

## Fortalezas

*La Granja Revista de Ciencias de la Vida* es la primera revista científica del Ecuador que aborda las temáticas de Ciencias Ambientales, de la Tierra y sus líneas transdisciplinarias como Biotecnología, Ciencias Agropecuarias y Desarrollo Rural Sostenible, entre otras. Publicada por la Universidad Politécnica Salesiana en doble formato: impreso y on-line con periodicidad semestral, todos sus artículos se presentan en español e inglés. 16 años de edición y 190 artículos científicos publicados; editada por Abya-Yala con más de 43 años de experiencia en Ecuador.

La Granja tiene presencia en 95 bases de datos internacionales, plataformas de evaluación de revistas, directorios selectivos, portales especializados, catálogos hemerográficos, como: SCOPUS, ESCI, Emerging Sources Citation Index ESCI de la Web of Science, MIAR, EBSCO, CIRC, LATINDEX, DOAJ, REDIB, DIALNET, REDALYC, BASE, entre otros.

Trabaja con un riguroso y transparente sistema peer review doble ciego de evaluación de manuscritos, sin costo, realizado por un consejo de revisión con 72 reconocidos investigadores de países de todo el mundo.

La administración de manuscritos se realiza a través del Sistema OJS 3, de la Fundación de Ciencia y Tecnología, con compromisos éticos publicados para la comunidad científica de transparencia y puntualidad; revisión de antiplagio realizada a través de Urkund y Similarity Check

Alto nivel de visibilización con múltiples sistemas de búsqueda, DOI, ORCID, PDF dinámicos, xml jats, epub, con conexión a gestores documentales como Mendeley, RefWorks, EndNote y redes sociales científicas como Academia.edu y ResearchGate. Accesible digitalmente a texto completo, de forma gratuita, para toda la comunidad científica e investigadores de todo el mundo en apoyo a la política de Open Access.

## Proceso de evaluación por pares

Todos los manuscritos deben ser consignados a través del sistema Open Journal System (OJS 3), que garantiza el registro electrónico y auditable de las interacciones entre la publicación y los autores. Una vez consignados, el Consejo de Editores revisa que los originales cumplan con el objetivo y alcance de la publicación, así como con las normas de autores.

El proceso de revisión íntegro, desde el momento del depósito de los manuscritos a través del OJS 3 hasta la finalización de las revisiones ocupa un tiempo medio de 8-10 semanas, salvo incidencias. Los revisores, a su vez, también deben cumplir unas normativas de revisores y el código ético de revisores.

## Antiplagio

Todos los manuscritos sometidos a revisión en *La Granja Revista de Ciencias de la Vida*, son inspeccionados por una disciplina política antiplagio que vela por la originalidad de los artículos. Para ello se utilizan distintos servicios especiales como el sistema Urkund, que analiza los textos en busca de coincidencias gramaticales y ortotípográficas, lo que garantiza que los trabajos sean inéditos y asegura cumplir con los estándares de calidad editorial que avalen producción científica propia.

Asimismo, *La Granja* pone a disposición de autores y revisores, así como de la comunidad científica, un conjunto de herramientas específicas en la detección del plagio: Turnitin, Grammarly, Plagium, Copionic, WriteCheck PaperRater, Plagarisma.net, Viper Plagiarism Scanner y Similarity (CrossCheck). Se trata de un conjunto de interfaces de libre acceso y de pago, que supervisan la originalidad de cualquier manuscrito y permiten controlar el plagio.



## REVISTA DE CIENCIAS DE LA VIDA CONTROL BIOLÓGICO

Heterópteros míridos depredadores de *Trialeurodes Vaporariorum* (Westwood), en particular *Tupiocoris Cucurbