cercanos 3 semillas, mientras que el resto de colectas presentan valores promedio próximos a 2. Es notorio, además, que los valores de las varianzas (S²) son menores a la unidad, sin embargo los coeficientes de variación (C.V.) en todas las colectas, son altos, cuyos valores fluctúan, entre un 12% y un 35%, lo que nos indica la presencia de una alta heterogeneidad fenotípica. Las estimaciones de los parámetros poblacionales considerados para los caracteres peso de la semilla (g), longitud y ancho de las semillas (cm) de las ocho poblaciones de pallar que se observan en el cuadro 3. Se establece que existen diferencias bien definidas entre los pesos promedio de las semillas de los “pallares” considerados como grandes (PLUNT 01, 02, 03, 04 y 05).

El grupo de cultivo considerado como pequeños donde se ubican las entradas procedentes de la sierra (PLUNT 07 y PLUNT 08). Con relación a la varianzas (S²), sus valores son inferiores a 1 en todas las colectas; sin embargo es muy notorio que todas las entradas presentan una alta

heterogeneidad la cual se traduce en coeficientes de variación muy altos (superiores al 10%). Para el carácter longitud de las semillas también se observan diferencias significativas entre los valores promedio (X) de grupos de pallares considerados grandes y los considerados pequeños, donde también se aprecia que las varianzas (S²) son inferiores a 1. Sin embargo, para este carácter los coeficientes de variación (C.V.) se presentan menores o muy próximos al 10% en todas las colectas; esto está indicando la existencia de una alta uniformidad fenotípica dentro de cada colecta, lo cual estaría asociado a una alta uniformidad genética.

Con respecto para el carácter ancho de las semillas los valores promedio (X) también son marcadamente diferentes, entre los dos grupos considerados, según el tamaño de sus semillas, por otro lado las varianzas (S²) presentan valores muy por debajo de la unidad en cada las colecta; de igual manera los valores menores al 10% que presentan los coeficientes de variación en las mayoría de las colectas nos indican un alta homogeneidad fenotípica que presenta el carácter en las poblaciones estudiadas, con excepción de PLUNT 03 (C.V.= 10.966).

Los tamaños muestrales considerados para el estudio de estos tres caracteres, tienen validez y representatividad debido a que los valores de los errores estándar (E.S.) son menores a 2. Las características cualitativas consideradas para las ocho poblaciones o colectas estudiadas en cultivo, bajo condiciones agroecológicas de Trujillo, en la cual se puede apreciar marcadas diferencias entre los descriptores considerados. Así se observa que las colectas o entradas cultivadas PLUNT 07 y 08, procedentes de la sierra, presentan como características diferenciales, que el color de los cotiledones durante la germinación son de color verde con manchas moradas a diferencia de las colectas de la costa, las cuales presentan solo color verde de igual manera ocurre con el color de las flores las cuales son moradas siendo este carácter b codificado por genes dominantes mediante mecanismos de herencia monogénica y en ciertos casos son el resultado de interacción génica (herencia digénica)²⁴.

Otra característica importante de estas dos colectas es su hábito de crecimiento, de tipo arbustivo o mata, el cual es un carácter agronómico de las variedades que han sido mejoradas genéticamente ²⁵. La existencia de este carácter codificado por genes recesivos nos estaría demostrando en cierta manera, que los agricultores de la sierra que cultivan este pallar han realizado un tipo de selección dirigida, por otro lado es notorio observar que todas las colectas procedentes de la costa, presentan un crecimiento trepador, indeterminado o guía el cual es un carácter que presentan los especímenes silvestres dentro de la especie de *Ph. lunatus*. En relación a la forma de la semillas la mayoría de las colectas, presentan el tipo “lima” con excepción de la colecta PLUNT 06 la cual presenta semillas del tipo “sieva”, siendo otro carácter importante que presenta esta colecta, la apertura espontánea de sus vainas durante la cosecha la que facilita la caída de sus granos o semillas, el cual está ausente en el resto de entradas. En relación a los otros descriptores considerados, varios son compartidos entre las distintas accesiones.

Siendo el Perú considerado como uno de los centros de origen y domesticación de *Ph. lunatus* se hace necesario incrementar el número de accesiones de esta especie vegetal con la finalidad de medir y mantener la variabilidad intraespecífica de este recurso, la cual se encuentra distribuida en distintos grupos morfo agronómicos existentes en la Región de La Libertad.

En consecuencia, se concluye que se presentaron marcadas diferencias fenotípicas y genéticas entre las ocho poblaciones de “pallar” cultivadas bajo condiciones agroecológicas de la provincia de Trujillo, existen dos grupos de cultivos bien diferenciados en relación a los caracteres estudiados, todas las colectas estudiadas presentaron alta heterogeneidad fenotípica para los caracteres número de semillas por vaina y peso de los granos, la mayor variación y mayor heterogeneidad fenotípica del carácter días a la floración se presentó en las colectas de la costa con excepción de la colecta PLUNT 06, la colecta de la costa PLUNT 06, fue la más precoz y sus vainas presentaron dehiscencia o desgrane espontáneo, las colectas de la sierra PLUNT 07 Y 08 fueron las únicas que presentaron crecimiento arbustivo y flores de color morado, y es posible aprovechar esta variabilidad existente entre las poblaciones con fines de mejora genética.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Sánchez VI. Especies de leguminosas del valle de Cajamarca, una aproximación. Impresiones y Publicaciones Obispo Martínez de Compañón. Cajamarca. Perú. 1993
2. Delgado-Salinas A. *Phaseolus*. En: Stevens WD, Ulloa U, Pool A, Montiel OM (eds.), Flora de Nicaragua, Vol.85. Missouri Botanical Garden Press. 2001
3. Boudin JP. Genetic resource domestication and evolution of *Phaseolus lunatus* L. In: Gepts P (ed.), Genetics Resources of Pharsalus beans. Holland: Kluwer Academic Publisher, 1988; pp.393-407.
4. Gutiérrez A, Gepts P, Debouck DG. Evidence for two gene pools of the lima beans *Phaseolus lunatus* L. Am Genetic Resources & Crop Evol 1995; 42: 15-22.
5. Fernández M, Rodríguez E. Etnobotánica del Perú Pre hispánico. HUT. Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo. Perú. 2007
6. Esquivel M, Castiñeiras L, Lioi L, Haman K. Origen, classification, variation, and distribution of lima beans (*P. lunatus* L.) in light of Cuban materials. Euphytica 1990; 49: 89-87.
7. Castiñeiras L, Esquivel T, Hammer K. New variation of *Phaseolus* in Cuba. FAO IBPGR. Plant Gen Resources 1994; 99: 38-40.
8. Debouck DG, Schmit V, Libreros O, Ramirez H. Biochemical evidence for a fifth cultigen within the genus *Phaseolus*. Annu Report Bean Improvement Crop 1990; 33: 106-107.
9. Towle MA. The Ethnobotany of pre-Columbian Peru. Viking Fund Publication in Anthropology N° 30, Wenner Green Foundation for Anthropological Research. Inc. New York. USA. 1961.
10. Castiñeiras L, Walon L, León N, Haradosky TH, Barrios O, et al. Manejo de la variabilidad de *Phaseolus lunatus* (frejol caballero) conservada en comunidades rurales de Cuba. Rev Jardín Botánico Nacional Cuba 2008; 29: 151-160
11. MINAG-Perú. Informe Líneas de Cultivos Emergentes. Ministerio de la Agricultura de la República del Perú. Lima. 2005
12. Sánchez-Monge E. Fitogenética. INIA. Ministerio de Agricultura. 2da. ed. Madrid- España. 1974
13. Cubero JI. Introducción a la Mejora genética vegetal. 2da ed. Madrid: Edit. Mundi-Prensa. 2003
14. ANR: Código del Plan Nacional CTI. Dirección de investigación y calidad universitaria. Lima. Perú. 2010
15. Plan de Desarrollo Regional Concertado de La Libertad 2010-2021. Perú.
16. IBPGR. Descriptors of *Phaseolus lunatus*. International Board for Plant Genetic Resources. Roma. 1982
17. IPGI. Descriptores para *Phaseolus lunatus* L. (Feijao-Espadinho) International Plant Genetic Resources Institute. Roma. 2001
18. CEDEPAS. El pallar (*Phaseolus lunatus*) cultivo importante en el Valle de Ica. Centro de Estudios para el Desarrollo y la Participación. Ica-Perú. 1990
19. Portugal VM. Cadena Productiva de Menestras. Doc. OPGA 11. Proyecto Proapa. Lima-Perú. 2001
20. Calzada BJ. Métodos Estadísticos para la Investigación. 2da. ed. Lima, Perú: Edit. Jurídica. 1970
21. Lisson L. Estadística aplicada a la Biología Experimental. Buenos Aires: Edit. EUDEBA. 1976.
22. Pesantes VM, Rodríguez SJ. Caracterización y evaluación de la variabilidad de doce colectas de *Phaseolus vulgaris* L. tipo reventón o ñuña procedente de la Provincia de Santiago de Chuco – La Libertad. Inf Invest. 2013. Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo. Perú.
23. Cruz BJ, Camarena F, Boudin JP, Huaranga A, Blas R. Evaluación Agromorfológica y caracterización molecular de la ñuña (*Phaseolus vulgaris* L.) IDESIA 2009; 27(1): 29-40.
24. Brauer O. Fitogenética Aplicada. Edit. México, DF: Limusa-Wiley. 1969.
25. Allard RW. Principio de la mejora Genética de las plantas. 4ta ed. Barcelona: Edit. Omega S.A. 1978
26. Blas W. Comportamiento biométrico de una población híbrida resultante del cruzamiento entre líneas consanguíneas incipientes de *Zea mays* L. variedad ebarta “maíz perla”. Trabajo de habilitación para Ascenso de Categoría Docente. Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo. Perú. 1993.
27. Phoelman J. Mejoramiento Genético de las cosechas. México, DF: Edit. Limusa S.A. 1970.

Correspondencia:
Juan Carlos Rodríguez Soto. jrodriguez@unitru.edu.pe



Artículo Original

Características germinativas de semillas del algodón nativo, *Gossypium* sp., de fibra verde, lila y marrón

Germination characteristics of native cotton, *Gossypium* sp., seeds of green, lilac and brown fiber.

Armando Gil Rivero y Eloy López Medina

Facultad de Ciencias Biológicas, Campus de la Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo, Perú

RESUMEN

El algodón es un cultivo ancestral del mundo; comprende muchas especies del género *Gossypium* (Malvaceae) del cual se obtienen fibras de gran importancia industrial; sin embargo, aún no se han estudiado aspectos relacionados con la biología de los frutos de algodón de color. En la presente investigación se determinaron las características germinativas de las diferentes variedades que forman fibra de color, así como, los caracteres morfológicos del fruto. El material vegetal procedió de San Benito-Cajamarca (Perú) y la fase experimental se desarrolló en el Laboratorio de Fisiología y Cultivos de Tejidos Vegetales de la Universidad Nacional de Trujillo (Perú), mediante un diseño estadístico completamente al azar, con cinco repeticiones por tratamiento. Se estimó el índice de Czabator y se evaluó la viabilidad. Se encontró que la variedad marrón evidenció un 92 % de germinación, 74.64 % de emergencia, 83.24 % de energía germinativa y una viabilidad del 80%, a diferencia del resto de variedades cuyos valores fueron menores. Además, presentó un mayor número de lóculos (3.1) y semillas por bellota (21.7). Se concluye que la variedad de fibra marrón presentó, entre las tres variedades, los valores más altos de caracteres germinativos y el mayor número de lóculos y semilla por bellota.

Palabras clave: Características germinativas, *Gossypium*, fibras de color, índice de Czabator

ABSTRACT

Cotton is an ancient crop of the world; it comprises many species of *Gossypium* (Malvaceae), which fibers are obtained great industrial importance. There are no studies about biological characteristics of cotton's color fibers. In this research the germinate characteristics and morphological characteristics of fruit of fiber color cotton were determined. The vegetal material comes from San Benito district-Cajamarca (Peru). The experimental phase was developed in the Laboratory of Physiology and Cultivation of Tissues Vegetables of the National University of Trujillo (Peru) by means of completely randomized statistical design; five-replicates per treatment were used by test. It was found that the brown variety showed a 92 % of germination, 74.67% of emergency, 83.24 % of germination energy and a viability of 80%, while, the other varieties presented lower values. In addition, brown variety it was presented a greater number of locules (3.1) and seeds acorn (21.7). It was concludes that the variety of brown presented, respect the other varieties, the highest values of germination characters and as many locules and seeds for acorn.

Keywords: Germination characteristics, *Gossypium*, colored fibers, Czabator Index.

INTRODUCCIÓN

El algodón, *Gossypium* spp., es el producto agrícola no alimentario más importante del mundo desde épocas muy antiguas y los países que más producen son: China (25.0%), Estados Unidos (19.9%), India (13.1%), Pakistán (9.8%), Brasil (5.1%) y Uzbekistan (4.2%)^{1,2,3,4,5}. En el Perú se encuentran dos especies nativas: *G. barbadense* y *G. raimondii* de las cuales la primera se halla más distribuida y, entre otras, tienen la ventaja de presentar distintos tonos de color naturales y linters oscuros en las semillas; sin embargo, tales ventajas han sido poco difundidas a nivel nacional e internacional^{7,8}.

Tal como ocurre con otras especies, es de importancia conocer la calidad de la semilla de algodón para la obtención de poblaciones de plántulas vigorosas y uniformes; por ello, existen pruebas en laboratorio que ofrecen una primera información respecto a la calidad de las semillas; estas incluyen: sanidad, vitalidad o vigor y viabilidad⁸.

Las pruebas de germinación informan sobre las semillas que rápidamente han reanudado la actividad metabólica y la curva de germinación representa el porcentaje de semillas germinadas frente al tiempo transcurrido desde la siembra, la cual da una idea completa del desarrollo de una muestra de semillas en condiciones determinadas^{16,19,20}. El vigor o energía germinativa es el potencial o capacidad de la semilla durante la germinación y emergencia de la plántula, así, las semillas de alto vigor se conservan mucho más tiempo, germinan más rápido y resisten condiciones adversas de germinación^{9,10,11,12,13,14}.

La viabilidad, por su lado, hace referencia a su capacidad de germinar y de originar plántulas normales en condiciones ambientales favorables y para su evaluación se emplean soluciones de 2,3,5-trifeniltetrazolio (2,3,5-TFT). Este ensayo se basa en que una vez que los diferentes tejidos de la semilla se han hidratado, en el embrión se activan rutas metabólicas, que liberan electrones capaces de reducir a ciertas sustancias químicas; al mismo tiempo, el 2,3,5-TFT reacciona con las hidrogenasas implicadas en la respiración celular que tiene lugar en los tejidos vivos y, como consecuencia de la reacción, el tetrazolio se transforma en un compuesto de color rojo, de modo que aquellas zonas donde ha habido reacción permanecerán teñidas con este color indica que semillas buenas mientras que las semillas con viabilidad declinante muestran embriones sin coloración^{13,14,15,16,17,18,19,21,22,23}.

Debido a que son escasos los reportes técnicos y trabajos relacionados con las características germinativas y morfológicas²⁰ de semillas del algodón nativo, se propuso una investigación dirigida a responder la siguiente interrogante: ¿Cuáles son las características germinativas de semillas y los caracteres morfológicos del fruto de *Gossypium* sp. de fibra de color verde, lila y marrón?

MATERIAL Y MÉTODOS

La investigación se realizó en el Laboratorio de Fisiología y Cultivos de Tejidos Vegetales de la Universidad Nacional de Trujillo (Trujillo, Perú), con material vegetal (semillas) procedentes del Distrito de San Benito, Provincia de Contumazá, Departamento de Cajamarca-Perú.

Colecta de frutos de *Gossypium* sp.

Se seleccionaron cápsulas maduras, las cuales se colectaron en bolsas de papel y se transportaron al Laboratorio (Fig.1).

Extracción, selección y pesado de semillas:

De cada bellota se separó las semillas de la fibra, se seleccionó, se contabilizó y se pesó en balanza analítica. Se tomó 5 lotes de 10 g de semillas c/u y se estimó el promedio del número de semillas en 10 g, para luego calcular el número de semillas en un kg (Fig.2).

Determinación del porcentaje de germinación (%G) de las semillas^{18,19}:

Se seleccionaron al azar 5 grupos con 30 semillas cada una. Se esterilizaron cinco placas de Petri de 8.5 cm por 8.5 durante dos horas a 105°C, se sacaron de la estufa y se dejaron enfriar. Se colocaron en cada placa ocho discos de papel filtro estériles humedecidos con agua destilada estéril y se distribuyeron las semillas en cada placa, previo tratamiento con fungicida HOMAI. Se brindó las condiciones óptimas de temperatura (22±2°C), para favorecer la germinación. Para la toma de datos, una semilla germinada es aquella que mostró un desarrollo visible de radícula y se consideró semilla muerta o podrida a aquella que al finalizar el período evaluativo no germinó o se putrefactó²⁷. Se expresa el % G como el porcentaje final de semillas que germinan (Sg) con relación al número total de semillas sembradas (Ss)²⁸.

$$\%G = (Sg/Ss) \times 100$$

%G = Porcentaje de germinación.

Sg = n° de semillas que germinan.

Ss = n° total de semillas sembradas.

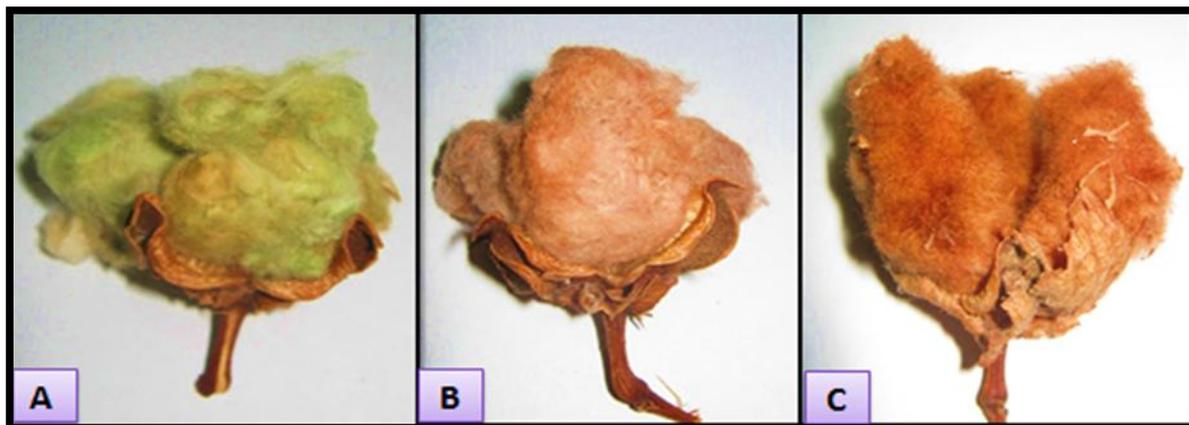


Fig. 1. Bellotas de *Gossypium* sp. “algodón nativo” de fibra de color verde (A), lila (B) y marrón (C).



Fig. 2. Semillas de *Gossypium* sp. “algodón nativo” de fibra de color verde (A), lila (B) y marrón (C).

Determinación de la vitalidad de semillas¹⁶:

La vitalidad se calculó a través del valor compuesto de Czabator (1962), para ello se utilizaron los datos obtenidos en la prueba de % G. Para obtener el índice de Czabator, se realizaron conteos de la emergencia de radículas y se estimó un valor promedio acumulativo, para obtener una gráfica expresada en porcentaje (Fig. 5). Los valores obtenidos se remplazaron en la fórmula, donde: VA, es el valor más alto del porcentaje de germinación dividido entre el número de días que se requirió para llegar a ese punto y GMD es la germinación media diaria, que es el porcentaje final de la germinación dividido entre el número de días de posible duración de la prueba²⁵.

$$IC = VA \times GMD$$

IC = Índice de Czabator.

VA = Valor más alto de la curva.

GMD = Germinación Diaria Media.

Determinación de la viabilidad de las semillas con 2,3,5-Trifeniltetrazolio^{10,15}

Para tal fin se procedió como sigue: (i) se remojaron en agua 10 semillas seleccionadas de cada variedad por un periodo de 12 horas, (ii) se organizaron los grupos experimentales en 10 placas de Petri (PP), (iii) se preparó 2,3,5-Trifeniltetrazolio al 0.1%, (iv) el frasco contenedor del reactivo fue envuelto en papel aluminio y las semillas fueron cortadas por la mitad y se distribuyeron en cada tapa de la PP, (v) se colocaron las PP en cámara oscura y se agregó 10 mL de la solución de 2,3,5-Trifeniltetrazolio al 0.1% a cada tapa de las PP, observando que la semilla esté sumergida en la solución, (vi) se dejó reposar por un periodo de 30 minutos y se leyeron los resultados. La observación de embriones completamente coloreados fue un indicador de una buena semilla, la observación de semillas inviables presentan manchas sin colorear²⁵. El porcentaje de viabilidad de un lote de semillas se determinó con la siguiente fórmula:

$$NR/NT \times 100$$

NR = n° de semillas teñidas de rojo.

NT = n° total de semillas evaluadas.

Determinación del porcentaje de emergencia (%E) de las semillas¹⁰:

Para la prueba de emergencia se utilizó como sustrato una mezcla de humus y arena en proporción 1:1, previamente desinfectados. Se desinfectaron bandejas germinadoras con lejía al 2%, durante diez minutos. Se seleccionaron 5 grupos al azar de 30 semillas c/u, las cuales fueron sembradas en sus respectivos germinadores. El riego se realizó cada tres días. El %E fue el número de plántulas emergidas hasta el último día del ensayo. Para ello se construyó una tabla acumulativa donde se indicó el promedio del número de plántulas emergidas por día. Se consideró que la plántula está emergida cuando en la superficie del sustrato se observan los cotiledones (Fig.3) fuera de la envoltura seminal¹⁴. El porcentaje de emergencia de un lote de semillas se determinó con la siguiente formula:

$$\%E = PE/TS \times 100$$

%E = Porcentaje de emergencia.

PE = Plántulas emergidas durante el ensayo.

TS = Total de semillas sembradas.

Fig. 3. Emergencia de plántulas de *Gossypium* sp. “algodón nativo” de fibra de color marrón a los 6 días de evaluación.



RESULTADOS

Se encontró que dentro de las características de fruto y semilla, la variedad de fibra marrón presentó el mayor promedio de lóculos por bellota y semillas y que solamente las semillas de la variedad de fibra verde presentaron lintiers (Tabla 1).

Se apreció que el porcentaje promedio acumulativo de germinación (92%) y de emergencia de semillas (4.6%) de la variedad de fibra marrón fue mayor que en las demás variedades (Figs. 4 y 5).

La Tabla 2 resume las características germinativas de *Gossypium* sp. “algodón nativo”, destacando la variedad de fibra marrón por presentar los valores más altos de Vigor (83.24%) y Viabilidad (80 %). En la (Fig.6), se aprecia una semilla viable de alto vigor, de bajo vigor e inviable. Los resultados del Análisis de varianza mostraron que hay diferencias significativas en los porcentajes de germinación y emergencia promedio las variedades de fibra de color verde, lila y marrón, mientras que la prueba Tukey mostró que para el porcentaje promedio de germinación y de emergencia la variedad de fibra de color marrón fue la mejor.

Tabla 1. Características de frutos y semillas de *Gossypium* sp. “algodón nativo” de fibras de color verde, lila y marrón.

Variedad	N° de lóculos por fruto (X)	N° de semillas (X)	N° de semillas en 1kg (X)	PS
Algodón de fibra verde	3.05	21.4	10 560	Presencia
Algodón de fibra lila	3	16.5	13 660	Ausencia
Algodón de fibra marrón	3.1	21.7	10 880	Ausencia

Leyenda: PS= Pilosidad en la semilla, X= promedio

Tabla 2. Características germinativas de *Gossypium* sp. “algodón nativo” de fibra de color verde, lila y marrón. Germinación Total (GT), Emergencia Total (ET), vigor y viabilidad: alto vigor (A), bajo vigor (B), no viables (C)

Variedad	GT (%)	ET (%)	Vigor (%)	Viabilidad (%)		
				A	B	C
Algodón de fibra verde	84.7	49.3	69.9	65	15	20
Algodón de fibra marrón	92.0	74.6	83.2	80	10	10
Algodón de fibra lila	69.2	47.3	52.3	40	30	30

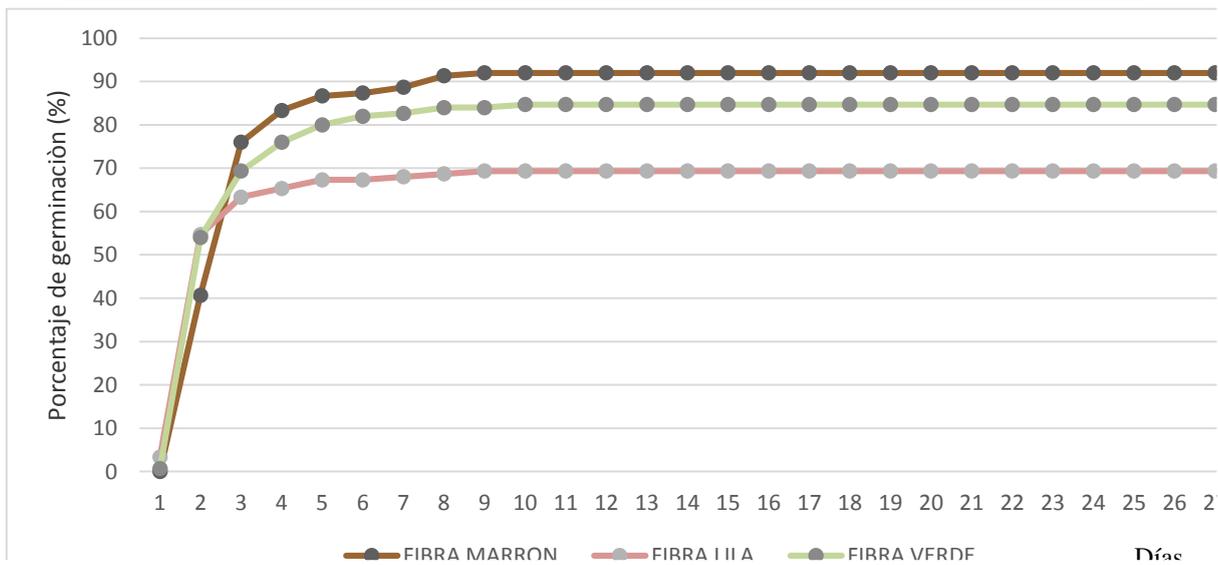


Fig. 4. Porcentaje promedio acumulativo de germinación de semillas de *Gossypium* sp. “algodón nativo” de fibra de color verde, lila y marrón a los 28 días de evaluación.

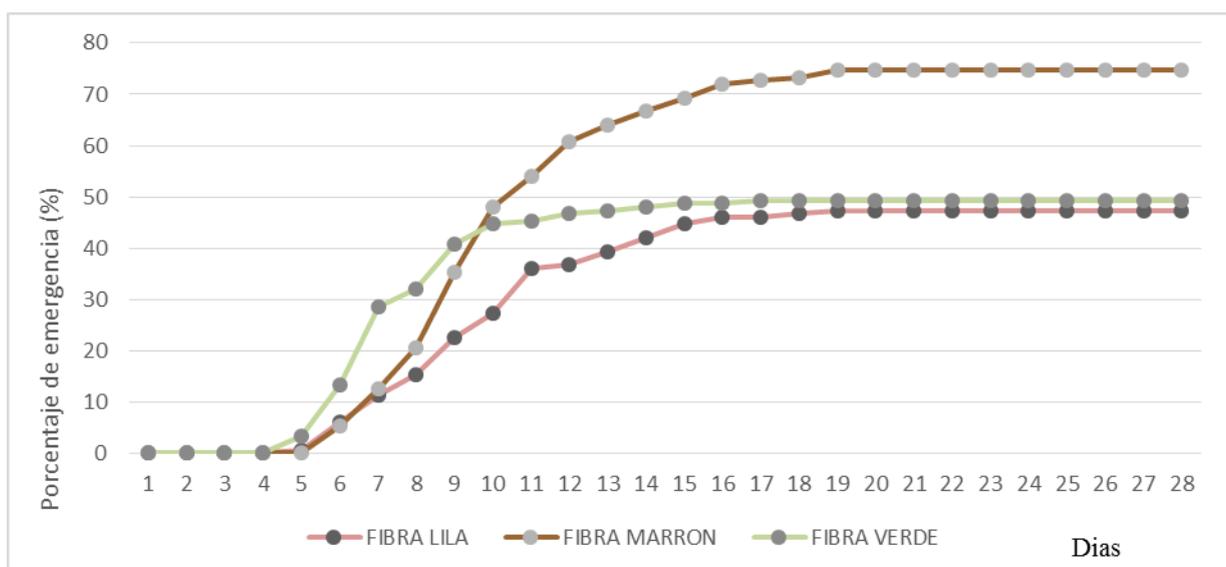


Fig. 5. Porcentaje promedio acumulativo de emergencia de semillas de *Gossypium* sp. “algodón nativo” de fibra de color verde, lila y marrón a los 28 días de evaluación.



Fig. 6. Viabilidad de *Gossypium* sp. “algodón nativo” de fibra de color verde, lila y marrón utilizando el reactivo 2, 3,5 –trifeniltetrazolio. De acuerdo al grado de tinción del embrión, se observa: una semilla viable y de alto vigor (izquierda), una semilla viable de bajo vigor (centro) y una semilla no viable (derecha).

DISCUSIÓN

Respecto a las características de los frutos y semillas del algodón nativo de fibras de color verde, lila y marrón. El número de lóculos por bellota, el número de semillas por bellota y la ausencia de pilosidad en el tegumento de la semilla, indican que la variedad de fibra marrón exhibe características asociadas a los cultivos domesticados. Resultados que evidencian un incremento en el peso, tamaño y número de semillas²⁴. Estos datos concuerdan con los reportes de otros investigadores quienes indican que la variedad *G. hirsutum*, es posible encontrar entre 26 y 36 semillas⁴, existiendo aproximadamente 100 semillas en 9.91 g³⁰. Otros autores señalan que *G. barbadense* suele presentar entre 3 a 4 lóculos mientras que *G. hirsutum*, la variedad más domesticada evidencia entre 4 a 5 lóculos¹⁰.

El menor número de lóculos y semillas por bellota en las variedades de fibra de color lila y verde, indican que corresponde a plantas silvestres o de domesticación incipiente, en las cuales se evidencian estructuras de defensa como pelos, un menor número de semillas y un tamaño pequeño de frutos y semillas. Aspectos que coinciden con los reportes de *G. barbadense* y *G. raimondi*²⁹. Los linters acercan a la variedad de fibra verde a la nativa de *G. hirsutum*, debido a que este carácter es común en algodones de fibra corta¹⁰.

La uniformidad del porcentaje de germinación y la elevada tasa de emergencia, para la variedad de fibra marrón indica un mayor grado de domesticación. Aspectos que no se visualizan en las variedades de fibra verde y lila cuyos valores tanto en emergencia y germinación fueron menos uniformes, indicando una domesticación incipiente²⁴.

La mayor energía germinativa evidenciada por el índice de Czabator en la variedad de fibra marrón (Tabla 2), indica un mayor nivel de actividad y capacidad durante la germinación y emergencia. Investigadores definen de buen comportamiento a esta clase de semillas, siendo característico de los cultivos de mayor domesticación los cuales evidencian mayor vigor^{22,23}. Lo cual no se evidencia en semillas de plantas silvestres. Otros investigadores, trabajando en la variedad *G. hirsutum*, demostraron que la reducción del vigor y del poder germinativo, se debe a la presencia de linters, los cuales afectan la calidad biológica de las semillas²¹.

La mayor y la menor viabilidad evidenciada por el test de tetrazolio, según la intensidad de tinción, indica que la variedad de fibra marrón presencié un mayor número de semillas viables de elevado vigor a comparación del resto de variedades. Debido a la declinación de la energía

germinativa, la variedad de fibra lila fue la que presentó un mayor número de semillas no viables de bajo vigor¹⁹. Las semillas de elevado vigor y viabilidad muestran sus embriones de color rojo carmín, debido a una reacción química de óxido-reducción entre el 2,3,5-trifeniltetrazolio con los tejidos vivos que respiran, originándose la formación de trifenil formazán²⁴. Mientras que en los tejidos muertos, sin respiración, la reacción no se efectuó y no se registró cambio de coloración en el embrión, esto fue observado en mayor proporción en la variedad de fibra lila y verde.

Las diferencias significativas para las variables porcentaje de germinación y emergencia encontrados mediante el análisis de varianza, indican la existencia de diferentes comportamientos en las variables evaluadas²⁴. La mayor uniformidad en la germinación y emergencia de la variedad de fibra de color marrón está indicando su alto grado de domesticación y una mayor calidad en sus semillas respecto a las anteriores. Por ello, se concluye que la variedad marrón presentó los valores más altos en el porcentaje de germinación (92%), emergencia (74.6%), vigor (83.2%) y viabilidad (80%), así como, el mayor número de lóculos (3.1) y semilla por bellota (21.7) comparado con el resto de variedades.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Vásquez L. Caracterización morfo-taxonómica y fenología del algodón de color (*Gossypium barbadense* L.). En: XIV Cong Nac Botánica. Trujillo, Perú. 2012; p.23.
2. Cortijo A, Cancio I. Innovación tecnológica para recuperar el algodón nativo de color. Rev Ingeniería Industrial 2012; 30: 225-245.
3. Rojas I, Cuzquen C, Delgado G. Propagación clonal in vitro enraizamiento de estacas de algodón nativo (*Gossypium barbadense*). Rev Acta agronómica 2014; 62(4): 312-320.
4. Usach L, Bencardini J. El algodón. Rev RECITEIA 2005; 5: 4-47.
5. Gutiérrez M, Trujillo B, Pérez D, Márquez A, Pacheco W. Colecta y rescate del conocimiento local de algodones nativos en las costas de los estados Falcón y Aragua, Venezuela. Rev Agronomía Trop 2009; 59: 59-71.
6. Doria J. Generalidades sobre las semillas: Su producción, Conservación y su Almacenamiento. Rev Cultivos Tropicales 2001; 31:74-85.
7. Salazar C. Caracterización de semillas de *Quillaja saponaria* Mol., para distintas procedencias de la octava región. Tesis Ing° Forestal. Universidad de Concepción (Chile).1998.
8. Navarro M, Febles G, Verena T. Bases conceptuales para la estimación del vigor de las semillas a través de indicadores del crecimiento y el desarrollo inicial. Rev Pastos y Forrajes 2012; 35(3): 233-246.
9. Cordero D, Trujillo J. Viabilidad de semillas de *Bombacopsis quinata* y *Tabebuia rosea* en laboratorio y su relación con el comportamiento en vivero. Res Semana Científica CATIE. Instituto tecnológico Costa Rica.1995.
10. Rodríguez I, Adam G, Durán M. Ensayos de germinación y análisis de viabilidad y vigor de las semillas. Rev Agropecuaria 2008; 78: 836-842.
11. Silva M, Toselli M, Casenave E. Poder germinativo del algodón, una tecnología al alcance del consumidor. Rev Cultivos Tropicales 2011; 33: 41-45.
12. Salinas R, Yoldjian M, Craviotto M, Bisaro V. Pruebas de vigor y calidad fisiológica de las semillas de soya. Rev Pesquisa Agropec Bras. 2001; 36(2): 371-379.
13. Quino P. Germinación de semillas y crecimiento inicial de plántulas de *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb. procedentes de la costa de Oaxaca. Tesis Ing° Agrónomo. Universidad de Veracruzana, México. 2003.
14. Spoljaric M, Ojeda D. Evaluación de parámetros de calidad en semillas de *Prosopis alba* almacenadas en cámara de frío del banco de germoplasma de INTA Sáez Peña. Tesis Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Formosa. 2009.
15. Vieitez C. El uso del cloruro 2,3,5-trifeniltetrazolium para determinar la vitalidad del polen. Rev Anales Edafol & Fisiol Veget 1952; 12(12): 1033-40.
16. Benito M, Herrero S, Jiménez I, Peñuelas R. Aplicación de métodos colorimétricos para la determinación de la viabilidad en semillas de *Pinus pinea*: Test de Tetrazolio e Índigo Carmín. Rev Sociedad Española de Ciencias Forestales 2004; 17: 23-28.
17. Navarro M, Febles G, Verena T. Bases conceptuales para la estimación del vigor de las semillas a través de indicadores del crecimiento y el desarrollo inicial. Rev Pastos y Forrajes 2012; 35(3): 233-246.
18. Lezcano J, Navarro M, Gonzáles Y, Alonso O. Determinación de la calidad de las semillas de *Leucaena leucocephala* cv. Perú almacenadas al ambiente. Rev Pastos y Forrajes 2007; 30: 107-118.

19. Gómez R .Estimación de la capacidad germinativa y el vigor de las semillas de Diomate (*Astronium graveolens* Jacq.), sometidas a diferentes tratamientos y condiciones de almacenamiento. Resum Inf Invest. Universidad Nacional de Colombia. 2004.
20. Méndez N , Alcorcés N. Características de la bellota , semilla y fibra de ocho cultivares de algodón (*Gossypium hirsutum* L.) bajo condiciones de sabana. Rev Fav Agron LUZ 2007; 24: 285-293.
21. Aristizábal L, Álvarez P. Efecto del deterioro de la semilla sobre el vigor, crecimiento y producción del maíz (*Zea mays*). Rev Agronomía 2006; 14: 17-24.
22. Coronel E, Berdaguer J, López G. Nuevo proceso de deslizado químico de semilla de algodón, Su impacto ambiental y sustentabilidad en el proceso de desarrollo. Resúm Inf Invest Universidad Nacional de Santiago del Estero, España.1998.
23. Pérez M, Arguello A. Determinación del vigor por tetrazolio en semillas de mani (*Arachis hypogaea* L.) bajo condiciones distintas de almacenamiento. Rev Agroscentia 1997; 14:19-24.
24. Abdi H, Lynnes W. Enciclopedia del Diseño de la Investigación: Prueba Newman-Keuls y Prueba de Tukey.EE.UU: Edit. Thousand Oaks C.A. 2010.

Correspondencia:
Eloy López Medina. elopez@unitru.edu.pe



Artículo Original

Actividad antifúngica del extracto etanólico de las hojas de *Schinus molle* sobre el crecimiento de *Lasiodiplodia theobromae* en condiciones de laboratorio

Antifungal activity of ethanol extract of *Schinus molle* leaves on growth of *Lasiodiplodia theobromae* under laboratory conditions

Silvia Segura-Contreras, Marlene Rodríguez-Espejo, y Julio Chico-Ruiz

Laboratorio de Fitopatología. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo, Perú

RESUMEN

Se evaluó la actividad antifúngica del extracto etanólico de las hojas de molle, *Schinus molle*, sobre *Lasiodiplodia theobromae*. Para ello, se preparó el medio de cultivo agar papa dextrosa y luego se procedió a obtener el extracto etanólico a concentraciones de 0, 25, 30, 35%. Los resultados se analizaron mediante el porcentaje de inhibición del crecimiento micelial. El extracto de molle demostró tener actividad antifúngica sobre *L. theobromae* a la concentración de 30% ($p < 0,05$). Se concluye que el extracto de *S. molle* presenta actividad antifúngica sobre *L. theobromae*, en condiciones de laboratorio.

Palabras clave: extracto etanólico, *L. theobromae*, *S. molle*, actividad antifúngica.

ABSTRACT

Antifungal activity of ethanol extract of the leaves of *Schinus molle* on *Lasiodiplodia theobromae* was evaluated. For this purpose, the culture medium potato dextrose agar was prepared and then proceeded to obtain the extract at concentrations of 0, 25, 30, and 35%. The results were analyzed by the percent inhibition of mycelial growth. The ethanol extract presented antifungal activity on *L. theobromae* at 30% of concentration ($p < 0,05$). It was concluded that the extract of *S. molle* has antifungal activity on *L. theobromae*, under laboratory conditions.

Keywords: ethanol extract, *L. theobromae*, *S. molle*, antifungal activity.

INTRODUCCION

El control biológico desarrolla alternativas naturales tales como el uso de extractos vegetales con los que se han obtenido resultados prometedores, ya que los extractos vegetales tienen las ventajas de poseer un origen biológico, ser biodegradables y manifestar un mínimo impacto negativo sobre la salud humana y el medio ambiente^{1,2,3}. Las plantas producen diversos metabolitos secundarios, tales como, flavonoides, fenoles, glicósidos de fenoles, saponinas, entre otros, que presentan actividad antifúngica^{4,5,6,7}.

En el Perú, existe una gran diversidad de especies botánicas que son empleadas para tratar enfermedades que afectan a los seres humanos, animales y plantas; sin embargo, su uso en el control de fitopatógenos es escaso⁸. *Schinus molle*, comúnmente llamada “molle”, a la cual se le atribuye propiedad analgésica, antibacteriana, antifúngica y diurética, se encuentra en este grupo^{7,8}.

S. molle contiene taninos, alcaloides, flavonoides, saponinas esteroidales, esteroides, terpenos, gomas, resinas y aceites esenciales; los aceites esenciales están presentes en hojas, corteza y frutos, constituyendo una fuente de triterpenos, sesquiterpenos y monoterpenos; las hojas contienen hasta un 2% de aceites esenciales, el fruto puede contener hasta un 5% de aceites esenciales además de la presencia de: a-pineno, b-pineno, piperina, (+)-limoneno, piperitona, carvacrol, mircenol, b-espátuleno y b-felandreno, entre otros compuestos^{7,8,9,10}

El aceite esencial de *S. molle* posee actividad antibacterial contra: *Klebsiella pneumoniae*, *Alcaligenes faecalis*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Leuconostoc cremoris*, *Enterobacter aerogenes*, *Proteus vulgaris*, *Clostridium sporogenes*, *Acinetobacter calcoacetica*, *Escherichia coli*, *Beneckea natriegens*, *Citrobacter freundii* y *Serratia marcescens*, así como, actividad antifúngica contra: *Aspergillus ochraceus*, *Aspergillus parasiticus*, *Colletotrichum gloeosporioides*, *Fusarium culmorum* y *Alternaria alternata*^{7,8,9} Sin embargo, otras especies fúngicas de importancia en la producción agrícola, entre ellas *L. theobromae*, no han sido sometidas a prueba.

L. theobromae es un hongo fitopatógeno cosmopolita, propio del suelo, responsable de causar un gran número de enfermedades tanto en campo como en almacenamiento en más de 280 especies de plantas, incluyendo cultivos, frutas y árboles en plantación^{10,11}. En efecto, los cultivos industriales y de exportación como el cacao, el palto el mango, han sido en algún momento atacados por *L. theobromae*, el efecto del hongo en algunos lugares ha sido contrarrestado tratándolo mediante el control químico y medidas culturales^{11,12,13}, sin embargo, el uso del extracto de *Sc. molle*, resulta novedoso para reemplazar a los químicos debido a que no inducen a resistencia, no contaminan el ambiente y resultan menos costosos. En consideración a esta inquietud, se evaluó la actividad antifúngica del extracto etanólico de las hojas de *S. molle* sobre *L. theobromae*, determinando la velocidad de crecimiento y la concentración del extracto que produjo mayor inhibición sobre su crecimiento en condiciones de Laboratorio.

MATERIAL Y METODOS

Material biológico

Lasiodiplodia theobromae fue proporcionado por el área de control de calidad de la empresa SOLAGRO S.A.C. (Trujillo, Perú), el cual fue aislado de frutos post cosecha de palto, en agosto del 2014.

S. molle “molle” fue colectado en la Universidad Nacional de Trujillo. El material vegetal se llevó al Herbarium Truxillensis (HUT) de la UNT para su determinación. Del material recolectado se seleccionaron las hojas sanas (sin signos o síntomas de enfermedad o ataque de plagas).

Preparación de medio de cultivo

Se realizó la preparación del medio de cultivo Agar papa dextrosa (PDA), siguiendo la metodología propuesta por Echanti¹³ Al término del tiempo de esterilización se agregó el antibiótico (500 mg de doxiciclina) para evitar la contaminación del medio de cultivo PDA..

Reactivación del hongo^{14,15}

Se realizó a partir de la placa Petri que contenía el cultivo madre, realizando los repiques necesarios para la obtención y conservación del patógeno hasta su aplicación en la experimentación, el cultivo se dejó incubar por siete días.

Preparación del extracto¹⁶

Las hojas de *S. molle* “molle” fueron sometidas a un proceso de desinfección con una solución de hipoclorito de sodio al 3 % durante 3 minutos y agua destilada. El material limpio fue colocado sobre papel kraft en un lugar ventilado hasta quedar completamente seco. Posteriormente se colocaron las hojas en sobres de papel kraft y se almacenaron en un horno a 40°C por 2 días, luego se trituró las hojas secas en un mortero hasta obtener un polvo homogéneo, se obtuvo 1kg., aproximadamente del polvo de hojas de “molle”. En frascos de vidrio estéril con tapa, se depositó el polvo de las hojas de “molle” y se le agregó 4 L., del disolvente etanol de 90° hasta cubrirlo por completo. Los frascos se cubrieron con bolsas oscuras y se dejó macerar por 14 días en un lugar limpio y seco, realizando agitación diaria.

Al término del tiempo de maceración, se colocó el extracto en un equipo de ultrasonido por 20 minutos a 40 °C, para lograr la extracción de los componentes de la planta. Seguido a esto se filtró para obtener sólo el líquido, el extracto obtenido se vertió en placas de 18 cm de diámetro con ventilación constante hasta evaporar completamente el etanol, así obtuvimos el extracto en forma de pasta (93 gr., aproximadamente), luego se colocó en un frasco estéril, cubierto con papel aluminio y puesto en refrigeración; esto para conservar la muestra hasta el momento de su utilización.

Diseño experimental

Se utilizó el diseño completamente al azar de estímulo creciente^{23,24}. El diseño experimental contó con tres grupos experimentales y un grupo testigo, cada grupo experimental y testigo contó con cuatro repeticiones, la evaluación de los resultados se terminó cuando el hongo, del grupo testigo, creció en toda la extensión (9cm) de la placa Petri.

GRUPOS EXPERIMENTALES		REPETICIONES			
		1	2	3	4
1	PDA + E.E. , <i>S. molle</i> 0 %				
2	PDA+E.E. , <i>S. molle</i> 25 %				
3	PDA+E.E. , <i>S. molle</i> 30 %				
4	PDA+E.E. , <i>S. molle</i> 35%				

Fuente: Autor, PDA= agar papa dextrosa, E.E.= extracto etanólico

Evaluación del extracto sobre el crecimiento del hongo^{14,15}

El extracto etanólico de hojas de “molle”, se mezcló con el medio agar papa dextrosa (PDA) estéril, en las concentraciones de 0, 25, 30 y 35 % (v/v) y se dispensó en placas Petri. Luego de la solidificación del medio, se colocó en el centro de cada placa un disco de micelio de 5 mm de diámetro, extraído del cultivo puro de *L. theobromae* incubado a temperatura ambiente $27 \pm 2^\circ\text{C}$ ²⁵. Se registraron y almacenaron las medidas del diámetro de la colonia de todos los tratamientos a partir del tercer día de experimentación, cada 24 horas, hasta que el crecimiento en el tratamiento testigo (0 % de inhibición) completó el diámetro de la placa (9 cm). Con los promedios de los datos obtenidos, se calculó los porcentajes de inhibición y velocidad del crecimiento micelial (ICM) mediante la siguiente fórmula:

$$ICM = \frac{(d_0 - d_c)}{d_0} \times 100$$

Donde:

% ICM = Porcentaje de inhibición del crecimiento micelial, d_0 = Diámetro de la colonia del testigo (0 %), d_c = Diámetro de la colonia con la concentración prueba.

Análisis estadístico

Se evaluó la presencia (y dimensión en mm) o ausencia del halo de inhibición del crecimiento del hongo²⁸. Los datos se sometieron a un análisis de varianza (ANOVA), al haber obtenido una razón F significativa se utilizó el análisis de comparaciones múltiples de Tukey ($p \leq 0,05$), para determinar entre qué tratamientos se encontraron las diferencias significativas²⁹. Utilizamos el paquete estadístico IBM SPSS Statistics vers. 20, para todos los tratamientos.

RESULTADOS

Los tratamientos de 25, 30 y 35 % del E.E. de las hojas de *S. molle* “molle”, causaron inhibición conforme aumenta las concentraciones del extracto, 76.77 %, 93.16% y 92.62% respectivamente. (Tabla 1, Figs. 2 y 3).

Tabla 1: Porcentaje de inhibición micelial (ICM) del extracto etanólico de las hojas de *Schinus molle* sobre el crecimiento de *L. theobromae* (Pat.) Griffon & Maubl., en condiciones de laboratorio.

Nº	Tratamientos	Crecimiento (cm)	ICM %*
1	PDA + E.E. 0 %	7,32	00,0
2	PDA + E.E. 25 %	1,70	76,8
3	PDA + E.E. 30 %	0,50	93,2
4	PDA + E.E. 35%	0,54	92,6

Fuente:
Datos obtenidos en
trabajo de laboratorio

y en gabinete, % ICM= Porcentaje de inhibición del crecimiento micelial, PDA=agar papa dextrosa, E.E.= extracto etanólico, *p<0,05

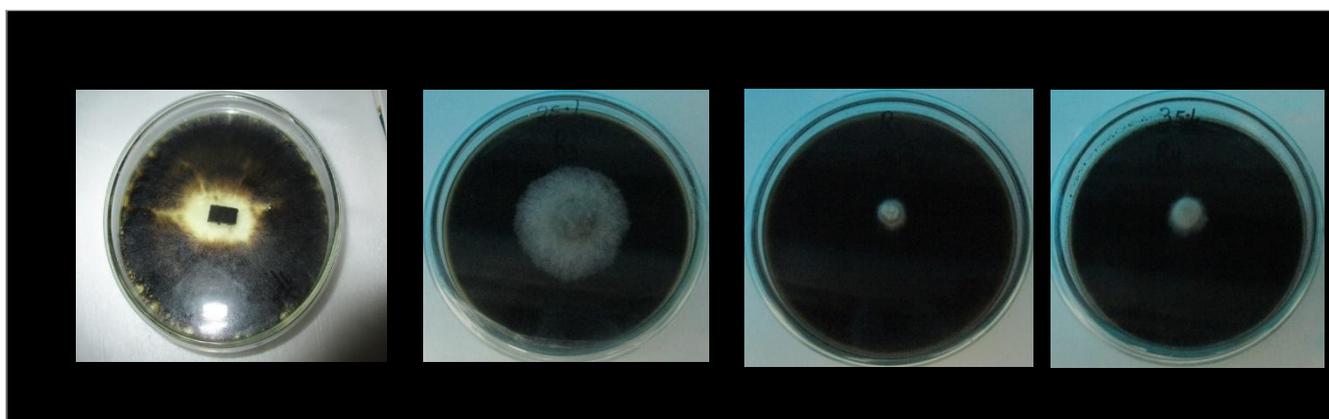


Fig. 2: Actividad antifúngica del extracto de *Schinus molle* sobre el crecimiento de *Lasiodiplodia theobromae*, en medio de cultivo PDA; después de 5 días de evaluación, se muestra el halo de crecimiento del hongo en placa (de izquierda a derecha): testigo 0%, al 25%, 30% y 35% de concentración del extracto de “molle”.

DISCUSION

L. theobromae ha sido reportada como causante de “muerte regresiva” o “muerte apical descendente”, capaz de causar daños en campo, vivero y frutos almacenados, en cultivos de importancia tales como palto, mango, manzano, sapote y cacao^{10,11,12,13}; algunos autores también la responsabilizan de enfermedad en post cosecha o en almacenamiento como es la pudrición del pedúnculo de los frutos almacenados, junto con otros patógenos^{17,18,19}. Un apunte importante es que la actividad del hongo se ve favorecida por condiciones de alta humedad ambiental y temperatura (81-84 % y 24 ±26 °C)^{20,21,22}.

Los valores obtenidos en la Tabla 1, muestran la capacidad del extracto para inhibir o detener el crecimiento de *L. theobromae* (Fig. 2), comportándose como efectivo controlador biológico: el “molle” presenta propiedad antibacteriana y antifúngica y al menos en condiciones experimentales, logra la inhibición micelial^{10,11,23}. El porcentaje de inhibición mostrado en la Tabla 1, comparado con los resultados obtenidos previamente cuando hojas de *Aloe vera*, corteza de *Rhizophora racemosa* y *Jatropha curcas* fueron enfrentados con *L. theobromae* y se obtuvieron resultados de 100 y 80% de efecto inhibitorio sobre el hongo probado¹⁷.

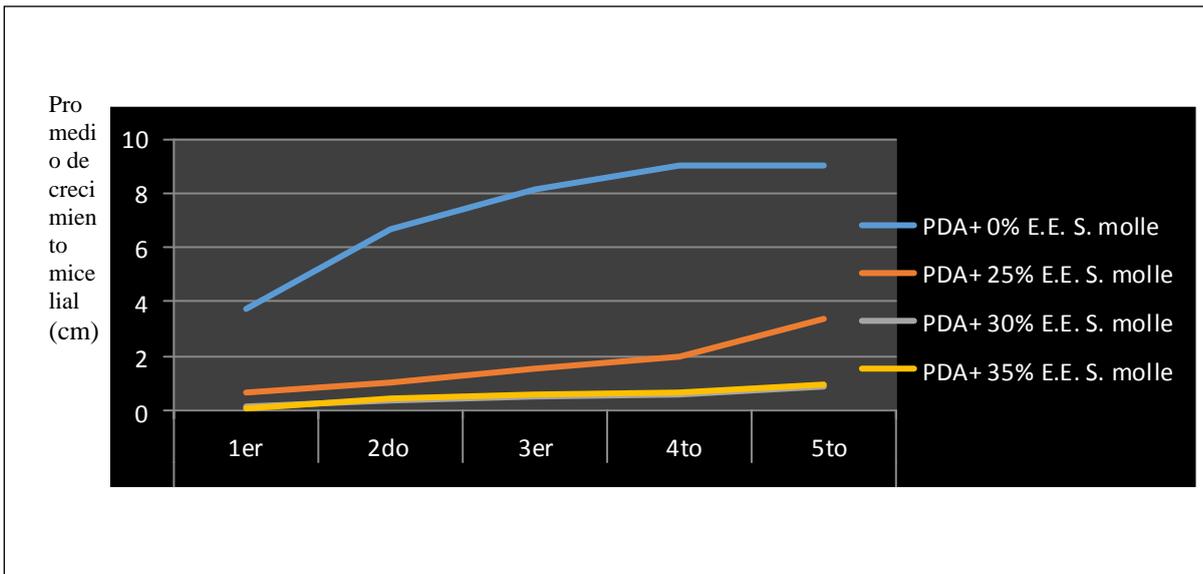


Fig. 3: Velocidad de crecimiento de *Lasiodiplodia theobromae* sometido a 0, 25, 30 y 35 % del extracto etanólico de *Schinus molle*, durante los días de evaluación (1°....5°).

Aguilar et al.¹⁵ refieren que el extracto etanólico de “pirul o molle”, presentó la mayor inhibición sobre *C. gloeosporioides*, afectando significativamente ($P < 0.05$) las variables crecimiento máximo y velocidad de crecimiento radial (en un 60 % de reducción) del fitopatógeno, comparado con el resultado obtenido en nuestra investigación cuyos porcentajes fueron más elevados: 76, 93 y 92 % de reducción del patógeno. Esto es en función a los compuestos químicos antifúngicos presentes en la planta y debido a la susceptibilidad del hongo²⁰

El efecto inhibitorio del extracto de *S. molle* sobre el crecimiento puede deberse a la presencia de alguno de los diversos compuestos o principios activos que posee: el carvacrol; principio activo presente en el “molle”, posee actividad antifúngica y antibacteriana⁹ y los terpenoides y saponinas serían las sustancias que producen la inhibición²³. En específico, los estudios demuestran que carvacrol tiene varios sitios de acción dentro de las células y dependiendo de las concentraciones utilizadas pueden causar inhibición o inactivación de los microorganismos, afectando la pared celular y membrana celular^{23,24}. Cabe señalar, que las diferencias observadas en la curva de crecimiento (Fig. 3) y porcentaje de inhibición podría verse afectadas también por factores ambientales, cantidad de inóculo, y la susceptibilidad del hongo²⁴.

Es necesario mencionar que las concentraciones del extracto empleadas en la experimentación: 30 y 35% no presenta diferencias significativas (tabla 3), lo cual indica que al usar cualquiera de estas concentraciones se obtendría una inhibición alta de 92.62 y 93.16 % respectivamente. *S. molle*, tiene una alta capacidad de acción; al realizar las lecturas de las placas sometidas a las diferentes concentraciones de “molle” en nuestra experimentación, se observó: placa testigo y tratamiento 25 % ; formación de cuerpos de fructificación, como son los picnidios (estructuras que contiene conidios) tratamiento 30 y 35 % no se observan picnidios y la colonia se torna de color crema a levemente anaranjado, al observar al microscopio sólo se distingue la formación de hifas, asumiendo que el extracto detiene el proceso de maduración del cultivo, debido a que las hifas no tomaron el color marrón oscuro al madurar²¹. En conclusión, el extracto etanólico de las hojas *S. molle* presenta actividad antifúngica sobre *L. theobromae*, en condiciones de laboratorio, la velocidad de crecimiento de *L. theobromae* fue disminuyendo conforme aumento la concentración del extracto, y la concentración efectiva fue 30%, la misma que produjo mayor porcentaje de inhibición sobre el hongo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Bravo L, Bermúdez T, Montes B. Inhibición de *Fusarium moniliforme* mediante polvos vegetales y algunos de sus componentes químicos. *Manejo Integrado de Plagas*, 2000; 57: 29-34
2. Montes B. Productos naturales de origen vegetal para el combate de fitopatógenos. *Rev Mexicana Fitopatol*, 1996; 14: 9-14
3. Barrera L, Bautista S. Actividad antifúngica de polvos, extractos y fracciones de *Cestrum nocturnum* L., sobre el crecimiento micelial de *Rhizopus stolonifer* (Ehrenb.:Fr.) Vuill. *Rev Mexicana Fitopatol*, 2008; 26: 1-8
4. Badii M, Flores A, Bravo H, Forughbakhch R, Quiróz H. Diversidad, estabilidad y desarrollo sostenible. *Fundamentos y Perspectivas de Control Biológico*. UANL, Monterrey, 2000; pp.381-402.
5. Grayer R, Harborne J. A survey of antifungal compounds from higher plants, 1982-1993. *Phytochem*, 1994; 37(1): 19-42
6. Osbourn A. Preformed Antimicrobial Compounds and Plant Defense against Fungal Attack. *Plant Cell*, 1996; 8: 1821-1831
7. Davicino R, Mattar M, Casali Y, Correa S, Pettenati E, Micalizzi B. Actividad antifúngica de extractos de plantas usadas en medicina popular en Argentina. *Rev Peru. Biol*, 2007; 14(2): 247-251
8. Llanos ASK. Extracción y caracterización del aceite esencial de molle (*Schinus molle* L.). Tesis de Título de Ingeniero en Industrias Alimentarias. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann. Tacna, Perú. 2006
9. Chirino M, Cariac M, Ferrero A. Actividad insecticida de extractos crudos de drupas se *Schinus molle* L. (Anacardiaceae) sobre larvas neonatas de *Cydia pomonella* L. (Lepidoptera: Tortricidae). *Bol San Veg Plagas*, 2001; 27: 305-314
10. Khanzada M, Lodhi M, Shahzad S. Chemical control of *Lasiodyplodia theobromae*, the causal agent of mango decline in Sindh. *Pak J Bot*, 2005; 37 (4), 1023-1030
11. Cadenas GC. Fitopatógenos que afectan palta Hass y Fuerte en Luricocha y Huanta .*Anales Científicos Universidad Nacional Agraria La Molina*, 2007; 68(1): 11-17
12. Alama I, Maldonado E, Rodríguez E. *Lasiodyplodia theobromae* afectando el cultivo de palto (*Persea americana*) en las condiciones de Piura-Perú. *Universalia*, 2006; 11(2): 15-21
13. Cadenas GC. Agentes causales de enfermedades de cuello y raíces en algunos cultivos de Selva Alta Central. *Anales Científicos de la Universidad Nacional Agraria La Molina*, 2007; 68(1): 18-22
14. Montes R, Cruz V, Martínez G, Sandoval G, García R, et al. Propiedades Antifúngicas en Plantas Superiores. Análisis Retrospectivo de Investigaciones. *Rev Mexicana Fitopatol*, 2000; 18(2): 125-131
15. Aguilar P, Navarro A, Sánchez A, Meneses M, Ávila R. Efecto antifúngico de plantas originarias del estado de Puebla sobre *Colletotrichum gloeosporioides*. *Facultad de Ciencias Químicas. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. México*, 2013; 25(1): 6-11
16. Palacios Z, Delgado G, Moreno M, Kato M, Rojas C. Actividad antifúngica in vitro de extractos crudos de *Piper tuberculatum*. *Rev Peru biol*, 2009; 16(2): 209-214
17. Ramos de León N, Sanabria M, Rodríguez D, Ulacio D. Efecto del extracto etanólico de albahaca genovesa (*Ocimum basilicum* var. *Genovese*) sobre *Cercospora apii* Fressen y el tizón temprano del celery (*Apium graveolens*). *Científica UDO Agrícola*, 2012; 12(2): 472-478
18. Singh G, Singh O, De Lampasona M, Catalán C. Studies on essential oils. Chemical and biocidal investigations on *Tagetes erecta* leaf volatile oil. *Falvour and Fragance J*, 2003; 18: 62-65.
19. Araluce R, González N, Arévalo R, Puertas A. Utilización de cepas bacterianas para el control *Phytophthora nicotianae* Breda de Haan en el cultivo del tabaco (*Nicotiana tabacum* L.). *Electrónica Granma Ciencia*, 2008; 12(3): 46-51
20. Briceño G, García J, Maselli A, Rosales L. Efecto de extractos etanólicos de ruda y neem sobre el control de bacterias fitopatógenas del género *Erwinia*. *Agronomía Tropical*, 2011; 61(2):141-148
21. Rodríguez GE. *Lasiodyplodia theobromae*: fitopatógeno de mango (*Mangifera indica*) y palto (*Persea americana*). Lima: Manufacturas Gráficas S.A.C. 2010
22. González E, Umana G, Felipe L. Combate de la pudrición peduncular del mango causada por *Botryodiplodia theobromae* Pat. mediante el mantenimiento de los pedicelos y el deslechado sobre láminas. *Agronomía Costarricense*, 1999; 23(1): 31-35
23. García GRM, Palou GE. Mecanismos de acción antimicrobiana de timol y carvacrol sobre microorganismos de interés en alimentos. *Temas selectos de ingeniería de alimentos Universidad de las Américas-Puebla. México*, 2008; 2(2): 41-51
24. Rodríguez M, Chico J. Efecto antifúngico in vitro del extracto etanólico de chamico, *Datura stramonium*, sobre *Fusarium oxysporum* asparagi y *Stemphylium vesicarium* aislados del cultivo de espárrago, *Asparagus officinalis*, de Moche, Trujillo (Perú). *REBIOL*, 2012; 32(1): 96-103.



Artículo Original

Comparación de antígenos de excreción-secreción de epimastigotes (ESEA) y tripomastigotes (TESA) de *Trypanosoma cruzi* mediante Western blot para el diagnóstico de la enfermedad de Chagas

Comparison of *Trypanosoma cruzi*-epimastigotes (ESEA) and trypomastigotes (TESA) excretory-secretory antigens by Western blotting technique for Chagas' disease diagnosis

Ana Vásquez Tandaypán¹, Hermes Escalante² y Adderly Benites¹

¹Egresado, Escuela AP de Microbiología y Parasitología de la Universidad Nacional de Trujillo (UNT). Trujillo. Perú. ²Departamento de Microbiología y Parasitología. UNT.

RESUMEN

La enfermedad de Chagas es causada por el protozoario *Trypanosoma cruzi* y se presenta como una enfermedad de naturaleza crónica cuyo diagnóstico serológico depende la calidad del antígeno. En la presente investigación se comparó el número, peso molecular y reactividad antigénica mediante Electroinmunotransferencia "Western Blot", usando pooles de sueros positivos a la enfermedad de Chagas, de antígenos de excreción-secreción de epimastigotas (ESEA) y tripomastigotes (TESA) de *T. cruzi* cepa "C₄" proveniente del departamento de Arequipa (Perú). Para ello, los epimastigotas fueron incubados en medio Bifásico (agar BHI-sangre/PYLB) por 15 días, a temperatura ambiente, y luego de en Minimum Essential Medium (MEM) para obtener los antígenos ESEA; los TESA, por su parte, se obtuvieron del mismo modo que para los ESEA, incluyendo una fase de transformación denominada Metacicloogénesis. La concentración de las proteínas se determinó mediante el método colorimétrico de Bradford. Mediante "Western Blot", finalmente, se determinó los perfiles antigénicos de los ESEA y de los TESA de la cepa "C₄" registrando 22 bandas y 23 bandas, respectivamente, comprendidas en un rango de 100 a 10 kDa para cada una de ellas. Se concluye que existe mayor reactividad antigénica para los TESA, además de la presencia de una banda de 18 kDa de los TESA en relación a los ESEA, al comparar los antígenos de excreción-secreción de epimastigotas (ESEA) y tripomastigotes (TESA) de *Trypanosoma cruzi* cepa "C₄", evaluadas mediante Electroinmunotransferencia.

Palabras clave: antígenos ESEA, antígenos TESA, *Trypanosoma cruzi*, Western blot.

ABSTRACT

Chagas disease is caused by *Trypanosoma cruzi*, it is presented as a disease of chronic nature, and its efficient serologic diagnosis depends on the quality of the antigen. In this research the number, molecular weight and antigen reactivity was compared using electroblotted "Western Blot" using pools of sera positive for Chagas disease antigens epimastigotes excretory-secretory (ESEA) and trypomastigotes (TESA) *T. cruzi* strain "C₄" from the department of Arequipa (Peru). To this end, epimastigotes were incubated in biphasic medium (BHI-agar blood / PYLB) for 15 days at room temperature, and then in Minimum Essential Medium (MEM) for the ESEA antigens abstention; TESA, on the other hand, were obtained in the same manner as for ESEA, including a transformation phase called metacyclogenesis. The protein concentration was determined by Bradford's colorimetric method. By "Western blotting", finally, the antigenic profiles of ESEA and TESA strain "C₄" presented 22 and 23 bands, respectively, included in a range from 100 to 10 kDa for each was determined. It was concluded that TESA presented more antigenic reactivity than ESEA, besides the presence of a band of 18 kDa only in TESA, comparing the excretory-secretory antigens of epimastigotes (ESEA) and trypomastigotes (TESA) of *Trypanosoma cruzi* strain "C₄", assessed by electroblotted.

Keywords: ESEA-antigens, TESA-antigens, *Trypanosoma cruzi*, Western blotting

INTRODUCCIÓN

La enfermedad de Chagas en el hombre, protozoonosis metaxénica causada por el flagelado *Trypanosoma cruzi*, es una endemia en muchos países de América donde afecta a aproximadamente nueve millones y otros 90 millones se hallan en riesgo de infección, principalmente en lugares donde han sido detectados los vectores: miembros de la subfamilia Triatominae, en particular aquellos de hábitat intra domiciliario, como es el caso de *Triatoma*^{1,2,3}. En el Perú, los departamentos en que se han registrado casos autóctonos de enfermedad de Chagas son: Piura, Cajamarca, Amazonas, Apurímac, San Martín, Junín, Ucayali, Huánuco, Ica, Arequipa, Moquegua y Tacna⁴.

En la fase aguda de la enfermedad se observa elevada parasitemia, presencia de anticuerpos no específicos y el inicio de la formación de anticuerpos específicos (IgG e IgM); en la fase crónica, la parasitemia es baja y la presencia de anticuerpos específicos prevalece, entonces, se recomienda para el diagnóstico el uso de técnicas serológicas^{6,7}. Se han utilizado varias de estas técnicas, dentro de las que destacan la Inmunofluorescencia Indirecta (IFI) y el Inmunoensayo Enzimático o prueba de ELISA, las cuales presentan sensibilidad y especificidad variables, aspecto que está relacionado con el tipo de antígeno utilizado⁶.

Desde que la técnica de Western blot fue adaptada para el diagnóstico de enfermedades parasitarias, muchas de ellas, incluyendo la enfermedad de Chagas, fueron incluidas en las investigaciones para su estandarización y posterior aplicación como técnica de confirmación, considerando que durante su desarrollo se fracciona mediante electroforesis a los antígenos (aspecto que le da una especificidad por encima del 95%) y luego estas fracciones, por separado, se detectan mediante una ELISA (aspecto que le da eventualmente el 100% de sensibilidad)^{8,9,10}. En este contexto, desde la década de los 90s se han efectuado investigaciones relacionadas con el diagnóstico de la enfermedad de Chagas, mediante la técnica de Western blot, utilizando mayormente antígenos de excreción-secreción, debido a que hay concordancia que por su elevada especificidad resultan ser más sensibles que otros tipos de antígenos y han sido usados para el seguimiento de pacientes chagásicos crónicos^{8,9,11} y el diagnóstico de la parasitosis en humanos y animales de zonas endémicas^{12,13,14,15,16}.

En las mencionadas investigaciones se ha usado, en algunos casos, los antígenos de excreción-secreción de los epimastigotas (ESEA) y en otros de los tripomastigotas (TESA); sin embargo, debe tenerse en cuenta que la dificultad, rapidez y gastos es diferente para obtener el uno o el otro tipo. En efecto, los ESEA se obtienen con mayor facilidad, en menor tiempo y en mayores cantidades que los TESA; por el contrario, los TESA, por ser obtenidos de las formas infectantes, resultan ser más útiles. En el presente informe se presentan los resultados de una investigación dirigida a comparar a los ESEA y TESA de la cepa "C₄" de *Trypanosoma cruzi*, proveniente del departamento de Arequipa (Perú), en relación al número, peso molecular y reactividad antigénica, mediante la técnica de Western Blot usando pool de sueros positivos a *T. cruzi*.

MATERIAL Y MÉTODOS

Material Biológico

Se utilizó la cepa C₄ de *T. cruzi* proveniente del Valle de Vitor (Arequipa) que es una zona endémica, proporcionada por el Centro de Análisis e Investigación ESCALABS; esta cepa fue aislada de las heces de *Triatoma infestans*, la cual fue cultivada en medio bifásico (agar BHI-sangre/PYLB). También se utilizó 20 Sueros positivos a la Enfermedad de Chagas procedentes del Instituto Nacional de Salud y proporcionadas por el Centro de Análisis e Investigación ESCALABS.

Propagación de epimastigotas^{15,16,18}

Las formas epimastigotas de la cepa de *T. cruzi*, fueron cultivadas en tubos estériles de 20x150mm con tapa rosca, conteniendo 8mL de un medio Bifásico (Agar BHI y medio PYLB) suplementado con 10% de sangre desfibrinada de conejo⁴¹, y 0.01% de Amikacina (500mg/2mL), por periodos de 15 días a temperatura ambiente (entre 20° a 25°C)^{42,43}.

Se utilizó un inóculo inicial de aproximadamente 5×10^5 parásitos que fue monitoreados por recuento en cámara de Neubauer a los 10 días, extrayendo una gota del cultivo, colocándola entre lámina y laminilla para observar al microscopio con objetivo de 40X. Cuando el cultivo se encontró en su fase logarítmica final (entre 10 a 15 días de incubación), se procedió a la cosecha bajo condiciones

de esterilidad, por centrifugación del medio líquido a 4000 rpm/5 min y se lavó 3 veces con Buffer Fosfato Salino (PBS) estéril más antibiótico (0.5% Bencilpenicilina 10⁶UI/5mL y 0.25% Gentamicina 160mg/2mL), para eliminar los residuos del medio, realizando por cada lavada centrifugaciones a razón de 4000 rpm/5 min.

Metaciogénesis In vitro^{15,17}

A partir de un lote, luego de la cosecha y lavado respectivo, los epimastigotas fueron transferidos al medio de transformación Grace's Insect Medium SIGMA®, pero previamente fueron sometidos a un cuarto lavado con el medio a experimentar de la misma manera que el primer lavado y además fueron evaluados por recuento en cámara de Neubauer, extrayendo una gota de la suspensión. Finalmente, se acondicionó 5 tubos de 13x100mm provistos con tapones de jebes, para repartir equitativamente el volumen de pellet obtenido y añadirle Grace's Insect Medium en proporción 1:3, también se suplementó el medio con Suero Bovino Fetal al 20% y aditivado con antibióticos Bencilpenicilina sódica 1 000 000 UI (0.5 mL/100mL) y Gentamicina 160mg (0.25mL/100mL). Los tubos resultantes fueron dejados a temperatura ambiente y en cámara oscura durante 7 días o 140 horas. Transcurrido este periodo se realizó la evaluación del cultivo, por recuento en cámara de Neubauer, extrayendo una gota del cultivo. La muestra tomada se utilizó además para realizar coloración Wright para confirmar la existencia de tripomastigotas.

Obtención de ESEA¹⁶

Para la obtención de los ESEA, los epimastigotes propagados se resuspendió en Buffer Fosfato Salino (PBS) estéril más antibiótico (0.5% Bencilpenicilina 10⁶UI/5mL y 0.25% Gentamicina 160mg/2mL) ajustando a una concentración de 1 x 10⁶ epimastigotes/mL en cámara de Neubauer (40X), luego se cultivó 1 mL de esta suspensión en 3mL de Minimum Essential Medium (MEM) más antibiótico (0.5% Bencilpenicilina 10⁶UI/5mL y 0.25% Gentamicina 160mg/2mL), el cual se incubó a 37°C por 20 horas, posteriormente se centrifugó a 4000rpm/5min el cultivo, y el sobrenadante constituido por el medio y los ESEA serán guardados a -20°C en tubos Eppendorf hasta su uso.

Obtención de TESA¹⁵

Después de 7 días se centrifugó el medio Grace's Insect a 4000 rpm por 5 min, se extrajo los sobrenadantes y se eliminó. Posteriormente para depurar residuos del medio anterior, los tripomastigotas fueron lavados en PBS estéril una vez y luego en Minimum Essential Medium Eagle SIGMA® (MEM), y centrifugados a 4000 rpm por 5 min, para finalmente ser dejados en nuevos tubos de 13x100mm provistos con tapones de jebes, con Minimum Essential Medium Eagle (MEM) en proporción 1:3 y aditivado con Bencilpenicilina sódica 1 000 000 UI (0.5 mL/100mL) y Gentamicina 160 mg (0.25mL/100mL), a 37°C durante 20 horas. Luego de 12 horas de incubación, se centrifugaron los tubos a 4000 rpm por 5 min, para separar los antígenos de excreción/secreción presentes en el sobrenadante, los cuales fueron almacenados en tubos Eppendorf a -20°C hasta su uso.

La técnica de "Western Blot"²⁰

Se realizó de acuerdo a lo descrito en el manual de V. Tang. Las particularidades en cada fase fueron:

• Tratamiento y preparación de ESEA y TESA

Se usaron concentraciones de 0.025 y 0.050 ug/uL, tratados con dithiothreitol (DTT), 0.1% de dodecil sulfato de sodio (SDS), 6% de glicerol, 0.01M tris-HCl pH 8 y 0.025% de azul de bromofenol. Se calentó a 65°C por 20 minutos, se dejó enfriar a temperatura ambiente y se guardó a -20°C. Previamente, se midieron las proteínas presentes utilizando el método colorimétrico de Bradford¹⁹.

• Electroforesis en gel de poliacrilamida

Se colocó en los pocillos en una cantidad equivalente a 1uL por cada milímetro de ancho del gel. Los corridos se realizó en mini geles de 7.5 x 6.0 x 0.3 mm, 15% del gel separador de poliacrilamida y 3% del gel concentrador, con 2% de persulfato de sodio y TEMED (tetrametilendiamina). La electroforesis se llevó a cabo a 20 mA y 60V para el gel concentrador y 50 mA y 200V para el gel separador, hasta que el colorante trazador alcanzó el extremo inferior de cada uno de los geles.

• Transferencia de proteínas

Se utilizó una cámara de electroforesis horizontal (Trans Blot Cell, Bio Rad), los geles fueron previamente lavados utilizando un buffer de transferencia (constituido por 0.2 Tris-HCl pH 9.18, 20% de metanol y agua destilada), para remover el SDS. La transferencia se realizó a 2A y 100V por espacio de 2 horas y a -20°C, los papeles de nitrocelulosa con las proteínas transferidas, se lavó por

cuatro veces con PBS/Tween-20 (0.1M NaCl; 0.05M Na₂PO₄, pH 7.2 y 0.3% Tween-20) y dos veces con PBS solo, en agitación constante; luego fueron cortadas en tiras de 5mm de ancho en forma perpendicular al eje de migración de la electroforesis para finalmente ser guardados de 2°C a 8°C.

• **Revelado enzimático de los ESEA y TESA**

Las tiras de nitrocelulosa fueron incubadas con las muestras de sueros positivos a la enfermedad de Chagas, las cuales estuvieron diluidas 1/20 en PBS/Tween-20 y leche descremada a la dilución de 5%. El volumen de la muestra por canal de placa de incubación fue de 0.5mL. Se incubó las tiras en agitación constante y a temperatura ambiente por una hora, luego se realizó tres lavados con PBS/Tween-20, a temperatura ambiente por cinco minutos en agitación constante. Posteriormente, se adicionó 0.5mL de conjugado enzimático por tira, a la dilución de 1/1200 en PBS/Tween-20, los cuales se mantuvieron en agitación constante por una hora, luego se realizó tres nuevos lavados con PBS/Tween-20 y dos lavados con PBS sólo, por 5 minutos cada lavado a temperatura ambiente agitándose constantemente. Para revelar las bandas antigénicas se adicionó 500 uL de la solución de sustrato (H₂O₂ AL 0.01% y diaminobenzidamina a la concentración de 0.5 mg/mL y 10mL de PBS) y se incubó por 10 minutos; deteniéndose la reacción adicionando agua destilada por 10 minutos.

• **Determinación de los pesos moleculares de cada una de las bandas antigénicas de los ESEA y TESA.**

Se realizó por comparación con las bandas de las proteínas del marcador de bajo peso molecular (Low Range, Ewigh Estándar; Bio Rad), el cual incluye las siguientes proteínas: fosforilasa b (97.4 kDa), albumina sérica (66.2 kDa), ovo albumina (45.0 kDa), anhidrasa carbónica (31.0 kDa), inhibidor de la tripsina (21.5 kDa) y lizosima (14.4 kDa); las cuales permitió determinar el peso molecular de cada uno de los componentes antigénicos mediante la determinación de la movilidad relativa (Rf) de las bandas de las proteínas del marcador y de la tira problema.

RESULTADOS

Se registró un total de 22 bandas antigénicas para los ESEA y 23 bandas antigénicas para los TESA, comprendidas en un rango de 100 a 10 kDa (Fig. 1)

A través del análisis comparativo de los perfiles antigénicos de dichas cepas, se estableció el número de antígenos (número de bandas), peso molecular y reactividad antigénica (intensidad de banda) de los ESEA y TESA, donde se observó un predominio en la intensidad de las bandas en el perfil antigénico de los TESA en comparación de los ESEA, además de la presencia de una banda de 18kDa (Fig. 2).

DISCUSIÓN

Muchos de los trabajos realizados con respecto al estudio de antígenos de *T. cruzi* para ser usados en el diagnóstico de la enfermedad de Chagas están basados en describir y comparar los antígenos extraídos de extractos totales del parásito, antígenos recombinantes, antígenos de excreción/secreción de tripomastigotas (TESA), entre otros, los cuales implican recursos que países en vías de desarrollo no podrían cubrir, por lo cual se ve la necesidad de buscar métodos de diagnóstico para la enfermedad de Chagas al alcance de tales países^{11,13}.

Por ello y hasta donde se sabe, son pocos los estudios que se realizan empleando antígenos de Excreción/Secreción de epimastigotas (ESEA) de *T. cruzi* los cuales son simples y baratos de producir, además de obtener un alto rendimiento en su producción, mostrando excelente sensibilidad y una especificidad aceptable¹⁶.

Otro de los problemas es que, además de ser pocos los estudios con respecto a los ESEA y TESA, solo existe un estudio donde se compare antigénicos de ESEA y de TESA de *T. cruzi*²¹, por ello el presente trabajo comparó los perfiles antigénicos de los ESEA y TESA de *T. cruzi* "C₄" proveniente de Arequipa, el cual es zona endémica de la enfermedad de Chagas.

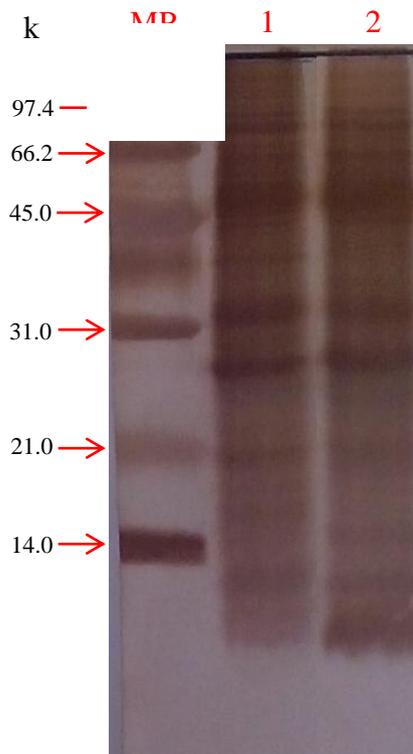


Fig. 1.- Antígenos de excreción/secreción de epimastigotas (ESEA) y tripomastigotes (TESA) de *Trypanosoma cruzi* cepa “C4” proveniente de Arequipa, reconocidos por Western Blot usando un pool de sueros positivos a la enfermedad de Chagas. El carril 1 represente los ESEA, el carril 2 representa los TESA y el carril MPM (Marcador de Peso Molecular) representa los marcadores de bajo peso molecular en kDa: fosforilasa b (97.4), albumina sérica (66.2), ovo albumina (45.0), anhidrasa carbónica (31.0), inhibidor de la tripsina (21.5) y lizosima (14.4).

En investigaciones previas se ha descrito la capacidad antigénica de los ESEA, reportando bandas antigénicas comprendidas en el rango de 220 a 20 kDa que son secretadas y excretadas por las formas epimastigotas de *T. cruzi* en el sobrenadante de los medios axénicos^{15,16,18}.

En la evaluación del perfil antigénico de los ESEA, mediante la técnica de inmunoelectrotransferencia, usando pool de sueros positivos a la enfermedad de Chagas, revelaron la presencia de 22 componentes antigénicos, en un rango de peso molecular comprendido entre 100 a 10 kDa. En este mismo rango se evaluó el perfil antigénico de los TESA, mediante la técnica de inmunoelectrotransferencia, usando pool de sueros positivos a la enfermedad de Chagas, donde revelaron la presencia de 23 componentes antigénicos (Fig. 1). Sin embargo se han reportado amplios rangos y diferente número de bandas por perfil; para antígenos totales de tripomastigotes desde 116 KDa a 45KDa, 21 bandas totales, estudiadas en México, y para antígenos E/S purificados de tripomastigotes desde 220 KDa a 20 KDa; en Canadá^{9,13,14}.

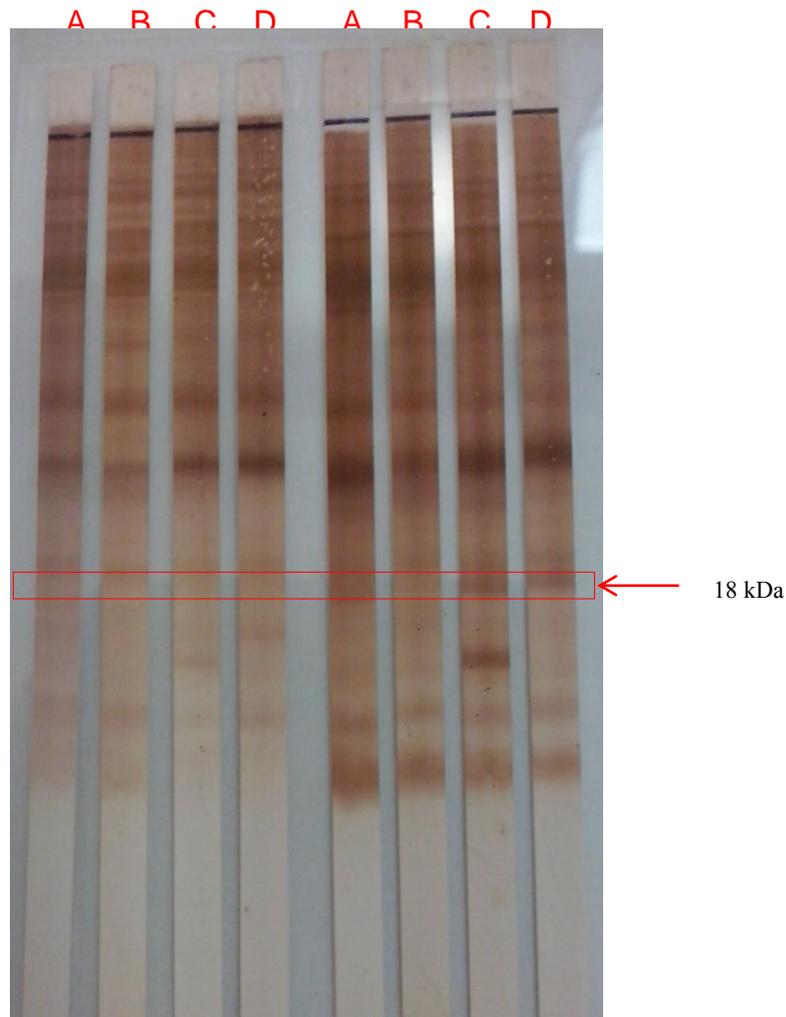


Fig. 2.- Análisis comparativo de los Antígenos de excreción/secreción de epimastigotas (ESEA) y tripomastigotes (TESA) de *Trypanosoma cruzi* cepa “C4” proveniente de Arequipa, reconocidos por Western Blot enfrentados con pool de sueros positivos a la enfermedad de Chagas, donde el pool 1 (A y A’), pool 2 (B y B’), pool 3 (C y C’) y pool 4 (D y D’). Los carriles A, B, C y D corresponden a los ESEA y los carriles A’, B’, C’ y D’ corresponden a los TESA.

Se encontraron 23 bandas de 10, 12, 13.8, 14.7, 18.0, 19.2, 20.1, 22.9, 25.0, 26.0, 30.0, 31.6, 33.0, 34.0, 36.0, 39.8, 42.3, 46.3, 57.7, 69.4, 76.1, 90.8, 97.4 kDa; para antígenos TESA, comprendidas en un rango de 100 a 10 kDa. Siendo la banda de 18.0 kDa, particular de tripomastigotes; además se evidenció mayor reactividad antigénica en los TESA de bajo peso molecular, al revelarse las bandas con mayor intensidad (Fig. 2 y Tabla 1).

La banda de 18 kDa puede deberse a antígenos somáticos de los tripomastigotes que se liberan al medio extracelular como antígenos de excreción-secreción, además esta banda cruza con sueros de pacientes con Leishmaniosis¹³. Aunque se encontraron pequeñas diferencias en pesos moleculares de antígenos al ser comparado el método utilizado en este trabajo con otros estudios, que comparten la misma fuente de antígenos (TESA) y condiciones electroforética similares; se confirma un similar patrón de reactividad ante sueros de pacientes chagásicos.

Tabla 1.- Análisis comparativo en relación al número de antígenos (número de bandas), peso molecular y reactividad antigénica (intensidad de banda) del perfil antigénico de los antígenos de excreción/secreción de epimastigotas (ESEA) y tripomastigotes (TESA) de *Trypanosoma cruzi* cepa “C₄” proveniente de Arequipa, reconocidas por Western Blot usando pools de sueros positivos a la enfermedad de Chagas.

PM (kDa)	ESEA	TESA
97.4	+	+
90.8	+	+
76.1	+	+
69.4	+	+
57.7	+	+
46.3	+	+
42.3	+	+
39.8	+	+
36	+	+
34	+	+
33	+	+
31.6	+	+
30	+	++
26	+	++
25	+	++
22.9	+	++
20.1	+	++
19.2	+	++
18	0	+
14.7	+	++
13.8	+	++
12	+	++
10	+	++

Varios criterios de positividad se han utilizado para detectar la enfermedad de Chagas usando la técnica de Electroinmunotransferencia. Por ejemplo, el reconocimiento de suero de al menos 3 bandas de un grupo de 7 bandas (14, 19, 27, 30, 34, 37, 75 kDa) o al menos 5 bandas de un conjunto de 10 (25, 30, 33, 37, 39, 45, 52, 70, 75 y 92 kDa). Dichas variaciones pueden deberse a las diferencias en la cantidad de antígeno que se produce por cada cepa estudiada y la naturaleza proteica de cada antígeno^{12,13,16}.

Para esclarecer estas diferencias se requiere utilizar anticuerpos monoclonales contra antígenos selectivos del parásito, como se viene realizando para antígenos somáticos^{10,13,17,21}.

A través del presente estudio fue posible incrementar el conocimiento que se tiene en la relación a la composición antigénica de los ESEA de *T. cruzi* cepa “C₄” procedente de nuestro país. Es importante hacer notar, la presencia de componentes antigénicos aun no reportados en los trabajos citados. La diferencia en la reactividad serológica entre una especie y otra reportados representan una ventaja en estudios de caracterización de antígenos y especialmente en el desarrollo de técnicas inmunodiagnósticas.

Los resultados obtenidos proporcionan la base para seguir realizando estudios complementarios donde se evalúe sueros individuales de pacientes con la enfermedad de Chagas y de otras parasitosis con el objetivo de determinar antígenos específicos para *T. cruzi* y ser utilizados en técnicas inmunodiagnósticas, por lo que se concluye que los perfiles antigénicos de los antígenos de excreción/secreción de epimastigotas (ESEA) y tripomastigotes (TESA) de *Trypanosoma cruzi* cepa “C₄” presentaron 22 bandas y 23 bandas respectivamente en un rango de 100 kDa a 10kDa y que, al comparar los antígenos de Excreción/Secreción de epimastigotas (ESEA) y tripomastigotes (TESA)

de *Trypanosoma cruzi* cepa "C₄", evaluadas mediante Electroinmunotransferencia, evidenció mayor reactividad antigénica para los TESA, además de la presencia de una banda de 18 kDa de los TESA en relación a los ESEA.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Nunes MCP, Dones W, Morillo CA, Encina JJ, Ribeiro AL. Chagas disease: an overview of clinical and epidemiological aspects. *J Am College Cardiol* 2013; 62(9): 767-776
2. Rodrigues Coura J. Chagas disease: control, elimination and eradication. It is possible? *Mem Inst Oswaldo Cruz* 2013; 108(8): 962-967
3. Tyler K, Engman D. The life cycle of *Trypanosoma cruzi* revisited. *Int J Parasitol* 2001; 131:472-481.
4. Hunter GC, Borrini-Moyon K, Ancca Juarez J, Castillo Neyra R, Verástegui MR, et al. A field trial of alternative targeted screening strategies for Chagas disease in Arequipa, Peru. *PLoS Negl Trop Dis* 2012; 6(1): e1468
5. Gomes YM, Lorena VMB, Luquetti AO. Diagnosis of Chagas disease: wath as been achieved? Wath remains to be done with regard to diagnosis and follow up studies? *Mem Inst Oswaldo Cruz* 2009; 104 (Suppl. 1): 115-121
6. Riera C, Verges M, Iniesta L, Gállego M, Tebar S, Portús M. Identification of a Western blot pattern for the specific diagnosis of *Trypanosoma cruzi* infection in human sera. *Am J Trop Med and Hyg* 2012; 86(3): 412-416.
7. Berrizbeitia M, Ndao M, Bubis J, et al. Field evaluation of four novel enzyme immunoassays for Chagas' disease in Venezuela blood banks: comparison of assays using fixed-epimastigote, fixed-trypomastigote or trypomastigote excreted-secreted antigens from two *Trypanosoma cruzi* strains. *Transfusion Med* 2006; 16(6): 419-431.
8. Juri D, Venegas F. 1995. Antígenos excretados y secretados para seguimiento de pacientes chagásicos crónicos tratados con Itraconazol. Fondo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico (Fondecyt). Santiago de Chile. Fondecyt Regular 1931043 año 1993. Pp.76-80.
9. Nakasawa M, Rosa DS, Pereira VRA, Moura MO, Furtado VC, et al. Excretory-secretory antigens of *Trypanosoma cruzi* potentially useful for srodiagnosis of chronic Chagas disease. *Clin and Diag La Immunol* 2001; 8(5): 1024-1027
10. Gomes Sila A, Silveira Lacerda EP, Cunha-Junior JP, Aparecida daSousa M, Favoreto Junior S. Immunoblotting analysis using two-dimensional gel electrophopresis of *Trypanosoma cruzi* excreted-secreted antigens. *Ver Soc Bras Med Trop* 2004; 37(6): 454-459 (150-160 KDa)
11. Berrizbeitia M, Ndao M, Bubis J, Gottschalk K, Ache A, et al. Purified excreted-secreted antigens from *Trypanosoma cruzi* trypomastigotes as tools for diagnosis of Chagas disease. *J Clin Microbiol* 2006; 44(2): 291-296
12. Zarate-Blades CR, Bladés N, Nascimento MS, Franco da Silveira J, Uemazawa ES. Diagnostic performance of tets based on *Trypanosoma cruzi* excreted-secreted antigens in an endemic area of Chagas disease in Bolivia. *Diag Microb and Infect Dis* 2007; 57: 229-232
13. Umezawa ES, Souza AI, Pinedo-Cancino V, Marcondes M, Marcili A, et al. TESA-blot for the diagnosis of Chagas disease in dogs from co-endemic regions for *Trypanosoma cruzi*, *Trypanosoma evansi* and *Leishmania chagasi*. *Acta Tropica* 2009; 111: 15-20
14. Berrizbeitia M, Figueroa M, Ward BJ, Rodríguez J, Jorquera A, Figuera MA, et al. Development and Application of an ELISA Assay Using Excretion/Secretion Proteins from Epimastigote Forms of *T. cruzi* (ESEA Antigens) for the Diagnosis of Chagas Disease. *J Trop Med* 2012; ID 875909.
15. Escalante H, Jara C, Espinoza R. Antígenos de excreción secreción de tripopmastigotas de *Trypanosoma cruzi* detectados por Western blot usando sueros de pacientes con parasitosis confirmada. *REBIOL* 2013; 33(2): 67-75
16. Escalante H, Jara C, Davelois K, Iglesias M, Benites A, Epinoza R. Estandarización de la técnica de Western blot para el diagnóstico específico de la enfermedad de Chagas utilizando antígenos de excreción-secreción de los epimastigotas de *Trypanosoma cruzi*. *Med Peru Med Exp Salud Pública* 2014; 31(4): 644-651
17. De Lima AR, Aparicio A, Berrocal A, Navarro MC, Graterol D, Contreras V. Epimastigogénesis de *Trypanosoma cruzi* en medio axénico: cambios peptídicos, glicopeptídicos y enzimáticos. *Revista de la Facultad de Ciencias de la Salud* 2007; 11(2):39-47.
18. Manual de procedimientos de laboratorio para el diagnóstico de la trypanosomiosis americana (enfermedad de chagas). 2ªEdición. Instituto Nacional de Salud, Ministerio de Salud, Lima – Perú. Serie de Normas Técnicas N° 26. 2005. p. 106
19. Bradford MM. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Anal Biochem.* 1976; 72:248-54.

20. Tsang V, Hancock K, Wilson M. Enzymen-linkend immunoelectrotransfer Blot Technique (Western Blot) for Human T-Lymphotropic Virus Type III/Lymphadenopathy-associated Virus (HTLV-III/LAV) Antibodies. Atlanta: U. S. Dept. of Health and Human Services, Public Health Service, Centers for Disease Control; 1986.
21. Frade AF, Luquetti AO, Prata A, Ferreira AW. Western blotting method (TESAcruzi) as a supplemental test for confirming the presence of anti-*Trypanosoma cruzi* antibodies in finger prick blood samples from children aged 0-5 years old in Brazil. Acta Tropica 2011; 117: 10-13

Correspondencia:
Hermes Escalante Añorga. hescalante@unitru.edu.pe



Artículo Original

Efecto del extracto etanólico de *Ficus carica* (Moraceae) sobre la formación de la larva 2 de *Ascaris suum* y *Trichuris ovis*, en condiciones de laboratorio.

Effect of the ethanol extract of *Ficus carica* (Moraceae) on the formation of *Ascaris suum* and *Trichuris ovis* larva 2, under laboratory conditions.

Karen Siccha Aguilar¹, Víctor Terán¹ y César A. Jara²

¹Exalumno de la Escuela AP de Microbiología y Parasitología, Universidad Nacional de Trujillo (UNT). Trujillo. Perú. ²Departamento de Microbiología y Parasitología. UNT

RESUMEN

Las infecciones parasitarias por helmintos causan disminución en la producción pecuaria y, ante la aparición de resistencia antihelmíntica al uso de químicos, surge la necesidad de indagar respecto de la capacidad antiparasitaria de extractos de plantas hasta ahora no utilizados. En la presente investigación se evaluó el efecto del extracto etanólico de las hojas de *Ficus carica* "higo" (Moraceae), sobre la formación de la larva 2 (L2) de *Ascaris suum* y *Trichuris ovis*, para ello, se obtuvieron huevos fértiles no embrionados del útero de hembras grávidas de ambas especies, las que fueron colocadas en Placas de Petri, aproximadamente mil huevos por placa: en tres de ellas (E1, E2 y E3) con el extracto, a las concentraciones de 4000, 2000 y 1000 ppm y una cuarta (C) con solución salina fisiológica (el experimento se hizo por duplicado). Las placas fueron mantenidas a temperatura ambiente (25-26°C) y cada 48 horas se hicieron observaciones microscópicas para verificar la formación de las L2. A los 20 días, en C se obtuvo 2.4% de huevos sin L2 de *A. suum* y 2.3% de *T. ovis*, y en E1 se observó el mayor porcentaje de huevos sin L2 de ambas especies: 38.8% y 32.7%, respectivamente ($p < 0.05$). Se concluye que el extracto etanólico de *F. carica* inhibe la formación de la larva 2 de *A. suum* y *T. ovis*, a los 20 días post tratamiento, en condiciones de laboratorio.

Palabras clave: extracto etanolico, *Ficus carica* (Moraceae), *Ascaris suum*, *Trichuris ovis*

ABSTRACT

Parasitic helminth infections cause decrease in livestock production and, before the emergence of resistance to anthelmintic use of chemicals, the need to inquire about the antiparasitic capacity of plant extracts so far unused. In this research the effect of ethanol extract of the leaves of *Ficus carica* (Moraceae) on the formation of the larva 2 (L2) of *Ascaris suum* and *Trichuris ovis* was assessed; for this purpose, fertile eggs, not embryonated, were obtained the uterus of pregnant females of both species, which were placed in Petri dishes, about thousand eggs per plate: three of which (E1, E2 and E3) with the extract, at the concentrations of 4000, 2000 and 1000 ppm and a fourth (C) with physiological saline (the experiment was done in duplicate). The Plates were maintained at room temperature (25-26 ° C) and every 48 hours microscopic observations were made to verify the formation of L2. At 20 days, 2.4% C without L2 eggs of *A. suum* and 2.3% of *T. ovis* was obtained, and E1 the highest percentage of eggs without L2 of both species were observed, 38.8% and 32.7%, respectively ($p < 0.05$). It is concluded that the *Ficus carica*-ethanol extract inhibits the formation of *A. suum* and *T. ovis* larva 2 at 20 days post treatment, under laboratory conditions.

Keywords: ethanol extract, *Ficus carica* (Moraceae), *Ascaris suum*, *Trichuris ovis*

INTRODUCCIÓN

Las infecciones por helmintos gatrointestinales producen en animales domésticos anemia, falta de vitalidad, retardo del crecimiento, mala conversión alimenticia y predisposición a otras enfermedades y, con ello, disminución en la producción pecuaria^{1,2,3}. Destacan, dentro de ellos, los nematodos *Trichuris ovis* y *Ascaris suum*, parásitos de ovinos y porcinos, respectivamente, debido a que el parasitismo es frecuente porque conforman el grupo de nematodos que se adquieren por la ingesta de huevos de larvas 2, que, se sabe, se mantienen viables por periodos prolongados en diversas áreas húmedas^{4,5,6,7}.

T. ovis en su forma adulta parasita el intestino donde penetran la pared del ciego para alimentarse de sangre y originan, con ello, hemorragias y lesiones que aprovechan otros agentes infecciosos, con el consecuente desequilibrio osmótico que se traduce en diarreas sanguinolentas y pérdida progresiva de peso^{8,9,10}.

A. suum, por su parte, parasita temporalmente los pulmones, donde producen lesiones que se traducen en pérdida de la capacidad respiratoria y finalmente el duodeno, donde consumen la glucosa que debe ser asimilada a la sangre, con el consecuente desnivel energético y cambios de la función de la maquinaria enzimática, que, al no encontrar sustrato, se convierte en ente pernicioso para el huésped^{11,12}.

El control de estas parasitosis es fundamental para disminuir la mortalidad de animales y minimizar los efectos subclínicos de la enfermedad sobre la producción de carne y lana (en ovinos). En actualidad se realiza el tratamiento con antihelmínticos de derivados químicos y los principios activos disponibles en el mercado veterinario son principalmente; benzimidazoles, imidazothiazoles y lactonas macrocíclicas, como por ejemplo la Ivermectina y Doramectina^{13,14,15}. Sin embargo, la administración masiva e indiscriminada de los distintos principios activos durante periodos prolongados, ha ejercido una excesiva presión de selección sobre las poblaciones parasitarias lo que ha originado resistencia a la mayoría de los compuestos disponibles actualmente en el mercado veterinario¹⁶. La resistencia antihelmíntica puede ser definida como la disminución o ausencia de eficacia de un fármaco frente a poblaciones parasitarias que generalmente son susceptibles a dichos fármacos¹⁷. Además, los residuos de estos medicamentos en los derivados cárnicos, superan los límites máximos permisibles, siendo considerado como un factor de riesgo en la salud pública¹⁸.

Todos los problemas generados por la aparición de resistencia de los helmintos frente a los fármacos veterinarios, ha dado origen a investigaciones orientadas a encontrar antihelmínticos obtenidos de fuentes naturales^{19,20,27}, como el uso de plantas medicinales, obteniendo diversos tipos de extractos de hojas o semillas, como tratamiento frente a estos parásitos, basándose en la inhibición de algún estadio en el ciclo de vida de estos. Algunas plantas con propiedad antihelmíntica son: *Ficus carica*²², *Coriandrum sativum*²⁷, *Eucalyptus globulus*²⁸, de los cuales se ha evaluado diferentes tipos de extracto (hidroalcohólico, etanólico y oleoso) y los resultados reportados demuestran que inhiben la formación de la larva 2 de distintos nematodos como *T. muris*²⁰, *Toxocara canis*²¹, *Haemonchus contortus*²⁸.

F. carica (higo) presenta numerosos compuestos bioactivos fenólicos, flavonoides, fitoesteroles, ácidos orgánicos, triterpenoides, compuestos volátiles tales como hidrocarburos, alcoholes alifáticos, algunos ácidos fenólicos y ácidos orgánicos (ácido oxálico, cítrico, málico) que han aislados a partir del extracto acuoso y etanólico de sus hojas²⁸ y tiene actividad nematocida^{22,24}, bactericida²⁵, y fungicida²⁶. En efecto, se demostró que el extracto etanólico de *F. carica*, inhibe la formación de la larva 2 de *H. contortus*¹⁹, in vitro, siendo probable que también actúe contra otros nematodos.

En el presente informe se presentan los resultados de una investigación orientada a verificar si el extracto etanólico de *F. carica* tiene efecto sobre la formación de la larva 2 de *A. suum* y *T. ovis*, a los 20 días post tratamiento, en condiciones de laboratorio. Se plantea que a mayor concentración del extracto etanólico, hay mayor porcentaje de inhibición de la formación de la larva 2 en dicho periodo de tiempo.

MATERIAL Y MÉTODOS

Material biológico:

- 1000 huevos fértiles no embrionados de *A. suum* y 1000 huevos fértiles no embrionados de *T. ovis* no embrionados, obtenidas de parásitos adultos hembras, recolectadas de porcinos y ovinos sacrificados en el camal de El Porvenir-Trujillo (Perú).
- 200 g de hojas de *F. carica* recolectadas de un huerto casero del AA-HH Víctor Raúl del Distrito de El Porvenir- Trujillo, La Libertad (Perú).

Obtención de huevos de *A.suum* y *T.ovis*:

Se recolectó parásitos en el Camal del Distrito de El Porvenir, Trujillo-La Libertad, a partir del intestino grueso de ovinos e intestino delgado de porcinos naturalmente infectados, se obtuvo parásitos adultos de *T. ovis* y *A. suum*, respectivamente, se depositaron en frascos diferentes y fueron lavados con Agua Destilada Estéril²⁷ (ADE), se realizó la identificación taxonómica^{9,23} y se seleccionó parásitos adultos hembras de cada especie, y del útero se obtuvo los huevos fértiles no embrionados^{9,23,11}, los cuales fueron lavados con Hipoclorito de sodio al 3%¹¹ y tres veces con solución salina fisiológica²¹.

Estandarización del inóculo:

Los huevos obtenidos en el procedimiento anterior, fueron colocados en placas de Petri¹⁹, con 10 mL de SSF, previa homogenización, se extrajo 1 mL a una placa de Petri que inicialmente la base fue rotulada en cuatro cuadrantes para facilitar el recuento en el microscopio^{11,19,20}, esto se repitió cinco veces para obtener un promedio de la concentración de huevos por mL, posteriormente se realizó el cálculo correspondiente para extraer aproximadamente 1000 huevos^{19,27} de cada especie y fueron colocados en placas diferentes hasta añadir las concentraciones del extracto^{19,27,28}.

Recolección de hojas de *F. carica* e identificación:

El material vegetal se recolectó de un huerto casero en el distrito de El Porvenir, provincia de Trujillo (La Libertad-Perú) en Junio del 2015, su clasificación Taxonómica se realizó en el **Herbarium Truxillense (HUT)**, Herbario de la Universidad Nacional de Trujillo.

Preparación del extracto etanólico de *F. carica*

Las hojas fueron lavadas con hipoclorito de sodio al 3% durante 30 segundos y luego con agua destilada tres veces, después se colocó a 37°C ± 0,2 durante 24 horas²⁰ se cortaron en trozos pequeños y fueron maceradas con etanol al 95%²⁸ durante 7 días, se filtró con gasa estéril y por último el contenido se llevó al equipo de rotavapor hasta obtener el extracto^{20,28,24}

Exposición de huevos *A. suum* y *T. ovis* frente al extracto:

El extracto se obtuvo a una concentración de 36.5 mg/mL, se realizó la dilución correspondiente usando la suspensión de huevos y SSF (ambos como diluyente), hasta obtener las concentraciones utilizadas^{19,27} (4000, 2000 y 1000 ppm), esto se realizó para ambas especies de parásitos, luego se colocó en placas de Petri y permanecieron a temperatura ambiente (25-26°C) durante 20 días²⁴, durante ese tiempo se realizó observaciones microscópicas cada 48 horas²⁶ para monitorear si hay formación de larva 2 en el interior de los huevos^{6,7,26}. Además 1000 huevos de ambos parásitos fueron colocados en 5 mL de SSF a temperatura ambiente (25-26°C) durante el mismo tiempo (Grupo Control)^{19,27}. Se realizó dos repeticiones para cada grupo: Experimental y Control de ambos tipos de parásitos.

Recuento de huevos con Larva 2 de *A. suum* y *T. ovis*, transcurrido el periodo de exposición al extracto:

De cada Placa del Grupo experimental y Control, correspondiente a cada especie de parásito, se realizó el conteo aproximado de huevos sin L2 en su interior^{20,28}.

Análisis de datos:

Se utilizó el cuadro estadístico de ANOVA, usando un nivel de confianza del 95%, y determinar si existe diferencia significativa entre los grupos Control y Experimental^{27,29}.

RESULTADOS

Transcurrido el tiempo de exposición al extracto, se obtuvo lo siguiente: Respecto de *A. suum*, la cantidad de huevos sin L2 en el Control fue de 2.4% y en los Experimentales: en 1000 ppm se obtuvo 8.10%; en 2000 ppm, 26.8% y en 4000 ppm, 38.8% ($p < 0.05$ (Fig. 1).

Para *T. ovis*, la cantidad de huevos sin L2, en el Control fue de 2.3% y en los Experimentales: en 1000 ppm, 10.9%; en 2000 ppm, 22.8% y en 4000 ppm, 32.7% ($p < 0.05$ (Fig. 2).

No existe diferencia significativa en los porcentajes de huevos sin L2 en los Grupos Experimentales de ambas especies de parásitos, por lo tanto las tres concentraciones de extracto actúan similar en ambas especies ($p > 0.05$) (Fig. 3).

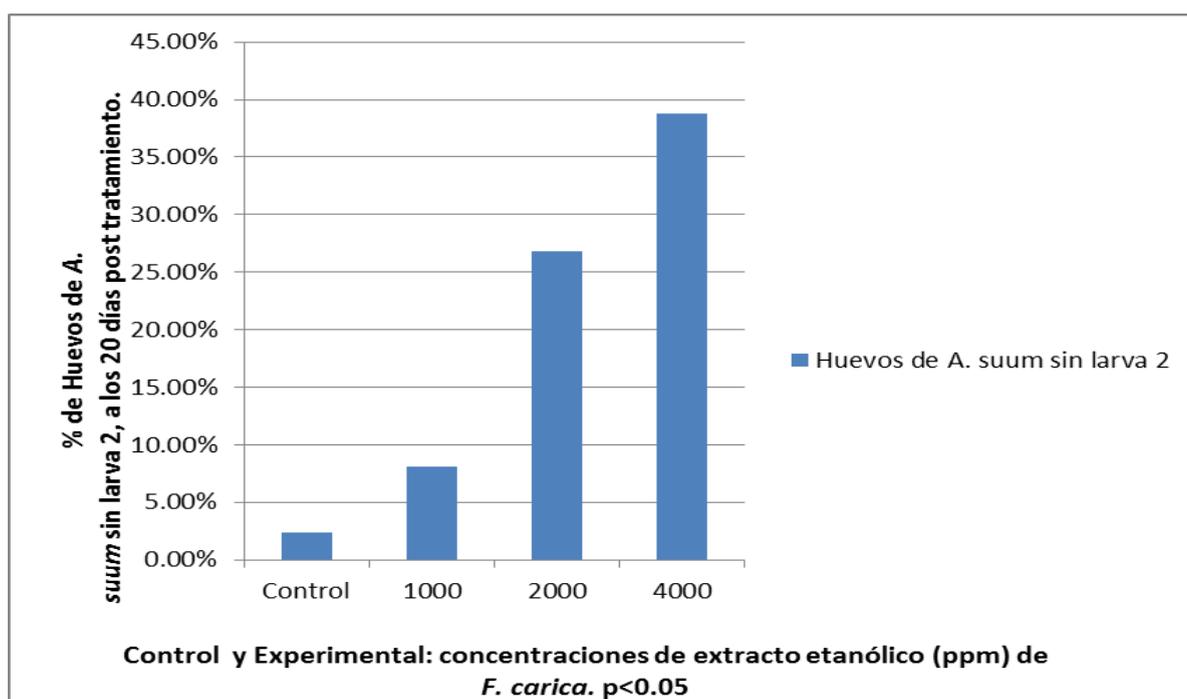


Fig. 1: Porcentaje de huevos de *A. suum* sin larva 2, a los 20 días post tratamiento, en el Control y Experimental (con las concentraciones de 1000, 2000 y 4000 ppm del extracto etanólico de *Ficus carica*)

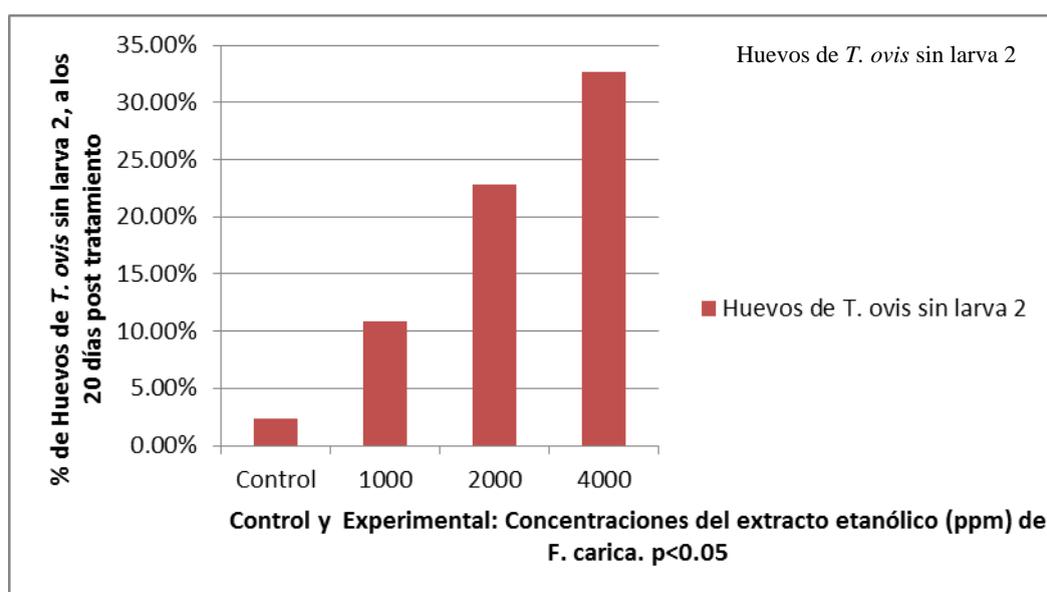


Fig 2: Porcentaje de huevos de *T. ovis* sin larva 2, a los 20 días post tratamiento, en el Control y Experimental (con las concentraciones de 1000, 2000 y 4000 ppm del extracto etanólico de *Ficus carica*)

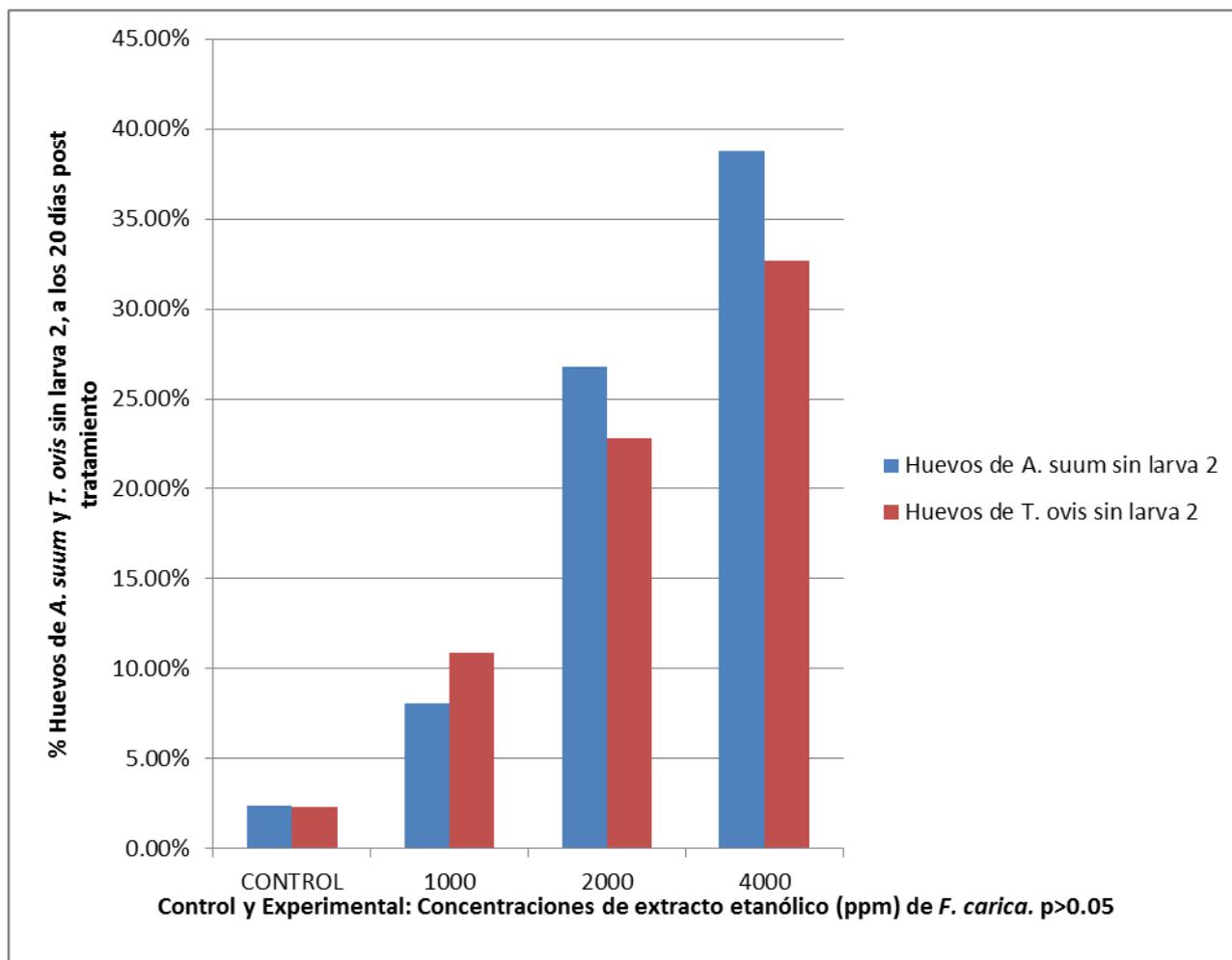


Fig 3: Porcentaje de huevos de *A. suum* y *T. ovis* sin larva 2 a los 20 días post tratamiento, en el Control y Experimental (con las concentraciones de 1000, 2000 y 4000 ppm del extracto etanólico de *Ficus carica*).

DISCUSIÓN

Existen investigaciones relacionadas a encontrar fármacos con el propósito de ser utilizados como antihelmínticos, para el control de infecciones parasitarias en animales. La mayoría de trabajos reportan antihelmínticos de origen químico, principalmente derivados de benzimidazoles, pero debido a la inadecuada administración de estos fármacos, ha surgido la resistencia antihelmíntica, siendo cada vez menos fármacos eficaces disponibles en el mercado veterinario^{13,14,15}.

Otros estudios plantean impedir que el ciclo biológico de estos parásitos se complete, para conseguirlo se busca productos que impidan el desarrollo de la forma infectante, que son los huevos embrionados con larva 2^{7,9}, trabajos reportan que el formol, fenol, hipoclorito de sodio, impiden el desarrollo embrionario, dependiendo de la concentración utilizada, pudiendo incluso alterar la morfología de los huevos, hasta generar su desintegración³².

Por ello, en la actualidad, y aunque los reportes son pocos, existen trabajos orientados a las búsqueda de principios activos de origen natural, es necesarios considerar las ventajas de utilizar productos de origen natural, los cuales no contienen efecto residual, no contaminan el ambiente, convirtiéndose en una alternativa saludable para impedir alguna etapa del ciclo biológico de los nematodos y de esa forma disminuir la prevalencia de estas parasitosis^{19,20,21,28}.

Otro de los problemas, además de existir pocos antihelmínticos de origen natural, es que no existen estudios donde se utilizan productos de origen natural para impedir la formación de larva 2 de huevos fecundados de *A. suum* y de *T. ovis*, siendo estos nematodos reportados frecuentemente en infecciones intestinales del ganado porcino y ovino respectivamente.

Investigaciones previas demuestran que los principios activos de las hojas de *Ficus carica*, obtenidas con el extracto etanólico, son principalmente flavonoides²², los cuales según trabajos reportados, ejercen acción sobre el metabolismo de lípidos, inactivando las enzimas que participan en dicho proceso, esta información permite proponer lo que probablemente sucede durante la exposición de los huevos fecundados de *A. suum* y de *T. ovis* a las diferentes concentraciones del extracto. Los huevos fecundados de ambos parásitos presentan una cubierta protectora, conformada por tres capas, la más interna es la membrana vitelina, de composición lipídica. Los flavonoides contenidos en el extracto, probablemente ingresan al interior de los huevos e impiden que las enzimas relacionadas con el metabolismo de lípidos, no cumplan su función, esto origina que las reacciones metabólicas, necesarias para el desarrollo embrionario, no se realizan o no se completan, provocando que no empiece la división celular, o que no se complete hasta la formación de larva 2.

Algunas especies de plantas han sido descritas como antihelmínticos, como por ejemplo *F. obtusifolia* (Moriaceae), del cual se ha evaluado el extracto etanólico sobre huevos no embrionados de *Toxocara canis* y *T. cati*, teniendo como resultado la inhibición de la formación de la larva 2 en ambas especies²⁹, siendo la concentración de 1000 ppm la que presenta efecto inhibitorio sobre la formación de la larva 2 de ambas especies de parásitos, por ello se utilizó las concentraciones partiendo de esta fuente y duplicando las concentraciones con la finalidad de obtener un resultado fiable. Otra especie de planta que también ha sido objeto de estudio debido a la presencia de metabolitos descritos como antihelmínticos es *Coriandrum sativum*, en el cual el extracto hidroalcohólico de las semillas ha tenido efecto inhibitorio sobre la formación de la larva 2 de *Haemonchus contortus*²⁷.

El resultado muestra que hay mayor porcentaje de huevos sin larva 2 a medida que la concentración del extracto etanólico aumenta, probablemente en la concentración de 4000 ppm exista una concentración mayor de metabolito activo (flavonoides) lo que origina menor cantidad de huevos larvados, el presente resultado en la concentración de 4000 ppm hay un porcentaje de inhibición menor al 50% y es similar a los obtenidos por otros autores; siendo los flavonoides unos de los principios activos^{28,29}, y aunque no se llegue a un porcentaje de inhibición, cercano al valor como los obtenidos por antihelmínticos químicos disponibles, esto es una base para futuras investigaciones con la finalidad de obtener la concentración de extracto necesaria para obtener un valor similar a los antihelmínticos comunes y teniendo en cuenta que se trata de un principio activo derivado de una fuente natural, no habría el riesgo de contaminación ambiental por residuos o la resistencia antihelmíntica. En conclusión, a medida que se aumenta la concentración en ppm del extracto etanólico de *Ficus carica*, el efecto inhibitorio sobre la formación de la larva 2 de *Ascaris suum* y *Trichuris ovis*, a los 20 días post tratamiento, en condiciones de laboratorio, es mayor.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. González GR, Córdova PC, Torres HG, Mendoza de G, Arece GJ, Prevalencia de parásitos gastrointestinales en ovinos sacrificados en un rastro de Tabasco, México. Vet Méx 2011; 42 (2): 126-128.
2. Naquira C. Las zoonosis parasitarias: Problema de Salud Pública en el Perú. Rev Peru Med Exp Salud Pública. 2010; 27(4): 494-97.
3. Steffan, PE, Fiel CA, Ferreyra DA. Endoparasitosis más frecuentes de los rumiantes en sistemas pastoriles de producción: Aspectos básicos de consulta rápida. Tandil, Grupo Reencuentro. 2012; 1: 15-18.
4. Vásquez PV, Flores CJ, Valencia CS, Herrera RD, Palacios FA et.al. Frecuencia de nematodos gastroentéricos en bovinos de tres áreas de clima subtropical húmedo de México. Tec Pecu Méx. 2014; 42(2):237-238.
5. Mejer H, Roepstorff A. *Ascaris suum* infections in pigs born and raised on contaminated paddocks. Parasitology. 2006; 133: 1-4.
6. B. Pineda MR, A. Ramos JD. *Ascaris suum* infective egg supregulate IL-4, 5 and 10 in BALB/c mice. Philippine Science Letters. 2012; 5(2): 139-42.
7. Nejsum P, Roepstorff A, Jorgensen CB, Fredholm M, Goring HHH, et.al. High heritability for *Ascaris* and *Trichuris* infection levels in pigs. Heredity 2009: 357-358.
8. Singh T, Lal SS. A study on in vitro culture of *Trichuris ovis* in different physiological solutions at constant temperature, 37°C. J Parasit Dis. 2011; 35(1):57-58.
9. Oliveros R, Cutillas C. Redescrpción de *Trichuris ovis* (Nematoda) (Abildgaard, 1795) parásito de *Ovis aries* (Linné, 1758) y *Caprahircus* (Linné, 1758). Rev Ibérica Parasitol. 2003; 63(3-4):77-80.

10. Ruiz de Ybáñez MR, Garijo MM, Balanza P, Alonso FD. Parásitos del intestino grueso del ganado Ovino en la Región de Murcia. *An. Vet.* 1999; 15: 25-26.
11. Han Q, Eriksen L, Boes J, Nasen P. Effects of bile on the in vitro hatching, exsheathment, and migration of *Ascaris suum* larvae. *Parasitol Res.* 2000; 86: 630-632.
12. Conde F, González de Moreno L, Pino LA, Morales G, Balestrini C. Infección por *A. suum* en granjas porcinas del Municipio Carlos Arvelo, parroquia Güügüe del Estado Carabobo. *Veterinaria Trop.* 2002; 27(1): 25-27.
13. Steffan P, Sánchez E, Entrocasso C, Fiel C, Lloberás M, Riva E, Guzmán M. Eficacia de Monepantel contra Nematodos de Ovinos con Resistencia Antihelmíntica Múltiple en la Región Templada de Argentina. *Vet. Arg.* 2011; 273(18): 12-16.
14. Geerts S, Gryseels B. Drug Resistance in Human Helminths: Current Situation and Lessons from Livestock. *Clin. Microbiol. Rev.* 2000; 13(2): 213-216.
15. Palma C, Godoy C, Arboix M, Pérez R. Determinación de residuos de abamectina-triclabendazol en tejidos bovinos. *Arch. Med. Vet.* 2006; 38(3):265-266.
16. Coles GC. Cattle nematodes resistant anthelmintics: why so few cases?. *Vet. Res. Review.* 2002; 33: 481-3.
17. Toro A, Rubilar L, Palma C, Perez R. Resistencia antihelmíntica en nematodos gastrointestinales de ovinos tratados con ivermectina y fenbendazol. *ArchMedVet* 2014; 46: 247-50.
18. Cabrera NM. Determinación de residuos de Triclabendazol en leche y quesos Provenientes de Ganado Vacuno en Cajamarca. Curso Seminario Avanzado de Investigación-Cajamarca. 2009.
19. Carvalho CO, S. Chagas AC, Cotinguiba F, Furlan M, Brito LG, et.al. The antihelmintic effect of plant extracts on *Haemonchus contortus* and *Strongyloides venezuelensis*. *Vet Parasitol.* 2012; 183: 260-261.
20. Macedo LTF, Bevilacqua CML, B. de Oliveira LM, Camurça-Vasconcelos ALF, Vieira L da S. et.al. Atividade ovicida e larvicida in vitro do óleo essencial de *Eucalyptus globulus* sobre *Haemonchus contortus*. *Rev. Bras. Parasitol. Vet., Jaboticabal.* 2009; 18(3) 62-64.
21. Sven Klimpel, Fathy Abdel-Ghaffar, Khaled AS, Al-Rasheid, Gülendem A, Fischer K, et.al. The effects of different plant extracts on nematodes. *Parasitol Res.* 2011; 108:1047–1050.
22. Shukranul Mawa, Khairana Husain, Ibrahim Jantan. *Ficus carica L.* (Moraceae): Phytochemistry, Traditional Uses and Biological Activities. *Review.* 2013; 2-5.
23. Sanchez M.J.M. Etiología y Epidemiología de la Ascariosis Porcina. 2002; 1-10. Disponible en: www.produccion-animal.com.ar-Parasitologia porcina.
24. Amol, PP, Vikas VP, Vijay RP, Rajesh YC. Anthelmintic and preliminary phytochemical screening of leaves of *Ficus carica* Linn against intestinal helminthiasis. *IJRAP* 2010; 1(2): 601-3.
25. Aref HL, Salah KB, Chaumont JP, Fekih A, Aouni M. et. al. In vitro antimicrobial activity of four *Ficus carica* latex fractions against resistant human pathogens (antimicrobial activity of *Ficus carica* latex). *Pak J Pharm Sci.* 2010; 23(1): 53-8.
26. Carvalho DD, Alves E, Barbosa CR, Ferreira OD, Soares SJ. et. al. Plant extracts to control *Alternaria alternata* in *Murcott tangor* fruits. *Rev Iberoam Micol.* 2011; 28(4):173-6.
27. Eguale T, Tilahun G, Debella A, Feleke A, Makonnen E. In vitro and in vivo anthelmintic activity of crude extracts of *Coriandrum sativum* against *Haemonchus contortus*. *J Ethnopharmacol* 2007; 110 (3): 428-33.
28. Kanojiya D, Shanker D, Sudan V, Jaiswal AK, Parashar R. In vitro and in vivo efficacy of extracts of leaves of *Eucalyptus globulus* on ovine gastrointestinal nematodes. *Parasitol Res.* 2015; 114(1):141-8
29. Quesada LF, Osorio JC, Bilbao M. Efecto antiparasitario de los extractos etanólicos y etéreos de *Ficus obtusifolia Kunth* (Moraceae), frente a parásitos de clase nematodos (*Toxocara cati* y *Toxocara canis*). *Infectio.* 2009; 13 (4): 259-266.
30. De Souza Mde F, Pimentel N M, De Pinho AL, Da Silva RM, Farias AC. Et. al. Seasonal distribution of gastrointestinal nematode infections in sheep in a semi-arid region, northeastern Brazil. *Rev Bras Parasitol Vet.* 2013; 22(3):351-7.
31. Fausto MC, Oliveira IC, Fausto GC, Carvalho LM, Valente FL, et. al. *Ascaris suum* in pigs of the Zona da Mata, Minas Gerais State, Brazil.
32. Pautova EA, Dovgalev AS, Shchuchinova LD, Aliautdina LV. Effects of disinfectants on *Toxocara canis* eggs (results of experimental studies). *Med Parazitol (Mosk).* 2013; (4):27-31

Correspondencia:
César A. Jara. cjara@unitru.edu.pe.



Artículo Original

Biología de *Ceratocapsus dispersus* (Hemiptera) predador de *Pectinophora gossypiella* (Lepidoptera)

Life history of *Ceratocapsus dispersus* (Hemiptera) predator of *Pectinophora gossypiella* (Lepidoptera)

Nicanor Miguel Bravo Choque¹ y Agustín Martos Tupes²

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

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

RESUMEN

La biología de *Ceratocapsus dispersus* Carvalho & Fontes (Hemiptera: Miridae) se realizó en insectario en La Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), La Molina-Lima (Perú), bajo condiciones no controladas de temperatura y humedad relativa, empleando como presa huevos de *Spodoptera ochrea* Hampson (Lepidoptera: Noctuidae), en cinco generaciones de vida a lo largo de un año. La duración promedio de incubación, en días, varió entre 13.6 y 45.2, el periodo ninfal fluctuó entre 14.9 y 48.0 días, y la preoviposición entre 3.3 y 14.8 días, variando la duración del ciclo biológico entre 31.9 a 88.1 días, según condiciones medioambientales y generaciones en estudio. Se observó, también, que el periodo de oviposición fue de 14.6 a 40.1 días, la capacidad de oviposición de 42.6 a 133.3 huevos por hembra, la longevidad en hembras de 28.0 a 58.2 días y en machos de 25.8 a 42.9 días, y que la proporción sexual de hembras respecto a machos fue de 0.6/1.0 a 1.0/1.0, según condiciones medioambientales y generaciones estudiadas.

Palabras clave: *Ceratocapsus dispersus*, biología de insectos, oviposición, proporción sexual

ABSTRACT

The life history of *Ceratocapsus dispersus* Carvalho & Fontes (Hemiptera: Miridae) was carried out in insectary at Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), La Molina-Lima (Peru), under non controlled temperature and relative humidity conditions, using *Spodoptera ochrea* Hampson (Lepidoptera: Noctuidae) eggs as prey, in five life generations along a year. As an average, the incubation period varied between 13.6 and 45.2 days, the nymphal period was from 14.9 to 48.0 days, and the preoviposition period varied from 3.3 and 14.8 days, lasting the biological cycle from 31.9 to 88.1 days, according to weather conditions and generation under study. The oviposition period was from 14.6 to 40.1 days, the oviposition rate varied from 42.6 to 133.3 eggs per female, the longevity on females was from 28.0 to 25.8 days and on males varied from 58.2 to 42.9 days, and the sexual rate between females to males registered was from 0.6/1.0 to 1.0/1.0, according to weather conditions and generation under study.

Keywords: *Ceratocapsus dispersus*, insect life history, oviposition, sexual rate

INTRODUCCIÓN

Los controladores biológicos, predadores y parasitoides, de insectos plagas son importantes componentes del equilibrio biológico en los ecosistemas en general; el chinche mirido marrón, *Ceratocapsus dispersus* (Miridae), conforma este grupo y se encuentra distribuido en los valles de Piura donde actúa como predador de huevos y larvas del gusano rosado de la India, *Pectinophora gossypiella* (Lepidoptera) y larvas de *Bucculatrix thurberiella* (Lepidoptera) que son plagas del algodón¹.

El género *Ceratocapsus* está conformado por aproximadamente 130 especies a nivel mundial, varias de ellas reconocidas como predatoras². *C. dispersus* ha sido registrada en Perú, Brasil, Paraguay, Venezuela y Ecuador³, y al igual que otras especies del género, se les encuentra mayormente en viñedos y algodón⁴. Las condiciones de alta temperatura y baja humedad relativa son favorables

para el desarrollo de esta especie; así, por ejemplo, empleando como presas huevos de *P. gossypiella*, se observó el desarrollo de varias generaciones a temperaturas de 20.5 a 27.8°C y a humedades relativas de 64.3 a 73.7%; asimismo: (i) un periodo de incubación de 9.0 a 20.0 días, (ii) duración del estado ninfal de 14.3 y 25.8 días, (iii) preoviposición de 2.1 y 4.8 días, (iv) duración del ciclo biológico de 28.1 y 47.9 días, (v) periodo de oviposición de 18.5 (12.0-26.0) días, (vi) capacidad de oviposición de 111.3 (69.0-182.0) huevos por hembra y (vi) longevidad de 38.7 (26.0-51.8) días para hembras y 28.4 (21.6-40.0) días para machos¹.

Como se ha señalado, *C. dispersus* ha sido registrado en diferentes lugares de América cumpliendo su labor de controlador de insectos plaga de algodones^{5,6,7,8}; sin embargo, no se encuentra en el algodón cultivado en costa central del Perú, por lo que se consideró pertinente investigar aspectos de su biología a nivel de laboratorio con la finalidad de obtener datos que faciliten su propagación en masa y, en una etapa posterior, procurar su posible liberación en campo de esta parte del país y ayudar en el control del gusano rosado de la India y otras plagas del algodón.

MATERIAL Y MÉTODOS

La investigación se realizó en insectario de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), La Molina (Lima, Perú) bajo condiciones no controladas de temperatura y humedad relativa a lo largo de un año calendario. Registros promedios mensuales de temperatura y humedad relativa se tomaron del observatorio meteorológico “Alexander Von Humboldt” de la UNALM, habiéndose registrado temperaturas promedio mensuales entre 16.2 y 24.4°C y humedades relativas de 72.5 a 85.3%.

El material biológico del predator *C. dispersus* Carvalho & Fontes (Hemiptera: Miridae) (Fig.1), constituido por ninfas y adultos, fue colectado en campos de algodón en Piura por el Ing. Julio Villarreal Palacios, quien lo remitió a La Molina (Lima) para su crianza masiva en jaulas con dos mangas provistas en su interior de brotes terminales de algodón dispuestos en un frasco con agua de caño a modo de florero, y plántulas de algodón en macetas, empleando como presa huevos de *Spodoptera ochrea* Hampson (Lepidoptera: Noctuidae) obtenidos de crianza masiva⁹.

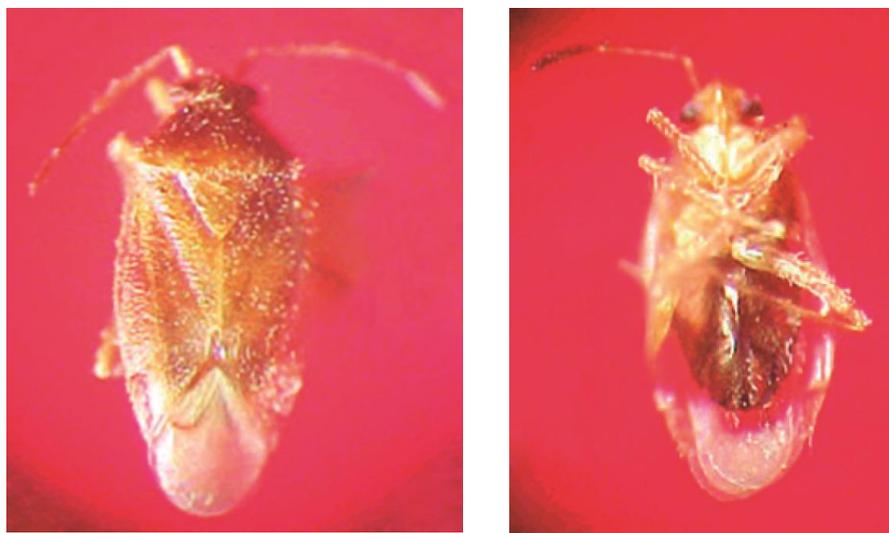


Fig. 1. Hembra de *Ceratocapsus dispersus* Carvalho & Fontes: vista dorsal (izquierda) y ventral (derecha)

Se emplearon jaulas de madera dos con mangas de tocuyo y una pequeña puerta en su parte anterior; de 77.0 cm de largo, 42.0 cm de ancho, 50.0 cm de altura en su parte anterior y 56 cm de altura en la parte posterior (Fig. 2), para la crianza masiva del chinche predator y de adultos de la presa *Spodoptera ochrea* Hampson (Lepidoptera: Noctuidae); jaulas rectangulares (Fig. 3) con paredes de fino tul u organza de 22.0 cm de largo, 20.0 cm de ancho y 35.0 cm de altura, provistas de una ventana transparente frontal para observaciones y toma de datos en adultos; frascos de vidrio de boca ancha de

un galón de capacidad para la crianza de larvas de la presa; y plántulas de algodón (Fig. 4) sembradas en macetas de arcilla para la oviposición del chinche.

El periodo de incubación fue determinado de manera indirecta sobre huevos que las hembras pusieron dentro de los tejidos de las plántulas de algodón, colocadas por 24 horas en jaulas de dos mangas para crianza masiva del predator. Estas plántulas, luego, fueron acondicionadas en pequeñas jaulas rectangulares para determinar el periodo de incubación. Determinaciones de preoviposición, oviposición, post oviposición, capacidad de oviposición y longevidad se determinaron sobre plántulas acondicionadas en jaulas antes indicadas. El desarrollo ninfal fue evaluado en placas de Petri (Fig. 5) donde se colocaron hojas jóvenes de algodón con huevos de *S. ochrea* como alimento; la duración de este periodo se estableció desde la emergencia de la ninfa hasta su llegada al estado adulto, determinándose también el número de estadios ninfales.

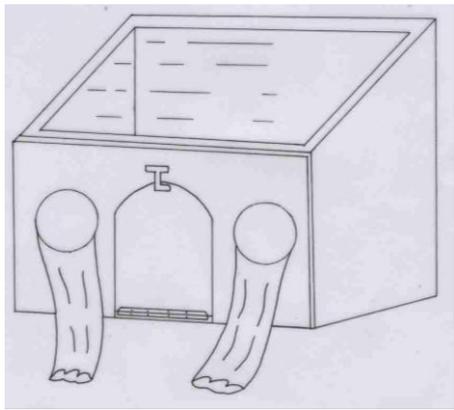


Fig. 2. Jaula con dos mangas

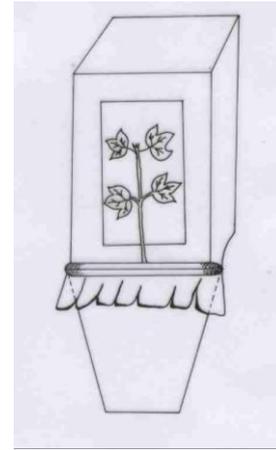


Fig. 3. Jaula rectangular

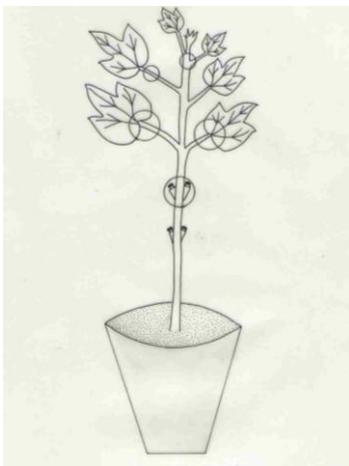


Fig. 5. Plántula de algodón

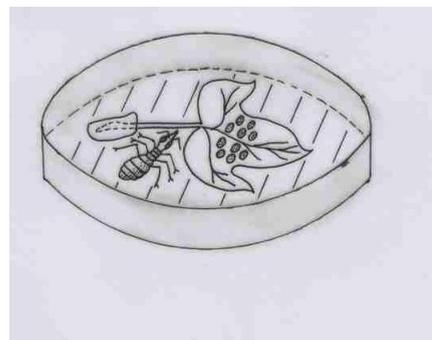


Fig. 6. Placa de Petri

RESULTADOS

A lo largo de un año se estudiaron seis generaciones de *C. dispersus*. Se observó que el periodo de incubación tuvo una duración que varió entre 13.6 y 45.2 días y que la velocidad de su desarrollo estuvo relacionada a las condiciones de temperatura y humedad relativa: a mayor temperatura y menor humedad relativa los valores de duración son menores, resultando todo lo contrario a menores niveles de temperatura y humedad relativa (Tabla 1).

Se observó que el estado ninfal pasó por cinco estadios con una duración promedio que varió entre 14.9 a 48.0 días, según generaciones estudiadas y condiciones climáticas, habiéndose establecido que tales valores estuvieron influenciados por las condiciones medioambientales bajo los cuales se efectuaron los registros, siguiendo una tendencia similar al periodo de incubación; así, cuando la temperatura fue de 24.1°C y la HR de 78.0% la duración fue de 14.9 días, y bajo una temperatura de 16.6°C y la HR de 86.0% se registró 48.0 días. Respecto al periodo de preoviposición, la duración en días sigue una relación inversa con respecto a los valores de temperatura y humedad bajo los cuales fue medido, estando este periodo en 3.3 días a 25.0°C y 75.0% de HR, en tanto que a 15.4°C y 87.0% de HR se tuvo un periodo de 14.8 días. La duración del ciclo biológico, según generaciones, siguió una tendencia similar a la expuesta para los periodos de incubación, ninfal y preoviposición, variando la duración en días en función a los valores de temperatura y humedad relativa bajo los cuales se hizo los registros. Para una temperatura de 24.0°C y 76.7% de HR el ciclo biológico tuvo una duración de 31.9 días, mientras que se registraron 88.1 días a 17.1°C y 80.5% de HR.

Tabla 1. Ciclo biológico promedio en días de *Ceratopsus dispersus* Carvalho & Fontes, en insectario, según generaciones y condiciones medioambientales. La Molina, Lima.

Generaciones	T. X : °C HR X : %	Periodo de incubación	Periodo ninfal	Periodo de preoviposición	Ciclo biológico
I	24.0; 76.7	13.6	14.9	3.4	31.9
II	24.1; 78.0	13.8	16.9	3.3	34.0
III	17.4; 85.3	28.6	48.0	6.9	83.5
IV	17.1; 80.5	45.2	28.1	14.8	88.1
V	20.6; 73.7	21.8	20.6	8.1	50.5
VI	23.1; 75.0	15.1	16.4	4.8	36.3

La Tabla 2 muestra los resultados promedio obtenidos en insectario del periodo de oviposición en días, número de huevos por hembra, longevidad en días y proporción sexual de *C. dispersus*, según generaciones y condiciones medioambientales. Los valores promedios de periodo de oviposición variaron drásticamente entre 14.6 y 40.1 días, no encontrándose relación con los factores de temperatura y humedad relativa, habiéndose encontrado 14.6 días a 24.4°C y 74.5%; 15.6 días a 19.8°C y 72.5%; 34.0 días a 23.1°C y 75.0%; 38.9 días a 18.0°C y 84.7%; y 40.1 días a 23.0°C y 79.3%. También muestra que las hembras con dieta a base de huevos de *S. ochrea*, colocaron huevos en número de 42.6 a 133.3 huevos en promedio, sin relación entre la capacidad de oviposición y las condiciones climáticas bajo las cuales se mantuvo a las hembras en evaluación, sin embargo las mayores tasas promedio se registraron en temporadas cálidas y menores valores de humedad relativa. Así, la capacidad de oviposición promedio por hembra fue de 133.3 huevos a 23.1°C y 75.0%; y 115.8 huevos a 23.0°C y 79.3%, en tanto que se tuvo promedios de 42.6 huevos a 18.0°C y 84.7%; y 43.2 huevos a 16.2°C y 85.0%.

Los registros de longevidad demostraron que las hembras tienen un tiempo de vida numéricamente mayor que la de los machos en las diferentes generaciones y condiciones medioambientales estudiadas, habiéndose encontrado en general que el tiempo de vida es mayor bajo condiciones de menor temperatura y mayor porcentaje de humedad relativa. En hembras se registró periodos de vida entre 28.0 días a 24.0°C y 76.7% y 58.2 días a 17.4°C y 85.3%. En machos estos valores fluctuaron entre 22.1 días a 20.6°C y 73.7% y 42.9 días a 17.4°C y 85.3%. La proporción sexual en general estuvo en el orden de 1/1, lo cual sugiere que la mitad de individuos de la población de una generación determinada del chinche son hembras y la otra mitad son machos (Tabla 2).

Tabla 2. Periodo de oviposición en días, número promedio de huevos por hembra, longevidad en días y proporción sexual de *Ceratocapsus dispersus* Carvalho & Fontes, en insectario, según generaciones y condiciones medioambientales. La Molina, Lima.

Generaciones	Periodo de oviposición	Número de huevos por hembra	Longevidad H/M	Proporción sexual H/M
I	14.6 (13 - 17) (24.4°C;74.5 %)*	45.2 (41 - 56) (24.4°C;74.5 %)	28.0/25.8 (24.0°C;76.7 %)	0.6/1 (24.0°C;76.7 %)
II	40.1 (22 - 49) (23.0°C;79.3 %)	115.8 (43 -173) (23.0°C;79.3 %)	51.0/36.1 (24.1°C;78.0 %)	1/1 (24.1°C;78.0 %)
III	38.9 (16 - 58) (18.0°C;84.7 %)	42.6 (2 -116) (18.0°C;84.7 %)	58.2/42.9 (17.4°C;85.3 %)	1/1 (17.4°C;85.3 %)
IV	**	43.2 (9 - 69) (16.2°C;85.0 %)	41.5/38.2 (17.5°C;80.5 %)	1/1 (17.5°C;80.5 %)
V	15.6 (11 - 25) (19.8°C;72.5 %)	54.5 (24 - 84) (19.8°C;72.5 %)	29.0/22.1 (20.6°C;73.7 %)	1/1 (20.6°C;73.7 %)
VI	34,0 (26 - 39) (23.1°C;75.0 %)	133.3 (59 - 210) (23.1°C;75.0 %)	40.2/32.8 (23.1°C;75.0 %)	0.8/1 (23.1°C;75.0 %)

*Temperatura en °C y Humedad relativa en %. **Datos no registrados

DISCUSIÓN

El desarrollo biológico de *C. dispersus*, en sus diferentes fases, estuvo influenciado fuertemente por la temperatura, antes que por la humedad relativa. El periodo de incubación tuvo una duración inversamente proporcional a la temperatura bajo la cual se desarrolló el evento biológico, habiéndose encontrado menores valores de incubación a mayores valores de temperatura, sin embargo no tuvo relación con respecto a la humedad relativa, aunque los mayores valores de incubación se registraron a niveles de humedad relativa superior a 80 %. El desarrollo ninfal y el periodo de preoviposición siguió una tendencia similar al periodo antes referido. En este sentido, se manifestó la duración del ciclo biológico, debiéndose indicar que fue la temperatura el factor que más influencia tuvo en la duración del proceso, lo cual coincide por lo encontrado por Encalada & Viñas¹.

Los valores promedios de periodo de oviposición no tuvieron relación con los factores de temperatura y humedad relativa, estando probablemente influenciados más por factores genéticos, fisiológicos y la dieta de la hembra del predator antes que por los ambientales, no siendo comparables con los resultados obtenidos por Encalada & Viñas¹.

No se encontró relación entre la capacidad de oviposición y las condiciones climáticas bajo las cuales se mantuvo a las hembras en evaluación, sin embargo las mayores tasas promedio se registraron en temporadas cálidas y menores valores de humedad relativa, lo cual en cierto modo coincide con lo reportado por Encalada & Viñas¹ quienes obtuvieron valores numéricos cercanos a los hallados en la presente investigación, bajo condiciones de clima cálido y bajos valores de humedad relativa. Por otra parte, las hembras tuvieron una mayor longevidad respecto a machos en las diferentes generaciones estudiadas, habiendo siendo mayor el tiempo de vida bajo condiciones de menores temperaturas y mayores porcentajes de humedad relativa.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Encalada C, Viñas L. *Ceratocapsus dispersus* (Hemiptera, Miridae) en Piura: biología y capacidad predatora en insectario. Rev Per Ent 1989; 32: 1-8
2. Schaefer C, Panizzi A. Heteroptera of Economic Importance. CRC Press. USA. 2000.
3. Schuh RT. On-line Systematic Catalog of Plant Bugs (Insecta: Heteroptera: Miridae). <http://research.amnh.org/pbi/catalog/>. 2002-2013.
4. Wheeler A, Henry TJ. *Ceratocapsus modestus* (Hemiptera: Miridae), a predator of grape *Phylloxera*: seasonal history and description of fifth instar. Melsheimer Entomol Series 1978; 25: 6-10.
5. Gravena S, Pazetto JA. Predation and parasitism of cotton leafworm eggs, *Alabama argillacea* (Lep.: Noctuidae). Entomophaga 1987; 32: 241-248.
6. Wheeler Jr. AG. Biology of the plant bugs. Ithaca: Cornell University Press. USA. 2001.
7. Silvie P, Delvare G, Aberlenc H, Prudent P, Gil-Santana H, Gómez V, et al. Diversité des Arthropodes rencontrés en culture cotonnière au Paraguay. 2. Insectes prédateurs, parasitoïdes et hyperparasitoïdes. Entomologie Faunistique-Faunistic Entomology 2014; 67:179-191
8. <http://es.slideshare.net/redagronegocios/control-biologico-algodonero>, 2015. Importancia del control biológico en un programa de manejo integrado de plagas del algodón.
9. Martos A. Susceptibilidad de larvas de *Spodoptera eridania* (Cramer) a cypermetrina, decametrina, envalerato, permetrina, acephato, metamidophos y methomyl. Tesis Magister Scientiae. Univ. Nac. Agraria La Molina. Lima-Perú. 1987.

Correspondencia:
Agustin Martos Tupes. amartos@lamolina.edu.pe

Recibido: 05.08.15



Artículo Original

Calidad de agua según los macroinvertebrados bentónicos y parámetros físico-químicos en la microcuenca del río Tablachaca (Ancash, Perú) 2014

Water quality according to benthic macro-invertebrates and physico-chemical parameters in the Tablachaca River (Ancash Peru) watershed, 2014

Maritza Vásquez Valerio¹ y Cesar A. Medina Tafur²

¹Tesista Escuela AP de Ciencias Biológicas. Universidad Nacional de Trujillo (UNT). Trujillo. Perú.

²Departamento de Ciencias Biológicas. UNT.

RESUMEN

El uso de macroinvertebrados como indicadores de la calidad del agua en diversos ecosistemas acuáticos sigue vigente. En la presente investigación se evaluó la calidad del agua utilizando como indicadores a los macroinvertebrados acuáticos y a algunos parámetros físico-químicos: pH, nitritos LR (mg/L), nitratos (mg/L), fosfatos (mg/L), Cromo VI HR ($\mu\text{g/L}$) y Aluminio (mg/L), en ocho puntos de muestreo en la microcuenca del río Tablachaca (distrito de Pampas, provincia de Pallasca, departamento de Ancash, Perú), entre agosto y diciembre del 2014. Se encontró que los parámetros físicoquímicos cumplen con lo establecido en el DS 002-2008-MINAM, a excepción de los fosfatos cuyas concentraciones sobrepasan los límites permisibles para el agua destinada a riego de vegetales y bebida para animales; asimismo, que, según el índice biótico nPeBMWP, los ríos Paragón y Puente Hondo presentan agua de calidad biológica aceptable, en tanto que el río Pampas de calidad biológica pésima.

Palabras clave: Calidad del agua. Macroinvertebrados. Río Tablachaca, Áncash.

ABSTRACT

The use of macroinvertebrates as indicators of water quality in different aquatic ecosystems continues. In this research the water quality indicators was evaluated by means the use of the aquatic macroinvertebrates and some physicochemical parameters: pH, Nitrite LR (mg / L), nitrates (mg / L), phosphates (mg / L), Chromium VI HR (g / L) and Aluminum (mg / L) in eight sampling points in the watershed of the river Tablachaca (Pampas district, Pallasca province, Ancash, Peru), between August and December 2014. It was found that the parameters physicochemical comply with the parameters established by DS 002-2008-MINAM except phosphates whose concentrations exceed the allowable limits for water for irrigating and drink for animals; also that, according to the biotic index nPeBMWP, the Paragon and Puente Hondo rivers present an acceptable biological water quality, however, the Pampas river presents a biological water quality bad.

Keywords: Water quality. Macroinvertebrates. Tablachaca River, Ancash.

INTRODUCCION

Los macroinvertebrados (MI) son usados como bioindicadores debido a que gran parte de su vida se desarrollan en medios acuáticos. La presencia de algunas familias y géneros es indicadora de aguas claras y limpias, mientras que otras soportan aguas muy contaminadas; así, por ejemplo, la presencia de individuos de las familias Tubificidae (anélidos) o Chironomidae (moscas) indican la presencia de considerable contaminación hídrica, opuestamente unas aguas claras y limpias serán el hábitat de individuos de familias como Zygoptera (libélulas), Ptilodactilidae (escarabajos) o Hydrachnidae (arácnidos) que no pueden adaptarse a condiciones hídricas con presencia de contaminantes^{1,2}. Los taxa de dentro de estos grupos de organismos poseen una amplia gama de requisitos para colonizar el hábitat, cuya diferencia está basada en los grados de tolerancia a diversos factores tales como concentración de oxígeno disuelto, pH y iones metálicos; pueden ser calificados según sus papeles ecológicos dentro de las corrientes de agua como herbívoros, detritívoros u omnívoros y carnívoros, o usando las categorías funcionales que acentúan las maneras de las cuales se alimentan y, por lo tanto, las clases (y los tamaños) de los materiales de alimento que comen; generalmente son abundantes, relativamente sedentarios, son consumidores primarios y secundarios en el proceso de la materia orgánica; la presencia de una comunidad de estos en un cuerpo de agua determinado, es un índice inequívoco de las condiciones que allí están dominando y de que las fluctuaciones de contaminación que puedan presentarse, no son lo suficientemente fuertes como para provocar un cambio significativo en la misma^{1,3}. Además, la comunidad de MI son sensibles a la contaminación orgánica y la degradación del hábitat, por tales razones, en la evaluación ambiental del recurso hídrico es valioso su potencial como bioindicadores de calidad de agua⁴.

El uso de MI bentónicos constituye un método alternativo que puede ser complementario al análisis físico químico de la calidad del agua, tiene algunas ventajas sobre este último puesto que permite visualizar algún antecedente de contaminación pasada; esto quiere decir que cuando se analiza parámetros físico químicos en algún punto de monitoreo, como por ejemplo la presencia de ciertos metales, nutrientes, etc., se puede detectar algún grado de contaminación que sucede en el momento, pero si se analiza el agua mediante bioindicadores entonces podrá detectarse evidencias de contaminación sucedida con anterioridad mediante la presencia o ausencia de diferentes familias de MI, aplicando para esto índices y parámetros biológicos establecidos por la comunidad científica⁵.

En Latinoamérica existen algunas experiencias como la realizada en Argentina⁶, donde utilizaron tres índices bióticos: BMWP, ASPT y EPT (los dos primeros modificados) para determinar la relación entre variables ambientales e índices bióticos de un río que no evidencia entradas puntuales de contaminación pero si explotación forestal y extensas áreas de cultivos. En Colombia⁴ se evaluó la composición de MI y la calidad de agua del río Chinchiná; y en Chile Carvacho⁷ utilizó los MI bentónicos dulceacuícolas y parámetros físico-químicos e hidromorfológicos para evaluar la calidad del agua de los ríos de la cuenca del Limarí.

En el Perú, utilizando el BMWP' modificado, se determinó que las aguas del río Rímac están muy contaminadas y en La Libertad se evaluaron las microcuencas: Perejil, Caballo Moro y Chuyugual y se determinó que la calidad del agua no es igual para las diferentes estaciones evaluadas⁹.

La microcuenca del río Tablachaca no es ajeno a las acciones antrópicas tales como: vertidos de lixiviados de grandes y pequeñas mineras informales, vertidos orgánicos de las poblaciones rurales, regulación de caudales para uso agrícola, alteración de los bosques de ribera, movimiento de los suelos agrícolas, generando un estado de degradación general; por ello, se propuso una investigación que estuvo dirigida a determinar la calidad de agua mediante los macroinvertebrados bentónicos, un parámetro físico (pH) y parámetros químicos (presencia de nitratos, nitritos, fosfatos, Cr y Al) en la microcuenca del río Tablachaca en Pampas, Pallasca Ancash (Perú).

MATERIAL Y MÉTODOS

Área de estudio

La cuenca del río Tablachaca está ubicada al Norte del Perú, en la vertiente del Pacífico, políticamente comprende la provincia de Pallasca de la región Ancash y la provincia de Santiago de Chuco en la región La Libertad. Cuenta con un área de drenaje total, hasta su desembocadura en el Río Santa, de 3190.43 Km², una altitud media de 3285 msnm y una longitud máxima de recorrido desde sus nacientes hasta su desembocadura de 93.34 Km; presenta una pendiente promedio de 3.54%¹⁰.

El río Tablachaca tiene su origen en las partes altas de las provincias de Pallasca y Santiago de Chuco, tiene como afluentes principales los ríos: Pampas, Conchucos, Sacaycacha-Huandoval, Llactabamba-Cabana, Ancos, Angasmarca y Santiago, presenta una buena disponibilidad de recursos hídricos superficiales durante todo el año, aún en las épocas de estiaje, y un régimen de descargas regular debido al aporte de una red de lagunas en las partes altas y cuyas excedencias de agua son aprovechadas aguas abajo por los Proyectos especiales CHAVIMOCHIC, CHINECAS y las Juntas de Usuarios asentadas en el Valle Santa-Lacramarca¹⁰.

Diseño de estudio

Se consideraron ocho (Tabla 1, Fig. 1) puntos de muestreo en un gradiente altitudinal entre los 2500 y 3975 msnm.

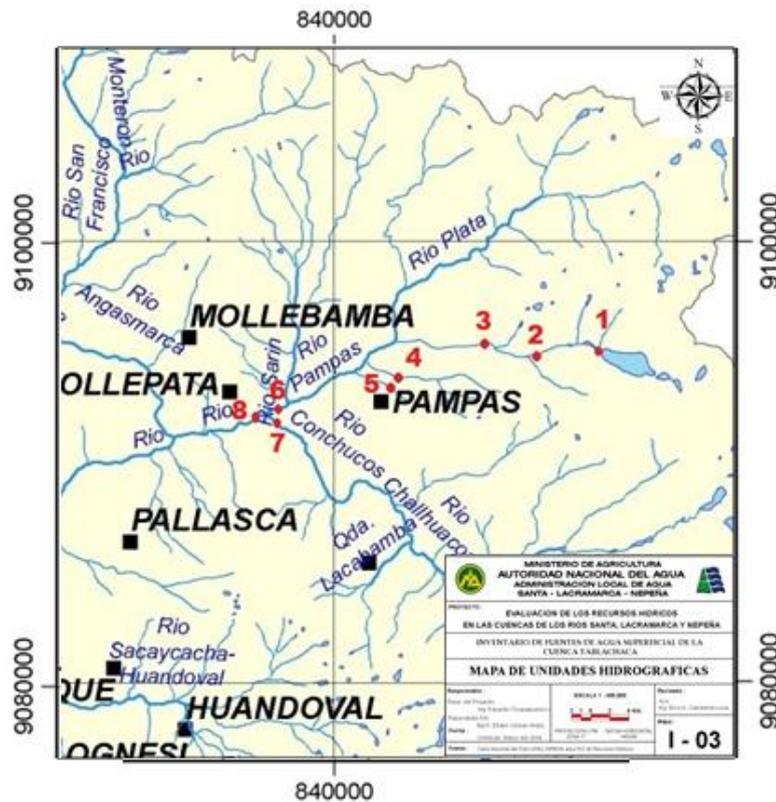


Fig. 1.- ubicación de los puntos de muestreo en la microcuenca del río Tablachaca, Ancash. 2014.
FUENTE: Autoridad Nacional del Agua.

Periodo de muestreo

Los muestreos se realizaron en dos salidas una en el mes de agosto y otra en el mes de noviembre del 2014. Las estaciones de muestreo se seleccionaron en términos de altitud, por trama de caminos rurales que faciliten el acceso a los puntos de muestreo, previamente reconocidos en un recorrido preliminar y georreferenciados en UTM (Unities Transletors Mercator con un GPS (Geographical Possession Spatial) modelo GPSMAP 60CSx marca Garmin

Muestreo de MI

La recolección se hizo en dos replicas por punto de muestreo, cubriendo una longitud de 100 m. y una hora de esfuerzo. Además en el muestreo se consideró todo el micro-hábitat: con y sin vegetación, zonas de piedras, arenas, en corriente y sin ella, etc. El muestreo se realizó de aguas abajo a aguas arriba, utilizando una red semi-triangular “D-net”, con malla nylon de 300 μm de abertura. El contenido de cada redada se vació en una fuente de color blanca para facilitar la visión y captura de los MI que se extrajeron con la ayuda de pinzas entomológicas y se almacenaron en frascos de vidrio con alcohol al 70% más dos gotas de glicerina para mantener la flexibilidad de los especímenes; cada envase se rotuló. La determinación sistemática a nivel de orden y familia se realizó con ayuda de referencias especializadas^{9,11,12}.

Valoración de la calidad biológica del agua

La calidad de agua se determinó de cada una de las estaciones utilizando como referencia la propuesta modelo de Medina⁵ nPeBMWP (índice biótico para ríos del norte del Perú). Esta metodología se basa en que a cada familia de MI se le asigna un valor numérico del 1 al 10 (Tabla 1), el valor es más elevado cuando más intolerante es a la polución; el índice biótico nPeBMWP va sumando puntos según el número de familias encontradas⁹.

Tratamiento de los datos:

Para la evaluación de los parámetros comunitarios se midió:

- a) Riqueza específica (S): para el número de familias encontradas.
- b) Abundancia absoluta y relativa (π_i):

La abundancia absoluta es el total de individuos encontrados de una misma especie en todas las estaciones evaluadas y la Abundancia relativa (π_i) es el número de individuos de cada especie dividido entre el número total de individuos^{13,14}.

$\pi_i = n_i/N$ (Dónde: N: número total de individuos, n_i : número de individuos de la especie i).

- c) Frecuencia absoluta y relativa^{13,14}

La frecuencia absoluta es el número de muestras en las que se encuentra una especie. La frecuencia relativa es la frecuencia de una especie con referencia a la frecuencia total de todas las especies. La suma de las frecuencias relativas es igual a 1 (ó 100 si es porcentual)

- d) Diversidad alfa: se evaluara mediante los índices de Shannon-Wiener, que varía de 0 a \ln del número de familias censadas, determinadas por el número de familias presentes en la comunidad y basándose en la escala logarítmica:

$$H' = -\sum \pi_i \ln \pi_i, \text{ dónde: } H': \text{ índice de diversidad de Shannon-Wiener, } \ln: \text{ logaritmo neperiano}$$
$$\pi_i = n_i/N$$

Además el índice de Simpson (C') que varía entre 0 y 1, cuya fórmula es:

$C' = 1 - \sum (n_i / N)^2$, donde n_i : número de individuos en la zona evaluada, siendo el valor equivalente a 1 como el de máxima diversidad^{13,14}.

- e) Para la diversidad beta de similaridad entre los ocho puntos de la zona de estudio, se utilizó el índice cualitativo de similitud de Jaccard (I_j)^{13,14},

$I_j = c / (a+b) * 100$, donde: a: número de familias presentes en el sitio A, b: número de familias presentes en el sitio B, c: número de familias presentes en ambos sitios A y B.

Tabla 1. Ubicación y descripción de los puntos de muestreo en una microcuenca del río Tablachaca.

PUNTO DE MUESTREO	DESCRIPCION DE LA ZONA DE MUESTREO	ALTITUD (m.s.n.m.)	COORDENADAS UTM Lote NORTE – ESTE
PUNTO 1	Rio naciente de la laguna Pelagatos a 10 m.	3972	18L 0190685-9095243
PUNTO 2	Rio ubicado a 50 m del centro poblado de Paragón	3782	18L 0187454-9095093
PUNTO 3	Rio ubicado en la quebrada Yungabal- en el centro poblado de Conzuso	3495	18L 0185370-9095551
PUNTO 4	Rio perteneciente al distrito de Pampas ubicado a 100 m de “Puente Hondo”	3154	18L 0182409-9094011
PUNTO 5	Rio ubicado a en la quebrada de “Puente piedra” a 50 m del este puente.	3174	18 L 0181864-9093033
PUNTO 6	Rio Pampas	2178	18L 0175776-9092304
PUNTO 7	Rio Conchucos	2130	18L 0175861-9092304
PUNTO 8	Rio Tablachaca a 1000 m después de la unión del rio Pampas con el rio Conchucos.	2051	18L 0174493-9091766

Evaluación de algunos parámetros físico-químicos:

Fueron medidas *in-situ* con el equipo multiparámetro HANNA C-200; los parámetros a medir fueron: altitud (m.s.n.m.), pH (unidades), nitritos (mg/l), nitratos (mg/l), fosfatos (mg/L), Cr ($\mu\text{g/L}$) y Al (mg/L). Los resultados de todos los parámetros se compararon según los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, según el D.S. N° 002-2008 del Ministerio del Ambiente.

RESULTADOS

Parámetros fisicoquímicos

Los pH de 8.0 encontrados en los puntos 1 (rio Pelagatos) y 7 (rio Conchucos) fueron los más altos respecto a los otros puntos, en tanto que los nitratos sólo aparecieron en el punto 1 (rio Pelagatos: 1,6 mg/L) y en el punto 6 (rio Pampas: 0.01 mg/L); por su parte, los fosfatos se presentan en concentraciones elevadas si se toman en cuenta los estándares nacionales de calidad de agua (categoría 3 agua de ríos de la costa y sierra destinada para riego de vegetales y bebida para animales) mayormente en los puntos 6 (rio Pampas: 33-0 mg/L) y 7 (rio Conchucos: 33.0 mg/L) y el Cr y Al sólo se analizó en los puntos 6 y 4, respectivamente (Tabla 2).

Tabla 2: Parámetros físico-químicos *in situ* realizados entre los meses de agosto y noviembre del 2014, en 8 puntos de muestreo en la cuenca del río Tablachaca.

Punto de muestreo Parámetro	VALORACIÓN							
	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	Punto 5	Punto 6	Punto 7	Punto 8
pH	8	7.3	7.4	7.4	6.7	6.6	8	7.7
Nitrato (mg/L)	1.6	0.6	0	0.1	1.4	0.6	0.5	0
Nitrato LR (mg/L)	0	0	0	0	0	0.01	0	0
Fosfato (mg/L)	15.5*	11.1*	---	---	---	33.0*	33.0*	---
Cromo VI HR ($\mu\text{g/L}$)	---	---	---	---	---	23	---	---
Aluminio (mg/L)	---	---	---	0.16	0	---	---	---

(- - -) parámetros no medidos, (*) Valores que están sobre el límite permisible establecidos en los estándares nacionales de calidad ambiental del agua. Decreto Supremo 002-2008-MINAM.

Composición taxonómica

Se encontraron 11 Ordenes y dentro de ellas diferente número de Familias. El orden Díptera es el que presentó mayor número de familias, 9, seguida del orden Trichoptera con 6 familias (Tabla 3, Fig. 2)

Tabla 3: Composición taxonómica de macroinvertebrados bentónicos encontrados en la microcuenca del río Tablachaca en el distrito de Pampas, provincia de Pallasca. Ancash. 2014.

ORDEN	FAMILIA
Oligochaeta	Morfoespecie1* (Nematomorfa); morfoespecie2* (Oligochaeta)
Diptera	Chironomidae; Simuliidae; Tipulidae; Ceratopogonidae; Dolichopodidae; Psychodidae; Tabanidae; Muscidae; Empididae
Ephemeroptera	Leptophlebiidae; Baetidae
Plecoptera	Perlidae; Capniidae
Trichoptera	Hydropsychidae; Hydroptilidae; Odontoceridae; Glossomatidae; Hydrobiosidae; Leptoceridae
Coleoptera	Dytiscidae; Scirtidae; Elmidae; Staphylinidae
Heteroptera	Corydalidae
Tricladida	Planaridae
Amphipoda	Hyalellidae
Calanoida	Copepodo
Spinicaudata	Cyzicus
Hydracarina	Hydrachnidae

* Para aplicar el nPeBMWP no es necesario determinar el orden y familia de la clase Oligochaeta.

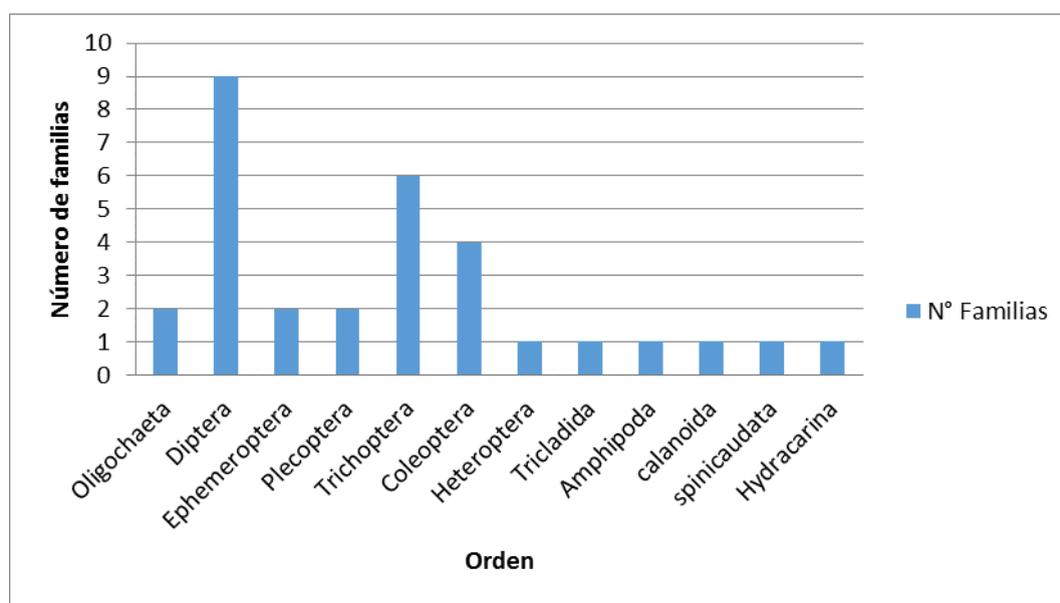


Fig. 2: Número de familias de cada orden de macroinvertebrados bentónicos encontrados en la microcuenca del río Tablachaca en el distrito de Pampas, provincia de Pallasca. Ancash. 2014.

Análisis comunitario.

La familia Chironomidae presentó la mayor frecuencia absoluta (1.0) y relativa (10.67%); seguida de las familias Baetidae e Hydracarina con 0.75 de abundancia absoluta y 8 % de abundancia relativa (Tabla 3).

El punto de muestreo 2 (río Parangón) presentó la mayor riqueza taxonómica, con 17 familias, y el punto 1 (río Pelagatos) la mayor cantidad. Contrariamente, el punto de muestreo 6 (río Pampas) es el más pobre tanto en número de familias como en individuos (Tabla 4). Asimismo, todos los puntos de muestreo existe un bajo índice de diversidad de Shannon (H'). Según el índice inverso de Simpson en los ríos Puente Hondo y Pampas hay más dominancia de especies; sin embargo, en el río Conchucos la distribución de las familias es más equitativa.

Durante los muestreos realizados en los meses de agosto y diciembre del 2014 se capturaron un total de 1176 individuos de macroinvertebrados. En el río “Pelagatos” (punto de muestreo 1) se encontraron 396 especímenes distribuidos en 8 familias; siendo este punto de muestreo en donde se capturó la mayor cantidad de especímenes. En el río “Paragón” (punto de muestreo 2) se obtuvo un total de 232 especímenes distribuidos en 17 familias, siendo este punto el segundo más abundante de individuos y el que más riqueza taxonómica presenta (Tabla 5).

La tabla 6 muestra que la familia Chironomidae presenta la mayor abundancia relativa en casi todos los puntos de muestreo; excepto en el punto de muestreo 1 (río Pelagatos) en donde la mayor abundancia relativa le corresponde a las familias Copépodo con un porcentaje de 46.97, seguida de la familia Cyzicidae con un 38.38%; en cambio la familia Chironomidae presenta una abundancia relativa de 2.78%.

En los puntos de muestreo 4 (río Puente Hondo) y 8 (río Tablachaca) esta familia presenta los valores más altos de abundancia relativa con 65.91 y 62.96%, respectivamente.

Tabla 3: Frecuencia absoluta (FA) y Frecuencia Rrelativa (FR%) de los macroinvertebrados capturados en cada punto de muestreo en la microcuenca del río Tablachaca. Ancash, Perú. Agosto-diciembre del 2014.

ORDEN	FAMILIA	PUNTO DE MUESTREO								FA	FR%
		1	2	3	4	5	6	7	8		
Oligochaeta	Morfoespecie 1	1	1	0	0	0	0	0	0	0.25	2.67
	Morfoespecie 2	0	1	0	0	0	0	0	0	0.13	1.33
Diptera	Chironomidae	1	1	1	1	1	1	1	1	1.00	10.67
	Simuliidae	0	0	0	1	1	0	1	1	0.50	5.33
	Tipulidae	0	1	1	1	0	0	1	0	0.50	5.33
	Ceratopogonidae	0	1	1	1	1	0	0	0	0.50	5.33
	Empididae	0	1	1	0	0	0	0	0	0.25	2.67
	Tabanidae	0	1	0	0	0	0	0	0	0.13	1.33
	Psychodidae	0	1	0	0	0	0	0	0	0.13	1.33
	Muscidae	0	0	1	1	1	0	0	0	0.38	4.00
	Dolichopodidae	0	0	0	0	0	0	1	1	0.25	2.67
Ephemeroptera	Leptophlebiidae	0	0	0	1	0	0	0	0	0.13	1.33
	Baetidae	1	1	0	1	1	0	1	1	0.75	8.00
Plecoptera	Capniidae	0	1	0	0	0	0	0	0	0.13	1.33
	Perlidae	0	0	0	1	0	0	1	1	0.38	4.00
Trichoptera	Hydropsychidae	0	0	0	0	0	0	1	0	0.13	1.33
	Hydroptilidae	1	1	1	0	0	0	1	1	0.63	6.67
	Leptoceridae	0	0	0	1	1	0	0	0	0.25	2.67
	Glossomatidae	0	0	0	1	1	0	0	0	0.25	2.67
	Hydrobiosidae	0	0	0	0	1	0	0	0	0.13	1.33
	Odontoceridae	1	1	1	0	0	0	0	0	0.38	4.00
Coleoptera	Dytiscidae	0	0	0	0	0	0	0	1	0.13	1.33
	Elmidae	0	1	0	1	1	0	0	0	0.38	4.00
	Scirtidae	0	1	0	0	0	0	0	0	0.13	1.33
	Staphylinidae	0	0	0	1	0	0	0	0	0.13	1.33
Heteroptera	Corydalidae	0	0	0	0	0	0	1	0	0.13	1.33
Tricladida	Planariidae	0	1	0	0	0	0	0	0	0.13	1.33
Amphipoda	Hyalellidae	1	1	0	0	0	0	0	0	0.25	2.67
Calanoida	Copepodo	1	0	0	0	0	0	0	0	0.13	1.33
Spinicaudata	Cyzicidae	1	0	0	0	0	0	0	0	0.13	1.33
Arachnida	Hydracarina	0	1	1	1	0	1	1	1	0.75	8.00
FRECUENCIA TOTAL											100

Tabla 4: Parámetros comunitarios de los macroinvertebrados capturados en cada punto de muestreo en la microcuenca del río Tablachaca. Ancash, Perú. Agosto-diciembre del 2014.

Índice	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	Punto 5	Punto 6	Punto 7	Punto 8
Riqueza taxonómica (S)	8	17	8	13	9	2	10	8
Abundancia (N)	396	232	83	132	32	2	191	108
Índice de Shannon H	1.193	1.557	1.219	1.283	1.441	0.6931	1.425	1.211
Índice de Simpson (S)	0.6242	0.6282	0.612	0.672	0.6172	0.5	0.6952	0.5669
Índice inverso de Simpson (1/D)	2.6611	2.6896	2.5773	2.1666	2.6122	2.0	3.281	2.3088
Equidad (J)	0.5738	0.5495	0.5862	0.5	0.6559	1.0	0.619	0.5825

Tabla 5: Abundancia absoluta de macroinvertebrados bentónicos capturados en 8 puntos de muestreo del río Tablachaca en el distrito de Pampas. Ancash. 2014.

ORDEN	FAMILIAS	PUNTO DE MUESTREO								Total
		1	2	3	4	5	6	7	8	
Oligochaeta	Morfoespecie 1	3	2	0	0	0	0	0	0	5
	Morfoespecie 2	0	1	0	0	0	0	0	0	1
Diptera	Chironomidae	11	136	45	87	19	1	76	68	443
	Simuliidae	0	0	0	19	4	0	3	1	27
	Tipulidae	0	2	1	3	0	0	1	0	7
	Ceratopogonidae	0	1	8	5	3	0	0	0	17
	Empididae	0	1	2	0	0	0	0	0	3
	Tabanidae	0	1	0	0	0	0	0	0	1
	Psychodidae	0	1	0	0	0	0	0	0	1
	Muscidae	0	0	1	1	1	0	0	0	3
Dolichopodidae	0	0	0	0	0	0	1	2	3	
Ephemeroptera	Leptophlebiidae	0	0	0	1	0	0	0	0	1
	Baetidae	1	7	0	1	1	0	68	12	90
Plecoptera	Capniidae	0	4	0	0	0	0	0	0	4
	Perlidae	0	0	0	8	0	0	21	9	38
Trichoptera	Hydropsychidae	0	0	0	0	0	0	1	0	1
	Hydroptilidae	3	27	1	0	0	0	1	1	33
	Leptoceridae	0	0	0	2	1	0	0	0	3
	Glossomatidae	0	0	0	1	1	0	0	0	2
	Hydrobiosidae	0	0	0	0	1	0	0	0	1
	Odontoceridae	32	9	1	0	0	0	0	0	42
Coleoptera	Dytiscidae	0	0	0	0	0	0	0	1	1
	Elmidae	0	1	0	2	1	0	0	0	4
	Scirtidae	0	1	0	0	0	0	0	0	1
	Staphylinidae	0	0	0	1	0	0	0	0	1
Heteroptera	Corydalidae	0	0	0	0	0	0	3	0	3
Tricladida	Planaridae	0	16	0	0	0	0	0	0	16
Amphipoda	Hyalellidae	8	3	0	0	0	0	0	0	11

Calanoida	Copepodo	186	0	0	0	0	0	0	0	186
Spinicaudata	Cyzicidae	152	0	0	0	0	0	0	0	152
Hydracarina	Hydracarina	0	19	24	1	0	1	16	14	75
Frecuencia Absoluta Total		396	232	83	132	32	2	191	108	1176

Tabla 6: Abundancia relativa (%) de los macroinvertebrados capturados en cada punto de muestreo en la microcuenca del río Tablachaca, Ancash, Perú, agosto-diciembre del 2014.

ORDEN	FAMILIAS	Abundancia relativa (%) por punto de muestreo							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Oligochaeta	Morfoespecie 1	0.76	0.86	0.00	0	0	0	0	0
	Morfoespecie 2	0	0.43	0	0	0	0	0	0
Diptera	Chironomidae	2.78	58.62	54.22	65.91	59.38	50	39.79	62.96
	Simuliidae	0	0	0	14.39	12.50	0	1.57	0.93
	Tipulidae	0	0.86	1.20	2.27	0	0	0.52	0
	Ceratopogonidae	0	0.43	9.64	3.79	9.38	0	0	0
	Empididae	0	0.43	2.41	0	0	0	0	0
	Tabanidae	0	0.43	0	0	0	0	0	0
	Psychodidae	0	0.43	0	0	0	0	0	0
	Muscidae	0	0	1.20	0.76	3.13	0	0	0
	Dolichopodidae	0	0	0	0	0	0	0.52	1.85
Ephemeroptera	Leptophlebiidae	0	0	0	0.76	0	0	0	0
	Baetidae	0.25	3.02	0	0.76	3.13	0	35.60	11.11
Plecoptera	Capniidae	0	1.72	0	0	0	0	0	0
	Perlidae	0	0	0	6.06	0	0	10.99	8.33
Trichoptera	Hydropsychidae	0	0	0	0	0	0	0.52	0
	Hydroptilidae	0.76	11.64	1.20	0	0	0	0.52	0.93
	Leptoceridae	0	0	0	1.52	3.13	0	0	0
	Glossomatidae	0	0	0	0.76	3.13	0	0	0
	Hydrobiosidae	0	0	0	0	3.13	0	0	0
	Odontoceridae	8.08	3.88	1.20	0	0	0	0	0
Coleoptera	Dytiscidae	0	0	0	0	0	0	0	0.93
	Elmidae	0	0.43	0	1.52	3.13	0	0	0
	Scirtidae	0	0.43	0	0	0	0	0	0
	Staphylinidae	0	0	0	0.76	0	0	0	0
Heteroptera	Corydalidae	0	0	0	0	0	0	1.57	0
Tricladida	Planariidae	0	6.90	0	0	0	0	0	0
Amphipoda	Hyalellidae	2.02	1.29	0	0	0	0	0	0
Calanoida	Copepodo	46.97	0	0	0	0	0	0	0
Spinicaudata	Cyzicidae	38.38	0	0	0	0	0	0	0
Hydracarina	Hydracarina	0	8.19	28.92	0.76	0	50	8.38	12.96
abundancia relativa total		100	100	100	100	100	100	100	100

Tabla 7: Índice biótico (nPeBMWP) utilizando macroinvertebrados bentónicos capturados en los ocho puntos de muestreo de la microcuenca del río Tablachaca en el distrito de Pampas. Ancash. 2014.

ORDEN	FAMILIAS	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	Punto 5	Punto 6	Punto 7	Punto 8
Oligochaeta	Morfoespecie 1	x	x						
	Morfoespecie 2		x						
Diptera	Chironomidae	x	x	x	x	x	x	x	X
	Simuliidae				x	x		x	X
	Tipulidae		x	x	x			x	X
	Ceratopogonidae		x	x	x	x			
	Empididae		x	x					
	Tabanidae		x						
	Psychodidae		x						
	Muscidae			x	x	x			
	Dolichopodidae								x
Ephemeroptera	Leptophlebiidae				x				
	Baetidae	x	x		x	x		x	X
Plecoptera	Capniidae		x						
	Perlidae				x			x	X
Trichoptera	Hydropsychidae							x	
	Hydroptilidae	x	x	x				x	X
	Leptoceridae				x	x			
	Glossomatidae				x	x			
	Hydrobiosidae					x			
	Odontoceridae	x	x	x					
Coleoptera	Dytiscidae								X
	Elmidae		x		x	x			
	Scirtidae		x						
	Staphylinidae				x				
Heteroptera	Corydalidae							x	
Tricladida	Planariidae		x						
Amphipoda	Hyalellidae	x	x						
Calanoida	Copepodo	x							
Spinicaudata	Cyzicidae	x							
Hydracarina	Hydrachnidae		x	x	x		x	x	X
Indice Biotico nPeBMWP		35	79	37	68	44	06	50	37

3.3 Índice biótico

Según lo encontrado, la calidad del agua de la microcuenca del río Tablachaca fluctúa entre pésima y aceptable; siendo los ríos Paragón (punto 2) y Puente Hondo (punto 4) los que presentan mayor valor del índice biótico nPeBMWP obteniendo una calidad biológica aceptable; sin embargo el punto de muestreo 6 que pertenece al río Pampas presenta una calidad biológica pésima.

Los ríos: Conzuso (punto 3), Puente Piedra (punto 5), Conchucos (punto 7), y Tablachaca (punto 8) presentan un agua con calidad biológica regular. El río Pelagatos (punto 1) presenta una agua de calidad biológica mala.

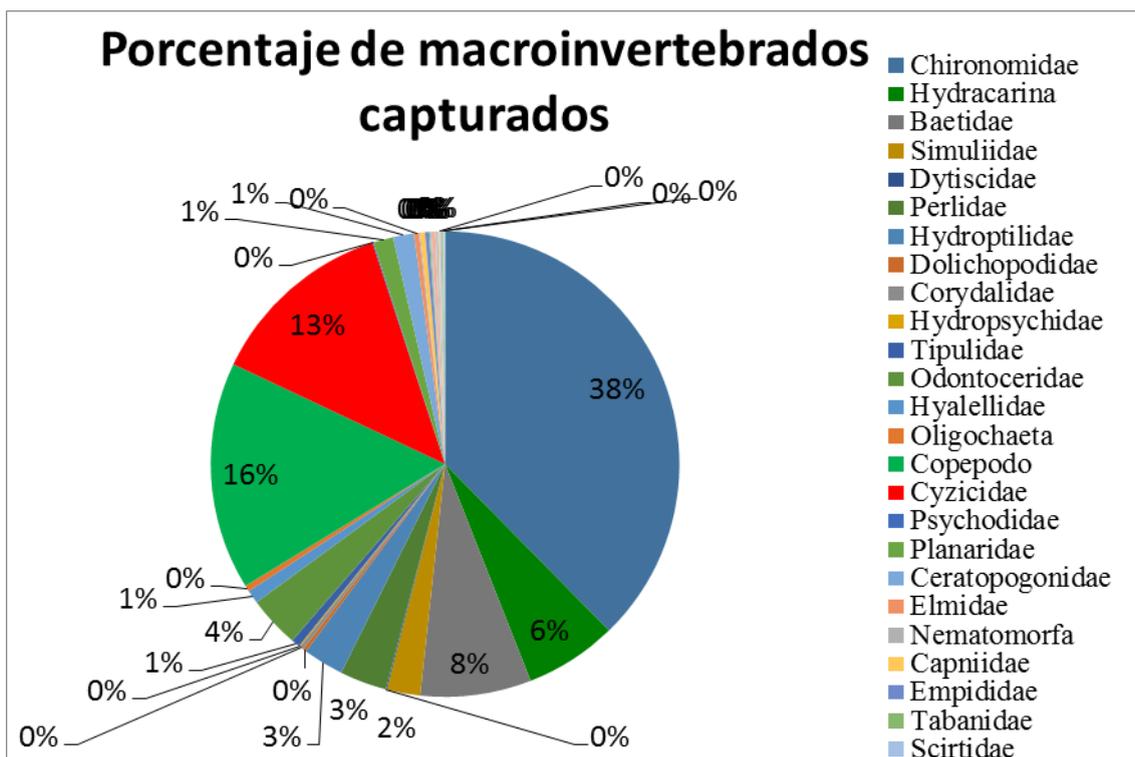


Fig. 3: Porcentaje de familias encontradas en los 8 puntos de muestreo, de una microcuenca del río Tablachaca.

Tabla 8: Valores obtenidos del índice biótico nPeBMWP mediante el muestreo de los macroinvertebrados bentónicos en los 8 puntos de muestreo, de una microcuenca del río Tablachaca. Ancash, 2014.

PUNTO DE MUESTREO	VALORES DEL INDICE BIOTICO nPeBMWP	COLOR	CALIDAD BIOLÓGICA	CALIFICACION
P1	35	●	Mala	Aguas muy contaminadas
P2	79	●	Aceptable	Aguas con signos de estrés
P3	37	●	Regular	Aguas contaminadas
P4	68	●	Aceptable	Aguas con signos de estrés
P5	44	●	Regular	Aguas contaminadas
P6	6	●	Pésima	Aguas extremadamente contaminadas
P7	50	●	Regular	Aguas contaminadas
P8	37	●	Regular	Aguas contaminadas

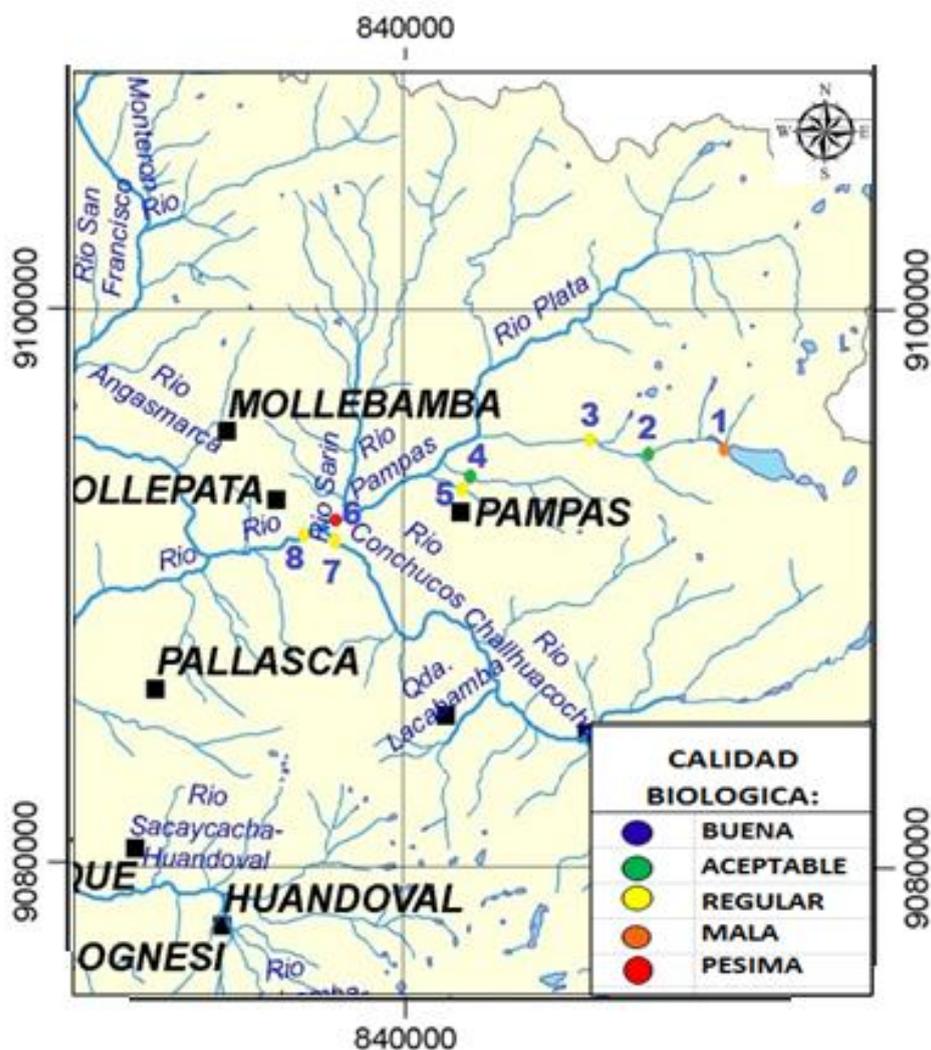


Fig. 4: Calidad del agua en los ocho puntos de muestreo, de la microcuenca del río Tablachaca. Pampas. Ancash, 2014.

DISCUSION

En la actualidad diversas actividades antrópicas y naturales son motivo de deterioro de los cuerpos de agua los cuales son sometidas a un marcado deterioro de su calidad. Es por eso que muchos investigadores han descubierto que los MI son excelentes indicadores de la calidad del agua en diversos ecosistemas acuáticos, esto se justifica, debido a su papel central en las corrientes de los ríos, ya que contienen información sobre la base de la energía del ecosistema, de la salud relativa de la comunidad, de la diversidad del hábitat, y de la disponibilidad de clases apropiadas de alimento para sostener poblaciones de peces; pueden ser vistos como integradores de la información sobre la estructura y la función del ecosistema de corriente agua así como la calidad de esta. Estas características hacen que los MI sean los agentes ideales de supervisión, utilizando índices bióticos, situación importante por la facilidad con la cual se muestran en muchas situaciones^{9,15,16}.

La aplicación de los MI como indicadores de la calidad del agua resulta sencilla, rápida y de bajo costo, permitiendo evaluar la calidad del agua en un periodo corto de tiempo, ya que reduce la complejidad taxonómica, al identificar hasta el nivel de familias; esto disminuye el costo de tiempo y dinero¹⁷.

Las aguas de las cuencas mediterráneas ibéricas, debido a la predominancia de substratos geológicos de naturaleza básica o sedimentaria, son de carácter básico, presentando una importante reserva alcalina a causa de la solubilidad de las rocas y materiales de las cuencas^{18,19}. En estudios realizados en las cuencas de la vertiente norte de los andes occidentales nos indica que son de predominancia de substratos geológicos de naturaleza básica o sedimentaria, con carácter básico, predominando una importante reserva alcalina a causa de la solubilidad de las rocas y materiales. Esto se corrobora en el estudio realizado en la microcuenca del río Tablachaca al encontrar que el valor más alto de pH es de 8.0 y pertenece a los ríos “Pelagatos” y “Conchucos” (puntos de muestreo 1 y 7); además en el punto de muestreo 8 que pertenece al río “Tablachaca” tiene un pH de 7.7 que se aproxima a la neutralidad (tabla 2). Contrariamente los puntos de muestreo 5 y 6 presentan los valores más bajos de pH con 6.6 y 6.7 que corresponden a los ríos Puente Piedra y Pampas respectivamente^{5,17}.

La composición química del agua de un río va a venir determinada por varios factores concretos: la composición y la cantidad de precipitación caída en la cuenca, la geología de la cuenca y la solubilidad de las rocas o materiales, los suelos, la vegetación terrestre, los procesos de evaporación, los procesos biológicos y, finalmente, la contaminación o vertidos de origen humano¹⁹.

El nitrógeno es un nutriente importante para el desarrollo de los animales y las plantas acuáticas. Por lo general, en el agua se lo encuentra formando amoniaco, nitratos y nitritos. Si un recurso hídrico recibe descargas de aguas residuales domésticas, el nitrógeno estará presente como nitrógeno orgánico amoniaco, el cual, en contacto con el oxígeno disuelto, se irá transformando por oxidación en nitritos y nitratos^{7,19}.

Respecto a los valores de nitritos (sales de ácido nitroso, HNO₂) estos se encuentra dentro de límites permisibles Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Agua (DS N° 002-2008-MINAM), ya que las concentraciones fluctúan entre 0 y 0.01 mg/L. Estas sales son solubles en agua y se transforman naturalmente a partir de los nitratos, ya sea por oxidación bacteriana incompleta del nitrógeno o por reducción bacteriana. El ion nitrito es menos estable que el ion nitrato. Es muy reactivo y puede actuar como agente oxidante y reductor, por lo que solo se lo encuentra en cantidades apreciables en condiciones de baja oxigenación. Esta es la causa de que los nitritos se transformen rápidamente para dar nitratos y que, generalmente, estos últimos predominen en las aguas superficiales. Esta reacción de oxidación se puede efectuar en los sistemas biológicos y también por factores abióticos^{5,19}.

Los iones nitrato (NO₃) y nitrito (NO₂) son aniones inorgánicos de origen natural que forman parte del ciclo del nitrógeno. En este ciclo, los desechos que contienen nitrógeno orgánico se descomponen en el suelo o el agua, por acción de los microorganismos, para formar amoniaco en primera instancia. Posteriormente, este se oxida para formar iones nitrito y estos a su vez, para dar nitratos²⁰. Según lo encontrado las concentraciones de nitritos son bajas y se encuentran dentro de los límites de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Agua: categoría 3, para riego de vegetales y bebida de animales.

Los nitratos (sales del ácido nítrico, HNO₃) varían desde 0,0 mg/L a 1.6 mg/L; son valores menores a lo establecido en los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Agua para ríos de la costa y sierra del Perú (DS N° 002-2008-MINAM). Este ion, es muy soluble en agua debido a su polaridad. En los sistemas acuáticos, los materiales nitrogenados tienden a transformarse en nitratos^{5,19}.

De los puntos de muestreo a los que se analizó las concentraciones de fosfatos los valores varían entre 11.1 mg/L y 36 mg/L, de acuerdo al Estándar Nacional De Calidad Del Agua para ríos de la costa y sierra del Perú, estos valores están sobre de los límites permisibles; siendo este un problema. Estos resultados nos indicaban, una fuerte contaminación inorgánica, que puede deberse a descargas de aguas que contienen como residuo detergentes comerciales y abonos orgánicos de los cultivos. Es común encontrar fosfatos en el agua; puesto que son nutrientes de la vida acuática y limitante del crecimiento de las plantas; son constituyentes naturales de rocas y minerales, forman parte de fertilizantes y estiércoles, de la materia orgánica proveniente de desechos urbanos, industriales y residuos agrícolas como así también de los detergentes de uso industrial y doméstico. En muchos casos, estas fuentes de contaminación son arrastradas o arrojadas a las acequias, canales, arroyos, ríos y lagos, constituyendo un grave problema ambiental^{17,21}.

La determinación del cromo IV se realizó para el punto de muestreo 6 que pertenece al río Pampas, obteniéndose un valor de 32 $\mu\text{g/L}$, dicho valor se encuentra dentro de los límites permisibles del Estándar Nacional De Calidad Del Agua para ríos de la costa y sierra del Perú. La procedencia de este

elemento se debe a los efluentes descargados por industrias químicas, de construcción de maquinarias e instrumentos, de radio electrónica, curtiembres, efluentes de torres refrigerantes de estaciones generadoras de energía eléctrica, entre otras. La concentración de Cr (VI) varía en los efluentes desde docenas a cientos de gramos o miligramos (UNEP y CIP, 1998). Aun cuando internacionalmente las Concentraciones Máximas permitidas (MAC) en el ambiente son 0,1 mg/L de Cr (VI)²².

Con respecto al aluminio se analizó para los puntos de muestreo 4, que corresponde al río “Puente Hondo”, y al punto 5, que corresponde al río “Puente Piedra”. Obteniendo con máxima concentración 0.16 mg/L en el río “Puente Hondo” sin embargo en el río “Puente Piedra no se reportó concentración alguna de este elemento. Según los Estándares Nacionales de la Calidad Ambiental para Agua en el Perú y FAO; tanto para agua destinada a riego de plantas y bebida para animales; estas concentraciones están dentro de los límites permisibles, puesto que tienen como máxima concentración permitida 5 mg/L. Además en la investigación realizada por la FAO, se concluye que el Aluminio puede volver improductivos a suelos ácidos ($\text{pH} < 5,5$); pero en suelos con $\text{pH} > 7$ el Al se precipita y elimina su toxicidad.

Las investigaciones realizadas en las microcuencas del Alto Chicama-La Libertad⁹; demuestran que la presencia de taxas como Plecóptera, Ephemeroptera y Trichoptera se producen en sitios con buenas condiciones ecológicas, Alba-Tercedor y Sánchez-Ortega²³ también mencionan a estos taxas como indicadores de buena calidad de agua en los ríos de Gran Bretaña. Sin embargo en el trabajo que se realizó en la microcuenca del río Tablachaca en los puntos de muestreo 2 y 4, se encontraron 4 y 5 familias respectivamente de estos ordenes dándole un valor de calidad biológica aceptable; sin embargo en los puntos de muestreo 5 y 7 a pesar de tener 4 familias de estos ordenes, calificó como un agua de calidad biológica regular.

Con respecto al comportamiento de los índices ecológicos, el índice de Simpson mostró un mayor valor para punto de muestreo 7 en comparación a las estaciones restantes. Asimismo, el punto de muestro 2 se aprecia una mayor diversidad alfa; esto se debe a la mayor riqueza taxonómica que presenta este punto en comparación con los demás.

En conclusión, (i) según los macroinvertebrados capturados en la microcuenca del río Tablachaca: los ríos Paragón y Puente Hondo presentan una calidad biológica aceptable. Los ríos: Conzuso, Puente Piedra, Conchucos y Tablachaca presentan una calidad biológica regular. Contrariamente el río Pelagatos presenta una calidad biológica mala y el río Pampas una calidad biológica pésima. Sin embargo según los parámetros fisicoquímicos evaluados, a excepción de los fosfatos, los valores de estos parámetros se encuentran dentro de los límites establecidos en los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Agua, según el DS 002-2008-MINAM, (ii) Los macroinvertebrados de las microcuenca Tablachaca, en el distrito de Pampas, en el 2014 están constituidos por 10 Órdenes; distribuidos en 31 familias. La clase insecta es el grupo más representativo, con 24 familias.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Abarca M. El uso de macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua. *Rev Biocenosis* 2007; 20(1-2): 323-28
2. Endara A. Identificación de macro invertebrados bentónicos en los ríos: Pindo, Mirador, Alpayucu y Pindo Grande; determinación de su calidad de agua. *Enfoque Universidad Tecnológica Equinoccial (Ecuador)* 2012; 3(2): 33-41.
3. Kalender E, Engin-E, Faruk Y. Determination of wáter quality with microorganism and macroinvertebrates as bioindicators (a preliminary study on abant creek-bolu) Department of Biology, Faculty Arts & Sciences. Abantizetbaysal University Bolu-Turkey. 2001
4. Meza A, Rubio J, Dias L, Walteros J. Calidad de agua y composición de macroinvertebrados acuáticos en la subcuenca del río Chinchiná. *Caldasia* 2012; 34(2):443-456.
5. Medina C. Estado Ecológico del Río Chicama. Regiones. La Libertad y Cajamarca. Perú. 2006. (Tesis Doctoral). Escuela de Postgrado, Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo, Perú. 2007.
6. Fernández H, Romero F, Vece M, Manzo V, Nieto C, Orce M. Evaluación de tres índices bióticos en un río subtropical de montaña (Tucumán-Argentina). *Limnetica* 2002; 21(1-2): 1-13.
7. Carvacho A, Prat N. Estudio de las comunidades de macroinvertebrados bentónicos y desarrollo de un índice multimétrico para evaluar el estado ecológico de los ríos de la cuenca del Limari en Chile. (Tesis de Maestría). Universitat de Barcelona. 2012

8. Alonso A, Camargo J. (2005). Estado actual y perspectivas en el empleo de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos como indicadora del estado ecológico de los ecosistemas fluviales españoles. *Ecosistemas* 14(3). Asociación Española de Ecología Terrestre. España.
9. Medina C, Hora-Revilla J, Pereda-Ruiz W, Gabriel-Aguilar R, Asencio-Guzman F. El índice biological monitoring working party (BMWP), modificado y adaptado a tres microcuencas del Alto Chicama. La Libertad. Perú. 2008. *SCIENDO* 2010; 13(2): 1-15.
10. Autoridad Nacional del Agua (ANA). Inventario de Fuentes de Agua Superficial de la Cuenca del Río Tablachaca. 2014
11. Hahn-von Hessberg C, Toro D, Grajales-Quintero A, Duque-Quintero G, Serna-Uribe L. Determinación de la calidad del agua mediante indicadores biológicos y físicoquímicos, en la estación piscícola, Universidad de Caldas, Municipio de Palestina, Colombia. *Boletín Científico Centro de Museos. Museo de Historia Natural* 2009; 13(2): 89-105.
12. Bouchard R. Guide to Aquatic Invertebrates of the Upper Midwest. University of Minnesota. 2004
13. Moreno CE. Métodos para medir la biodiversidad. Manuales y Tesis SEA. Sociedad Entomológica Aragonesa Ed. Madrid, España. 2001
14. Lozano L. La bioindicación del agua: importancia de los macroinvertebrados en la cuenca alta del río Juan Amarillo, cerros orientales de Bogotá. *Umbral Científico* 2005; 7: 5-11.
15. Alba-Tercedor J. Macroinvertebrados acuáticos y calidad de las aguas de los ríos. IV Simposio del Agua en Andalucía (SIAGA), Almería 1996; 2: 203-213
16. Florencio M. Dinámica espacio temporal de la comunidad de macroinvertebrados de las lagunas temporales de Doñana. (Tesis doctoral). Universidad de Sevilla. 2010
17. Medina C, Balmaceda J, Ramírez R, Peláez F, Reyes W, Puhe J. Caracterización físico-química y microbiológica del río Chicama. Regiones La Libertad y Cajamarca, Perú. 2006. *SCIENDO* 2007; 10 (2): 31-40.
18. MIMAM.. Libro blanco del agua en España. Madrid: Ed. Ministerio de Medio Ambiente. 2000
19. Toro M, Robles S, Aviles J, Nuño C, Vivas S, et al. Calidad de las aguas de los ríos mediterráneos del proyecto GUADALMED. Características físico-químicas. *Limnetica* 2002; 21(3-4): 63 -75.
20. Flores J, Lopez-Moreno S, Albert L. La contaminación y sus efectos en la salud y el ambiente. Centro de ecología y desarrollo 1995; p.261.
21. Lavie E., Morábito J, Salatino S, Bermejillo A, Filippini M. Contaminación por fosfatos en el oasis bajo riego del río Mendoza. *Rev. FCA UNuyo* 2010; 42:1.
22. Otiniano M; Tuesta L; Robles H; Luján M, Chavez, M. Biorremediación de cromo VI de aguas residuales de curtiembres por *Pseudomonas* sp. y su efecto sobre el ciclo celular de *Allium cepa*. REBIOLEST
23. Alba-Tercedor J, Sanchez-Ortega W. Un método rápido y simple para evaluar la calidad biológica de las aguas corrientes basado en el de Hellawell (1978). *Limnética* 1988; 4: 51-56.

Correspondencia:
César A. Medina Tafur. cmedina@unitru.edu.pe



Notas sobre Malvaceae subfamilia Bombacoideae en la región La Libertad, Perú

Notes on Malvaceae subfamily Bombacoideae in the La Libertad region, Peru

Eric F. Rodríguez Rodríguez¹, Elmer Alvítez Izquierdo², Luis Pollack Velásquez², Emiliana Huamán Rodríguez² y Abundio Sagástegui Alva (+)¹

¹Herbarium Truxillense (HUT), Universidad Nacional de Trujillo. Jr. San Martín 392. Trujillo, Perú.

²Departamento Académico de Ciencias Biológicas, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional de Trujillo. Avda. Juan Pablo II s.n. Trujillo, Perú.

RESUMEN

Se determinó las especies de Malvaceae subfamilia Bombacoideae y evaluó su estado de conservación en la región La Libertad, Perú. El estudio estuvo basado en la revisión de material de herbario (F, HUT, MO, US), y en las colecciones y observaciones de campo de las especies, efectuadas en ocho expediciones entre el 2000 y 2015 al valle del Marañón (provincias Sánchez Carrión, Bolívar y Pataz) y a las provincias Gran Chimú y Otuzco, territorios restringidos a la zona fitogeográfica de Amotape-Huancabamba. Las colecciones se realizaron de acuerdo con la metodología y técnicas convencionales de herborización, y fueron depositadas en el Herbarium Truxillense (HUT) de la Universidad Nacional de Trujillo. El estado actual de conservación de las especies fue evaluado según UICN. El estudio reveló la presencia de seis especies arbóreas distribuidas en cuatro géneros: *Ceiba* (*C. insignis*), *Eriotheca* (*E. discolor*, *E. peruviana*, *E. ruizii*), *Ochroma* (*O. pyramidale*) y *Pseudobombax* (*P. cajamarcanus*). *Ceiba insignis* y *Ochroma pyramidale* son nuevos registros para la región La Libertad. *Eriotheca peruviana* y *Pseudobombax cajamarcanus* son especies endémicas para el Perú y propias de esta región, consideradas como En Peligro Crítico (CR, B1ab (iii)) y En Peligro (EN B1a) respectivamente. Las otras especies tienen amplia distribución geográfica y no presentan amenazas considerables (Preocupación Menor, LC). Se acepta que *Ceiba mythica*, considerada un endemismo para el Perú, es un sinónimo taxonómico de *Ceiba insignis*. Para cada taxón se indica la sinonimia taxonómica, nombres vulgares, descripción taxonómica breve, usos y se discute su estado de conservación. Se provee una clave taxonómica para identificar las especies. **Palabras clave:** Malvaceae, Bombacoideae, región La Libertad, especies, estado de conservación.

ABSTRACT

The aims of the present paper were to determine the species of Malvaceae subfamily Bombacoideae and to evaluate their conservation status in the La Libertad region, Peru. The study was based on a review of herbarium material (F, HUT, MO, US) and in the collections and field observations of the species made eight expeditions between 2000 and 2015 the valley of the Marañón (provinces Sanchez Carrion, Bolivar and Pataz) and provinces Gran Chimú and Otuzco, territory restricted to the phytogeographic zone named Amotape-Huancabamba. The collections were carried out according to conventional techniques and methodology herborization, and were deposited in the Herbarium Truxillense (HUT), University National of Trujillo. The conservation status of the species was evaluated according to IUCN. The study revealed the presence of six tree species distributed in four genera: *Ceiba* (*C. insignis*), *Eriotheca* (*E. discolor*, *E. peruviana*, *E. ruizii*), *Ochroma* (*O. pyramidale*) and *Pseudobombax* (*P. cajamarcanus*). *Ceiba insignis* and *Ochroma pyramidale* are new records for the La Libertad region. *Eriotheca peruviana* and *Pseudobombax cajamarcanus* are endemic to Peru and proper of this region, considered Critically Endangered (CR B1ab (iii)) and Endangered (EN B1a) respectively. The other species have wide geographic distribution and have no significant threats (Least Concern, LC). It is accepted that *Ceiba mythica*, considered an endemic to Peru, it is a taxonomic synonym of *Ceiba insignis*. For each taxon taxonomic synonymy, common names, brief taxonomic description, uses and discussed condition are indicated. It provides a taxonomic key to identify the species.

Keywords: Malvaceae, Bombacoideae, La Libertad region, species, conservation status.

INTRODUCCIÓN

La familia Bombacaceae fue propuesta por Kunth en el año de 1822¹; sin embargo, siempre se evidenció una estrecha relación con Malvaceae Juss., con la cual comparte estructuras morfológicas como los filamentos estaminales fusionados y otros caracteres taxonómicos; en este sentido, estudios basados en [datos moleculares](#) y [análisis filogenéticos](#) recientes precisan su relación como un grupo natural^{2,3,4,5,6,7,8,9,10}. Actualmente, esta familia se encuentra incluida en Malvaceae *sensu lato* como Malvaceae subfamilia Bombacoideae (sinónimo: Bombacaceae Kunth, *nom. cons.*)^{8,11,12}. La subfamilia Bombacoideae es pantropical, más diversa en el neotrópico y generalmente árboles; presenta 16 géneros y 120 especies, siendo *Pachira* (24 sps.) y *Pseudobombax* (20 sps.) los taxa más importantes¹². En el Perú está representada por 15 géneros y 56 especies^{13,14}. León¹⁵ indica que siete especies en cinco géneros son endemismos del país a saber: *Ceiba mythica* Ravenna, *Eriotheca peruviana* A. Robyns, *Eriotheca vargasii* A. Robyns, *Matisia longitubulosa* (A. Robyns) Cuatrec., *Pseudobombax cajamarcanus* Fern. Alonso, *Quararibea bilobata* A. Robyns y *Quararibea velutina* Cuatrec. Así mismo, menciona que las especies ocupan principalmente las regiones Bosques Secos y Bosques Húmedos Amazónicos, entre los 1300 y 3000 m de altitud.

La subfamilia Bombacoideae presenta importancia económica, como plantas madereras en carpintería (e.g.: *Ceiba*, *Matisia*, *Ochroma*, *Pseudobombax*)^{16,17,18,19}, productoras de “kapok” o fibras lanuginosas de los frutos que sirven para rellenar cojines, salvavidas, colchones, ropa o aislantes (e.g.: *Ceiba*, *Ochroma*)^{16,17,18,19,20}, ornamentales (e.g.: *Ceiba*, *Ochroma*, *Pachira*)^{17,19,21,22,23}, medicinales (e.g.: *Ceiba*, *Ochroma*)^{23,24,25}, alimenticias por sus frutos (e.g.: *Matisia cordata* “sapote”)^{17,18}, entre otras.

El conocimiento que se tiene de este taxa para la región La Libertad es escaso. Brako¹³ cataloga en la Flora del Perú para esta región solamente a tres especies: *Eriotheca discolor*, *E. peruviana* y *E. ruizii*. Luego, Ulloa Ulloa¹⁴ incluye en la adenda para la misma flora a *Pseudobombax cajamarcanus*. Así mismo, López²⁶ presenta una lista, elaborada con material del Herbarium Truxillense (HUT) de la Universidad Nacional de Trujillo, consistente en cinco especies, cuyas determinaciones taxonómicas de algunas de ellas son erróneas. No existe una revisión taxonómica integral de esta subfamilia y que además se encuentre sustentada con material de herbario (*exsiccatae*) actualizado para la región La Libertad.

Por consiguiente, los objetivos principales de la presente investigación fueron determinar las especies de Malvaceae subfamilia Bombacoideae y evaluar su estado de conservación en la región La Libertad, Perú.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio está basado en la revisión de material de herbario (acrónimos: F, HUT, MO, US)²⁷; y en las colecciones efectuadas en el norte del Perú en las diversas expediciones botánicas realizadas por personal del Herbarium Truxillense de la Universidad Nacional de Trujillo (HUT) a lo largo de su historia. Particularmente, ocho expediciones, de ellas cinco a las provincias del valle del Marañón (Sánchez Carrión=Huamachuco, Bolívar y Pataz) (2000, 2003 y tres en el año 2015) y tres a las provincias Gran Chimú y Otuzco en el año 2015, permitieron efectuar colecciones y observaciones de campo, referido a los caracteres exomorfológicos y estado de conservación de las especies. Las colecciones se realizaron de acuerdo con la metodología y técnicas convencionales de herborización²⁸. El material botánico fue depositado en el herbario HUT bajo la numeración del autor principal y la codificación del mencionado herbario (ver Material Examinado).

Para la especie, se indica: El nombre científico aceptado en negrita y cursiva (el sinónimo taxonómico solo en cursiva), seguido con la cita del nombre del autor, de la referencia bibliográfica original abreviada, y el protólogo del tipo. La lista completa de sinónimos para las especies pueden consultarse en el “Catálogo de las Angiospermas y Gimnospermas del Perú”¹³ y en los portales de internet: The Plant List²⁹ y TROPICOS-Base de Datos del Missouri Botanical Garden Herbarium (MO)³⁰. Los detalles completos de las publicaciones de las especies se encuentran en este último portal y en The International Plant Names Index (IPNI)³¹.

La descripción taxonómica breve está basada en las observaciones de campo y herbario; así como en lo indicado en literatura especializada^{16,20,32,33,34,35}.

A fin de obtener mayor información sobre las especies se consultó el capítulo de Bombacaceae en “Flora of Peru”²⁰, “Catálogo de las Angiospermas y Gimnospermas del Perú”¹³, y “El libro rojo de las plantas endémicas del Perú”¹⁵. Así mismo, los portales de internet: The Plant List²⁹ y The International Plant Names Index (IPNI)³¹. Para el estado actual de conservación de las especies se siguió los criterios UICN³⁶ y UICN³⁷ respectivamente.

Adicionalmente se revisó los portales de instituciones extranjeras que alojan colecciones botánicas para las especies peruanas, tales como: Botanical Type Specimen Register (US) del Department of Botany, Smithsonian National Museum of Natural History³⁸; TROPICOS-Base de Datos del Missouri Botanical Garden Herbarium (MO)³⁰; y The Field Museum (F)³⁹.

Para identificar a las especies de Malvaceae subfamilia Bombacoideae de la región La Libertad se elaboró una clave taxonómica dicotómica de acuerdo a los caracteres exomorfológicos^{16,20,32,33,34,35}. La clave está basada en Macbride²⁰, Fernández Alonso³³ y Pennington *et al.*³⁵, así como en las observaciones de campo y de material de herbario.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Clave para la determinación de las especies de Malvaceae subfamilia Bombacoideae de la región La Libertad, Perú.

1. Hojas palmaticompuestas con 3-7 foliolos, enteros, crenados o aserrados2
- 1'. Hojas simples grandes, ampliamente ovadas, enteras, a menudo 3-5 lobado-anguladas, 5-7 nervadas..... *Ochroma pyramidale*
2. Peciólulos no articulados en la base, hojas 3-5 folioladas, foliolos enteros..... *Pseudobombax cajamarcanus*
- 2' Peciólulos articulados en la base, hojas 5-7 folioladas, foliolos enteros, crenados o aserrados3
3. Flores 8-12 cm de largo, solitarias, estambres escasos 5-10, completamente fusionados; foliolos enteros o finamente aserrados pero hacia la zona apical. Árboles con tallos de fuste abultado (ventrudo) y con espinas cónicas gruesas (aguijones) *Ceiba insignis*
- 3' Flores 1.5-2.5(4) cm de largo, dispuestas en panículas laxas, estambres numerosos 30-60(80), fusionados en la base del tubo; foliolos crenados o aserrados. Árboles sin espinas4
4. Foliolos siempre 5, desde agudos hasta acuminados en el ápice; estambres numerosos mayor a 50; cápsula obovoide. Habita en la cuenca del río Marañón.....5
- 4' Foliolos 5-7, ápice caudado; estambres 30-35; cápsula globosa. Habita en las vertientes occidentales de la cordillera occidental de los Andes..... *Eriotheca ruizii*
5. Hojas 4-8 x 2-3.5 cm; flores 1.8-2.5 cm de largo, estambres 55-60 *Eriotheca discolor*
- 5' Hojas 10.5 x 4.5 cm; flores mayor a 2.5 cm de largo (hasta 4 cm); estambres 75-80..... *Eriotheca peruviana*

Ceiba insignis (Kunth) P.E. Gibbs & Semir, [Notes Roy. Bot. Gard. Edinburgh](#) 45(1): 134. 1988.

=*Chorisia insignis* Kunth, Nov. Gen. Sp. (quarto ed.) 5: 297, t. 485, f. 1. 1821[1822].

Ind. loc: "Crescit ad ripam flumis Amazonum prope Tomependa, Chamaya etc."

Protólogo Tipo: Peru? especimen sin localidad, *Humboldt & Bonpland s.n.* (Lectótipo: P, designado en Gibbs & Semir, 2003).

=*Ceiba integrifolia* (Ulbr.) Ravenna, Onira 3(15): 46. 1998.

=*Ceiba mythica* Ravenna, Onira 3(15): 47 1998.

=*Chorisia integrifolia* Ulbr., Bot. Jahrb. Syst. 54: Beibl. 117: 77. 1916.

Nombre Vulgar: “tunsho” (*López & Sagástegui s.n. HUT-3361*), “tunacho”²⁶.

Descripción taxonómica breve: Árbol caducifolio o decíduo, de hasta 20 m de alto, fuste abultado (ventrudo), con aguijones a lo largo del tallo y ramas mayores; hojas digitadas o palmaticompuestas, 5-7 folioladas, borde de los foliolos enteros o finamente aserrados hacia la zona apical, peciólulos articulados en la base; flores 8-12 cm de largo, con pétalos blancos o rosados con base amarillenta, espatulados hasta angostamente oblongos, 7-10 x 2.2-2.5 cm, estambres 5-10, rojizos, completamente fusionados y con el anillo estaminodial sobre la mitad inferior del tubo, estigma rojo; fruto cápsula elipsoidal o piriforme con semillas numerosas cubiertas de material lanuginoso^{34,35}.

Material Examinado:

Perú. Dpto. La Libertad. Provincia Bolívar, Hda. Chorobamba, ruta rio Marañón - Longotea, en ladera seca, pedregosa, 1450 m, 03 junio 1960, A. López M. & A. Sagástegui A. s.n. (HUT-3361!). Distr. La Longotea, sector Pampa Colorada. Dry forest dominated by Bombaceae, *Prosopis*, *Anadenanthera*. 1738 m, 07°01'41"S 077°55'22"W, 13 may 2011, R.W. Bussmann, N. Paniagua Z. & C. Vega O. 16841 (MO-6604570!).

Usos: La madera es fácilmente trabajable y utilizada en carpintería liviana, cajonería y laminado¹⁶. Además, es porosa y sirve para confeccionar canoas, bateas, etc. Los pelos lanuginosos que cubren las semillas denominado “kapok” es empleado para rellenar almohadillas y colchones²¹.

A pesar que la presente investigación trata de especies silvestres, se debe indicar que especies de *Ceiba* son utilizadas como plantas ornamentales en las grandes metrópolis con adaptaciones óptimas. Por ejemplo, Mejía *et al.*²² catalogan como una especie ornamental de la ciudad de Trujillo a *Ceiba trischistandra* “barrigudo”, sin embargo no se ha confirmado su presencia con material de herbario (*exsiccatae*). Brack²³ afirma la introducción de esta misma especie, denominada “ceibo”, como ornamental en varias ciudades (e.g.: Lima), creciendo con rapidez. Por otro lado, *Ceiba speciosa* (= *Chorisia speciosa*) una especie nativa de Brazil y Argentina con foliolos aserrados y grandes flores rosadas es comúnmente cultivada en Lima y en otras partes³⁵.

Estado de Conservación: Actualmente no presenta amenazas, excepto el uso de su madera en carpintería en forma limitada en el norte del Perú. Esta especie no se encuentra registrada por Brako¹³ para la región La Libertad. Con la información de las colecciones botánicas amplía su distribución a esta región. En general presenta amplia distribución geográfica en sud América (Argentina, Ecuador, Brazil, Paraguay, Perú, etc.)³⁰ considerándose en la categoría de Preocupación Menor (LC)^{36,37}. Así mismo, su gran adaptación a diferentes medios como ornamental hace que esta especie presente una buena conservación. Al respecto, Moya²¹ precisa que esta especie es fácilmente adaptable a nuestro medio convirtiéndose en árboles muy decorativos y en vías de multiplicación en diversos lugares de la ciudad de Trujillo [Leg.: L. Moya 028 (HUT, no visto)].

Por otro lado, *Ceiba mythica* Ravenna una especie conocida solamente de Piura (cuenca del rio Huancabamba) de una colección efectuada por P. Ravenna “Peru: In montanis ad viam Huancabamba, civit. Piura, Mar 1979, *Ravenna 2570* (Holótipo: Herbario Ravenna)”, fue presentada como endémica para Perú, no existiendo información adicional del estado taxonómico¹⁵. En la parte nomenclatural, esta especie actualmente es considerada como un sinónimo taxonómico de *Ceiba insignis*²⁹.

Igualmente, Gibbs *et al.*⁴⁰ sugieren que *Ceiba speciosa* también puede ser sinónimo taxonómico con *C. insignis*.

Eriotheca discolor (Kunth) A. Robyns, Bull. Jard. Bot. État Brux. 33(2): 159–160. 1963.

=*Bombax discolor* Kunth, Nov. Gen. Sp. (quarto ed.) 5: 299. 1821[1822]

Protólogo Tipo: Ecuador (Perú). Crescit locis calidis prope San Felipe, alt. 990 hex. (Provincia Jaen de Bracamoros.) Floret Augusto, *Humboldt & Bonpland s.n.* (P).

=*Bombax weberbaueri* Cuatrec., Phytologia 4: 469. 1954.

Nombre Vulgar: “pate” (López *et al.* 8274; Young 1200; Mostacero *et al.* 3543; Monigatti *et al.* 039, Rodríguez *et al.* 3761, 3877, Rodríguez & Pollack 4057).

Descripción taxonómica breve: Árboles caducifolios, de hasta 10 m de alto, hojas digitadas o palmadamente compuestas, foliolos 5, 4 x 2-8 x 3.5 cm, crenados o aserrados, acuminados, blanquesino-tomentosos en la parte abaxial, peciólulos articulados en la base; flores en panículas laxas, flores blanquecinas, 1.8-2.5 cm de largo, estambres 55-60; cápsula obovoide, 3-4.5 cm de largo³⁵.

Material Examinado:

Perú. Dpto. La Libertad. Provincia Bolívar. Huanabamba – Pusac (ruta a Bolivar), ladera rocosa, árida, 1100 m, 27 agosto 1989, A. Sagástegui A. 14175 (F-2035351!, MO-6018441!). Provincia Bolivar. Huanabamba. Ladera, 980 m, 18 Junio 1995, J. Mostacero L., F. Mejía C., F. Peláez P. & W. Zelada 3543 (HUT-28894!). Entre Pusac y Longotea, ruta Balsas-Bolivar, árboles y herbáceas pluvifolias, 1100 m, 27 agosto 1989, I. Sánchez V. 4996 (CPUN, F-2216075!). Dist. Uchumarca. Dry forest with *Anadenanthera* and *Armatocereus* near Santa Maria-Pusac, 890 m, 06°59'30"S 077°54'46"W, 25 october 2012. R.W. Bussmann, N. Paniagua Z., C. Vega O. & C. Téllez A. 17327 (MO-6630256!). Distr. Uchumarca. Dry, karst outcrops close to Pusac, Inselberg vegetation with scattered Bombacaceae, 1700 m, 06°59'40"S 077°55'30"W, 07 july 2010, R.W. Bussmann, A. Glenn, G. Chait &

.C. Vega O. 16643 (MO-6604491!). Distrito Uchumarca. Road from Pusac to Uchumarca. Secondary inter-Andean dry forest, 1999 m, 07°00'03"S - 077°58'13"W, 26 May 2010, M. Monigatti, C. Téllez & C. Vega 039 (MO-6606821!). Distrito Longotea. Ruta Balsas-Bolivar. Tulpac, arriba de Huanabamba y cerca de San Vicente. Bosque seco con *Eriotheca discolor*, *Armatocereus rauhii*, *Espostoa mirabilis*, *Browningia pilleifera*, *Melocactus peruvianus*, *Colicodendron scabridum*, *Bougainvillea peruviana*, *Leucaena trichodes*, *Cercidium praecox*, *Buddleja* sp., *Vallesia glabra*, *Prestonia* sp., *Clitoria* sp., *Tetramerium* sp., *Chromolaena* sp., *Pectis* sp., *Trixis cacalioides*, *Verbesina saubinetioides*, *Croton alnifolius*, *Tecoma rosaefolia*, *Nicotiana glutinosa*, *Iresine weberbaueri*, *Solanum* sp., *Muntingia calabura*, *Krameria lappacea*, 1195 m, S 06°58'49.1" - W 077°57'52.4", 27 julio 2015, E. Rodríguez R., E. Alvérez I., L. Pollack V., E. Huamán R., V. Rimarachín C. & R. Vásquez C. 3877 (HUT-58283!). Provincia Huamachuco. Distrito Cochorco. Ruta Aricapampa-Corrales-Chagualillo. Bosque seco primario dominado por: *Eriotheca discolor*, *Pseudobombax cajamarcanus*, *Vallesia glabra*, *Acacia* sp., *Trixis cacalioides*, *Cercidium praecox*, *Buddleja* sp., *Chromolaena* sp., *Pectis* sp., *Verbesina saubinetioides*, *Croton alnifolius*, *Tecoma rosaefolia*, *Espostoa mirabilis*, *Armatocereus rauhii*, *Browningia pilleifera*, *Peperomia strawii*, *Nicotiana glauca*, *Nicotiana glutinosa*, *Iresine weberbaueri*, *Solanum* sp., entre otras, 1978 m, S 07°48'57.0" - W 077°39'55.3", 21 octubre 2015, E. Rodríguez R. & L. Pollack V. 4057 (HUT-58293!). Provincia Pataz, Chagual-Retamas, carretera a Tayabamba. Pendiente pedregosa, seca, 1700 m, 28 junio 1974, A. López M. & A. Sagástegui A. 8274 (HUT-13020!). Steep slopes of loose and rock, along road across river from Chagual, 1300m, 07°51'00"S-077°39'00"W, 11 July 1985, K. Young 1200 (HUT-25007!, MO-3277208!). Mirador del Diablo – Laguna de Piás. Ladera rocosa, 1860 m, 07°53.8'00"S - 077°36.3'00"W, 07 Mayo 2003, A. Sagástegui A., M. Zapata C., E. Rodríguez R. & V. Medina I. 17277 [HUT-40939! (hojas)]. Distrito Pataz, ruta Chagual - Vijus. Ladera con vegetación típica de bosque seco, asociada con: *Cercidium praecox*, *Vallesia glabra*, *Trixis cacalioides*, *Croton alnifolius*, *Espostoa mirabilis*, *Armatocereus rauhii*, *Browningia pilleifera*, *Nicotiana glutinosa*, *Iresine weberbaueri*, *Solanum* sp., entre otras, 1278 m, S 07°49'05.3" - W 077°38'28.8", 08 junio 2015, E. Rodríguez R., E. Alvérez I. & L. Pollack V. 3761 (HUT-58225!).

En las colecciones no determinadas del herbario HUT se encontraron en una misma lámina de montaje colecciones mixtas de las especies asociadas de *Pseudobombax cajamarcanus* y *E. discolor* (Alverson, obs. pers.). En la colección *Sagástegui et al. 17277* (HUT) existen las flores grandes de *P. cajamarcanus* y hojas de *E. discolor*, mientras que en la colección *de Mostacero et al. 3543* (HUT) presentan flores y pimpollos florales de la primera especie y ramas con flores pequeñas de *E. discolor*.

Usos: *E. discolor* es empleada en medicina popular como gastrointestinal y urológica, y también contra la sed en la cuenca del Marañón (Uchumarca, Bolivar) (col.: *Monigatti et al. 039*). En la misma cuenca (Sánchez Carrión, Pataz y Bolívar) los lugareños caminantes emplean el agua almacenada en las raíces para mitigar la sed. (Sagástegui, obs. pers.). La corteza es utilizada para confeccionar "sogas" que sirven para amarrar la vigas de la casas u otros enseres a modo soguilla o "chantles" (Sánchez Carrión, Corrales)(col.: *Rodríguez & Pollack 4057*); esta afirmación concuerda con Brack²³ quien hace mención a las "sogas de pasayo", nombre vulgar con el cual también se le conoce a esta especie.

Estado de Conservación: Actualmente no presenta ninguna amenaza debido a que se encuentra en zonas áridas y agrestes para la agricultura, ganadería y vida humana. Brako¹³ indica su presencia para la región La Libertad. Es de distribución geográfica amplia, tanto en el Perú (Amazonas, Apurímac, Cajamarca, La Libertad, Lima, Tumbes, etc.)^{13,30} como en países nortños aledaños. Es un taxón considerado en la categoría Preocupación Menor (LC) de acuerdo con UICN^{36,37}.

En el pasado esta especie ha sido confundida, inclusive en la enseñanza superior, con *Eriotheca ruizii* una especie de distribución más occidental en la región. *E. discolor* se distribuye en el valle del río Marañón (La Libertad, Cajamarca, Amazonas) en laderas pedregosas y es abundante al este del mismo río. Mientras que *E. discolor* presenta 5-foliolos, 4 x 2-8 x 3.5 cm, crenados o aserrados, ápices acuminados, estambres 55-60, cápsula obovoide, 3-4.5 cm de largo; *E.ruizii* presenta 5-7 foliolos, 6 x 3.5-20 x 8.5 cm, aserrados, ápice caudado, estambres 30-35, cápsula globosa, 1.7-3 cm de largo.

Se enfatiza que las colecciones existentes en herbarios del mundo generalmente se limitan a las efectuadas con material peruano^{30,39}.

Eriotheca peruviana A. Robyns, Ann. Missouri Bot. Gard. 55(1): 51, f. 1. 1968.

Protólogo Tipo: Perú: La Libertad: Prov Pataz, Canyon of the Rio Maranon, E side of river on rd to Buldibuyo, 5 km above Chagual, alt 1300 m, 9 Aug 1964, P.C. Hutchinson, J.K. Wright & R.M. Straw 6228 (Holótipo: UC; Isótipo: US-2471818!).

Descripción taxonómica breve: Árbol decíduo, hojas digitadas, foliolos 5, 10.5 x 4.5 cm, serrulados, ápices desde agudos hasta brevemente acuminados e inconspicuamente mucronados; flores mayores a 2.5 cm de largo (-hasta 4 cm), dispuestas en panículas laxas, estambres 75-80; cápsula obovoide³².

Estado de Conservación: *E. peruviana* es una especie arbórea y endémica al Perú, y como tal, es considerada En Peligro Crítico (CR, B1ab (iii))¹⁵, categoría y criterio que aquí es aceptado según lo indicado por UICN^{36,37}. Es conocida solamente de una localidad en el valle del río Marañón (Pataz), registrada en la colección del tipo efectuada en 1964^{32,38}. Dos expediciones a Pataz en mayo del 2003 y junio del 2015 a fin de colectarla en la localidad tipo o sus alrededores fue sin éxito, evidenciándose solamente a *Eriotheca discolor* y *Pseudobombax cajamarcanus*. Al parecer, la presencia de poblaciones de pocos individuos ocupaban áreas muy pequeñas, y probablemente en la actualidad se encuentren restringidas a zonas inhóspitas o han perdido su hábitat por diversas actividades antrópicas, siendo estas algunas de las razones por lo que aparentemente no ha sido colectada en los últimos 50 años. En general la extensión de la presencia estimada es pequeña y restringida a la localidad del tipo. La limitación de colecciones en el tiempo hace que su estado taxonómico y de conservación aún continúen siendo un tanto desconocidos. Se enfatiza que la localidad donde fue colectada por primera vez no pertenece al Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado. León¹⁵, menciona al herbario HUT con una colección de la especie; sin embargo al parecer fue confundida con la colección tipo de *Hutchinson et al. 6228* (UC, US) que se encuentra catalogada en López²⁶. Taxón registrado para la región La Libertad (dpto. La Libertad)¹³.

Esta especie es muy similar a su asociada *Eriotheca discolor* de la cual no se encuentran muchas características taxonómicas diferenciales (e.g.: Tamaño de hojas, tamaño de flores, número de estambres). Se debe mencionar que la descripción taxonómica de la especie (hojas) se efectuó de semillas de la colección tipo (arriba de Chagual) cultivadas en Honolulu Botanical Garden, prensadas, montadas y depositadas en UC por Hutchinson en 1967³².

Eriotheca ruizii (K. Schum.) A. Robyns, Bull. Jard. Bot. État Brux. 33(2): 162. 1963.

Bombax ruizii K. Schum., Bot. Jahrb. Syst. 25: Beibl. 60: 17. 1898.

Protólogo Tipo: Perú. 1799, *Ruiz s.n.* (B).

Millea ecuadorensis Standl., Publ. Field Mus. Nat. Hist., Chicago, Bot. Ser. 17(2): 199. 1937.

Nombres Vulgares: “pate”, “patí”, “ceiba” (*Angulo s.n. HUT-0453*), “pate” (*Arroyo 239*), “pate”, “pate colorado” (*Rodríguez et al. 3561*).

Descripción taxonómica breve: Árboles caducifolios, de hasta 15 m de alto, hojas digitadas o palmadamente compuestas, foliolos 5-7, 6 x 3.5-20 x 8.5 cm, aserrados, ápice caudado, más pálido y pubescente en la parte abaxial, peciólulos articulados en la base; flores en panículas laxas, flores cremas, 1.5-2.5 cm de largo, estambres 30-35; cápsula globosa, 1.7-3 cm de largo³⁵.

Material Examinado:

Perú. Dpto. La Libertad. Provincia Gran Chimú. *Corlás (arriba de Cascas). Ladera, 1450 m, 16 abril 1992, A. Sagástegui A. et al. 14529 (F-2216072!, MO-5185369!). Distrito Sayapullo, caserío Rancho Grande, 1600-1800 m, 23 julio 2007, S. Arroyo A. 239 (HUT-44797!). Distrito Lucma. Abajo de Chascón, ruta hacia Lucma. Bosque seco primario de valle interandino con árboles perennifolios y flora efímera pluvifolia. Predominancia de *Eriotheca ruizii* “pate”, *Capparidastrum petiolare* “chaida”, *Armatocereus oligogonus* “pitajaya”, *Acnistus arborescens* “shirac”, *Acacia macracantha* “espino”, etc. asociadas con *Verbesina saubinetioides*, *Fuertisimalma* sp., *Hesperoxiphion niveum*, Asteraceae, entre otros, 1689 m, 07°37'17.6”S-078°36'38.9”W, 03 abril 2015, E. Rodríguez R., E. Alvéz I. & L. Pollack V. 3561 (HUT-58223!). Provincia Otuzco, sitio rocoso, 700 m, 7 mayo 1948, N. Angulo E. s.n. (HUT-0453!).

*Nota: Esta localidad antes de la nueva demarcación geográfica pertenecía a la provincia de Contumazá, dpto. Cajamarca como aparece en la etiqueta. En la actualidad pertenece al distrito Cascas, provincia Gran Chimú.

López (1995)²⁶ en el Catálogo de la Flora del departamento de La Libertad (segunda parte) indica una colección de 1948 determinada como *Eriotheca discolor*, procedente de la provincia Otuzco [*N. Angulo E. s.n.* (HUT-0453)]; sin embargo este taxón se trata de *Eriotheca ruizii*. Esta especie generalmente se distribuye en la vertiente occidental de la cadena occidental de los andes en la región La Libertad.

Usos: La corteza es empleada para teñir tejidos de lana (e.g.: Huayday, Lucma en la provincia Gran Chimú). Los pobladores recogen la corteza en sacos, lo hierven en grandes recipientes y luego colocan los tejidos a teñir (ejemplo: Ponchos de lana) produciendo una tonalidad marrón claro. Si se desea darle al tejido una tonalidad más oscura, se mezcla con corteza de la especie altoandina de la misma región *Lomatia hirsuta* “mun”, “andanga” o anilina. (A. Rodríguez, com. pers.). Esta tradición se está perdiendo por el uso de colorantes químicos artificiales por lo que actualmente no es una amenaza importante en el estado de su conservación. También se emplea la corteza para confeccionar “sogas” y eventualmente como planta maderera ya sea como leña o para construir los techos a modo de “vigas”, umbrales, y ventanas de las casas. Sin embargo, la presencia de la especie introducida y naturalizada de crecimiento rápido *Eucaliptus globulus* “eucalipto”, ha ocasionado la ruptura del equilibrio ecológico andino y consecuentemente el olvido de las especies nativas, situación que se debe corregir inmediatamente⁴¹.

Así mismo, no se descarta que las fibras recobradas en muchos restos arqueológicos, usadas como material de relleno, se traten de *E. ruizii*, *Ochroma pyramidale* o *Ceiba insignis*¹⁸.

Estado de Conservación: Actualmente no presenta ningún grado de amenaza importante debido a que se encuentra en zonas áridas y agrestes para la agricultura y la vida humana. Se encuentra catalogada por Brako¹³ para la región La Libertad. Presenta amplia distribución en las vertientes occidentales del norte del Perú y también en Ecuador (e.g.: provincias Guayas y Manabí)^{30,42}. Según esta afirmación, *E. ruizii* es considerada en la categoría de Preocupación Menor (LC) de acuerdo con UICN^{36,37}.

***Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lam.) Urb.,** Repert. Spec. Nov. Regni Veg. Beih. 5: 123. 1920. (30 Jun 1920).

=*Bombax pyramidale* Cav. ex Lam., Encycl. 2: 552. 1788.

Protólogo Tipo: Cet arbre a été découvert, décrit & dessiné par le père Plumier. Iest très-commun dans les Antilles, ou il fleurit dans les mois de Janvier & Fevrier. Ses fruits sont murs en Avril & Mai. J'ai vu une feuille dans l'Herbier de Vaillant, & le fruit m'a été communiqué par M. de Jussieu.

=*Bombax angulata* Sessé & Moc., Fl. Mexic. 169. 1895[1896]. (30 Jul 1896)

=*Bombax angulatum* Sessé & Moc., Fl. Mexic. (ed. 2). 154. 1894.

=*Bombax pyramidatum* Steud., Nomencl. Bot. 1: 114 1821.

=*Ochroma bicolor* Rowlee, J. Wash. Acad. Sci. 9(6): 165–166. 1919. (19 Mar 1919).

=*Ochroma bolivianum* Rowlee, J. Wash. Acad. Sci. 9(6): 166. 1919. Anotación: Como “boliviana”.

=*Ochroma concolor* Rowlee, J. Wash. Acad. Sci. 9(6): 161. 1919.

=*Ochroma grandiflorum* Rowlee, J. Wash. Acad. Sci. 9(6): 163. 1919. Anotación: Como “grandiflora”.

=*Ochroma lagopus* Sw., Prodr. 98. 1788.

=*Ochroma lagopus* var. *bicolor* (Rowlee) Standl. & Steyerl., Publ. Field Mus. Nat. Hist., Bot. Ser. 23(2): 62. 1944. (14 Feb 1944)

=*Ochroma lagopus* var. *occigranatense* Cuatrec., Phytologia 4: 480. 1954.

=*Ochroma limonense* Rowlee, J. Wash. Acad. Sci. 9(6): 163. 1919. Anotación: Como “limonensis”.

=*Ochroma obtusum* Rowlee, J. Wash. Acad. Sci. 9(6): 166. 1919. Anotación: Como “obtusa”.

=*Ochroma peruvianum* I.M. Johnst., [Contr. Gray Herb.](#) 81: 95. 1928. Anotación: Como “peruviana”.

=*Ochroma pyramidale* var. *bicolor* Brizicky, Trop. Woods 109: 63. 1958.

=*Ochroma pyramidale* var. *concolor* (Rowlee) R.E. Schult., [Bot. Mus. Leaflet.](#) 9(9): 177. 1941.

=*Ochroma tomentosum* Humb. & Bonpl. ex Willd., Enum. Pl. Hort. Reg. Bot. Berol. 695. 1809.

=*Ochroma tomentosum* var. *ibarrense* Benoist, Bull. Soc. Bot. France 88: 439. 1941.

=*Ochroma velutina* Rowlee, J. Wash. Acad. Sci. 9: 164. 1919.

=*Ochroma velutinum* Rowlee, J. Wash. Acad. Sci. 9(6): 164. 1919. Anotación: Como “velutina”.

Nombres vulgares: “palo de balsa” (*Riddout s.n.*; *Monigatti & Díaz 385*).

Para mayor información sobre fitonimia vulgar consultar a Fernández & Rodríguez¹⁸ y Soukup²⁴.

Descripción taxonómica breve: Árbol sin espinas, de hasta 30 m alto y 1 m de diámetro, copa aparasolada, tallos cilíndricos, lisos, con corteza gris lenticelada, de fuste más o menos recto, madera blanda; hojas simples, espiralmente dispuestas, ovadas, enteras o a menudo 3-5 lobadas y anguladas en el contorno, 5-7 nervadas, palmatinervadas, envés ferrugíneo, 15 x 15 – 30 x 30, estípulas ca. 2 cm de largo; flores solitarias, axilares, cáliz funeliforme, 5 lóbulos, imbricados, 5 pétalos, reflexos, blanquecinos o blanco-amarillentos, 15-18 cm de largo, estambres numerosos unidos en un tubo estaminal carnoso (monadelfos), con lóbulos dispuestos espiralmente por la confluencia de numerosas anteras exertas, estilo incluido en el tubo estaminal y con 5 ramas estigmáticas, exerto espiraladas; fruto cápsula elipsoide elongada, 5 valvada, 10 costillada, costillas longitudinales, semillas numerosas rodeadas de fibra algodonosa^{16,35}.

Material Examinado:

Perú. Dpto. La Libertad. Provincia Bolívar, Distrito Uchumarca. Cultivated area interlinked with secondary inter-Andean dry forest, 915 m, 07°01'52"S 078°00'11"W, 18 october 2010, *M. Monigatti & F. Diaz Vega 385* (MO-6607254!).

Usos: En la parte medicinal presenta acción ginecológica y urológica (*Monigatti & Diaz 385*). Para mayor información etnomedicinal ver Mostacero *et al.*²⁵.

En general es empleada en la construcción de balsas, canoas y deslizadores por poseer madera liviana (peso específico: 0.22) y de escasa densidad (0.19%)^{16,18,25}. La fibra algodonosa de los frutos se utiliza como material de relleno para cojines y colchones^{16,21,25}. Por su gran adaptabilidad al cultivo fuera de su hábitat natural son empleadas como ornamentales preferentemente en la costa. Al respecto, Moya²¹ y López²⁶ indican su presencia en la ciudad de Trujillo, sustentando esta aseveración con las colecciones *L. Moya 029* (HUT, no visto) y *C. Riddout s.n.* (HUT, no visto) respectivamente. Así mismo, Mejía *et al.*²² catalogan a esta especie para la misma ciudad, precisando que florece entre setiembre y noviembre. Por otro lado, *O. pyramidale* es considerada como una especie útil para la recuperación de áreas degradadas, debido a su rápido crecimiento, adaptación y tolerancia a la luminosidad directa⁴³.

Es una especie que presenta múltiples utilidades muy bien aprovechadas por los lugareños donde crece, pero estas costumbres artesanales se están perdiendo por la aparición de la nueva tecnología; debe rescatarse este valioso recurso.

Estado de Conservación: *O. pyramidale* es la única especie del género monotípico *Ochroma*, actualmente no presenta ningún grado de amenaza debido a su amplia distribución geográfica y a su gran adaptación a diferentes medios, como ornamental o árbol de sombra en los cultivos, hace que presente una buena conservación. Según UICN^{36,37} esta categorizada como de Preocupación Menor (LC).

Especie oriunda de América y de amplia distribución geográfica, crece en zonas húmedas en las cuencas y a lo largo ríos de la Amazonia y en la selva alta. No se encuentra catalogada por Brako¹³ para la región La Libertad. Se desconocía su presencia en esta región en donde es básicamente cultivada en huertos y asociada a frutales; pero también crece espontáneamente en bosques secundarios (“purmas”) o en áreas estacionalmente inundadas de la cuenca del río Marañón (e.g.: Uchumarca en la provincia Bolívar y Chagual en la provincia Pataz).

***Pseudobombax cajamarcanus* Fern. Alonso**, Revista Acad. Colomb. Ci. Exact. 25(97): 468, f. 1a–b. 2001. (Dec 2001).

Protólogo Tipo: Perú. Cajamarca: Carretera entre Huamachuco y Tayabamba, tramo Chagual-Aricapamba, 24 Octubre 1986, 2000 – 3000 m, 24 octubre 1986, *C. Díaz 2189* (Holótipo: COL; Isótipos: F!, MO!, USM!)

Nota: El nombre correcto del Departamento es La Libertad, Prov. Pataz (León, com. pers.; ver Tropicos, 2015)³⁰. Un error que originó el nombre del epíteto específico. Así mismo, se entiende que el tramo donde se recolectó la especie nueva es entre Aricapamba, una antigua hacienda, conocida también como Aricapampa (distrito Cochorco, Provincia Sánchez Carrión/Huamachuco) y Chagual a orillas del río Marañón (provincia Pataz) en su margen derecho.

Nombres vulgares: “choccllo” (*Díaz 2189*), “baldaco” (*Díaz 3466*), “tunsho” (*Rodríguez et al. 3800*).

Descripción taxonómica breve: Árbol decíduo, de 8-10 m de alto, hojas palmaticompuestas, 3-5 folioladas, foliolos 8-11 x 6-8 cm, finamente lepidotos en la cara abaxial, ápice agudo o acuminado,

peciólulos no articulados en la base; botones florales finamente ferrugíneo-pubescentes, flores de 7.5 – 9 cm de largo, pedicelo floral de 1.8-2 cm x 0.3-0.4 cm de grosor, subglabro o con pubescencia muy corta, dos bractéolas escumiformes dispuestas a distinto nivel en el pedicelo; cáliz truncado, verdoso; pétalos marrón-verdosos externamente y rosados internamente (no blancos), de 7-9 x 1.5 cm; estambres con filamentos blanquecinos y anteras amarillas, 7-8 cm de longitud; tubo estaminal blanquecino 7-9 x 6-7 mm; pedicelo fructífero de ca. 2 cm de largo; fruto cápsula, estrechamente fusiformes, agudos en el ápice, 5 valvada, valvas subleñosas de igual longitud, marrones en seco, 15-17 cm de largo, semillas pequeñas y numerosas, rodeadas de abundantes tricomas lanuginosos marrón claro³³.

Material Examinado:

Perú. Dpto. La Libertad. Provincia Bolívar, entre Pusac y Longotea, ladera, 1750 m, 20 junio 1995, *J. Mostacero L., F. Mejía C., F. Peláez P. & W. Zelada E. 3567* (HUT-28902! (flores)). Provincia Sánchez Carrión (Huamachuco): Aricapampa – Chagual, pendiente seca, pedregosa, 1400 m, 28 junio 1974, *A. López & A. Sagástegui 8286* (HUT-13041!). Provincia Pataz, Mirador del Diablo – Laguna de Piás. Ladera rocosa. 1860 m. 07°53.8'00"S-077°36.3'00"W, 07 Mayo 2003, *A. Sagástegui A., M. Zapata C., E. Rodríguez R. & V. Medina I. 17277* [F, HAO+, HUT-40939! (flores)]. Distrito Parcoy, ruta Chagual – Tayabamba, entre el Balcón del Diablo y Bella Aurora. Vegetación típica de bosque seco, asociada con: *Eriotheca discolor*, *Cercidium praecox*, *Buddleja* sp., *Vallesia glabra*, *Chromolaena* sp., *Pectis* sp., *Trixis cacalioides*, *Verbesina saubinetioides*, *Croton alnifolius*, *Tecoma rosaefolia*, *Espositoa mirabilis*, *Armatocereus rauhii*, *Browningia pilleifera*, *Nicotiana glutinosa*, *Iresine weberbaueri*, *Solanum* sp., Malphigiaceae, entre otras, 1873 m, S 07°53'47.2'' - W 077°36'19.4'', 10 junio 2015, *E. Rodríguez R., E. Alvítez I. & L. Pollack V. 3800* (HUT-58226!).

Estado de Conservación: Especie endémica considerada como En Peligro (EN B1a)¹⁵, categoría y criterio que aquí son respaldados en concordancia con lo propuesto por UICN^{36,37}. Es conocida solamente para el valle del río Marañón en las provincias de Bolívar, Huamachuco y Pataz en La Libertad: *Mostacero et al. 3567* (HUT), *Díaz 2189* (COL, MO, USM), *Sagástegui et al. 17277* (F, HAO+, HUT), *Rodríguez et al. 3800* (HUT); y Luya en Amazonas: *Díaz et al. 3466* (MO), *Campos 6034* (HUT, MO, USM). Se encuentra en ambos márgenes de la cuenca del Marañón y aparentemente restringida a la misma en donde presenta poblaciones pequeñas con individuos dispersos, las mismas que no presentan amenazas inmediatas, excepto su fragmentación en ciertas áreas por la construcción de carreteras y otras vías de acceso. Se han observado varios individuos en el lado de la provincia Sánchez Carrión entre Aricapampa, Corrales y Chagualillo, y al frente en la provincia Pataz, entre Chagual, Balcón del Diablo y Bella Aurora en la ruta hacia Tayabamba. No se encuentra representada en el Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado. En el área de estudio se ha observado que la especie crece a altitudes más bajas de lo indicado en el protólogo del tipo. Al respecto, se debe indicar que Aricapampa (=Cochorco, ca. 2652 m de altitud) es una localidad ubicada estratégicamente en la zona transicional entre el bosque seco y la zona quechua; debido a la vegetación imperante en el área es imposible encontrar a la especie, notándose su presencia a partir del km 84 en la ruta Aricapampa hacia Chagualillo (provincia Sánchez Carrión) bajo los 2000 m de altitud. Esta aseveración es respaldada por una colección (*Mostacero et al. 3567* (HUT)) efectuada a 1750 m de altitud más al norte entre Pusac y Longotea (prov. Bolívar). En general su extensión de la presencia es pequeña^{36,37}.

Se encuentra asociada con la predominante *Eriotheca discolor* y con *Eriotheca peruviana*, la otra especie endémica del área, cuya distribución geográfica se encuentra indicada en la etiqueta del material tipo.

Existen errores en la recolección de individuos cercanos y asociados de diferentes especies. Por ejemplo, en los herbarios en una sola lámina de montaje (ver también *E. discolor*, infra), se muestran las flores grandes de *P. cajamarcanus*, cuando está en estado caducifolio, junto con las hojas de *E. discolor*. También existen falencias en las determinaciones taxonómicas. Al respecto, López²⁶ indica una colección de 1974 determinada como *Pseudobombax marginatum*, procedente de la provincia Sánchez Carrión (Huamachuco) entre Aricapampa y Chagual a 1400 m de elevación (*López & Sagástegui 8286* (HUT)); sin embargo se trata de *P. cajamarcanus* (determinación por: W. S. Alverson (F), 2010). *P. marginatum* es una especie que crece en Brasil, Bolivia, Paraguay y Perú. En el Perú es pobremente documentado y crece en zonas secas del pie de monte amazónico de Junín entre 600 y 1000 m de altitud. *P. marginatum* presenta escaso porte, son arbustos de hasta 1.5 m de alto y hojas

con la cara abaxial densamente piloso-tomentosa; mientras que *P. cajamarcanus* es de porte arbóreo, 8 – 10 m de alto, y hojas finamente lepidotas o subglabras en la cara abaxial^{33,44}.

Ninguna de las seis especies ha sido categorizada con algún grado de amenaza por el gobierno peruano (D.S. 043-2006-AG).

Finalmente se indica que *P. cajamarcanus* y *E. peruviana*, como especies endémicas presentes en la parte sureña de los territorios restringidos a la zona fitogeográfica de Amotape-Huancabamba^{45,46}, presentan un área de ocupación pequeña e inclusive viven asociadas con otras especies endémicas (e.g.: *Iresine weberbaueri*, *Ruprechtia albida*, *Tetramerium denudatum*, *Espositoa mirabilis*, *Peperomia strawii*), por lo que sería conveniente brindarles un grado de protección e intangibilidad inmediata tanto como especies aisladas y como ecosistema en general.

En conclusión: en la región La Libertad existen seis especies arbóreas de Malvaceae subfamilia Bombacoideae distribuidas en cuatro géneros: *Ceiba* (*C. insignis*), *Eriotheca* (*E. discolor*, *E. peruviana*, *E. ruizii*), *Ochroma* (*O. pyramidale*) y *Pseudobombax* (*P. cajamarcanus*). *Ceiba insignis* y *Ochroma pyramidale* son nuevos registros para la región La Libertad. *Eriotheca peruviana* y *Pseudobombax cajamarcanus* son especies endémicas para el Perú y propias a esta región, consideradas como En Peligro Crítico (CR, B1ab (iii)) y En Peligro (EN B1a) respectivamente; mientras que el resto de especies tienen amplia distribución geográfica y no presentan amenazas considerables (Preocupación Menor, LC). *Ceiba mythica*, considerada un endemismo para el Perú, es nomenclaturalmente un sinónimo taxonómico de *Ceiba insignis*.

AGRADECIMIENTOS

Un agradecimiento especial a las autoridades de los herbarios F, HUT, MO y US por hacer posible la revisión de sus colecciones; a nuestros recordados maestros Dr. Arnaldo López Miranda (+) (HUT) y Dr. Isidoro Sánchez Vega (+) (CPUN) por sus enseñanzas y haber dirigido los trabajos de campo e investigación en el Norte del Perú; al Dr. Michael O. Dillon (F), Dr. W.S. Alverson (F), Dra. Nancy Hensold (F), Ing. Rodolfo Vásquez (MO) y Dr. Rainer W. Bussmann (MO) por su constante ayuda en los estudios de la Flora del Perú; y a Victoria Rimarachín, Roberto Vásquez y Pedro Navarro por su apoyo logístico y haber hecho más fácil los trabajos de campo en la región La Libertad. Así mismo, al Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI) y Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR) por los permisos de colección botánica: Resolución de Dirección General N° 0132-2014-MINAGRI- DGFFS/DGEFFS y Resolución de Dirección General N° 0174-2015-SERFOR/DGGSPFFS respectivamente, expedidas en el marco del Proyecto de Investigación Científica de la Universidad Nacional de Trujillo (PIC 06-2012) “Inventario de Flora y Vertebrados silvestres de la Región La Libertad”.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Kunth CS. Bombacaceae. *In* Malvac., Buttner., Tiliac. 5. 1822.
2. Chase MW, Soltis DE, Olmstead RG, Morgan D, Les DH, Mishler BD et al. Phylogenetics of seed plants: an analysis of nucleotide sequences from the plastid gene *rbcL*. *Annals of the Missouri Botanical Garden*. 1993; 80: 528–580.
3. Judd WS, Manchester SR. Circumscription of Malvaceae (Malvales) as Determined by a Preliminary Cladistic Analysis of Morphological, Anatomical, Palynological, and Chemical Characters. *Brittonia*. 1997; 49 (3): 384–405.
4. Judd WS, Campbell CS, Kellogg EA, Stevens PF, Donoghue MJ. *Plant Systematics: A Phylogenetic Approach*. 3rd Edition. Sinauer Assoc., Sunderland, MA. 2007.
5. Alverson WS, Karol KG, Baum DA, Chase MW, Swensen SM, McCourt R, Sytsma KJ. Circumscription of the Malvales and relationships to other rosidae: evidence from *rbcL* sequence data. *American Journal of Botany*. 1998; 85: 876–887.
6. Alverson WS, Nyffeler R, Whitlock B, Bayer C, Baum DA. Phylogenetic analysis of the core Malvales based on sequences of *ndhF*. *American Journal of Botany*. 1999; 86:1474-1486.
7. Bayer C, Fay MF, De Bruijn AY, Savolainen V, Morton CM, Kubitzki K, Alverson WS, Chase MW. Support for an expanded family concept of Malvaceae within a recircumscribed order Malvales: a

- combined analysis of plastid *atpB* and *rbcL* DNA sequences. *Botanical Journal of the Linnean Society*. 1999; 129: 267-303.
8. APGII. Angiosperm Phylogeny Group (2003). An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG II. *Botanical Journal of the Linnean Society*. 2003; 141: 399–436.
 9. APGIII. Angiosperm Phylogeny Group (2009). An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. *Botanical Journal of the Linnean Society*. 2009. 161 (2): 105–121.
 10. Duarte MC, Esteves GL, Salatino MLF, Walsh KC, Baum DA. Phylogenetic Analyses of *Eriotheca* and Related Genera (Bombacoideae, Malvaceae). *Systematic Botany*. 2011; 36 (3): 690-701(12).
 11. Burnett GT. Bombacoideae (=Bombacidae). *Outlines Bot.* 1835; 816, 818, 1094, 1119.
 12. Stevens, P. F. (2001 onwards). Angiosperm Phylogeny Website. Version 14, April 2015 [and more or less continuously updated since]. 2015. [Acceso: 21 setiembre 2015]. Disponible en: <http://www.mobot.org/MOBOT/research/APweb/>
 13. Brako L. Bombacaceae. In: Brako, L. & Zarucchi, J.L. (eds.). *Catálogo de las Angiospermas y Gimnospermas del Perú*. Monogr. Syst. Bot. Missouri Bot. Garden. 1993; 45: 213-216.
 14. Ulloa Ulloa C, Zarucchi JL, León B. 2004. Diez años de Adiciones a la Flora del Perú: 1993-2003. *Arnaldoa* (Edic. Esp. Noviembre 2004). 2004; 1-242.
 15. León B. Bombacaceae 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): 175-176.
 16. Reynel C, Pennington TD, Pennington RT, Flores C, Daza A. *Árboles útiles de la Amazonía peruana y sus usos*. Tarea Grafica Educativa, Perú. 2003
 17. Alverson WS. In *Flowering plants of the Neotropics*. Edited by Smith, N. et al. New York Botanical Garden, Princeton University Press. Princeton and Oxford. 2004; pp. 55-58.
 18. Fernández A, Rodríguez E. *Etnobotánica del Perú Pre-Hispano*. Ediciones Herbarium Truxillense (HUT), Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo, Perú. 2007.
 19. Mabberley DJ. *The Plant-Book*. Third edition. Cambridge University Press: UK. 2008.
 20. Macbride F. Bombacaceae. En *Flora of Peru*. Field Museum of Natural History, Botany. 1956; 13(3A/2): 593-622.
 21. Moya LA. Estudio de árboles y arbustos ornamentales de la ciudad de Trujillo (Estudio taxonómico, morfológico y ecológico). Tesis para optar el grado de Bachiller en Ciencias Biológicas. 1974.
 22. Mejía F, Mostacero J, Ramírez R. *Catálogo de las plantas ornamentales de la Ciudad de Trujillo, Perú*. *REBIOL*.1997; 17(1 y 2): 107-113.
 23. Brack Egg A. *Diccionario enciclopédico de plantas útiles del Perú*. Centro de Estudios Regionales Andinos «Bartolomé de la Casas», Cuzco, Perú. 1999.
 24. Soukup J. *Vocabulario de los nombres vulgares de la flora peruana y catálogo de los géneros*. Editorial Salesiana, Lima, Perú. 1987.
 25. 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.
 26. López A. *Catálogo de la flora del departamento de La Libertad (segunda parte)*. *Arnaldoa*, 1995; 3(1): 59-91.
 27. Thiers B. *Index Herbariorum: A global directory of public herbaria and associated staff*. New York Botanical Garden's Virtual Herbarium. 2015 [Acceso: 05 de noviembre 2015]. Disponible en: <http://sweetgum.nybg.org/science/ih/>
 28. Rodríguez E, Rojas R. *El Herbario: Administración y Manejo de Colecciones Botánicas*. 2da. Ed. R. Vásquez M (ed.), Missouri Botanical Garden, St. Louis, U.S.A. 2006.
 29. *The Plant List* [homepage en Internet]. *The Plant List*. A working list of all plant species. Versión 1.1. 2015. [Acceso: 02 de octubre 2015]. Disponible en: <http://www.theplantlist.org>
 30. *Tropicos* [homepage en Internet]. *Tropicos.org*. Missouri Botanical Garden. 2015. [Acceso: 12 setiembre 2015]. Disponible en: <http://www.tropicos.org>
 31. *IPNI* [homepage en Internet]. *The International Plant Names Index*. 2015 [Acceso: 05 de octubre del 2015]. Disponible en: <http://www.ipni.org/>
 32. Robyns A. Bombacaceae neotropicae novae II. New species of *Eriotheca*, *Hampea* and *Quararibea*. *Ann. Missouri Bot. Gard.* 1968; 55(1): 51-59.

33. Fernández Alonso J L. Bombacaceae neotropicae novae vel minus cognitae V. Novedades en *Pseudobombax* Dugand y Sinopsis de las especies colombiana. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 2001; 25(97): 467-476.
34. Gibbs PE, Semir J. A taxonomic revision of the genus *Ceiba* Mill. (Bombacaceae). Anales Jard. Bot. Madrid. 2003; 60(2): 259-300.
35. Pennington TD, Reynel C, Daza A. Illustrated guide to the Trees of Peru. David Hunt, The Manse, Chapel Lane, Milborne Port Sherbone, DT9 5DL, England. 2004.
36. UICN. Categorías y Criterios de la Lista Roja de la UICN. Versión 3.1. Preparado por la Comisión de Supervivencia de Especies de la UICN. UICN, Gland, Suiza y Cambridge, Reino Unido. 2001.
37. 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.
38. NMNH. 2015. Smithsonian National Museum of Natural History. [Acceso: 20 de julio del 2015]. Disponible en: <http://collections.nmnh.si.edu/search/botany/>.
39. The Field Museum. 2015. The Field Museum. Disponible en: <http://emuweb.fieldmuseum.org/botany/detailed.php>. Acceso: 21 de junio del 2015.
40. Gibbs PE, Semir J, da Cruz ND. A proposal to unite the genera *Chorisia* Kunth with *Ceiba* Miller (Bombacaceae). Notes Roy. Bot. Gard. Edinburgh. 1988; 45: 125-136.
41. Sagástegui A. Diversidad Florística de Contumazá. Universidad Antenor Orrego de Trujillo, Fondo Editorial, Editorial Libertad E.I.R.L., Trujillo, Perú. 1995.
42. Alverson WS. Bombacaceae. En Catálogo de las Plantas Vasculares del Ecuador. Edit. Joergensen, P.M. & S. León-Yáñez. Monogr. Syst. Bot. Missouri Bot. Garden. 1999; 75: 326-329
43. Ribeiro JEL da S, Hopkins MJG, Vicentini A, Sothers CA, Costa MA da S, de Brito JM, de Souza MAD *et al.* Flora da Reserva Ducke. Guia de identificação das plantas vasculares de uma floresta de terra-firme na Amazônia Central. Manaus; INPA. 1999.
44. Robyns, A. Essai de monographie du genre *Bombax* s.l. (Bombacaceae). Bull. Jard. Bot. Etat Brux. 1963; 33: 1-315.
45. 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.
46. 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.

Correspondencia:
Eric Rodríguez. erodriguez@unitru.edu.pe



Artículo Original

El género *Bomarea* (Alstroemeriaceae) en la Región La Libertad, Perú, 2013

The genus *Bomarea* (Alstroemeriaceae) in Region La Libertad, Peru, 2013

Brenda M. Martínez Torres¹ y Freddy Peláez Peláez²

¹Ex alumna Escuela AP Ciencias Biológicas, Universidad Nacional de Trujillo (UNT). Trujillo. Perú.

²Departamento de Ciencias Biológicas. UNT.

RESUMEN

El género *Bomarea* Mirbel se encuentra dividido en 4 subgéneros: *Baccata* Hofreiter (3 especies), *Bomarea* Baker (70 especies), *Sphaerine* (Herb) Baker (12 especies) y *Wichuraea* (M. Roemer) Baker (18 especies). En el Perú se ha registrado 71 especies de *Bomarea*; sin embargo, se desconoce cuántas y cuáles de ellas se distribuyen en la Región La Libertad. Para ello, se efectuó una revisión crítica del material registrado en el Herbarium Truxillense (HUT) de la Universidad Nacional de Trujillo y exploraciones botánicas, a fin de registrar datos de la morfología, hábito, nombres vulgares y distribución de las especies. La determinación se efectuó con la literatura especializada. Se encontró 16 especies, distribuidas en 3 subgéneros, subgénero: *Bomarea* (*B. alstroemeroides*, *B. goniocaulon*, *B. lopezii*, *B. ovata*, *B. rosea*, *B. setacea* y *B. tribrachiata*); *Sphaerine* (*B. foertheriana*) y *Wichuraea* (*B. albimontana*, *B. dulcis*, *B. glaucescens*, *B. libertadensis*, *B. peruviana*, *B. porrecta*, *B. torta* y *B. vargasii*), ocho son consideradas endémicas del Perú: *B. alstroemeroides*, *B. albimontana*, *B. lopezii*, *B. peruviana*, *B. porrecta*, *B. vargasii*, *B. foertheriana* y *B. libertadensis*, estas dos últimas reportadas sólo en la región La Libertad. Se indican a *Bomarea alstroemeroides*, *Bomarea albimontana* y *Bomarea glaucescens* como nuevos registros. El Nicho ecológico de *Bomarea* es la formación biogeográfica de Jalca y Bosques Montanos, entre los 550-4200 m.s.n.m.

Palabras clave: *Bomarea* spp., Región La Libertad (Perú), Herbarium Truxillense.

ABSTRACT

The genus *Bomarea* Mirbel is divided into four subgenera: *Baccata* Hofreiter (3 species), *Bomarea* Baker (almost 70 species), *Sphaerine* (Herb) Baker (12 species) and *Wichuraea* (M. Roemer) Baker (18 species), from them 71 species are indicated for Peru. The study was conducted based on a critical review of the material registered in the Herbarium Truxillense (HUT) of the National University of Trujillo and botanical explorations samplings, in order to take data about the morphology, habit, common names, and specie distribution. The determination was performed with the literature. 16 species are reported for the La Libertad region, distributed in 3 subgenus: subgenus: *Bomarea* (*B. alstroemeroides*, *B. goniocaulon*, *B. lopezii*, *B. ovata*, *B. rosea*, *B. setacea* and *B. tribrachiata*); *Sphaerine* (*B. foertheriana*) and *Wichuraea* (*B. albimontana*, *B. dulcis*, *B. glaucescens*, *B. libertadensis*, *B. peruviana*, *B. porrecta*, *B. torta* and *B. vargasii*) eight are endemic in Peru: *B. alstroemeroides*, *B. albimontana*, *B. lopezii*, *B. peruviana*, *B. porrecta*, *B. vargasii*, *B. foertheriana* and *B. libertadensis* two latter reported only in the region of La Libertad. *Bomarea alstroemeroides*, *Bomarea albimontana* and *Bomarea glaucescens* are indicated like a new register. The ecological niche of *Bomarea* is Jalca biogeographic training and Montane Forests, between 550-4200 m

Keywords: *Bomarea* spp, Region La Libertad. (Peru), Herbarium Truxillense

INTRODUCCIÓN

El género *Bomarea* se encuentra principalmente en la cordillera americana, siendo su centro de diversidad los Andes de Ecuador y Perú. Actualmente se encuentra dividido en 4 subgéneros: *Baccata* Hofreiter (3 especies), *Bomarea* s.str. Baker, (70 especies), *Sphaerine* (Herb.) Baker (12 especies) y *Wichuraea* (M. Roemer) Baker (18 especies) distribuido desde México hasta Argentina/Chile^{1,2}.

Bomarea presenta flores actinomorfas a ligeramente zigomorfas, campanuladas, infundibuliformes o tubulares; tépalos libres, petaloides usualmente unguiculados, de colores muy llamativos: rojo, rosado o anaranjado; en la cara interna por lo general moteados de color marrón.; estambres 6, separados; filamentos rectos; pistilo 1, compuesto; ovario ínfero, trilocular; estilo 1, trifurcado; óvulos numerosos por lóculo; placentación axilar; fruto cápsula loculicida, triangular; semillas globosas, rojas o anaranjadas, con una sarcotesta carnosa^{1,3}. Varias especies producen tubérculos comestibles (p.ej. *B. edulis*), pero el mayor uso es como plantas ornamentales³.

En el Perú se han registrado 71 especies^{4,5,6,7,8,9}, de ellas, 22 son especies endémicas que ocupan varias regiones ecológicas, incluyendo la del Bosque Húmedo Montano y de la Puna Seca y Húmeda, entre los 1000 y 4600 msnm; sin embargo, un tercio de esas especies son conocidas solamente en sus localidades tipo, ubicadas en cadenas montañosas aisladas o en cuencas que han recibido escasa herborización los últimos 80 años, como la del Monzón, y nueve están presente en áreas naturales protegidas¹¹.

En todas las floras o flóculas andinas es raro que no se considere a especies del género *Bomarea*; en la Región La Libertad, en particular, han sido registradas en la zona fitogeográfica de Amotape-Huancabamba¹¹, en el "Inventario preliminar de la flora del Bosque de Cachil"¹² y en el "Catálogo de la flora del departamento de La Libertad"¹³.

Teniendo en cuenta el avance de las revisiones y actualizaciones de los grupos taxonómicos florísticos, que hace que los inventarios existentes queden desactualizados, tal como se ha observado en los registros florísticos de la región La Libertad, resulta inevitable efectuar tareas de actualización y adición a la flora de este país mediante exploraciones. En este contexto, se efectuó una investigación dirigida a determinar las especies del género *Bomarea* Mirbel (Alstroemeriaceae) existentes en la región La Libertad, Perú, 2013, indicando su hábitat y distribución geográfica.

MATERIAL Y MÉTODOS

Área de Estudio

La Región La Libertad se ubica en el sector Nor Occidental del Perú, entre los paralelos 6°57' y 8°57' de latitud Sur y los meridianos 76°52' y 79°42' de longitud Oeste. La altura del territorio del departamento de La Libertad oscila entre los 0-4773 m.s.n.m. La Región La Libertad limita por el Norte con los departamentos de Lambayeque, Cajamarca y Amazonas; por el Este con el departamento de San Martín, por el Sur con los departamentos de Huánuco y Ancash, y por el Oeste con el Océano Pacífico o Mar de Grau¹⁴. Políticamente, está dividida en 12 provincias y 83 distritos, en un territorio que comprende las tres regiones naturales: costa, sierra y ceja de selva; sin embargo, el 80 por ciento de su área superficial es esencialmente andino, cuyas temperaturas, lluvias y vegetación cambian a medida que se asciende en altura¹⁴.

El estudio está basado en la revisión de material depositado en el Herbarium Truxillense de la Universidad Nacional de Trujillo, HUT (acrónimo en Holmgren *et al.*, 1990), en colecciones y observaciones directas de campo de la Región de La Libertad, Perú; adicionalmente, se consultaron las siguientes bases de datos disponibles: W3 Trópicos del Jardín Botánico de Missouri (MO) (<http://tropicos.org>) e International Plant Names Index¹⁵.

Base de Datos

El material del género *Bomarea* presente en el Herbarium Truxillense, incluido la colección de este trabajo, fue registrado en una base de datos, la que fue elaborada en base a Excel®, Los taxa se encuentran en orden alfabético dentro de cada género. Para cada taxón específico se indica: nombre científico completo con la cita del nombre del autor, país, provincia, localidad, elevación, coordenadas, fecha de colección, colectores; y distribución geográfica de los ejemplares existentes en el herbario HUT citándose en forma abreviada los nombres de los departamentos del Perú¹⁶: AM=Amazonas, CA=Cajamarca, CU=Cuzco, HU=Huánuco, JU=Junín, LA=Lambayeque, LI=Lima, LL=La Libertad, LO=Loreto, MD=Madre de Dios, PA=Pasco, PI=Piura, SM=San Martín, TU=Tumbes, UC=Ucayali. Además, se indican a los géneros y especies endémicas y las especies de otros países.

Fase de Campo.

Se efectuaron dos salidas de campo durante los meses de mayo-julio de 2013, Prov. Gran Chimú (Bosque Cachil); Prov. Sánchez Carrión (Huamachuco-Markahuamachuco), para coleccionar el material botánico el cual fue procesado siguiendo técnicas establecidas previamente^{1,17}. Adicionalmente al trabajo de campo se fijó y conservó material en líquido (alcohol etílico al 60%) para estudiar la estructura floral. Se tomaron fotografías de las especies para ilustrar y documentar el informe final.

Fase de Herbario:

- **Herborización**
Se siguieron las técnicas de herborización conocidas secado-montaje e ingreso a la colección general¹⁷. El material fue depositado en el Herbarium Truxillense (HUT) como especímenes de respaldo.
- **Determinación y Taxonomía:**
La determinación y descripción de las especies se efectuaron con ayuda de bibliografía especializada^{1,2,7} y por comparación con material registrado en el Herbarium Truxillense (HUT) y para determinar el estado de conservación de las especies se utilizó la revisión de León & Salinas¹⁰.
- **Material Colectado**
El material biológico está registrado y catalogado en el Herbarium Truxillense (HUT).

RESULTADOS

Se registran un total de 16 especies distribuidas en tres Subgéneros: *Bomarea* representado por 7 especies, el Subgénero *Sphaerine* con 1 especie y el subgénero *Wichuraea* con 8 especies, que constituyen nuevos registros para La Libertad (Tabla 1). En la Tabla 2 se indican las especies de *Bomarea* endémicas del Perú y su presencia en La Libertad y su Categorización según UICN.

Tabla 1. Especies de *Bomarea* registradas para la región La Libertad y departamentos del Perú

Subgéneros	Especies	Departamentos del Perú
<i>Bomarea</i>	<i>Bomarea alstroemeroides</i> * Hofreiter & E. Rodr.	AM, AN, SM, LL
	<i>Bomarea goniocaulon</i> Baker	AM, CA, LL, PI
	<i>Bomarea lopezii</i> Hofreiter & E. Rodr.	CA, LL
	<i>Bomarea ovata</i> (Cav) Mirb.	AM, AN, CA, LL,
	<i>Bomarea rosea</i> (Ruíz & Pav.) Herb.	AM, LL
	<i>Bomarea setacea</i> (Ruíz & Pav.) Herb.	AM, LL, CA, CU, PI, SM
	<i>Bomarea tribrachiata</i> Kraenzl.	CA, LL, PI
<i>Sphaerine</i>	<i>Bomarea foertheriana</i> Hofreiter	LL
<i>Wichuraea</i>	<i>Bomarea albimontana</i> * D. N. Smith	AN, LL, CA
	<i>Bomarea dulcis</i> (Hook) Beauverd	AN, LL
	<i>Bomarea glaucescens</i> * (Kunth) Baker	CA, LL, PI
	<i>Bomarea libertadensis</i> Hofreiter & E. Rodr.	LL
	<i>Bomarea peruviana</i> Hofreiter	CA, LL
	<i>Bomarea porrecta</i> Killip	CA, LL, LA
	<i>Bomarea torta</i> (Kunth) Herb.	AM, CA, LL, LA, PI, SM
	<i>Bomarea vargasii</i> Hofreiter	CA, LL, PI

* Nuevos registros para la región La Libertad

Tabla 2. Especies del género *Bomarea* (Alstroemeriaceae) endémicas del Perú y La Región La Libertad y su categorización según UICN

SUBGENERO	ESPECIES	CATEGORIAS Y CRITERIOS (UICN, 2001)
<i>Bomarea</i>	<i>Bomarea alstroemeroides</i>	LC (León & Salinas.,2006)
	<i>Bomarea lopezii</i>	VU (Arroyo <i>et al.</i> , 2008) EN (Rodríguez <i>et al.</i> , 2010)
<i>Sphaerine</i>	<i>Bomarea foertheriana</i>	DD
<i>Wichuraea</i>	<i>Bomarea albimontana</i>	EN (León & Salinas, 2008)
	<i>Bomarea libertadensis</i>	DD
	<i>Bomarea peruviana</i>	DD (León & Salinas., 2008)
	<i>Bomarea porrecta</i>	EN (León& Salinas, 2006)
	<i>Bomarea vargasii</i>	EN (León & Salinas, 2008)

LC= preocupación menor, VU= vulnerable, DD= datos insuficientes, EN= en peligro

Tratamiento taxonómico

Clave taxonómica para los Subgéneros de la Familia Alstroemeriaceae^{1,18}

- 1 Ovario semi-ífero *Wichuraea*
- 1' Ovario ífero 2
2. Fruto dehiscente, coriáceo. Tépalos caducos en el fruto maduro. Plantas generalmente volubles (bejucos) *Bomarea*
- 2'. Fruto indehiscente, carnoso. Tépalos persistentes en el fruto maduro. Plantas generalmente erguidas *Sphaerine*

Clave taxonómica para las especies del subgénero *Bomarea*

1. Flores muy abiertas, tépalos externos con la superficie externa roja *B. alstroemeroides*
- 1'. Flores infundibuliformes, tépalos externos con la superficie externa rosada o amarilla a anaranjada ... 2
2. Tépalos externos con la superficie amarilla a anaranjada; hojas adaxialmente con nervaduras muy prominentes *B. setacea*
- 2'. Tépalos externos con la superficie externa rosada; hojas adaxialmente sin nervaduras muy prominentes 3
3. Flores pequeñas 1,5-3,5(-4) cm de largo; hojas abaxialmente glabras 4
- 3' Flores grandes 5-6 cm de largo; hojas abaxialmente pubescentes o ligeramente glabras *B. goniocaulon*
4. Tépalos externos 1-corniculados *B. lopezii*
- 4' Tépalos externos no corniculados 5
5. Hojas pubescentes en la superficie adaxial; tépalos internos con un ápice verde, ligeramente más largos o iguales los tépalos externos 6
- 5'. Hojas glabras en la cara adaxial; tépalos internos con ápice verde, más cortos que los tépalos externos *B. tribrachiata*
6. Tépalos internos con máculas oscuras lineares; inflorescencia siempre una umbela *B. rosea*
- 6'. Tépalos internos con máculas oscuras redondas; inflorescencia generalmente un tirso, raramente una umbela sólo en plantas laxifloras *B. ovata*

Clave taxonómica para las especies del subgénero *Wichuraea*

1. Tépalos internos unguiculados hacia la base (diferenciados en lámina y uña) 2
- 1'. Tépalos internos cuneados y ahusados hacia la base *B. dulcis*
2. Inflorescencia un tirso laxifloro, flores 4– 5 cm de largo, epipodio de las flores primarias 5-7 cm de largo *B. peruviana*
- 2'. Inflorescencia un tirso densifloro o laxifloro, flores hasta 3,5 cm de largo, epipodio de las flores primarias 0,8-1 cm de largo 3

- 3 Inflorescencia densiflora, hipopodio de las flores primarias hasta 0.5 cm, brácteas de las flores primarias frondosas, las otras desde frondosas hasta bracteosas 4
- 3' Inflorescencia laxiflora, hipopodio de las flores primarias al menos 1 cm, todas las brácteas frondosas 5
4. Hipopodio de las flores primarias 0,1-0,2 cm; hojas lineares, 3-5 x 0,2-0,3 cm, cara abaxial glabra.....*B. glaucescens*
- 4' Hipopodio de las flores primarias 0,3-0,5 cm; hojas de dos tipos: las de la parte baja en el tallo son linear-lanceoladas, 4-5 x 0,7-1 cm, las de la parte superior son oblongo-lanceoladas, 5-6x1,7-2 cm, cara abaxial densamente pubescente *B. albimontana*
- 5 Inflorescencia péndula, flores con la combinación rosada y amarilla o rosada y verde, tépalos externos con la superficie externa rosada 6
- 5' Inflorescencia erecta, flores con la combinación roja y amarilla, tépalos externos con la superficie externa roja *B. vargasii*
- 6 Bejuco de varios metros de expansión, hojas linear-lanceoladas con márgenes revolutos; flores entre 2 -3 cm de largo, de color rosado y verde, tépalos internos más cortos que los externos *B. torta*
- 6' Plantas erguidas de hasta 0,50 m de alto, hojas finamente lineares con márgenes no revolutos; flores hasta 2 cm de largo, de color rosado y amarillo, tépalos internos iguales que los externos en tamaño..... 7
- 7 Lámina de los tépalos internos redondeadas *B. porrecta*
- 7' Lámina de los tépalos internos ahusada *B. libertadensis*

Descripción Taxonómica

Subgénero *Bomarea*

1. *Bomarea alstroemeroides*⁷

Tipo: PERÚ, Depto. Amazonas, Prov. Leymebamba, cerca de la Laguna de Los Cóndores, bosque primario, 2550-2600 m, 31.01.1999, *Eric Rodríguez et al. 2167a* (Holótipo: HUT!).

Bejuco, 4 m de expansión, tallo robusto, 0.5 cm de diámetro, ápice no recurvado, pubescente. Hojas lineares o linear-lanceolada, 2-8 x 0,2 -0,8 cm. Ambas superficies de las hojas son glabras. Inflorescencia una umbela, pedicelo 2-4 cm, pubescente. Flores zigomorfas, orientadas horizontalmente, abiertas de par en par, casi 3-4 cm de diámetro, tépalos internos igual a los externos en longitud, 2-3 cm de largo, tépalos externos oblongos, superficie externa de color rojo y rojo pálido en la superficie interna. Tépalos internos subdividido en limbo y uña, anaranjado con una línea roja en la superficie externa y con muchas máculas oscuras. Ovario pubescente, fruto turbinado y semillas globosas⁷.

Material Examinado.

Perú: La Libertad: Prov. Bolívar, Este de Bolívar, casi a los 3400 m, *Hofreiter*, sn. (MSB), (<http://mobot.mobot.org/W3T/Search/vast.html>.)

Hábitat y Distribución: Para La Libertad sólo se conoce una colección depositada en el herbario MSB¹, en la cual ha sido mencionada para la provincia de Bolívar. Además se encuentra en los departamentos de Amazonas y San Martín en el que habita en bosques húmedos arbustivos, ladera y sobre arbustos, tiene preferencia por los suelos húmedos y negros con abundante materia orgánica; entre 2200 -3200 m.s.n.m. Endémica de Perú para los departamentos de Amazonas, San Martín y La Libertad.

2. *Bomarea goniocaulon*¹⁹.

Tipo: ECUADOR. Prov. Pichincha, Cerro Corazón, 2500m, *André 3646* (Holótipo: K!, Isótipo: NY).

Sinonimia científica = *B. stuebelii* Pax, Bot. Jahrb. Syst. 11: 333. 1889.

Sinonimia vernacular: "flor de duende"

Tipo: PERÚ. Dpto. Amazonas, entre Ventanilla y Bagazan. 3000m. abril-junio 1875. *Stuebel* 25 (B!).

Bejuco, alrededor de 2-8 m de expansión, tallo robusto, cerca 0,8 cm de diámetro, glabro, ápice erguido. Hojas estrechamente ovadas a lanceoladas, 9-14 x 2.5-2.7 cm, superficie adaxial glabro y superficie abaxial glabra o pubescente. Inflorescencia densa, bracteosa, hipopodio de las flores primarias 0,2 – 0,5 cm epipodio alrededor de 5 cm; brácteas de las flores primarias 4-6 x 2 cm, brácteas subsecuentes más pequeñas (brácteas de las flores secundarias) 0,3-0,8 x 0,2 -0,4 cm. Perigonio casi 5-6 cm largo, tépalos internos y externos iguales en longitud, todos los tépalos libres en la base y divididos en limbo y uña, tépalos externos adaxialmente rosado con ápice verde, adaxialmente blanquecino; tépalos internos abaxialmente verdosos con una línea rosada, adaxialmente rosado sin manchas oscuras. Filamentos rectos, ligeramente más cortos que los tépalos o igualmente a ellos. Ovario ínfero, 0,4-0,5 x 0,4-0,5 mm, pubescente. Cápsula turbinada, dehiscencia loculicida, semillas esféricas².

Material Examinado

Perú: **La Libertad:** Provincia. Otuzco, San Pedro (Motil), 2980 m, 10.5.1997, M. *Rodríguez E. 26* (32119, HUT). Prov. Gran Chimú, Distrito. Cascas, debajo de la Cordillera Chapolán, Bosque de Cachil, 2520 m, 17 M 0745487-9181509, 23.01.10, L. *Calla et al. 12* (50001, HUT). Provincia Gran Chimú, Distrito de Cascas. Bosque de Cachil, 2505 m, 12.05.13, B. *Martínez T. et al.*, 4 (54921, 54922, 54923 HUT).

Hábitat y Distribución: *B. goniocaulon* es abundante en la zona fitogeografía de Amotape Huancabamba (Amazonas, La Libertad y Piura), en La Libertad se encuentra para las provincias de Gran Chimú en donde ha sido colectada y Otuzco.

Típica de bosques relictos con vegetación arbustiva primaria, y ladera rocosa. En Perú también se menciona para los departamentos de Amazonas, Cajamarca, La Libertad y Piura habitando sobre arbustos, en bosques secundarios, ladera, bosques primarios fragmentados, bosques húmedos; entre 2200-4000 m.s.n.m.

3. *Bomarea lopezii*¹.

Tipo: PERÚ. Dpto. La Libertad. Prov. Trujillo. Lomas de Virú. 550 m. 30 Setiembre 1976. *A. López, A. Sagástegui & J. Cabanillas 8423* (Holótipo: HUT).

Bejuco, varios metros de expansión, tallo robusto, hasta 1 cm de diámetro, no recurvado en el ápice. Hojas linear-lanceoladas o lanceoladas, superficie adaxial pubescente a ligeramente glabra, blanco-amarillenta, superficie abaxial glabra, 8.5-10 x 3-4 cm. Inflorescencia un tirso, hipopodio de la flores principales 4-10 cm, epipodio 2-4 cm. Brácteas de las flores principales frondosas o bracteosas, 2-5 x 0,5-1 cm, brácteas de las flores secundarias bracteosas, 1-2 x 0,2-0,5 cm. Perianto ligeramente zigomorfo, orientado horizontalmente, casi 1.5-3.5 (en algunas ocasiones llegan a medir hasta 4 cm) cm de largo, tépalos internos iguales a los externos en longitud, tépalos externos oblongos, rosado con ápice verde y un cuerno de 0,1 cm de largo. Tépalos internos subdivididos en lámina y unguículo, amarillo-naranja, con máculas verdosas. Filamentos ligeramente más cortos que los tépalos internos, débilmente curvados. Ovario densamente pubescente. Fruto turbinado, el pedúnculo de los frutos es robusto. Semillas numerosas, globosas, sarcotesta rojo oscuro (Rodríguez *et al.*, 2010). (Anexo. Fig. 7)

Material Examinado

Perú: **La Libertad:** Provincia Virú, 550 m, 30.09.1976, *A. López M. et al.*, 8423 (14025, HUT). Provincia Virú, 550 m, 15.09.1986, *Mostacero et al.*, 1461 (22851, HUT). Provincia Virú, 500 m, 03.09.1949, *N. Angulo. E. et al.*, sn (1091, HUT). Prov. Otuzco, Dist. Conumbara (Sinsicap), 2900 m, *A. López M.*, sn, (4850, HUT); Prov. Gran Chimú, Distrito Cascas. Entrada al Bosque de Cachil. Debajo de la Cordillera Pulán, 2515 m, 07° 24' 23,0" S-78° 46' 53,6" W, 10.05.2006, *Rodríguez et al.*, 3125, 3127 (44803, 42505 HUT),

La Libertad Provincia: Gran Chimú, Distrito Cascas, entrada al Bosque de Cachil. 2515 m, 11.05.2013, *B. Martínez T. et al.*, 1 (54915, 54916, 54917 HUT); Provincia: Gran Chimú, Distrito Cascas, entrada al Bosque de Cachil, 2515 m, 11.05.2013, *B. Martínez T. et al.*, 10 (54933, 54934 HUT).

Hábitat y Distribución: Se encuentra para las provincias de Trujillo, Otuzco y Gran Chimú en La Libertad en donde ha sido recolectada sólo en Gran Chimú (Bosque de Cachil). Habita Lomas de Virú, entre piedras, ladera, ladera con arbustos, en bordes de camino y vegetación arbustiva primaria y matorrales. Además del departamento de Cajamarca; en altitudes entre 550-2900 m.s.n.m. Endémica de Perú, debido a su distribución limitada.

4. *Bomarea ovata* (Cav.) Mirb., Hist. Nat. Pl. 9 : 72. 1804

Basiónimo: *Alstroemeria ovata* Cav., Icon. Pl. 1: 54, t. 76. 1791.

Tipo: PERÚ.

= *B. amoena* (Herb.) M. Roem., Syn. Ensatt. 274, 1847.

Basiónimo: *B. purpurea* var. *Amoena* Herb. Amaryll. 399, 1837.

Type: Perú. Dpto. Chachapoyas, 1835, *Matthews 874* (K!).

= *B. marcocarpa* (Ruiz & Pavón) Herb., Amaryllidaceae 114. 1837.

Basiónimo: *Alstroemeria marcocarpa* Ruiz & Pavón, Fl. Peruv. Chil. 3: 62. 1802.

Tipo: Perú. Dpto. Huánuco, Pillao, *Ruiz & Pavón s.n.*

= *B. polyphylla* Kraenzl., Ann. K. K. Naturhist. Hofmus. 27: 158. 1913

Tipo: Bolivia. Yungas, *Bang 593* (BM!, ED!, GH!, MO!).

= *B. punctata* Herb., Bot. Reg. 28: Misc. 66. 1842.

Tipo: Perú, *Mathews s.n.* (K).

= *B. simplex* Herb. Amaryllidaceae 119. 1837.

Tipo: Perú, *Matthews 786* (K!, E!, NY!).

= *B. subsessilis* Killip, J. Wash. Acad. Sci. 25: 373. 1935.

Tipo: Bolivia, Dpto. Cochabamba, cerca Cochabamba, 3400 m, *Troll 1630* (B!, M!).

= *B. tomentosa* (Ruiz & Pav.) Herb., Amaryllidaceae 117. 1837.

Basiónimo: *Alstroemeria tomentosa* Ruiz & Pavón, Fl. Peruv. Chil. 3: 62. 1802.

= *B. variabilis* Herb. Edwards's Bot. Reg. 28 (Misc.): 66. 1842

Tipo: Perú. *Matthews 866* (K!).

Tipo: Perú. Dpto. Huánuco, Muña, *Ruiz & Pavón s.n.* (BM!, MA).

Bejuco, 1-3 m de expansión o erguido, hasta 70cm de alto, tallo robusto, alrededor de 0,3 cm de diámetro, ápice erguido, glabro o pubescente cuando pubescente con incremento de la densidad hacia el ápice. Hojas resupinadas, ovadas o lanceolada-ovadas, hacia la inflorescencia llegando a ser más anchas. Lado adaxial de las hojas pubescentes, lado abaxial glabro o completamente glabro 3-10 x 0,8-4 cm. Inflorescencia un tirso laxifloro o una umbela, erecta u horizontalmente orientada, hipopodio las flores primarias 1,5-4 cm, epipodio 1,5-2 cm. Hojas de las flores primarias bracteosas, 0,3-1 x 0,1-0,3 cm, hojas de las flores secundarias también bracteosas, 0,1-0,5 x 0,1-0,3 cm. Perigonio casi de 2,5-3 cm de largo, tépalos internos igual o ligeramente más a los externos en longitud, tépalos externos libres, oblongos, rosados en la superficie externa con el ápice verde, amarillo pálido en la superficie interna. Tépalos internos libres, subdividido en limbo y uña, amarillentos o blanquecinos con una línea rosada en la superficie externa y con ápice verde y máculas oscuras. Filamentos casi de igual longitud que los tépalos internos, ovario ínfero. Cápsula turbinada dehiscente. Semillas esféricas con una sarcotesta roja².

Nombre vulgar: “choro choro”, conocido también como “sullu-sullu”, “ulubaya”²⁰.

Material Examinado

Perú: **La Libertad**: Prov. Bolívar, Alrededores de Longotea, 2500m, 27.05.1960, *A. López M. et al.*, sn (3166, HUT). Prov. Patáz, Fence row on trail between Pataz and Yale, 2600-2800 m, 07° S, 77W, 04.02.1986, *K. Young*, 2832 (25573, HUT). Prov. Huamachuco, Hacienda Yanazara, 2500 m, 26.003.1961, *F. Pinillos M.*, sn (3655, HUT).

Hábitat y Distribución: *B. ovata* crece en la costa desértica de Perú y en las partes secas de la cordillera de Perú, Bolivia y norte de Argentina, habita en pequeños arbustos y sobre rocas (Hofreiter & Rodríguez, 2006). En La Libertad ha sido mencionada para las provincias de Bolívar, Pataz y Huamachuco. Habita en ladera, quebrada húmeda, también se encuentra en los departamentos de Amazonas, Ancash, Cajamarca, Cuzco y Lambayeque, el que habita bordes de quebrada, ladera de arbustos, quebrada húmeda y boscosa, bosques primarios y sobre roca arenisca; entre 1400-3600 m.s.n.m. Para el país de Argentina se menciona en la provincia de Jujuy-Tumbaya a 2100 m.s.n.m.

5. *Bomarea rosea* (Ruiz & Pav.) Herb.

Amaryllidaceae 118. 1837.

Basionimo: *Alstroemeria rosea* Ruiz & Pav., Fl. Peruv. Chil. 3: 61. 1802.

Tipo: Perú, Huassahuasi, *Ruiz & Pavón s.n.*

= *B. fimbriata* (Ruiz & Pavón) Herb., Amaryllidaceae 116. 1837.

Basionimo: *Alstroemeria fimbriata* Ruiz & Pav., Fl. Peruv. Chil. 3: 63. 1802.

Tipo: Perú, Pasco, Pozuzo, *Ruiz & Pavón s.n.*

Bejuco, 1-5 m de expansión, tallo robusto, alrededor de 0,4 cm de diámetro, ápice erguido, glabro o ligeramente pubescente cerca de la inflorescencia con aumento de la densidad hacia el ápice. Hojas resupinadas, lanceolada-ovadas a lanceolada, 5-18 x 1-2 cm lado adaxial de las hojas pubescente, lado abaxial glabro o completamente glabro. Inflorescencia una umbela, erecta u orientada horizontalmente, pedicelo 3-6 cm, alrededor de 4-70 flores. Hojas de las flores primarias 1,2-5 x 0,2-1 cm, hojas de las flores secundarias 0,3-2 x 0,2-0,3 cm. Perigonio casi de 2,5-3 cm de largo, tépalos internos ligeramente más largos que los externos, tépalos externos oblongos, rosado en la superficie externa con ápice verde, amarillo pálido en la superficie interna. Tépalos internos subdividido en limbo y uña, amarillo pálido o verdusco con una línea rosada en la superficie externa y en la superficie interna verdusco amarillo con un ápice verde, máculas oscuras lineares. Filamentos tan largos como los tépalos internos, ovario ínfero, pubescente, fruto turbinado, capsula dehiscente y semilla esférica con sarcotesta roja (Hofreiter & Rodríguez, 2006). (Anexo. Fig. 8 B)

Material Examinado

Perú: **La Libertad**: Prov. Pataz, side of Cerro Potosi, above pampa Rosas, 2800-3250 m, 7°S 77°W, 03.03.1986, *K. Young*, 3101 (25572, HUT).

Hábitat y Distribución: En La Libertad se encuentra para la provincia de Pataz. Habita en los bordes de los bosques montanos. En Perú también se encuentra en el departamento de Amazonas; entre los 2800-3250 m.s.n.m.

6. *Bomarea setacea* (Ruiz & Pav.) Herb.

Amaryllidaceae 117. 1837.

Basionym: *Alstroemeria setacea* Ruiz & Pav., Fl. Peruv. Chil. 3: 62. 1802.

Tipo: PERÚ, Pillao, *Ruiz & Pavón s.n.*

= *B. macranthera* Kraenzl., Bot. Jahrb. Syst. 40: 230. 1908.

Tipo: PERÚ, Depto. Junín, Huacapistana, *Weberbauer 2201* (B!).

= *B. glomerata* Herb., Amaryllidaceae 115. 1837.

Type: Peru, *Mathews 1662* (K! fragment F!, W destroyed)

Bejuco, varios metros de expansión (1-3 m) o suberguido a 60 cm de alto, tallo robusto, alrededor de 0,5 cm de diámetro, no recurvado en el ápice, pubescente con incremento de la densidad hacia el ápice, o cercanamente glabro. Hojas linear-lanceolada o lanceolada, 2-12 x 0,5-3 cm. Lado adaxial de las hojas pubescente con nervaduras muy prominentes, lado abaxial glabro. Inflorescencia una umbela o un racimo de 3 cm de largo, pedicelo 2,5-5 cm, pubescente. Hojas de las flores más bajas (primarias) 0,5-2 x 0,2-0,5 cm, brácteas subsecuentes más pequeñas, 0,3-1 x 0,1-0,3 cm. Flores ligeramente zigomorfas, orientadas horizontalmente casi 1,0-1,5 cm de largo, tépalos internos igual a los tépalos externos en longitud, tépalos externos oblongos, superficie externa amarilla a anaranjada, más pálido en la superficie interna. Tépalos internos subdividido en limbo y uña, amarillo a anaranjado con una línea anaranjada en la superficie externa sin máculas oscuras. Ovario pubescente, fruto turbinado y semilla globosa¹.

Material Examinado

Perú: **La Libertad:** Provincia Bolívar, Esat of Bolívar, ca. 3500 m, Setiembre.2004, *A. Hofreiter*, s.n., (40764, HUT). Provincia Pataz, Puerta del Monte. Ruta de Huaylillas, 3200 m, 22.05.1961, *A. López M. et al.*, sn (3449, HUT). Provincia Pataz, Distrito Tayabamba. Sector Cumpán, Ongón, 2490 m, 17.08.08, *C. Costilla M.*, sn (47881, HUT).

Hábitat y Distribución: Abundante en el centro de Perú y la Región de Amotape Huancabamba¹, mencionada para las provincias de Bolívar y Pataz en el departamento de La Libertad el que habita en ladera húmeda, además de La Libertad, también se menciona para los departamentos Amazonas, Cajamarca, Cuzco, Piura y San Martín, habita ladera, bosques montanos húmedos, parte alta del bosque húmedo montano, bosques primarios, ladera de arbustos, laderas húmedas, bordes de camino boscoso y quebradas boscosas; entre los 1900-3600 m.s.n.m.

7. *Bomarea tribrachiata* Kraenzl.

Bot. Jahrb. Syst. 40: 235. 1908.

Tipo: PERÚ. Dpto. Ancash. Cajatambo, entre Tallanga y Piscapaccha. 3600-3800 m. *A. Weberbauer 2884* (B!).

=*B. ayavacensis* Kraenzl., Bot. Jahrb. Syst. 54, Beibl. 117: 2. 1916.

Tipo: PERÚ. Dpto. Piura, antes de Ayabaca, 2900 m, *A. Weberbauer 6373* (B!)

Bejuco, varios metros de expansión, tallo robusto, hasta 0,5 cm de diámetro, no recurvado en el ápice, glabro. Hojas lanceoladas a ovadas, ambas superficies glabras, 6,5-14 x 2-4 cm. Inflorescencia un tirso, hipopodio de las flores primarias 4-10 cm, epipodio 2-5cm. Brácteas de las flores primarias más anchas que las hojas normales 3-5,5 x 1,5-3,6 cm, brácteas de las flores secundarias, 2-2,3 x 1,3-2 cm. Perianto actinomorfo, casi 1,5-3,5 cm de largo, tépalos internos más cortos que los externos, tépalos externos oblongos, rosados con un ápice verde; tépalos internos subdivididos en lámina y uña, amarillos con un ápice verde y máculas oscuras. Filamentos ligeramente más cortos que los tépalos internos, débilmente curvados. Frutos turbinados grandes. Semillas globosas²

Material Examinado

Perú:**La Libertad:** Prov. Santiago de Chuco, Alrededores de Santiago. de Chuco, 3100 m, abril.1950, *A. López M.*, 418 (4654, HUT); Prov. Otuzco, Camino de El Granero (Hda. Llaguén), 2700 m, junio.1951, *A. López M.*, 645 (4727, HUT); Prov. Otuzco, Huaranchal, 2750 m, 06.06.1958, *López*, sn, (2654,HUT);Prov. Gran Chimú, Distrito Cascas. Debajo de la Cordillera Pulán. Entrada al Boque de Cachil, 2515 m, 7°24'23.0"S 78°46'53.6" W, 10.05.2006, *E. Rodríguez et al.*, 3126 (42504, HUT)-,Provincia: Gran Chimú, Distrito Cascas, entrada al Bosque de Cachil. 2515 m, 11.05.13, *B. Martínez T. et al.*, 3 (54919, 54920 HUT); 12.05.2013, *B. Martínez T. et al.*, 9 (54932 HUT).

Hábitat y Distribución: Crece en la Región Amotape Huancabamba de Perú y Ecuador, en la parte occidental entre arbustos y bosques pequeños de neblina (Rodríguez *et al.*, 2010). Para La Libertad presenta registros en las provincias de Santiago de Chuco, Otuzco y Gran Chimú. Esta especie fue recolectada en la provincia de Gran Chimú a la entrada del Bosque de Cachil. Habita en quebradas pequeñas, bordes de camino pedregoso, bosques relictos. Además del departamento de La Libertad se reporta para los departamentos de Amazonas, Cajamarca, Cuzco, Piura y San Martín; entre los 1900-3600 m.s.n.m.

Subgénero *Sphaerine*

8. *Bomarea foertheriana* Hofreiter

Nord. J. Bot., 2005 in press.

Tipo: PERÚ, Depto. Huánuco, Tantamayo, fog-forest above Laguna

Negra, 3500 m, *Hofreiter & Franke 4/5* (Holotipo USM!, Isotipo MSB!).

Planta erguida, de 50 cm de alto, tallo rígido, pubescente y helicoidal, densamente pubescente hacia el ápice. Hojas lanceoladas a ovadas, 2-12 x 1,5-4 cm, de la mitad del tallo hacia arriba más largo y más ancho, las hojas van reduciendo desde la parte media hacia el final, lado adaxial glabro o poco pubescente, lado abaxial glabro, con 5-7 nervaduras primarias. Inflorescencia una umbela erecta con 2-5 flores, o en algunas floraciones por ejemplo relativamente abundantes. Pedicelo 1,5-5 cm, hojas bracteosas, 0,5 x 0,1-0,2 cm, raramente una bráctea frondosa, 1,5 x 0,3 cm. Flores 1-2,5 cm de largo y orientadas horizontalmente, tépalos internos no exceden a los

externos, tépalo externo oblongo, rojo brillante y conspicuamente pubescente, tépalos internos unguiculados, rojo con máculas oscuras en la superficie interna.

Ovario densamente pubescente, 1 x 0,6 mm, frutos y semillas ovoides¹

Nombre común: “choro choro”.

Material Examinado

Perú: **La Libertad:** Provincia Pataz, Distrito de Tayabamba, Sector Cumpán, Ongón, 2490 m, 17.08.2008, *C. Costilla M.*, sn (47880 HUT). Provincia Pataz, entre Puerta del Monte y Paso la Sabana, 3250 m, 23.05.1961, *A. López M. et al.*, 3493 (3493 HUT).

Hábitat y Distribución: Sólo se conocen dos colecciones provenientes del departamento de La Libertad la que se encuentra en la provincia de Pataz (Costilla sn, 47880, López 3493,3493 HUT). Habita laderas húmedas, entre los 2490-3250 m.s.n.m. Reportado para el departamento de Huánuco, provincia de Huánuco, la que se encuentra depositado en herbarios extranjeros (Hofreiter & Rodríguez, 2006). Endémica de Perú para los departamentos de La Libertad y Huánuco debido a su reducida distribución y aún no es considerada como una de las Alstroemeriaceae endémicas del Perú, ni categorizada en el Libro Rojo de las plantas endémicas del Perú¹⁰.

Subgénero *Wichuraea*

9. *Bomarea albimontana*²¹

Tipo: PERÚ, Depto. Ancash, Prov. Huari, Quebrada Pucaraju, a lateral valle de Quebrada Rurichinchay, 3900 m – 4200 m, *Smith, Gonzales & Maldonado 12701* (Holotipo: USM!,

Isotipos: CPUN, G!, HUT!, ISC, MO).

Bejuco, varios metros de expansión (2-4m) o erguidas, tallo robusto, alrededor de 0,5 cm de diámetro, pubescente, con aumento de la densidad hacia el ápice, normalmente recurvado en el ápice. Tiene dos tipos de hoja: las de la parte baja en el tallo son linear-lanceoladas, casi 4-5 x 0,7-1 cm, las de la parte superior son oblongo-lanceoladas, extensión horizontal, casi 5-6 x 1,7-2 cm, ambos tipos nervados densamente, lado abaxial con densamente pubescente. Inflorescencia densa, tirso péndulo.

Hipopodio de las flores primarias 0,3-0,5 mm, epipodio 1,6-2 cm, brácteas de las flores primarias similar en forma a las hojas que van hacia la inflorescencia, 4-5 x 0,5-1 cm, formando un involucre, otras brácteas bracteosas, 1,8 x 0,2. Brácteas de las flores secundarias 0,5-1 x 0,1-0,2 mm. Flores 1,8-2,6 cm de largo, tépalos externos oblongos, rosado a rojo, tépalos internos unguiculados, amarillo con rosado, una línea roja en la superficie abaxial, con máculas moradas en la superficie adaxial. Fruto globoso y semillas globosas (Hofreiter & Rodríguez, 2006). (Anexo. Fig. 11 A)

Material Examinado

Perú: **La Libertad:** Provincia Pataz, Distrito Pias, Pampa de piedras, 18M 0221174-9134030, 24.07.08, *Rosalym Y. Rivera López*, 19 (48184, HUT).

Hábitat y Distribución: Se encuentra una sola colección de *B. albimontana* para La Libertad, la que se encuentra en la provincia de Pataz (Rivera 19, HUT). Además del departamento de La Libertad, también se menciona para los departamentos de Ancash y Cajamarca. Habita en laderas, laderas rocosas, sobre arbustos, ladera pedregosa-rocosa con partes arenoso-gravosos, en bordes de matorral y rodeado de pajonal; entre los 3600-4400m.s.n.m. Endémica de los departamentos de Ancash y Cajamarca categorizada como EN; es decir en peligro. Si bien las poblaciones se encuentran dentro de un área protegida, los incendios y la tala de árboles y arbustos son amenazas permanentes¹⁰

10. *Bomarea dulcis* (Hook.) Beauverd

Bull. Soc. Bot. Genève II. 14:172. 1921.

Basionimo: *Alstroemeria dulcis* Hook., Bot. Misc. 2: 237. 1831.

Tipo: PERÚ. Cerca de Pasco, Huaylluay, *Cruckshanks s. n.* (K!, MSB)

≡ *Collania dulcis* (Hook.) Herb., Amaryllidaceae 104. 1837.

≡ *Wichuraea dulcis* (Hook.) M. Roemer, Fam. Nat. Syn. 4: 287. 1847

≡ *Bomarea glaucescens* var. *dulcis* (Hook.) Baker, Handbook of Amaryllidaceae. 147. 1888.

= *Wichuraea acicularis* M. Roemer, Fam. Nat. Syn. 4: 280. 1847.

Basionimo: *Collania puberula* var. *puberula* Herb., Amaryllidaceae 105. 1837.

Tipo: Perú, Andamarca, *Mathews 1165*, right specimen type of *B. puberula* var. *acicularis* (K!)

= *Bomarea biflora* Vargas, Bol. Mus. Hist. Nat. “Javier Prado” 10: 74. 1946.

Tipo: Perú, Dpto. Cusco, Prov. Paruro, abra de Capillanayoc, *Vargas 446* (CUZ!, MO!).

= *B. calcensis* Vargas, Bol. Mus. Hist. Nat. “Javier Prado” 10: 74. 1946.

Tipo: Perú. Dpto. Cusco, Prov. Calca, beneath Lares, 4000 m, *Vargas 3589* (CUZ!, MO!).

= *B. campanuliflora* Killip, J. Wash. Acad. Sci. 25: 371. 1935.

Tipo: Perú. Dpto. Puno, Prov. Carabaya, Quebrada de Ivipata, *Raimondi 10229* (B!, USM).

= *B. cuzcoensis* Vargas, Bol. Mus. Hist. Nat. “Javier Prado” 10: 74. 1946.

Tipo: Perú. Dpto. Cusco, Prov. Calca, Huairaccpuncu, trail to Lacko, 3600 m – 4200 m, *Vargas 4031* (CUZ!).
=*Collania guadelupensis* Kränzlin, Ann. K. K. Naturhist. Hofmus.27: 157. 1913.

Tipo: Bolivia. Cerca de Guadalupe, valle deChoroque, 3700 m, *Hauthal 111* (B!).

=*C. herzogiana* Kränzlin, Bot. Jahr. Syst. 50: Beibl. 111: 3. 1913.

Tipo: Bolivia. Cerro Chancapina, 5000 m, *Herzog 2370* (B!).

=*W. parvifolia* M. Roemer, Fam. Nat. Syn. 4: 280. 1847 not *B. parvifolia* Baker 1888.

Basionimo: *Collania dulcis* var. *parvifolia* Herb. Amaryllidaceae 400. 1837.

Tipo: Perú. Portachuela, *Mathewss.n.* (K).

=*Collania petraea* (Kränzlin) Kränzlin, Bot. Jahrb. Syst. 50: Beibl. 111: 5. 1913.

Basionimo: *B. petraea* Kränzlin, Amaryllidaceae andinae. – Bot. Jahrb. Syst. 40: 229. 1908.

Tipo: Perú. Dpto. Puno, near Azangaro, 4000 m, *Weberbauer 476*, (B!).

=*B. phyllostachya* Masters ex Baker, Handb. Amaryll. 143. 1888.

Tipo: *Lobb s.n.* (K!).

=*B. puberula* (Herb.) Kränzlin ex Perkins, Bot. Jahrb.Syst. 49: 192. 1913.

Basionimo: *Collania puberula* Herb., Amaryllidaceae 105. 1837.

Tipo: Perú. Andamarca, *Mathews 1165*.

=*B. tacnaense* Vargas, Pl. Life 21: 155. 1965.

Tipo: Perú. Dpto. Tacna, Prov. Tarata, trail desde Livini a Tarata, 3800 m, *Vargas 13025* (CUZ!).

-*B. torquipes* nomen, destruido *Lobb s.n.* espécimen del Herbario de Viena, probablemente por Kränzlin, en el herbario del Field Museum.

=*B. uniflora* (M. Roemer) Killip, J. Wash. Acad. Sci. 25: 372. 1935.

Basiónimo: *Wichuraea dulcis* var. *uniflora* M. Roemer, Fam. Nat. Syn. 4: 278. 1847.

Type: Perú. Huayllaui, *Mathews 864* (K!, E!, BM!).

Alstroemeria uniflora Matthews MS (nomen), Herb., Amaryllidaceae 104. 1837 (como sinónimo de *B. dulcis*).

=*B. zosterifolia* Killip, J. Wash. Acad. Sci. 25: 372. 1935.

Tipo: Perú. Dpto. Ancash, Martinet 742(P,US!).

Planta erguida o bejuco, entre 10cm y 2m de alto. Tallo rígido, recurvado en el ápice, glabro o pubescente, cuando pubescente aumenta la densidad de la pubescencia hacia el ápice. Hojas lineares o linear-lanceoladas, lado adaxial pubescente, blanco-amarillento, lado abaxial glabro, excepto la base con algunos pelos o completamente pubescente, 2- 10 x 0,2-1,5 cm. Inflorescencia puede ser un tirso densifloro o laxifloro en relación a la medida de las flores y normalmente péndula, hipopodio de las flores primarias 0,3-1,2cm de largo, epipodio 0,8-1,5cm de largo. Brácteas de las flores primarias frondosas, 2-4 x 0,4-0,8cm, brácteas de las flores secundarias frondosas 1-2 cm x 0,2-0,5 cm. Flores de 2-3cm de longitud, tépalos internos de igual medida que los externos, tépalos externos oblongos, rosados con el ápice verde, adaxialmente amarillento. Tépalos internos cuneados y ahusados hacia la base, superficie externa amarillo con un rojo tenue y ápice verde. Frutos y semillas ovoides en forma²

Material Examinado

Perú: **La Libertad**: Provincia Santiago de Chuco, Distrito Shulcahuanga. 4100-4200 m, 30.10.2002, *A. Cano*, 12729 (43763, HUT). Provincia Santiago de Chuco, El Vado. 3100-3300 m, 0809291E 9111294 N, 26.10.2002, *A. Cano* 12500 (43728, HUT).

Hábitat y Distribución: Se distribuye en Bolivia, Chile y Perú, sobre laderas (barlovento), entre rocas, entre los 2500-5200m.s.n.m.².

En el departamento de La Libertad se encuentra en la provincia de Santiago de Chuco. Habita cumbre rocosa con poco suelo, pajonal y matorral ralo, quebrada, ladera con suelo arcilloso, bosques de *Alnus* y matorral, entre los 3100-4200 m.s.n.m. Se menciona para el departamento de Ancash.

11. *Bomarea glaucescens* (Kunth) Baker

J. Bot. 20: 201. 1882.

Basiónimo: *Alstroemeria glaucescens* Kunth Voyage de Humboldt et Bonpland 282. 1815.

Tipo: Ecuador, Pichincha, entre Palmascuchu y thespring

De Cantuna, *Humboldt & Bonpland s.n.* (B!).

°*Collania glaucescens* (Kunth) Herb. Amaryllidaceae 104. 1837.

°*Wichuraea glaucescens* (Kunth) M. Roemer Fam. Nat. Syn. 4:287. 1847

Planta erguida, hacia 1 metro de alto, tallo rígido, recurvado en el ápice, glabro. Hojas linear o linear-lanceolada, 3-5 x 0,2-0,4 cm, hacia la inflorescencia son más anchas (1,2), lado adaxial de las hojas pubescente, amarillento blanco, lado abaxial glabro. Inflorescencia densa, hipopodio de las flores primarias 0,1-0,2 mm (hasta 0.5 cm), epipodio 0,8-1 cm. Brácteas de las flores primarias frondosas, 2-4 x 0,5-0,8 mm, brácteas de las flores secundarias frondosas a bracteosas, glabras, 0,5-1,5 x 0,2-0,5 cm. Flores casi 1,8-2 cm (hasta 3.5 cm) de largo, tépalos internos igual a los externos en longitud, tépalos externos oblongos rosado en la superficie externa con ápice verde, amarillo pálido en la superficie interna. tépalos internos subdividido en limbo y uña, amarillo con

una línea roja en la superficie externa y con ápice verde, con pequeñísimas máculas oscuras. Fruto y semilla ovoide en forma¹

Nombre común: “huaca sulla”²⁰.

Material Examinado

Perú: La Libertad, Provincia Santiago de Chuco, above Cachicadan; 2900 m, 25.11.1938, *Harvey E. Stork & Ovid B. Horton* 9967 (MO). Provincia Sánchez Carrión, señal Huaylliyas. 4200 m, 07°53'S 078°02'W (-7.8833300, -78.0333300), 21.08.1982, *David N. Smith* 2267 (MO); Provincia: Santiago de Chuco, Distrito de Huamachuco, complejo arqueológico de Marcahuamachuco., La Portada de Marcahuamachuco, 3542 m, 27.07.13, *B. Martínez T. et al.*, 7 (54929 HUT).

Hábitat y Distribución: Habita zona transicional de jalca con vegetación dominante de *Barnadesia donbeyana*. Ausente en herbarios peruanos reportado para La Libertad. No ha vuelto a ser recolectada desde 1938 y 1982, hasta ahora 2013, siendo la única colección depositada en el HUT (Martínez 54929) la que fue recolectada en la provincia de Santiago de Chuco, entre los 3300-3750 m.s.n.m. Se menciona para el departamento de Cajamarca.

12. *Bomarea libertadensis*¹

Tipo: PERÚ, Depto. La Libertad, Prov. Bolívar, entre Bolívar, ca. 4000 m, *Hofreiter* 2004/18 (Holotipo: HUT!; Isotipo: MSB!).

Planta erguida, alrededor de 50 cm de alto. Tallo robusto o rígido, pubescente con incremento de la densidad hacia el ápice, o glabro. Hojas lineares o linear-lanceoladas, 3-8 cm de longitud, 0,2-0,5 mm de ancho, hacia la inflorescencia generalmente llegando a ser más corto, lado adaxial de las hojas glabras o pubescentes, pelos amarillento-blanco y muy cortos, lado abaxial glabro. Inflorescencia más o menos densa, hipopodio de las flores primarias 0,3-0,6 cm, epipodio 1-1,5 cm. Brácteas de las flores primarias frondosas, 2,6-4 cm de largo y 0,2-0,4 mm de ancho, brácteas de las flores secundarias frondosa a bracteosa, 0,5-1 cm de largo y 0,1-0,2 mm de ancho. Flores casi 1,8-2,3 cm de largo, tépalo interno igual al externo en longitud, tépalos externos oblongos, superficie externa rosado con ápice verde, amarillo pálido en la superficie interna. Tépalos internos ahusados, subdividido en limbo y uña, amarillo con una línea roja en la superficie externa y con un ápice verde, presenta máculas oscuras pequeñísimas. Frutos y semillas ovoides en forma¹.

Nombre común: “choro choro”.

Material Examinado

Perú: **La Libertad:** Provincia: Pataz, Chigualen-Pataz, planicie, 3500 m, 10.09.88, *E. Alayo B.*, 20 (45, F, HAO). Provincia: Santiago de Chuco, Distrito de Huamachuco, complejo arqueológico de Marcahuamachuco. Zona transicional de jalca. 3597 m, 27.07.13, *B. Martínez T. et al.*, 5 (54924, 54925, 54926 HUT)

Hábitat y distribución: En La Libertad se encuentra en las provincias de Pataz y Santiago de Chuco. Habita Zona transicional de jalca, sobre rocas de las ruinas de La Torre de Marcahuamachuco; vegetación asociada a *Berberis lutea*, *Barnadesia donbeyana*, *Ribens sp.*, *Solanum maturecalvans*, *Rubus robustus*, *Rumex acetocella*, entre los 3500 m.s.n.m.

13. *Bomarea peruviana* Hofreiter

Feddes Repert. 115(5-6): 438, 440, f. 1 A-E. 2004.

Tipo: PERÚ. Dpto. Cajamarca. Prov. San Miguel de Pallaques. Above Agua Blanca: Tingo. 3084 m. 07°01'54"S-079°03' 33" W. 14 Octubre 2000. M. Weigend, E. Rodríguez, H. Förther & N. Dostert 2000/742 (Holotipo: MSB; Isotipo: HUT).

Bejuco de 2-4 m de expansión, tallo robusto, alrededor 0,5 cm de diámetro, no recurvado en el ápice, pubescente, mayor densidad de la pubescencia hacia el ápice. Hojas linear-lanceoladas a lanceoladas, lado adaxial pubescente, lado abaxial glabro, 6-12 x 1-2,5 cm. Inflorescencia un tirso laxifloro, hasta 25 flores, flores secundarias a menudo no desarrolladas, hipopodio de las flores primarias 0,7-3 cm, epipodio 5-7 cm. Brácteas de las flores primarias pequeñas, 1-3 x 0,2-0,5 cm, brácteas de las flores secundarias 0,3-0,7 x 0,2-0,3 cm. Perigonio casi 4-5 cm de longitud, tépalos internos 0,5-1,2 cm más largo que los externos, tépalos externos oblongos, rosado con el ápice verde, adaxialmente amarillento. Tépalos internos subdivididos en la lámina y uña, abaxialmente verdosos con una línea rosada y el ápice verde, adaxialmente verde con máculas marrones. Estilo y filamentos rectos, ligeramente más cortos que los tépalos internos. Ovario semi-ínfero, pubescente, 0,7-1,2 x 0,5-1 cm. Fruto ovoide².

Material Examinado

Perú: **La Libertad:** Prov. Gran Chimú, Cerca del túnel, carretera Cascas-Contumazá, 2550 m, 27.12.1970, *A. López M.*, 7659 (7789, HUT). Distrito Cascas, Entra al bosque de Cachil, 2500 m, 13.12.1993, *A. Sagástegui A. et al.*, 15125 (2645, HUT).

Hábitat y Distribución: *B. peruviana* crece en la cordillera occidental de Perú en los departamentos de Ancash, La Libertad y Cajamarca (Rodríguez *et al.*, 2010). En La Libertad se encuentra en la provincia de Gran Chimú. Habita en pendiente escabrosa y laderas, entre los 2500 y 2550 m.s.n.m. Mencionada además para Cajamarca. Es endémica para Perú categorizada como Datos insuficientes (DD, siglas en inglés según UICN¹⁰)

14. *Bomarea porrecta* Killip

Field Mus. Nat. Hist., Bot. Ser. 13: 641. 1936

B. stricta Kraenzl. Nomen illegitimum., Ann. K. K. Naturhist. Hofmus. 27: 156.1913, non *B. stricta* Pax 1890.

Type: Peru, Lobbs.n. (W destroyed)

Neotipo: designado en Hofreiter & Tillich, Feddes Repert. 114 (3 –4): 208 – 239. 2003: Perú, Depto. La Libertad, Cerro Cacanán, Cerca de Huamachuco, 3250 m, Nov. 26, 1936, *James West 8107*(MO!).

Bejuco, varios metros de expansión, o erguida, alrededor de 50 cm de alto. Tallo robusto o rígido, pubescente con incremento de la densidad hacia el ápice. Hojas finamente lineares o linear-lanceoladas, 2-7 cm de largo, 0,3-0,4 cm de ancho, hacia la inflorescencia generalmente llegando a ser más corto. Lado adaxial de las hojas glabras o pubescentes, lado abaxial glabro. Inflorescencia más o menos densa, hipopodio de las flores primarias 0,3-0,6 cm, epipodio 1-1,5 cm. Brácteas de las flores primarias frondoso, 2-5 cm de largo y 0,3-0,5 mm de ancho, flores de las flores secundarias frondosa a bracteosa, 0,3-1,2 cm de largo y 0,1-0,2 mm de ancho. Flores de casi 2 cm de largo, tépalos interno igual al externo en longitud, tépalos externos oblongos, superficie externa rosado con ápice verde, amarillo pálido en la superficie interna. Tépalos internos redondeado, subdividido en limbo y uña, amarillo con una línea roja en la superficie externa y con un ápice verde.

Fruto y semillas ovoides en forma (Hofreiter & Rodríguez *et al.*, 2006). (Anexo. Fig. 15 B-16)

Material Examinado

Perú: **La Libertad:** Prov. Santiago de Chuco, Laguna La Victoria (camino a Consuzo), 4000 m, 19.07.1966, *A. Sagástegui A. et al.*, sn (6188, HUT). Provincia Pataz Retamas-La Paccha, Puna, 3800 m, 20.05.1961, *A. López M.*, sn (3401, HUT). Provincia Huamachuco, Carretera a Huamachuco, Km 160, 3350 m, 18.12.1973, *A. López M.*, 8082 (12671, HUT). Provincia Otuzco, Caserío de Campo Bello-Distrito Mache, 2700 m, 13.09.1996, *C. Aredo V.*, sn (30970, HUT); Provincia Otuzco, Santa Rosa-Chota. 3200 m, 6.12.1997, *M. Rodríguez E.*, 380 (32739, HUT). Provincia Otuzco, Shitahuara (Al norte de Salpo), 3350 m, 7.01.1994, *S. Leiva G., et al.*, 980 (28153, HUT); Provincia Santiago de Chuco, Chota a Shorey, 3250 m, 15.11.1983, *A. Sagástegui A. et al.*, 11094 (18508, HUT). Provincia: Santiago de Chuco, Distrito de Huamachuco, complejo arqueológico de Marcahuamachuco. 3542 m, 27.07.13, *B. Martínez T. et al.*, 6 (54927, 54928 HUT).

Hábitat y Distribución: En La Libertad se encuentra en las provincias de Santiago de Chuco, Pataz, Otuzco. Habita entre piedras, ladera húmeda, borde de carretera, terreno arcilloso, ladera y entre arbustos. Esta especie fue recolectada en la provincia de Santiago de Chuco Zona transicional de jalca, sobre rocas de las ruinas de La Portada de Marcahuamachuco y asociado a una Lamiaceae. Mencionada para los departamentos de Cajamarca y Lambayeque, entre los 2700-4000 m.s.n.m. Endémica de los departamentos de Ancash, La Libertad y Pasco, categorizándose como EN-en peligro y que al parecer sólo se conoce de pocas localidades dispersas¹⁰.

15. *Bomarea torta* (Kunth) Herb.

Amaryllidaceae 115. 1837.

Basionimo: *Alstroemeria torta* Kunth, Nov. Gen. Sp. (4to ed.) 1: 283. 1815 [1816].

Tipo: PERÚ. Dpto. Cajamarca, Parámo de Yanaguanga, 3000 m, Humbolt & Bonpland s.n. (B!).

=*B. cumbrensis* Herb. Amaryllidaceae 115. 1837.

Tipo: Ecuador, entre Cumbre y Juna, Jamieson s.n. Herb. Hooker (K!).

=*B. isopetala* Kraenzl. *Amaryllidaceae andinae*. – Bot. Jahrb. Syst. 40: 232. 1908.

Tipo: Ecuador, Prov. Cuenca, Lehmann 4609 (B, F!).

Bejuco, varios metros de expansión, o erguidas, cuando erguidas cerca de 50 cm de alto. Tallo rígido, normalmente recurvado en el ápice. Hojas lineares o linear-lanceoladas, rígidas, densamente nervadas, glabras o pubescentes en la superficie adaxial, márgenes revolutos, ápice agudo, 3-8 x 0.5-1 cm. Inflorescencia densa, péndula. Hipopodio de las flores primarias 0,3-0,5 cm, epipodio 1,4-2,3 cm. Brácteas de las flores primarias formando un involucre. Brácteas del involucre similares en forma y tamaño a las hojas superiores, 5 x 2 cm, las otras brácteas bracteosas, hasta 1.8 x 0.2 cm. Brácteas de las flores secundarias bracteosas, 0,5-1,2 x 0,1- 0,2 cm. Flores 2-3 cm de largo. Tépalos internos más cortos que los externos. Tépalos externos oblongos, rosado, tépalos internos unguiculados, amarilla con una línea rosada a roja en la superficie abaxial, verde con máculas moradas en la superficie adaxial. Frutos y semillas globosos en forma¹.

Nombre común: “moco de shingo”.

Material Examinado

Perú: **La Libertad:** Provincia Bolívar, West of Bolívar, 3000 m, Setiembre 2004A. Hofreiter sn (40765, HUT). Provincia Otuzco, alrededores de Chota. 2900 m, 23.09.1973, *A. López M. & A. Sagástegui* 8050 (12574 HUT); Provincia: Santiago de Chuco, Distrito de Huamachuco, complejo arqueológico de Marcahuamachuco, zona transicional de jalca, 3542 m, 27.07.13, *B. Martínez T. et al.*, 8 (54930, 54931 HUT).

Hábitat y Distribución: Crece en Ecuador (Provincia de Azuay) y al norte de Perú, asociada con arbustos pequeños vegetación aislada, entre 2500-3500 m.s.n.m. de altitud². En La Libertad se encuentra en las provincias de Otuzco y Bolívar, esta especie también fue recolectada en Santiago de Chuco en el complejo arqueológico de Marcahuamachuco La Portada de Marcahuamachuco, vegetación asociada *Ophreoporus peruvianus*, *Ribens*

sp. y sobre rocas. Habita ladera con arbustos, zona transicional de jalca. Se menciona para los departamentos de Amazonas, Cajamarca, Lambayeque, Piura y San Martín, habita vegetación montana baja, pajonal de Puna páramo, borde de camino, ladera, ladera con arbustos, bosques montanos húmedos, quebrada, bosque montano fragmentado. Entre los 1700-3500 m.s.n.m.

16. *Bomarea vargasii* Hofreiter

Feddes Repert. 114 (3-4): 234-236, f. 9E, 10A, C. 2003.

Tipo: PERÚ. Dpto. Cajamarca. Prov. Contumazá. ca. 12 km sur de Contumazá camino a Cascas. 2530m. *Stein 2049* (Holótipo: USM!; Isótipos: MO!NY!).

Planta erguida, hasta 1 m de alto, o raramente un bejuco trenzado de hasta 2 m de expansión, tallo robusto, glabro. Hojas lineares o linear-lanceoladas, lado adaxial pubescente, blanco-amarillento, lado abaxial glabro, 6-9 cm de largo, 0.5-0.8 cm de ancho. Inflorescencia erecta y laxiflora, hipopodio de las flores primarias 4-7 cm, epipodio 0.8-2cm. Brácteas de las flores primarias frondosas, 5-9 cm de largo y 0,7-1 cm de ancho, brácteas de las flores secundarias también frondosas, glabras, 2-6 cm de largo y 0.5-1.5 cm de ancho. Flores casi 2-2,5 cm de largo, tépalos internos iguales a los externos en longitud, tépalos externos oblongos, rojos externamente, amarillo pálido internamente. Tépalos internos subdivididos en lámina y uña, amarillos con una línea roja externamente y con máculas oscuras oscuras. Ovario 0.3-0.8 x 0.3-0.6 mm. Frutos y semillas ovoides².

Material Examinado

Perú: La Libertad: Provincia Gran Chimú: Distrito. Cascas, Entrada al Bosque de Cachil, vegetación arbustiva primaria, 2200 m, 28.01.2006, *E. Rodríguez R. & S. Arroyo A*, 2932 (42015, HUT). Provincia Gran Chimú, Distrito. Cascas, debajo de la Cordillera de Pulan, entrada al Bosque de Cachil, vegetación arbustiva primaria al pie de rocas, 2200 m, 24.01.2010, *L. Calla et al.* 13 (50004, HUT); Provincia: Gran Chimú, Distrito Cascas, entrada al Bosque de Cachil, 2515 m, 11.05.13, *B. Martínez T. et al.*, 2 (54918 HUT); Provincia: Gran Chimú, Distrito Cascas, entrada al Bosque de Cachil, 2515 m, 11.05.13, *B. Martínez T. et al.*, 11 (54935, 54936 HUT).

Hábitat y Distribución: *B. vargasii* ocurre en valles del norte del Perú en los departamentos de Ancash, Cajamarca y La Libertad, de la vertiente del pacífico en las cuencas del Santa, Magdalena y Chicama respectivamente (Hofreiter & Rodríguez, 2006). En La Libertad se encuentra en la provincia de Gran Chimú y en donde fue recolectada. Habita vegetación arbustiva primaria. Se encuentra en el departamento de Cajamarca; entre los 2200-3800 m.s.n.m. Es endémica para el Perú, categorizada como EN- en peligro, con registro departamental en Cajamarca, La Libertad y Ancash, afectado por la deforestación¹⁰.

DISCUSIÓN

Las 16 especies de *Bomarea* Mirbel encontradas en la región La Libertad pertenecen a tres subgéneros. El subgénero *Bomarea* está representado por 7 especies, el subgénero *Sphaerine* por 1 especie y el subgénero *Wichuraea* por 8 especies. En cuanto a la descripción taxonómica, se puede decir que cada especie de *Bomarea* tiene sus propias características con las que se pueden identificar una de otra, tanto por los subgéneros a los que pertenecen y como la morfología de cada una; los subgéneros se caracterizan por la posición del ovario; así los subgéneros *Bomarea* y *Sphaerine* presenta ovario ínfero, mientras que el subgénero *Wichuraea* presenta ovario semi-ínfero. Otra característica sería la forma de crecimiento; las especies del subgénero *Bomarea* son generalmente bejucos, *Sphaerine* y *Wichuraea* son de crecimiento generalmente erguido¹.

Bomarea alstroemeroides, *B. albimontana* y *B. glaucescens* son nuevos registros para esta región, *B. alstroemeroides*, había sido registrada sólo para Ancash, en este estudio se extiende su distribución geográfica a la Provincia de Bolívar. Igualmente *B. albimontana* mencionada para los departamentos de Ancash y Cajamarca, y en La Libertad en la provincia de Pataz. Así también *B. glaucescens* es conocida para los departamentos de Cajamarca y Piura, con este estudio amplía su frontera geográfica a la provincia de Sánchez Carrión, con la colección de Martínez (7, HUT) y que a su vez es una nueva colección de la especie para el HUT, debido a que las colecciones que se mencionan para esta región están depositadas en el herbario Missouri Botanical Garden (MO), (Trópicos, 2013)¹.

La distribución de la mayoría de especies de *Bomarea* se encuentra en el Corredor de Amotape-Huancabamba. La que se caracteriza por una biodiversidad muy alta y elevada riqueza endémica, Esta región se ubica entre el sur del Ecuador y norte de Perú y la Cordillera Central en el Perú^{1,2,11}, cuyo límite sureño se encuentra entre el sur de La Libertad y norte de Ancash²². En este sentido el endemismo es un instrumento importante para determinar y examinar los objetivos y prioridades de una estrategia para la conservación de la diversidad biológica. Los endemismos peruanos, al igual que en otras floras del occidente del trópico suramericano están vinculados a los Andes (León *et al.*, 2006). De los 22 endemismos en el género *Bomarea* reconocidos para el Perú¹⁰, en La Libertad se encuentran 8 especies endémicas de las cuales solamente 5 son registradas previamente¹⁰. Las especies por incrementar en el Libro Rojo son *B. lopezii* descrita el año 2006¹, sin embargo la misma fue considerada como endémica para el Perú categorizada como VU en el año 2008²³ y EN (en peligro) según UICN 2001 debido a su distribución limitada y al hábitat de ocupación que está sometida a la

deforestación continua²; luego *B. albimontana* fue registrada endémica del Perú para Ancash y Cajamarca y no para la región de La Libertad, esto se debe a que la colección fue realizada años posteriores a la publicación en el Libro Rojo, es categorizada como EN (en peligro) debido a que crece sobre arbustos y la tala son amenazas permanentes¹⁰; *B. foertheriana* y *B. libertadensis* se consideran hasta el momento endémicas para el Perú, ya que aún no existe documentación alguna que los reporten para otros países, lo cual conllevaría a categorizarla como DD (datos insuficientes)²⁴.

Por otra parte *B. alstroemeroides* fue mencionada para La Libertad como única colección y no se encuentra en herbarios nacionales; así también *B. glaucescens* sólo se conoce una colección proveniente de La Libertad recolectada en el año 1988, y no es hasta el año 2013 la que sería la segunda colección para el HUT resulta ser una gran aporte para la ciencia. Otras especies como *B. ovata* no han sido recolectadas para La Libertad desde 1961; o como en el caso de *B. peruviana* desde 1970 como su última colección para esta región, es el caso también de *B. rosea* última colección de 1986. Todas estas especies se encuentran distribuidas en otras regiones, donde han sido recolectadas en años recientes y es considerada (a excepción de *B. ovata* y *B. rosea*) con datos insuficientes debido al escaso conocimiento de su distribución (León & Salinas, 2006). *B. albimontana* fue por última vez recolectada en el 2008, siendo la única colección para La Libertad.

Especies como *B. dulcis*, *B. foertheriana* y *B. setacea* no se recolectaron desde el 2008, pero existen reportes para otros departamentos. Las demás especies registradas para La Libertad han sido recolectadas y dadas a conocer en el presente estudio (*B. lopezii*, *B. goniocaulon*, *B. glaucescens*, *B. libertadensis*, *porrecta*, *B. torta*, *B. tribrachiata*, *B. vargasii*).

Cambios nomenclaturales, debido a sinonimia taxonómica se ha dado en *B. stuebelli* ahora es sinonimia de *B. goniocaulon*¹. Y errores de determinación como es el caso de inventarios registrados^{12,13}; que al ser actualizadas por los especialistas muchas de las especies citadas en dichos documentos han sido corregidas, tal es el caso de *B. foertheriana* confundida con *B. coccinea*, *B. porrecta* fue mal determinado como *B. dulcis* y como *B. torta*. *B. tribrachiata* confundida con *B. ovata* *B. lopezii* fue confundida con *B. cornuta*.

Geográficamente las 16 especies de *Bomarea* están distribuidas en las provincias de Bolívar, Gran Chimú, Trujillo, Otuzco, Pataz, Sánchez Carrión y Santiago de Chuco del departamento de La Libertad. En cuanto al rango altitudinal, habitan desde los 550 m.s.n.m., franja que corresponde a las lomas costeras, y es el caso de *B. lopezii* (Lomas de Virú, Trujillo), que de manera general forman una unidad geológica muy próxima al mar e independiente del macizo de la cordillera de los Andes, es esencialmente arenoso-arcilloso y pedregoso o rocoso²⁵. Las otras especies de *Bomarea* para La Libertad e incluida *B. lopezii* habitan entre los 2200-4200 m.s.n.m. que incluye a los bosques montanos²⁶ y la provincia altoandina (jalca)²⁵.

Los habitantes rurales de la región andina Norte, al Sur de la depresión de Huancabamba y hasta el Departamento de La Libertad, utilizan con frecuencia el término jalcas para referirse a los territorios altos de los Andes²⁷. Desde el punto de vista de biodiversidad, el territorio de las jalcas se encuentra dentro de la zona Amotape-Huancabamba, en los Andes del Norte del Perú y el extremo Sur del Ecuador, que según varios investigadores tienen una biodiversidad excepcional¹¹. Desde el punto de vista geopolítico, comprenden los departamentos de La Libertad en las Provincias de Sánchez Carrión, Santiago de Chuco; Cajamarca en provincias de Cajabamba, San Marcos, Contumazá, Cajamarca, San Miguel, San Pablo, San Miguel, Celendín y Hualgayoc. Las jalcas son una formación de herbáceas junto a arbustos pequeños que en conjunto dan el aspecto de una estepa o pajonal (Weberbauer 1945)²⁷.

Con lo expresado en los párrafos anteriores, se reporta a *B. albimontana*, *B. dulcis*, *B. foertheriana*, *B. glaucescens*, *B. libertadensis*, *B. lopezii*, *B. porrecta*, *B. rosea*, *B. torta*, *B. setacea* y *B. vargasii* habitan esta formación biogeográfica (Jalca). *B. alstroemeroides*, *B. goniocaulon*, *B. ovata*, *B. peruviana* y *B. tribrachiata*, son propias de Bosques montanos²⁸. No se han reportado usos para este departamento; sin embargo, se sabe que es un género importante como plantas de adorno^{3,20}.

En conclusión: (i) de los tres subgéneros de *Bomarea* reportados para el Perú 16 especies se registran para la Región La Libertad: *B. albimontana*, *B. alstroemeroides*, *B. dulcis*, *B. foertheriana*, *B. glaucescens*, *B. goniocaulon*, *B. libertadensis*, *B. lopezii*, *B. ovata*, *B. peruviana*, *B. porrecta*, *B. rosea*, *B. setacea*, *B. torta*, *B. tribrachiata*, y *B. vargasii*, (ii) *Bomarea alstroemeroides*, *Bomarea albimontana* y *Bomarea glaucescens* son nuevos registros para La Libertad, (iii) ocho especies de *Bomarea* endémicas del Perú se presentan en la región La Libertad (*B. alstroemeroides*, *B. albimontana*, *B. lopezii*, *B. peruviana*, *B. porrecta*, *B. vargasii*, *B. foertheriana* y *B. libertadensis*, estas dos últimas reportadas sólo en la región La Libertad y (iv) el Nicho ecológico de *Bomarea* en la región La Libertad es la formación biogeográfica de Jalca y Bosques montanos y se distribuye altitudinalmente entre los 550-4200 m.s.n.m.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Brako L, Jørgensen P. Liliaceae: *Bomarea*. In: Brako, L. & J. Zarucchi (eds.): Catalogue of the Flowering Plants and Gymnosperms of Peru. Monogr. Syst. Bot. Missouri Bot Garden 1993; 45: 607-611.
2. Hofreiter A. A new species of *Bomarea* Mirbel, subgenus *Wichuraea* (M. Roem.) Baker (Alstroemeriaceae). Feddes Repert 2004; 115(5-6): 438-440.
3. Hofreiter A, Tillich HJ. The delimitation, ecology, distribution and infrageneric subdivision of *Bomarea* Mirbel (Alstroemeriaceae). Feddes Repert 2002; 113 (7-8): 528-544.
4. Hofreiter A, Tillich HJ. Revision of the subgenus *Wichuraea* (M. Roemer) Baker of *Bomarea* Mirbel (Alstroemeriaceae). Feddes Repert 2003; 114 (3-4): 208-239.
5. Hofreiter A, Rodríguez E. A new unusual *Bomarea* species in northern Peru (Alstroemeriaceae). Arnaldoa 2004; 11(2): 21-28.
6. Hofreiter A, Rodríguez E. Distribution and phenology of *Bomarea* (Alstroemeriaceae) in the relict forests of northwestern Peru. Rev peru bot 2005; 12(2): 275-282.
7. Hofreiter A, Rodríguez E. The Alstroemeriaceae in Peru and neighbouring areas. Rev peru Biol 2006; 13(1): 5-69.
8. Holmgren K; Holmgren N, Barnett, C. Index Herbariorum. Part. I: The Herbaria of the World. 8th. ed. The New York Botanical Garden, Bronx, New York. U.S.A. 1990
9. León B, Salinas N. Alstroemeriaceae endémicas del Perú. Rev. peru. biol. 2006; 13(2, Edición Especial): 685-689.
10. León B, Pitman N, Roque J. Introducción a las plantas endémicas del Perú. Rev. peru. biol. Número especial 2006; 13(2, Edición Especial): 9s-22s
11. López A. Catálogo de la flora del departamento de La Libertad (primera parte). Arnaldoa 1993; 1(3): 15-44.
12. Mostacero J, Mejia F, Gamarra O. Taxonomía de las Fanerógamas Útiles del Perú. Vol. II. Edit. Normas Legales S.A.C. CONCYTEC. Trujillo-Perú. 1993
13. Mostacero J, Mejia F, Zelada W, Medina C. Biogeografía del Perú. Ed. Asamblea Nacional de Rectores. Lima-Perú. 2007.
14. Oficina Departamental de Estadística e Informática La Libertad (ODEI). 2011. La Libertad Compendio Estadístico 2010-2011. disponible en: (fecha de consulta: 5 de octubre del 2013, 6.00pm.) (<http://www.inei.gov.pe/biblioinei/pub/bancopub/Est/Lib0969/libro.pdf>),
15. Rodríguez E, Rojas R. El Herbario: Administración y Manejo de Colecciones Botánicas. 2da. Ed. Vásquez M. (ed.), Missouri Botanical Garden, St. Louis, U.S.A. 2006.
16. Rodríguez E, Vásquez R, Rojas R, Calatayud G, León B, et al. Nuevas adiciones de angiospermas a la flora del Perú. Rev peru biol 2006; 13(1): 129-138
17. Rodriguez E; Hofreiter A; Campos J, Neill D. *Bomarea longipes* y *Bomarea spissiflora* (Alstroemeriaceae) dos nuevos registros para la flora de Perú. Arnaldoa 2011; 17(1): 36-46.
18. Rodriguez E, Hofreiter A, Mostacero J, Calla L. El género *Bomarea* Mirbel (Alstroemeriaceae) en la Provincia de Contumazá, Cajamarca, Perú. Arnaldoa 2010; 17(1): 131-145,
19. Sagástegui A; Leiva S; Lezama P; Hensold N, Dillon M. Inventario preliminar de la flora del Bosque de Cachil. Arnaldoa 1995; 3(2): 19-34.
20. Sánchez I, Dillon M. Jalcas. Botánica Económica de los Andes Centrales: M. Moraes R., B. Øllgaard, L. P. Kvist, F. Borchsenius & H. Balslev (eds.). Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, 2006: 77-90.
21. UICN. 2001. Categorías y Criterios de la Lista Roja de la UICN. Versión 3.1. Preparado por la Comisión de Supervivencia de Especies de la UICN. UICN, Gland, Suiza y Cambridge, Reino Unido. ii + 33 pp.
22. Ulloa C; Zarucchi J, León B. Diez años de adiciones a la Flora del Perú: 1993-2003. Arnaldoa 2004; (Edic.Esp): 1-242.
23. Weigend M. Observations on the Biogeography of the Amotape-Huancabamba Zone of Northern Peru. The Botanical Rev 2002; 68(1): 38-54
24. Weigend M. Observaciones adicionales sobre la biogeografía de la zona de Amotape-Huancabamba en el norte del Perú: definiendo el límite suroriental. Rev. peru. Biol 2004; 11(2): 127-134.
25. Young K, Niels V. Biogeografía, Ecología y Conservación del Bosque Montano en el Perú. Mem Mus Hist Natural UNMS-Perú, Lima 1992; 21: 5-9.
26. Zamora N. Flora Digital de la Selva. Organización para Estudios Tropicales. 30-agosto. Pág. (2). <http://mobot.mobot.org/W3T/Search/vast.html>. (Fecha de consulta: 29 de Septiembre del 2013: 10.30 am).

Correspondencia:
 Freddy Pelaez Pelaez. fpelaez@unitru.edu.pe



Artículo de Revisión

Genómica: Definiciones, tecnologías y avances en el Perú

Genomics: definitions, technologies and advances in Peru

Miguel Á. Alcalde-Alvites

Universidad Nacional Mayor de San Marcos

RESUMEN

El hito inicial del Proyecto del Genoma Humano y del dogma de la biología molecular, provocaron un gran auge de esta rama que dio pie a la genómica, es así que este artículo plantea los conocimientos y definiciones básicas en genómica, la importancia de esta ciencia ómicas que afecta en muchas áreas y aspectos al hombre, las grandes áreas o divisiones en las que aplica esta ciencia, el estudio de técnicas y tecnologías desde el método enzimático de Sanger hasta las tecnologías Next Generation Sequence (NGS) de los últimos años, finalizando con los avances de la genómica en el Perú por instituciones y universidades. Resaltando trabajos en el estudio de enfrentar enfermedades como la tuberculosis, el desarrollo de la filogenia y comparación de genomas de algunos organismos no identificados y la secuenciación de plantas representantes del Perú como la papa. Estos trabajos usan distintos puntos de la genómica con una variedad de tecnologías que es gracias al financiamiento económico de alguna entidad del estado; pero que al final su propósito es buscar una solución de alguna problemática o proveer un beneficio al país.

Palabras clave: Genómica, nucleótidos, genoma, proteómica, metabolómica, transcriptómica, bioinformática.

ABSTRACT

The initial milestone of the Human Genome Project and the dogma of molecular biology, caused a boom in this sector which led to the genomics, so that this article poses the basic knowledge and definitions in genomics, the importance of this omics science that affects many areas and aspects for to human, the big areas or divisions in applying this science, the study of techniques and technologies from the enzymatic method of Sanger to the technologies Next Generation Sequence (NGS) in recent years, ending with advances in genomics in Peru by institutions and universities. Highlighting work in the study of diseases such as tuberculosis, the development of the phylogeny and comparative genomics of some unidentified organisms and sequencing of Peru's plants representatives like a potatoes. These studies used different parts of the genome with a variety of technologies that is through economic financing some state agency; but in the end its purpose is to seek a solution of any problem or provide a benefit to this country.

Key words: Genomics, nucleotides, genome, proteomics, metabolomics, transcriptomics, bioinformatics.

INTRODUCCIÓN

Desde que se instauró el término genómica en 1920, debido a la búsqueda más allá del estudio individual de los genes, a un punto más amplio: el conjunto de genes de un organismo; los avances médicos de la genómica han progresado de forma rápida de modo que se ha llegado a pensar que la medicina se debe aplicar individualmente, de forma predictiva y preventiva^{12, 26}.

Para esto se debe mencionar que desde que la genética empezó a ser una ciencia revolucionaria en los años 50², con la ayuda de modelos biológicos como la mosca de la fruta, el maíz y el ratón; después de años en 1977 y con los descubrimientos en DNA recombinante, Sanger et al¹¹ abrieron el campo de la genómica utilizando para su época un método recién desarrollado de secuenciación de DNA para secuenciar el genoma de 5400 nucleótidos del virus ϕ X174.

Uno de los proyectos que inicio este arraigue de esta rama fue el proyecto del genoma humano (PGH)^{13, 16}, que significó un esfuerzo colectivo internacional cuyo objetivo fue identificar por completo la información del genoma humano haploide^{9, 10} (3200 millones de pares de bases) y así identificar todos los genes que contiene. Se conoce entonces que el 2% del genoma es codificante, mientras que

el 50% representa secuencias repetidas de diferente tipo de función que aún no es clara¹, aunque básicamente se presume que pueden ser elementos transponibles como LINE y secuencias ALU; otra conclusión de este trabajo se expresó en la observación que los cromosomas no se distribuían de forma regular¹¹.

Otro punto que desplazo el dogma de un gen – una proteína debido a la evidencia de que se presentan 30000 genes que codifican aproximadamente 100 millones de genes, esto se debería al splicing alternativo que sufren y fenómenos epigenéticos. Pero la característica del genoma que nos llega a interesar es que dos individuos no emparentados comparten el 99.99% del genoma⁶, este 0.01% de diferencia se basan en variantes denominadas SNPs^{3,14} (single nucleotide polymorphisms) que es una variación en la secuencia de ADN que afecta a una sola base de una secuencia del genoma, algunos toman en cuenta también a las deleciones y pequeñas inserciones. Además se secuenció el genoma de muchos organismos modelo, y sus aplicaciones médicas, tales como *Haemophilus influenzae*, *Mycobacterium tuberculosis*, *Campylobacter jejuni*, *Vibrio cholerae*, *Neisseria meningitidis*, *Salmonella typhi*, *Plasmodium falciparum*, *Trypanosoma cruzi*, *Leishmania major* y otros. Se ha hecho lo mismo con el genoma de vectores de enfermedades como el del mosquito transmisor de la malaria.¹⁵

En la actualidad se han secuenciado muchos genomas de procariotas y eucariotas; y latinoamérica no es la excepción, por ejemplo en Brasil se secuenció el genoma de *Xylella fastidiosa* un agente patógeno de los cítricos o en el caso de México que se secuenciaron dos megaplásmidos de la bacteria fijadora de nitrógeno *Rizobium etli*⁴; todo esto ha permitido avanzar a grandes pasos el estudio de la genómica y aumentar el interés en ella. Por eso la genómica tiene diversos campos como la genómica estructural, la genómica comparada y la genómica funcional.⁸

También con el pasar de los años se ha estudiado muy exhaustivamente diversas enfermedades genéticas descubiertas luego de esta explosión de la genética, con apoyo del punto de vista molecular se clasificaron muchas de estos problemas como enfermedades cromosómicas, monogénicas o mendelianas y multifactoriales; y a su vez estos cambios sufridos en el ADN son dados por una diversidad genética o mutaciones (cromosómicas, puntuales o génicas). Pero a pesar de todo, estos males que se presentan tienen diferente métodos de estudio basados en distintos procesos basado en estudios citogenéticos y bioquímicos que sobre todo se basan en el procedimiento de estudios moleculares¹⁸.

En el Perú, estos estudios de la mayoría de enfermedades se realizan a un grado menor y solo por algunas instituciones que cuentan con un respaldo económico considerable para realizar investigaciones con ayuda de convenios tanto dentro y fuera del país; por lo que este artículo de revisión plantea los conocimientos sobre las definiciones de la genómica, sus ramas de investigación, las tecnologías desde sus inicios hasta lo actual, y finalmente mostrar la perspectiva de lo que se ha logrado investigar por instituciones y universidades en cuanto a genómica en el país a lo largo de estos últimos años.

El contenido de este artículo se sustenta en la revisión, análisis e interpretación documental relacionada al campo de la genómica, para lo cual se ha examinado en documentos diversos que dan sustento al objetivo de referenciar los avances realizados en las diferentes líneas de genómica. Se analizaron libros, artículos de revistas indizadas, tesis y documentación especializada en el tema, iniciándose la revisión bibliográfica en Google Book y Google Scholar con los siguientes descriptores: Genómica, base de datos, uso de tecnologías para genómica, y luego en la base de datos de Dialnet, Redalyc y SciELO utilizándose los mismos descriptores. Para el análisis y revisión de la literatura se ha considerado el periodo desde el año 2000 al 2014, tiempo en el que tiene una mayor incidencia la aplicación de la genómica en biología y otras ciencias. Después de realizar este procedimiento se organizó el artículo estructurándolo desde su definición, importancia, áreas o divisiones, tecnologías usadas y una evaluación de la genómica en nuestro país (Perú), finalizando con las conclusiones sobre el tema.

Genómica

La genómica es una ciencia que se enfoca al estudio de los genomas así como los genes que contienen, sus funciones, las interacciones entre ellos y con los factores ambientales. Además menciona que el estudio de los genomas incluye los mapas genómicos, las secuencias genómicas y las

funciones génicas, por lo tanto, se puede considerar una rama de la genética que estudia los organismos en términos de sus genomas³⁷.

Además, la genómica va más allá de la simple descripción de los genes, para incluir la funcionalidad de las proteínas, que producen, sus interacciones, las maneras en que unos genes regulan la transcripción de otros y la descripción de circuitos complejos de interacciones, con un mejor entendimiento de las células y los organismos³⁸.

Importancia

Esta gran similitud que se expuso en el proyecto del genoma humano de entre dos individuos o aún mejor la poca diferencia entre esas dos personas no familiarizadas permitiría hacer un estudio más exclusivo de las enfermedades ya no de forma fenotípica sino buscando una cura específica según su fenotipo, ya que a su vez las tecnologías genómicas han aumentado la expectativa de un uso predictivo e individualizado a cada persona basándose en su código genético; todo esto permitirá una nueva forma de prevención, diagnóstico y tratamiento de muchas enfermedades⁵, esto basándose en que se podría saber que individuo está con la predisposición genética a sufrir una enfermedad, de modo que si adaptamos su ambiente se modificaría y manejaría muchas de las enfermedades simples que estamos afrontando.

De modo que el estudio de los SNPs podría permitir la predicción de la susceptibilidad hacia una enfermedad y el pronóstico de la misma. Los SNPs también pueden modificar la penetrancia de las mutaciones. A su vez la identificación de SNPs también puede ayudar a individualizar la terapia medicamentosa, potenciando la eficacia que presentaba y a su vez disminuir su toxicidad^{15,21}.

No todo en la respuesta a los fármacos es de forma médica, como menciona Aldecoa (2006) apareció una rama de la farmacología denominada como farmacogenética, que es el estudio de cómo los genes afectan la respuesta de las personas a los fármacos; y que dio origen posteriormente a la farmacogenómica, que básicamente es el uso de la información secuenciada del ADN para medir y predecir la respuesta de un individuo a los fármacos. Con los años se observó de forma clara que la farmacogenética es útil ya en la práctica clínica como en el caso de la II guerra mundial, cuando el descubrimiento que cerca del 10% de población afroamericana tenía alelos polimórficos de la glucosa 6 fosfato deshidrogenasa (G6PD) que condicionaba a la anemia hemolítica cuando tomaban el antimalárico primaquina; y aproximadamente 0,04% de la población general son homocigotos para alelos de la pseudocolinesterasa (presentan dos alelos iguales para ese gen), los cuales no pueden inactivar el relajante muscular succinilcolina, lo cual terminaba con la vida del paciente por una parálisis respiratoria, o que el 10% de personas caucásicas son homocigotes para los alelos del gen CYP2D6 del citocromo P450 por lo cual no metabolizan la droga antihipertensiva debrisoquina; estos casos dieron inicio a la idea de que los fármacos son influidos por los genes.

Con estos casos se dio inicio a la farmacogenómica, con el uso de chips de expresión (chips de ESTs, expression sequence tags), permitiendo el descubrimiento de nuevos blancos terapéuticos.²⁰ Pero para continuar con todo este trabajo que se está realizando en todo el mundo y Latinoamérica no debería quedarse estancado solo en conceptos médicos simples y arcaicos; hay que tener objetivos muy claros, en cómo aplicar estas nuevas técnicas y lo que se requiere para las mismas.

A su vez con el conocimiento de la genómica existen muchos temas implicados que afectan a la población en general, es el caso por ejemplo de condicionar a una persona con una enfermedad, como el mal de Huntington que afecta en la etapa adulta y se caracteriza por una demencia y que hasta ahora no presencia terapia, es donde surge otro problema que si es necesario contar al paciente todo su “test genético” sin ocultarle información que puede afectar al paciente; pero como principal problema ético y legal sería la manipulación genética o eugenesia entre los individuos, es decir, seleccionar los “mejores” individuos entre los demás y quien debería realizar esta discriminación²³.

Para todo esto el primer punto a tomar en cuenta es aplicar de forma clara y precisa los conceptos de la medicina genómica a la medicina clínica¹⁹, teniendo ese lugar de inicio y estableciendo los reglamentos con apoyo de las instituciones respectivas. Obteniendo los recursos necesarios, empezar a realizar los sistemas de herramientas con un centro de investigación basándose en el apoyo de la bioinformática, que emplearan una firme línea de investigación abierta en las áreas de genómica comparada, funcional y aplicada.²⁷ Por último la difusión de los avances propios en genómica y afines tiene que divulgarse de forma profesional y para el público en general, con apoyo de expertos en genética y bioética²⁴.

Áreas de la Genómica

Desde que el término genómica se acuñó, esta ciencia que integra varias áreas de la biología que se interrelacionan entre ellas como la biología molecular, la bioquímica, la bioestadística, la citogenética, la bioinformática, etc. Esta última rama de la biología, denominada como bioinformática, apoya en general a la genómica con bases de datos de secuencias que permiten analizar estructuras en 3D, comparación de genomas completos o de genes específicos por medio de alineamientos, el funcionamiento de sitios activos de los fármacos en el DNA o alguna proteína; todo esto después de obtener el genoma de cada especie por medio de las tecnologías de secuenciamiento³⁶.

La clasificación o división de la genómica ha pasado a 3 áreas: la genómica estructural, la genómica funcional y la genómica comparativa. La primera caracteriza la naturaleza física de los genomas. Incluyen al mapa físico, que están basados en el análisis del ADN, poniendo los genes respecto a distancias medidas en el número de pares de bases, kilobases (kb) o megabases (mb); al mapa genético que proporcionan una aproximación a grandes rasgos de las localizaciones de los genes en relación con las de otros genes conocidos y esto fue realizado básicamente por índice de recombinación que presentan los genes; y finalmente la secuencia del genoma entero de los organismos con distintos métodos de secuenciación.

La Genómica funcional estudia la función biológica de los genes, su regulación y sus productos. Técnicamente es el estudio simultáneo de todos los genes involucrados en un estado fisiológico determinado o en un tejido en particular, eso quiere decir que permite predecir redes entre los genes estrechamente relacionadas con procesos biológicos determinados. Entre los métodos que usa en esta área están el northern blot, el PCR cuantitativo, la hibridación substractiva y el uso de Microarrays.

Mientras que la Genómica Comparativa, compara secuencias de genes y proteínas de diferentes genomas para esclarecer las relaciones funcionales y evolutivas que puedan tener. Esta área de la genómica usa una amplia gama de técnicas y recursos, que incluyen a la construcción y utilización de bases de datos que contengan secuencias nucleotídicas y aminoácidas, técnicas citogenéticas de cartografía génica como la hibridación in situ fluorescente (FISH), y métodos experimentales, como la mutagénesis²⁹.

Técnicas de secuenciamiento para el análisis genómico

Desde que se descubrió que era el genoma y la función que llega a tener en los distintos procesos biológicos; se buscó métodos, técnicas, instrumentos, etc. que permitan la obtención de esta información. Los primeros en realizar un método denominado secuenciamiento del DNA, fueron Frederick Sanger y colaboradores entre 1975 y 1977; esta técnica se caracteriza por la utilización de didesoxinucleótidos trifosfato (ddNTPs). Estos dNTPs son desoxinucleótidos de los 4 nucleótidos diferentes (dATP, dTTP, dCTP y dGTP) que carecen de uno de los grupos hidroxilo, esto es importante ya que así no puede continuar alargándose debido a que la enzima DNA polimerasa necesita un extremo 3' OH para añadir el próximo nucleótido, además también necesita el ddNTP, marcado en forma radioactiva o química, que carece de este grupo hidroxilo. Finalmente se producen varios fragmentos de ADN de distinta longitud, que se desnaturalizan por calor y se separan por tamaño mediante la electroforesis en un gel de poliacrilamida. Cada una de las cuatro bases nitrogenadas se corre en distintos pozos y se visualizan las bandas de ADN mediante autoradiografía o luz ultravioleta, tal y como como se visualiza en la Fig. 1

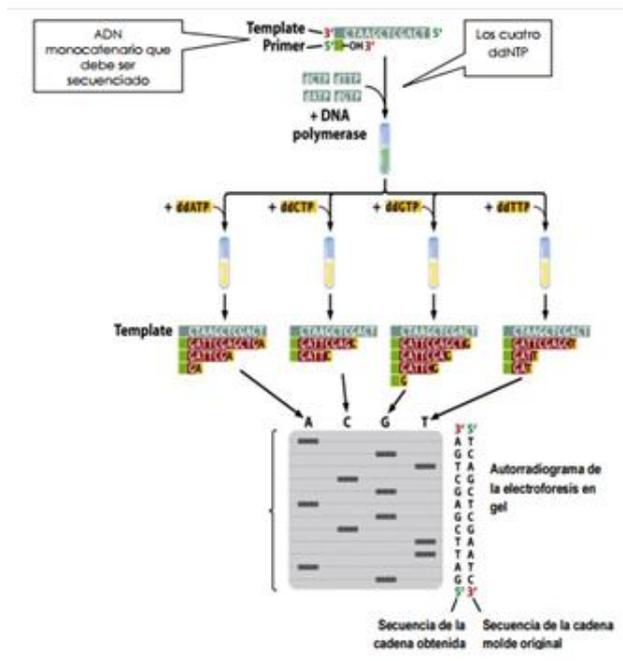


Fig.1 Método enzimático de Sanger

Fuente: http://www.vet.unicen.edu.ar/html/Areas/Mejora_genetica/Documentos/2012/GENOMICA.pdf

Luego de que se conociera el método enzimático de Sanger, se logró mejorar algunos pasos de la secuenciación y hasta realizarlo de forma automatizada; como la secuenciación automática de Sanger, la secuenciación automática en geles desnaturantes de acrilamida/bisacrilamida y los secuenciadores automáticos capilares.

Pero la secuenciación de genomas completos tomó otro rumbo y se llegó al nivel de realizarlo más rápido y a gran escala. Uno de los métodos de secuenciación es la de clon a clon que se basa en la construcción de una biblioteca con fragmentos clonados que incluyen el ADN de todo el genoma de un organismo, que luego se van a unir por medio de mapas genéticos y físicos. El clonado se realiza con 2 elementos:

- Enzimas de restricción, estas son proteínas aisladas de bacterias cuya función es escindir las hebras de ADN y estas son específicas a lugares denominados “sitios de restricción”, según el corte se clasifican en: enzimas que generan “extremos romos” y enzimas que generan “extremos cohesivos”, se muestra en la figura siguiente.



Fig. 2. Enzimas de restricción según su corte

Fuente: http://www.vet.unicen.edu.ar/html/Areas/Mejora_genetica/Documentos/2012/GENOMICA.pdf

- Los vectores, que son moléculas transportadoras que transportan y replican fragmentos del DNA que se encuentran insertados en ellos. Para que se denomine como vector, este debe ser capaz de replicarse junto con el fragmento de DNA que transporta. Existen 2 tipos de vectores: los vectores procariontes que pueden ser plásmidos que provienen de las bacterias, bacteriófagos que son los que infectan bacterias, los cosmidos que provienen de plásmidos y fagos; y los vectores eucariotes que pueden ser los YAC's que provienen de cromosomas

artificiales de las levaduras y los BAC's que provienen de cromosomas artificiales de bacterias.

El método de secuenciación de clon a clon inicia con un corte por la enzima de restricción para introducir en su material genético la secuencia que necesitamos clonar, este vector que puede ser un plásmido con el DNA recombinante es ingresado al organismo donde deseamos clonar la secuencia, en este caso es una bacteria. Luego por el proceso de transformación bacteriana se obtendrá más bacterias replicadas con la DNA recombinante que luego serán seleccionadas, observar figura 3.

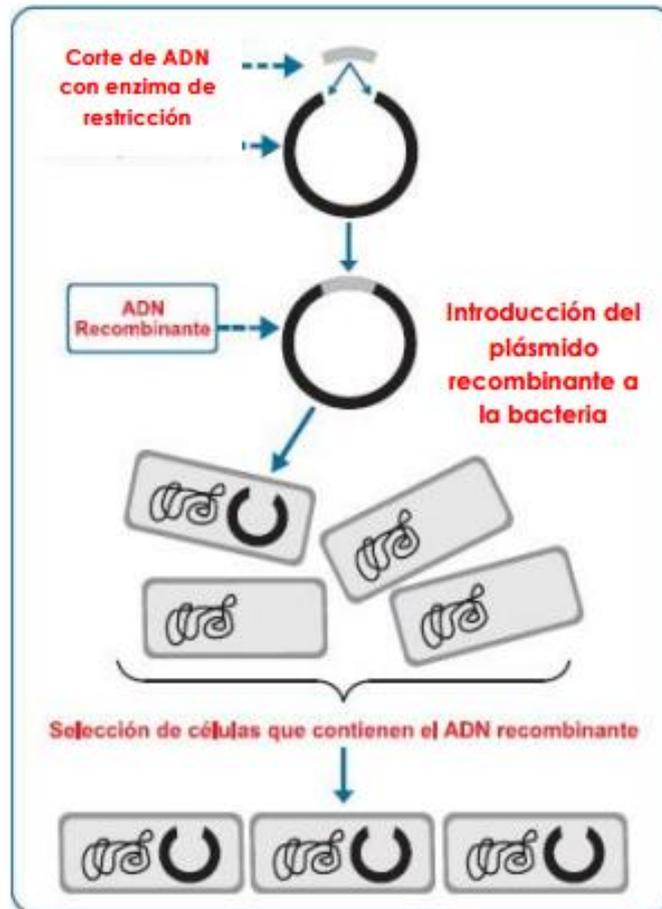


Fig. 3 Estrategia general para clonar un gen

Fuente: http://www.vet.unicen.edu.ar/html/Areas/Mejora_genetica/Documentos/2012/GENOMICA.pdf

Otro método de secuenciación es el de shotgun sequencing o secuenciamiento de los perdigones que fue propuesto por James Watson y Francis Collins. Esta técnica consiste en secuenciar el genoma completo, cromosoma por cromosoma de un extremo al otro. Se realiza 2 o 3 fragmentos del ADN, el tamaño dependerá de cada tamaño del genoma. Luego se construye una biblioteca genómica con el uso de vectores BAC's. Se seleccionan y secuencian clones al azar de estas bibliotecas, finalmente se utiliza un programa para ensamblar y superponer largos tamaños de la secuencia a partir de los fragmentos cortos, usando las secuencias de los clones más largos como marco de referencia, ilustrado en la Fig. 4.

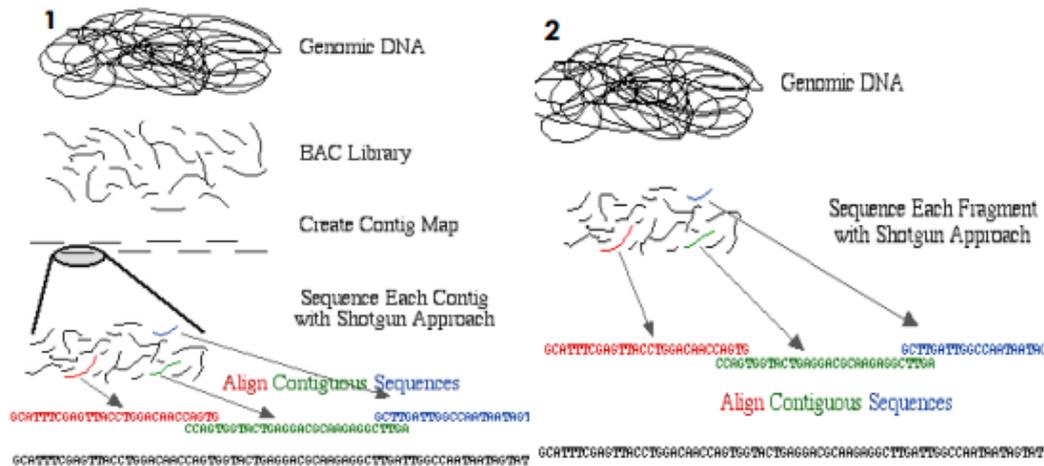


Fig. 4. 1) Método Hierarchical Shotgun Sequencing
 2) Shotgun Sequencing

Fuente: http://www.vet.unicen.edu.ar/html/Areas/Mejora_genetica/Documentos/2012/GENOMICA.pdf

Si bien estos métodos fueron revolucionados para el avance de la genómica, se crearon otras técnicas para áreas específicas como la bioinformática, la biomedicina, y la farmacogenómica.

Uno de estos métodos es el uso de microarrays de DNA. Un microarray es un gran número de moléculas de DNA que están ubicadas sobre un material sólido de forma que se forma una matriz de secuencias en 2 dimensiones. Este material genético puede ser oligonucleótidos, cDNA (DNA complementario) o productos por el PCR (reacción en cadena de la polimerasa). El DNA de la muestra es marcado por métodos enzimáticos o fluorescentes, y se incuban con este material genético inmóvil en el soporte, de secuencias homologas. Durante la hibridación de las cadenas, las muestras de DNA marcadas, se unirán a sus complementaria inmovilizadas en el soporte del chip, logrando así la identificación y cuantificación de ADN que se encuentra en la muestra. Luego con el escáner y herramientas de la informática nos permitirán interpretar y analizar los datos que se obtuvieron.³¹ Las aplicaciones de los microarrays son variadas, entre ellas tenemos la caracterización del ADN, realizado por medio de una secuenciación por hibridación, la cuantificación del DNA, que sirve para el análisis de expresión génica y descubrimiento de nuevos fármacos, la comparación del DNA, identificación de polimorfismos y comparación de secuencias homologas, la identificación de sitios de unión a las proteínas y la detección de modificación epigenética.

Finalmente se buscó reducir el costo en la búsqueda de obtener genomas de más organismos y se creó las tecnologías NGS (Next Generation Sequencing) o conocidas como las de alto rendimiento. El concepto detrás de esta tecnología es que unos pequeños fragmentos de ADN son secuencialmente identificados a partir de sus señales emitidas, ya que cada fragmento se resintetiza a partir de una hebra molde de ADN; entonces las NGS extienden este proceso a través de millones de reacciones de una manera masiva en paralelo, en lugar de limitarse a una sola o unos pocos fragmentos de ADN. Este avance permite una rápida secuencia de las grandes extensiones de pares de bases de ADN que abarcan todo el genoma, con esto son capaces de secuenciar cientos de gigabases de datos en una sola corrida.³³

Entre los métodos de tecnologías NGS más conocidas están:

- La amplificación clonal in vitro, básicamente su uso se debe a que los métodos de detección molecular frecuentemente no son lo suficientemente sensibles para la secuenciación de una sola molécula, y este si obtiene muchas copias de cada molécula individualmente.
- El método Illumina, para esta técnica hay que considerar que la muestra de ADN genómico (ADNg) se fragmenta en una biblioteca de pequeños segmentos que deben ser uniforme y preciso por secuenciación de millones de reacciones paralelas. Las bases nitrogenadas recién identificados, llamadas lecturas, son luego montadas usando un genoma de referencia conocido como un scaffold (resecuenciación), o en ausencia de un genoma de referencia (secuenciación de novo). El conjunto completo de lecturas alineadas revela la secuencia completa de cada cromosoma en la muestra gDNA.³⁰

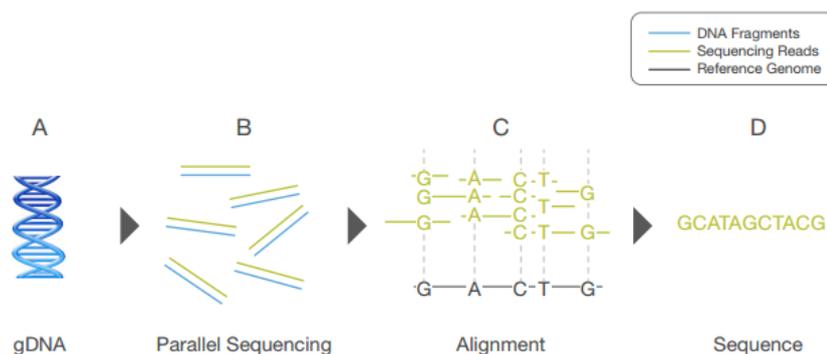


Fig. 5 Concepto general de la secuenciación de todo el genoma
Fuente: Illumina (2011)

- La secuenciación por ligación, es otro método enzimático de secuenciación que emplea una ADN ligasa en lugar de una polimerasa para identificar la secuencia objetivo. Este tipo de secuenciación utiliza un reservorio de todos los oligonucleótidos posibles de una longitud específica, marcados de acuerdo con la posición en la que se secuencia. Los oligonucleótidos se hibridizan y ligan; el ligamiento preferente de las ADN ligasas por su secuencia específica produce una señal correspondiente con la secuencia complementaria en esa posición específica.³⁴

Genómica en el Perú

La explosión de las ciencias ómicas (genómica, proteómica, metabolómica, transcriptómica) ha hecho que nuestro país no esté exento a este auge, siguiendo a países como México, que desarrolló en el 2004 un instituto especializado denominado INMEGEN con ayuda de fundaciones del estado; siendo este organismo el encargado de estudiar enfermedades como la diabetes, la obesidad, problemas cardiovasculares y cáncer.³²

La mayoría de proyectos de esta índole tienen un financiamiento por parte de CONCYTEC (Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica) y FINCYT (Fondo para la Innovación, Ciencia y Tecnología), instituciones que apoyan económicamente y fomentan a que se progrese con la genómica y en un futuro el que se abarque otras áreas.³⁵

A su vez ya existen universidades que han iniciado estos estudios tales como la Universidad Nacional Mayor de San Marcos en laboratorios de bioinformática donde se analizan el genoma evolutivo de algunos organismos, generalmente gastrópodos, como el de *Bostryx aguilari* que es un caracol de las lomas de la costa peruana. Este estudio fue analizado por medio de amplificaciones de dos marcadores mitocondriales (COI y 16S rRNA) y un marcador nuclear (rRNA), procediéndose luego a una caracterización genómica por marcador, finalmente elaborando una reconstrucción de árboles filogenéticos con ayuda de la base de datos del GenBank usando métodos como el de Neighbor-Joining, máxima parsimonia, máxima verosimilitud e inferencia bayesiana. Mostrando relación con otras especie como *B. conspersus* y *S. versicolor*, y se demostró que el marcador COI es eficiente como un código de barras para *B. aguilari*.⁴⁴

Otros laboratorios como el de la facultad de farmacia y bioquímica de esta prestigiosa universidad, presentan trabajos de estudios por ejemplo acerca del virus causante de la tuberculosis, el *Mycobacterium tuberculosis*, y su metabolismo en condiciones de hipoxia. Esto se realizó usando genes de *Mycobacterium tuberculosis* exactamente 355 genes de MT H37Rv, cuya expresión ha sido demostrada que es inducida bajo condiciones de hipoxia, y 359 cuya expresión es reprimida; todo se realizó por medio de la técnica de microarrays. Luego se comparó la información de secuencia de los genes con expresión inducida y reprimida, posteriormente a cada gen se le asignó una vía metabólica, usando la información sobre MT de la librería de genes y genomas de Kyoto (KEGG), y el procesamiento de secuencias, empleando el programa PATH-A. Finalmente se concluyó que en condiciones de hipoxia se encuentran reprimidos muchos genes relacionados a vías metabólicas que implican gasto de ATP, encontrándose inducidos algunos genes cuyas proteínas participan en vías del

metabolismo central, tales como el metabolismo del piruvato, glucólisis y ciclo del ácido cítrico. La importancia de este trabajo es la creación de dianas farmacéuticas específicas para el estado de latencia de esta bacteria.⁴⁵ En esta misma bacteria también se estudió las proteínas frente al estrés oxidativo por medio de procedimientos bioinformáticos de acceso libre. Para eso se evaluó distintos genes que se comparó con el genoma de *Mycobacterium tuberculosis* H37Rv a través del NCBI (National Center for Biotechnology of Information) .A su vez se usaron programas como MAXHOM para el alineamiento de residuos conservados, SWISS-MODEL para las estructuras tridimensionales y GENESILICO para el modelaje del método de reconocimiento de plegamiento. Se concluyó así que las proteínas codificadas por los genes katG, ahpD y mgtC, siendo estos candidatos para ser blancos farmacológicos por presentar una similaridad significativa con alguna proteína codificadora por genes presentes en el genoma humano y no presentan redundancia en el genoma del *Mycobacterium tuberculosis*.⁴⁶

Además, una tesis presentada en esta universidad nacional, aisló y caracterizó marcadores moleculares microsatélite a partir de la construcción de librerías genómicas de *Ipomoea batatas*. La importancia en esta especie conocida como camote es debido a la falta de marcadores microsatélite para este cultivo. Es así que se construyeron 2 bibliotecas utilizando el DNA del cultivar africano “Tanzania”, este trabajo empleó técnicas de clonamiento de los fragmentos en plásmidos pCR2.1 TOPO y su posterior transformación en *E.coli*; luego se prosiguió con la selección de clonas con el producto deseado. Finalmente se extrajo el DNA plasmídico y se secuenció por el método de Sanger. En conclusión con estos marcadores son un potencial utilidad para la identificación temprana y eficaz de clones de *Ipomoea batatas* L., así como para la eliminación de duplicados del banco de germoplasma que es importante para trabajos en el INIA (Instituto Nacional de Innovación Agraria) o del CIP (Centro Internacional de la Papa).⁴⁷

En el caso de la Universidad Cayetano Heredia y la Universidad Agraria de la Molina que estuvieron muy relacionados con el tema del genoma completo de la papa. Produjeron el proyecto que se comenzó en el año 2006 a iniciativa de varios países, claramente entre ellos el Perú, para esto se formó un Consorcio de Secuenciación del Genoma de la Papa (PGSC). Al inicio del proyecto, el PGSC empleó una estrategia que consistió en dividirse y asignarse trabajo por cromosoma entre los países miembros, utilizando una planta diploide llamada RH89-039-16 (RH) desarrollada a partir de la papa cultivada *Solanum tuberosum*. Se presentó un primer borrador en el año 2009, basados en las tecnologías de siguiente generación (NGS). Se logró finalizar a los 2 años siguientes para obtener el genoma que incluye aproximadamente el 95% de los genes de la papa y su secuencia muestra que contiene aproximadamente 39.000 genes codificadores de proteínas. De igual manera, entre otros importantes resultados, se ha logrado conocer la ubicación de 90% de los genes en los 12 cromosomas que tiene la papa.³⁹

A su vez ciertas instituciones presentan muchos proyectos como el presentado por el Centro de Genética y Biología Molecular de la Facultad de Medicina la Universidad de San Martín de Porres (CGBM-USMP) con ayuda de la Sociedad Peruana de Criadores de Alpacas y Llamas (SPAR), elaboraron un banco genómico por medio de una plataforma para identificar genes relevantes a productividad de lana de estas especies (aprovechando genes homólogos de otras especies), generaron marcadores y confeccionaron un mapa cromosómico donde se ordenen los genes y marcadores a medida que se vayan descubriendo.⁴⁰

Otra institución como el Instituto Nacional de Salud (INS) presenta estudios de índole mundial como el trabajo de aislamiento de la influenza A (H1N1) pdm09 que azotó en el año 2009, en donde se analizaron la secuencia de todo el genoma de este virus. Entre las técnicas usadas se encuentran RT-PCR para la amplificación y para la secuenciación usaron el BigDye Terminator versión 3.1 cycle sequencing kit (ABI). En los resultados se demostró que esta cepa presenta mutaciones nuevas de la proteína hemaglutinina (HA) que pueden causar una deriva antigénica que produce una disminución en el efecto protector de la vacuna.⁴¹ Otros trabajos se acercan más con la realidad de nuestro país como la detección de *Mycobacterium tuberculosis*, causante principal de la tuberculosis, por medio del PCR amplificando un elemento repetitivo de la familia rep12e12; este trabajo concluyó que este nuevo blanco de amplificación para la detección específica de miembros del complejo *M. tuberculosis*, presentó elevada sensibilidad in vitro en esta evaluación preliminar con muestras de esputo. De modo tal que puede ser aplicable en casos de difícil diagnóstico, tales como TB paucibacilar.⁴² Otro problema con esta bacteria es su resistencia que presentan, un estudio logró con la secuenciación de

todo el genoma de una cepa de linaje latino-mediterráneo (LAM) de *Mycobacterium tuberculosis* sensible a los fármacos en Perú nos permitió conocer mutaciones en la biosíntesis secundaria, el transporte, y el catabolismo de metabolitos (COG) que para otras cepas sensibles. Todo esto se realizó con marcadores SNP y VNTRS, y el secuenciamiento fue usando la máquina de secuenciamiento Illumina HiSeq 2000. En conclusión este estudio contribuye a la comprensión de la diversidad genómica de *M. tuberculosis* sensible a los fármacos para su posterior diseño de estos medicamentos.⁴³

CONCLUSIONES

La genómica ha ido evolucionando a lo largo del tiempo desde el inicio del proyecto del genoma humano, esta rama se dividió en diversos campos y además está en busca de mejoras por que se relaciona con otras ramas como la proteómica y la metabolómica; a su vez el avance progresivo de enfermedades “degenerativas” en la población como el Alzheimer y el Parkinson, enfermedades comprobadas como afectadas por factores ambientales como el cáncer o diabetes, enfermedades de resistencia a los fármacos como la tuberculosis han dado pie al inicio de una carrera por la cura de estas afecciones, con el propósito de basarnos en un conocimiento de la medicina genómica con ayuda de estudios anteriores como del Proyecto del Genoma Humano (PGH) y otros relacionados al área. Además de la existencia ya de casos importantes de fármacos que sirven remediar algunas enfermedades, pero que su efecto va a depender del genotipo de un gen específico y que aún no se estudian del todo o no se busca una solución para el grupo afectado.

Es así que una ampliación de los conceptos básicos de medicina clínica con ayuda de esta rama de las ómicas permitirían un sustento conceptual extenso que no solo describa al organismo fenotípicamente, sino prevenir la enfermedad con un análisis genotípico que se llevará a cabo por medio de estas técnicas de biología molecular que posiblemente en unos años se encuentren a la mano de la persona que lo requiera de forma económica y practica de entender, sin tampoco olvidar que este debe ser apoyado con estudios en la proteómica, metabolómica y transcriptómica de las enfermedades.

Finalmente para realizar todo este trabajo en nuestro país, se requiere de laboratorios con cierta especialización y sofisticación, en nuestro país son poco los que hay con estas características pero va en aumento , para esto se necesita de una solvencia económica de parte del estado o de empresas privadas para las instituciones o universidades que deseen producir una respuesta metódica contra estas enfermedades que acarrear a nuestra población, como se está haciendo con el caso de la tuberculosis, enfocándose desde distintos puntos de la genómica con distintas tecnologías y técnicas. Estos avances en el campo medico claramente no se deben alejar del campo de la investigación para el conocimiento con profesionales capacitados en el área de las ómicas para poder seguir avanzando de la mano con la globalización de los conocimientos del extranjero que permitan establecer congresos, simposios, proyectos, tesis y grupos de investigación en nuestro país.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Pastene E, Mercado G, Valencia I. Medicina Genómica. Boletín del Centro Nacional de Genética Médica. 2003; 2:1-8.
2. Lacadena, J. En el centenario de Mendel: La Genética ayer y hoy editor. Una perspectiva histórico-conceptual de la Genética. Madrid: Alambra S.A; 1984. p. 103-166.
3. Salamanca-Gómez F. Medicina Genómica. Gaceta Médica de México. 2004; 140(1): 97-98.
4. Cervantes G, Meléndez E, Cravioto A. Genómica y salud pública. Revista de la Facultad de Medicina UNAM. 2005; 48(4): 154-157.
5. Raggio V, Roche L, Esperón P, Stoll M. Curso Online: Introducción a la medicina genómica, primera experiencia. Revista Médica De Uruguay. 2007; 23: 116-121.
6. Jimenez-Sanchez, G. Developing a platform for genomic medicine in Mexico. Science. 2003; 300: 295-296.
7. Bernal J, Suárez F. La era genómica y proteómica de la medicina. Universitas Médica. 2007; 48(2): 104-117.
8. Cevallos M. La contribución de las ciencias genómicas al estudio de la vida. Mensaje Bioquímico. 2008; 32: 1-10.
9. U.S. Department of Energy of Biological and Environmental Research. Human Genome News. 2002; 12(1-2): 1-2.

10. U.S. Department of Energy of Biological and Environmental Research. Human Genome quarterly. 1990; 1(3): 1-12.
11. Klug W, Cummings M, Spence C. Genómica y Proteómica (1). Madrid: Pearson Education S.A; 2006.
12. Tabaréz B, Frías J. Farmacogenética: Hacia una terapia personalizada más segura y eficiente (3). Genómica y Medicina. Madrid: Esteve; 2004. pp.55-80.
13. Aréchiga H, Drucker R, Jimenez-Sanchez G, Laclette J, López A, Martuscella J, et al. El proyecto del genoma humano: perspectivas de la medicina genómica. Revista de la Facultad de Medicina UNAM. 2000; 4(5): 202-205.
14. Jimenez-Sanchez G. El genoma humano-Implicaciones de la medicina genómica en México. Gaceta Médica. 2004; 140(2).
15. Castro I. Impacto de la revolución genómica en la salud de los países latinoamericanos. Revista Costarricense de Ciencias Médicas. 2005; 26(3,4).
16. Jimenez-Sanchez G, Cuauhtémoc J, Soberón G. Desarrollo de la medicina genómica en México. La Salud en Durango. 2004; 5(1): 5-16.
17. Mendoza L. Proyecto Genoma Humano y medicina Genómica en México: su efecto en instituciones y organismos, en lo político y en la sociedad. 2010: 29-35. [Artículo en internet]. [Recuperado el 6 de marzo del 2015]. En: http://www.difusioncultural.-uam.mx/casadeltiempo/35-iv_sep_2010/casa_del_tiempo_eIV_num35_29_33.pdf
18. Guillén E. Bases moleculares de las enfermedades genéticas-Aproximación de la patología molecular. Pediatría Integral. 2002; 6(9): 787-794.
19. Román S, Parduro A. Medicina genómica: currículo y formación de recursos humanos en salud. Redaly.org. 2005; 7(2): 98-104.
20. Carracedo A. Presente y futuro de los avances en genómica y sus consecuencias en la práctica de la medicina de familia. Medifam. 2003; 13(4).
21. Ramírez-Bello J, Vargas-Alarcón G, Tovilla-Zárate C, Fragoso J. Polimorfismos de un solo nucleótido (SNP): implicaciones funcionales de los SNP reguladores (rSNP) y de los SNP-ARN estructurales (srSNP) en enfermedades complejas. Gaceta Médica de México. 2013; 149: 220-228.
22. Stepke F, Rodríguez E, Valdebenito C. El proyecto del genoma en la literatura biomédica latinoamericana de cuatro países. Acta Bioethica. 2004; 10(2): 167-180.
23. Pagado S. Proyecto Genoma Humano. Utilizaciones y aplicaciones de las técnicas genéticas en el ser humano: los principios de igualdad y no discriminación [Tesis]. Belgrano: Universidad de Belgrano; 2005.
24. Jean-Luc M, Antoine J. Genoma y bioética: Una visión holística de cómo vamos hacia el mundo feliz que nos prometen las biociencias. Acta Bioethica. 2004; 10 (2): 131-141.
25. Vivanco F. Genómica, proteómica y medicina. 9na Edición del Curso de Biotecnología aplicada a la Salud Humana. 2011: 15-29. [Revista en Internet]. [Recuperado el 8 de marzo del 2015]. En: https://s3-eu-west-1.amazonaws.com/farmavet/amgen.es/web/archivos/biotecnologia9/2_Genómica.%20proteómica%20y%20medicina.pdf
26. García-Vallejo F. La genómica nutricional: un nuevo paradigma de la investigación de la nutrición humana. Colombia Médica. 2004; 35(3): 150-152.
27. Vidal M. Proyecto genoma humano: sus ventajas, sus inconvenientes y sus problemas éticos. Cuadernos de Bioética. 2002; 3: 393-413.
28. Gómez H, Rico G. El paradigma de biotecnología y la medicina genómica: ¿Un obstáculo o una oportunidad de integración para la industria farmacéutica mexicana?. SinncO. 2008; 9: 5-10.
29. Universidad Nacional del centro de la Provincia de Buenos Aires. Genómica. 2012: 1-29. [Revista en Internet]. [Recuperado el 6 de marzo del 2015]. En: http://www.vet.unicen.edu.ar/html/-Areas/Mejora_genetica/Documentos/2012/GENOMICA.pdf
30. Illumina. An introduction to Next-Generation Sequencing Technology. Illumina web. 2011: 1-23. [Revista en Internet]. [Recuperado el 8 de marzo del 2015]. En: http://www.illumina.com/content/dam/illumina/marketing/documents/products/illumina_sequencing-introduction.pdf
31. López M, Mallorquin P, Vega M. Microarrays y Biochips de ADN. Genoma España. 2002: 1-55. [Revista en Internet]. [Recuperado el 8 de marzo del 2015]. En: <http://www.cecalc.ula.ve/bioinformatica/-BIOTUTOR/Microarrays.pdf>
32. Gutiérrez A, Mayorga L. La Era Post-genómica en Biomedicina. Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas. 2011; 42(2): 7-13.
33. Nielsen C et al. Visualizing genomes: techniques and challenges. Nature American. 2010; 7(3): 1-11.

34. Cáceres M. Techniques for genomic analysis. Universitat Autònoma de Barcelona. [Diapositivas en Internet]. [Recuperado el 8 de marzo del 2015]. En: http://bioinformatica-uab.cat/base/documents%5C-masterGP%5CMCaceres_Gen%C3%B3micTechniques.pdf
35. Beltrán D. Avances en las Aplicaciones de la Genómica en el Perú. Unidad de Genómica - Universidad Peruana Cayetano. [Diapositivas en Internet]. [Recuperado el 8 de marzo del 2015]. En: http://www.perubiotec.org/PDFs/6_L_Destefano-Avances_de_Genomica_en_Peru.pdf
36. Alcalde-Alvites M. Bioinformática: tecnologías de la información al servicio de la biología y otras ciencias. Revista Hamutay. 2014; 1(2): 24-33.
37. López-López M, López A, Sainz T, Rosales A. ¿Qué sabe usted acerca de...Genómica?. Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas. 2005; 36(1): 42-44.
38. Aldecoa F, Battilana C. Genómica y proteómica: Un paso más. Acta Med Per. 2006; 23(3):185-192.
39. The Potato Genome Sequencing Consortium. Genome sequence and analysis of the tuber crop potato. Nature. 2011; 475:189-196.
40. Fujita R. Genómica y su Aplicación en Producción Animal. Arch. Latinoam. Prod. Anim. 2007; 15 (1):67-68.
41. Padilla C et al. Full Genome Analysis of Influenza A (H1N1) pdm09 Virus Isolated from Peru, 2013. GenomeA. 2014; 2(2): 1-2.
42. Baldeviano C, Luna C, Cáceres T, Calderón E. Detección sensible y específica de *mycobacterium tuberculosis* a partir de muestras clínicas, mediante la amplificación de un elemento repetitivo de la familia rep13e12. Rev Peru Med Exp Salud Publica. 2007; 24(1): 5-12.
43. Tarazona D, Borda V, Galarza M, Guio H. Functional analysis using whole-genome sequencing of a drugsensitive *mycobacterium tuberculosis* strain from Peru. GenomeA. 2014; 2(1): 1-2.
44. Jorge R. Genómica evolutiva de *Bostryx aguilar* (Gastropoda:Orthalicidae), relaciones filogenéticas con otros orthalicidos del Perú [Tesis para optar el título profesional de Genetista Biotecnólogo]. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos; 2009.
45. Solis C, Negrón L. Estudio bioinformático del metabolismo de *Mycobacterium tuberculosis* bajo condiciones de hipoxia. An Fac med. 2008; 69(3):168-171.
46. Solis C. Modelaje de Proteínas de Mycobacterium tuberculosis relacionadas a su defensa frente al estrés oxidativo. Ciencia e Investigación. 2005; 7 (1); 33-39.
47. Yañez V. Aislamiento y caracterización de marcadores moleculares microsatélites a partir de la construcción de librerías genómicas enriquecidas de camote (*Ipomoea batatas Lam*) [Tesis para optar el título profesional con mención en Genética]. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos; 2002.



Reseña biográfica de Juan Ormea Rodríguez (1893 - 1971), creador del Museo de Zoología de la Universidad Nacional de Trujillo

José Nicanor Gutiérrez Ramos
Biólogo, Museología, Museografía, Conservación Preventiva.
Allpa Wasi Conservación Sac.

**"El naturalista debe preservar en el león el aspecto que corresponde al rey de los animales,
la fiereza en el tigre y la dulzura en la oveja"**

Edouard Dupont, *Traité de Taxidermie*. París: Parmantier, 1827



Fig.1 Juan Ormea Rodríguez (1893 - 1971)

Muchas instituciones en nuestra ciudad han sido forjadas a través de los tiempos por diversos personajes, tantos nativos como foráneos que han aportado su capacidad y esfuerzos en diversos áreas, en particular en la educación y cultura respecto a la biodiversidad y los recursos naturales. Es así, que instituciones como los museos relacionados con las ciencias naturales se han creado y consolidado su presencia en nuestro país, condicionado por las labores iniciales y el esfuerzo, de quienes entregaron su vida por estas instituciones.

Uno de estos personajes, trujillano adoptivo por afecto a la tierra que le abrió las puertas y le permitió impartir sus conocimientos y simpatía; nos referimos al señor Juan Ormea Rodríguez taxidermista y naturalista, a quien le fuera encargado dirigir la formación del Museo de Zoología

Regional de la Universidad Nacional de La Libertad (hoy de Trujillo) que lleva su nombre, manteniéndose vigente.

Juan Ormea Rodríguez

Juan Esteban Ormea Rodríguez, nació en Lima en el tradicional distrito de Bajo el Puente-Rimac, el 30 de Agosto de 1893 (Fig.1). Miembro de una familia numerosa que la conformaban su padre, Don Antonio Ormea Rocca natural de Italia, su señora madre la dama peruana doña Isabel Rodríguez y sus siete hermanos. A los once años quedó huérfano de padre, por lo que tuvo que alternar sus estudios con el trabajo, para así colaborar con el sustento de su numerosa familia, no permitiéndole por ello cursar estudios superiores. Contrajo matrimonio en Lima con la dama trujillana doña Amelia Morera Ramírez con quien tuvo un hijo Jesús Esteban Ormea Morera.

Aficionado desde pequeño a la cacería y la crianza de diversas especies animales. Autodidacta dedicado al estudio, le permitió adquirir conocimientos relacionados con las Ciencias Naturales, en particular con la Zoología y la Taxidermia, poniendo en prácticas conocimientos y experiencias adquiridos.

Su llegada a nuestra ciudad se debió a la gestión de don Rafael Larco Hoyle quien le solicitó y encargó la formación de un museo, por cuanto el se dedicaba a la arqueología y su hermano Constante Larco a la captura (cacería deportiva) y naturalización de especímenes animales, es por ello que don Juan Ormea se traslada primero a la Hacienda Chiclín, de propiedad de la familia Larco.

Por estas circunstancias, posteriormente en 1938 a iniciativa del doctor Ignacio Meave Seminario Fig. 2, en aquel momento Rector de la Universidad Nacional de la Libertad, se le encarga la formación del Museo de Zoología Regional, según consta en el Acta de Sesión del Consejo Universitario del 16 de Mayo de aquel año y en que se le asigna también un haber de 200 soles mensuales (Gutiérrez, 2006, 2007). En consecuencia por ese hecho, casi fortuito se afincó definitivamente en nuestra sociedad.

Aunque no era natural de Trujillo, se consideraba Trujillano, de "pura cepa", como lo expresarían conocidos personajes de la época y contemporáneos con él que compartieron el trabajo y la amistad. Así lo manifestaba su amigo personal y padrino de matrimonio, el insigne escritor, poeta y tradicionista Carlos Camino Calderón, natural de Lima afincado en nuestra ciudad y autor entre otras obras de las Tradiciones de Trujillo. Por ese afecto y lazo amical Don Juan Ormea colaboró con él en muchas ocasiones, haciéndole conocer en diversas oportunidades historias, cuentos y anécdotas de las cuales fue alguna vez participante y conocedor de muchos de ellos.

En 1929 realizó trabajo de colecta de flora y fauna peruana para la Exposición Iberoamericana de Sevilla en España.

Desde 1938, año de la formación del Museo, se desempeñó como Jefe del Departamento de Taxidermia. En 1939 a iniciativa del Señor Rector Ignacio Meave se dispuso que impartiera conocimientos sobre la formación de Museo de Historia Natural, Anatomía Comparada y Disección de animales. En 1945, a solicitud de los alumnos del tercer año de la Sección Normal Urbana, autorizan que el Señor Ormea dicte el curso de Taxidermia como opcional en los ambientes del museo.

Nombrado en Mayo de 1949, profesor de la Sección Normal Urbana, durante la Junta Reorganizadora de la Universidad Nacional de La Libertad, presidida por el doctor Alvaro Pinillos. En 1957, imparte la Cátedra de Taxidermia en la Facultad de Educación de la Universidad Nacional de La Libertad, para estudiantes del área de Educación Secundaria, especialidad de Ciencias Biológicas.

Entre los muchos acontecimientos anecdóticos que vivió, se presenta el hecho ocurrido en 1957, cuando Don Juan Ormea recibió de obsequio de Don Luis José de Orbegoso, un ejemplar de oso de anteojos capturado en 1954 en las Pampas de Ventura, Baños Chimú (Valle Chicama), al que habían puesto el nombre de "Fabián" y había sido criado en la hacienda Chiquitoy; este oso estuvo en su poder por dos años aproximadamente, animal al que le prodigaba atenciones en la crianza y el cuidado, del que tuvo que separarse por motivos obvios respecto al animal, este hecho lo relata Don Ismael Arévalo, discípulo y compañero de trabajo y excursiones del señor Ormea.

El señor Ormea acostumbraba realizar salidas de campo en busca de capturar animales silvestres, en especial acudía a la Campiña de Moche, a los pastizales del predio San Andrés que era de

propiedad del señor Don Vicente González de Orbegoso y Moncada (en la actualidad se encuentra ubicada la Ciudad Universitaria de la Universidad Nacional de Trujillo); también se dirigía hacia la bocana del río Moche, a los gramadales y totorales de Buenos Aires en el distrito de Víctor Larco, a los huanchaques de Chan Chan y a los totorales de Huanchaco en su ubicación primigenia, entre otros lugares y ambientes naturales.

Realizó largas excursiones y expediciones tanto dentro como fuera del país, en alguna ocasión en compañía de su amigo el señor Pedro Callegari, recorriendo el Norte del Perú llegaron a la ciudad de Machala, Ecuador.

Durante su participación y labor en el museo en cuanto a trabajos de campo, apoyó y colaboró con el zoólogo alemán Wolfgang K. Weyrauch [1907-1970] (Fig. 2), quien trabajó en el Museo de Historia Natural de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos entre 1938 y 1961, y posteriormente radicó en Argentina [1962-1970] trabajando en la colección de moluscos del Instituto Miguel Lillo, donde continuó describiendo especies de América del Sur, particularmente del Perú (Aguilar, 2008, 2009, García de la Guarda, 2011). Es uno de los malacólogos bien conocido por cualquier persona interesada en los caracoles de tierra Neotropical (Ramírez et al, 2003).



Fig. 2 Zoólogo alemán Wolfgang K. Weyrauch (1907-1970)

Por el apoyo brindado por Juan Ormea, en homenaje y en mérito a ello W. Weyrauch denominó a una especie de caracol terrestre (gasterópodo) que perenniza el apellido de don Juan Ormea, como: *Epiphragmophora ormeai* Weyrauch (Weyrauch, 1956),

1956a: 158, pl. 11. Type locality: Perú, Dept. La Libertad, entre [Quebrada La] Sata [08° 24' 34" S 077° 06' 35" W] y Parcoy [07° 58' 16" S 077° 25' 44" W]. Holotype SMF 155315 (Barbosa et al., 2008), el mismo que se encuentra depositado en el Museo Senckenberg de Frankfurt (Zilch 1970) (Ramírez et al, 2003) (Fig. 3).

Por este hecho Juan Ormea fue homenajeado en consecuencia por el Municipio de Trujillo y la Universidad Nacional de La Libertad.

Clase GASTROPODA Subclase PROSOBRANCHIA Orden
STYLOMMATOPHORA Suborden SIGMURETHRA Infraorden
AULACOPODA Superfamilia HELICACEA
Familia HELMINTHOGLYPTIDAE

Epiphragmophora (Epiphragmophora) ormeai
Weyrauch, 1956



Fig. 3. Caracol terrestre del género *Epiphragmophora*

Juan Ormea fue un estudioso apasionado de la Zoología, se dice de él: se desempeñó con una admirable profundidad de versación y de espíritu humanista. Durante sus inicios y desempeño como taxidermista fue contemporáneo y amigo del señor Cesar Ridou Paurinoto, de ascendencia francesa, taxidermista del museo de Historia Natural Javier Prado de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos que colaboro también con el Herbario de la Universidad Nacional de Trujillo.

El Señor Ormea, por muchos años vivió en una casa de propiedad de la Universidad Nacional de Trujillo cedida para su uso, ubicado en la cuadra tres del Jirón San Martín, en lo que después se construyó el local que hoy es sede de la Escuela de Biología Pesquera de la Universidad Nacional de Trujillo. Se dedicó con esmero y atención a la crianza de aves silvestres y de fantasía, como son canarios, loros, pericos, palomas africanas, tordos, loritos australianos entre otros, con gran éxito. Quienes lo conocieron y trataron expresan que era hombre de espíritu humanista lleno de humor y picardía, por cuanto poseía un ingenio poco común y una jovialidad que le granjeo muchas simpatías y amistades, aunque también tuvo sus detractores.

Como testimonio fehaciente de una estrecha amistad, Don Nicolás Puga Arroyo, amigo personal escribió un obituario publicado en el diario La Industria, acaecido su muerte en Octubre de 1971. En ella expresa “Era hombre hecho por la vida, sin remilgos, ni engreimientos; y como tal tuvo diversos matices, propiciando la comprensión y la bondad...”, continua diciendo “Allá lo conocí, hace veinte años sentado en un taburete frente a una mesita rústica de zapatero cubierto de mandil de lona, dedicado a disecar ejemplares de nuestra fauna terrestre y marina, como hábil taxidermista que era, con tal pasión solo comparable con la que pone los artistas para ejecutar sus obras eximias; y es verdad que todo animal disecado que salía de sus manos era una verdadera obra de arte. Además este modestísimo taller universitario, tenía toda las características de un consagrado atelier al que concurrían intelectuales, artistas, hombres de letras para oír de su boca cosas nuevas, que en esto de la conversación era también un verdadero maestro”, estas expresiones reflejan las características personales y profesionales del Señor Ormea.

Gracias a su especial personalidad supo ganarse el afecto y amistad de personajes que colaboraron con él, tanto acompañándolo en las excursiones y salidas al campo, que organizaba, como en donar piezas y ejemplares para el museo; destacan entre otros personajes, los señores: doctor Julio Gutiérrez Solari, Alberto Novoa, Ing. Werner Gorbitz, Carlos Jacobs, Alfredo Pinillos Goicohea, Dr. Cecilio Cox, Dr. Francisco Lizarzaburo, entre otros personajes.

Desarrolló también en él la habilidad del arte gráfico en especial el dibujo naturalista y didáctico, como lo ameritan los trazos a lápiz de estructuras anatómicas y morfológicas de diversas especies (Fig. 4a y 4b). Colaborador en la prensa local de la ciudad de Trujillo con artículos basados en su experiencia en el conocimientos de las especies zoológicas en especial sobre ornitología, llegando a publicarse en 1952 Observaciones sobre el jilguero de cabeza negra: *Spinus magellanicus paulus* en los alrededores de Lima, en Pesca y caza (Gonzales, 2004) Fig. 5. A su muerte queda sin publicar una obra suya sobre aves propias del Departamento de la Libertad.



Fig. 4a. Dibujo a lápiz de tipos de patas de aves realizados por don Juan Ormea R.

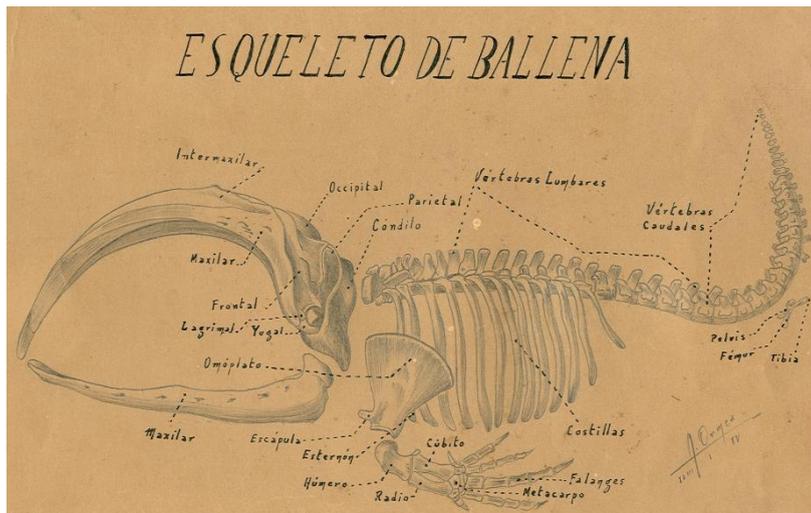


Fig. 4b. Dibujo a lápiz de esqueleto de ballena realizado por don Juan Ormea R.



Fig. 5 Jilguero de cabeza negra, *Spinus magellanicus paulus*

Museo de Zoología su legado

Formó el Museo de Zoología, el 16 de mayo de 1938 fecha en que mediante Sesión de Consejo Universitario y por iniciativa del rector de aquel entonces el Dr. Ignacio Meave Seminario se creó el museo y se le contrato para tal efecto (Gutiérrez, 2006, 2007, 2010) (Fig. 6a y 6b). Por ello, el museo es su legado a las generaciones futuras consolidando esta institución como patrimonio de la ciudad a fuerza de paciencia, dedicación y trabajo.

Promovió continuas excursiones para realizar colectas y capturas; manejando y aplicando experiencia y conocimiento de las técnicas taxidémicas, que han permitido que la colección del museo posea especímenes importantes preparados por él, que perduran en el tiempo, como son entre otros la "diuca ala blanca" *Diuca speculifera*, *Opucerthia validirostris*, "pijui cola de tijera" *Synnalaxis striata*, "zorro de Costa" *Lycalopex sechurae*, "garcita leonada" *Tigrisoma Sp.*, algunos ejemplares en la colección han cumplido más de 70 años y todavía se mantienen en pie, gracias a la calidad del trabajo profesional realizado.



Fig. 6a Sala de exposición en los inicios del museo, tomada a mediados del año 1938.
(Tomado del anuario editado por la Universidad Nacional de la Libertad - 1938)

La muerte lo sorprendió a los 78 años de edad, el 24 de Octubre de 1971; por lo que la Universidad Nacional de Trujillo días después de su muerte, mediante Sesión de Consejo Universitario del 26 de Octubre de 1971 decidió en homenaje a este singular personaje que tantos y tan calificados servicios prestó, denominar al Museo de Zoología con su nombre; como a la fecha se le conoce, Museo de Zoología Juan Ormea Rodríguez.

Aunque no natural de Trujillo, le debemos considerar hijo predilecto de nuestra ciudad por su aporte, su obra que perdura y enorgullece a nuestra Alma Mater y a nuestra ciudad.

Las referencias más conocidas sobre los méritos del insigne naturalista las debemos al señor Raúl Samamé Villanueva (+) (Biólogo), Conservador - Curador por muchos años del Museo de Zoología, a los señores Ismael Arévalo Benites (+) y Tomas Meléndez (+) ex técnicos taxidémista, y a diversos personajes que fueron contemporáneos con el señor Ormea y a discípulos de la Facultad de Educación como de Biología de la Universidad Nacional de Trujillo.

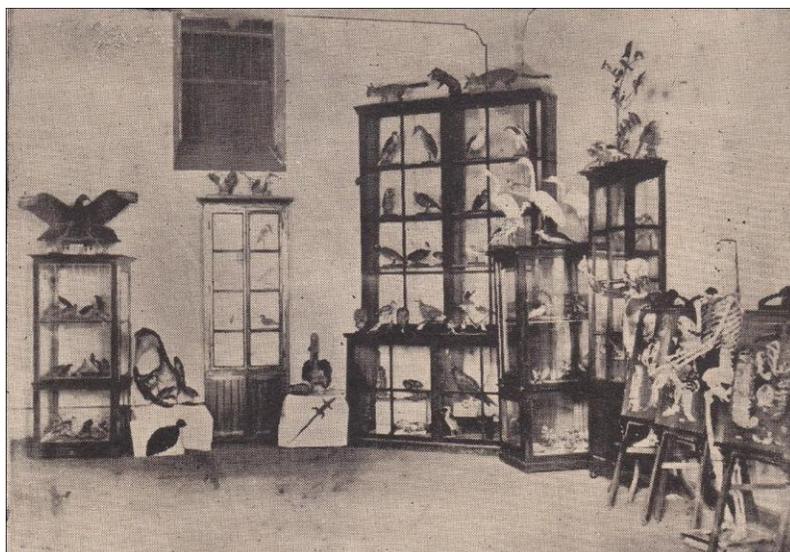


Fig. 6b. Sala de exposición en los inicios del museo, tomada a mediados del año 1938.
(Tomado del anuario editado por la Universidad Nacional de la Libertad - 1938)

El presente trabajo, se presenta como testimonio de gratitud a este personaje, al conmemorarse en el presente año el 44 aniversario de su desaparición (21-10-1971) y, 77 años de la creación de Museo de Zoología (18 - 05 - 1938); sin otra pretensión que la de aportar una página a su merecida biografía.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **Aguilar FP.** Pasado, presente y futuro de la entomología peruana: Nota histórica sobre la entomología peruana. Instituto Sanmartiniano del Perú. 2008.
2. **Aguilar FP.** Comentarios sobre el desarrollo de la Zoología en la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos Rev. Perú. Biol 2009; 15(2): 7-14
3. **Barbosa AF, Delhey VK, Coan EV.** Molluscan names and malacological contributions by Wolfgang Karl Weyrauch (1907-1970) with a brief biography. Malacologia 2008; 50: 265-277.
4. **García de la Guarda R.** El aporte de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos al desarrollo de la ciencia en el Perú. Discurso de Orden por los 460 años de la UNMSM - 12 de mayo de 2011
5. **Gonzales O.** Ecología de las aves urbanas en un parque de la ciudad de Lima. Tesis Magister en zoología, Mención Ecología y Conservación. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú. 2004.
6. **Gutiérrez J.** Museo de Zoología Juan Ormea Rodríguez: sobre su creación y fundación. Rev. Investigación, Desarrollo e Innovación I+D+I 2006; 21(3): 45-49.
7. **Gutiérrez J.** Los Museos en la Universidad Nacional de La Libertad 1936 -1944. Rev. Investigación, Desarrollo e Innovación I+D+I 2007; 21(1): 52-55
8. **Gutiérrez J.** Museo de Zoología "Juan Ormea Rodríguez" de la Universidad Nacional de Trujillo (Perú): Reseña Histórica REBIOL 2010; 30 (1): 20-27.
9. **Ramírez R, p aredes C, Arenas J.** Moluscos del Perú. Rev. Biol. Trop 2003; 51 Suppl. 3): 225-284
10. **Zilch A.** Wolfgang Karl Weyrauch (1907-1970). Mitteil. Deutsch. Malakolog. Gesellsch 1970; p. 226-236.

(+) Fallecidos

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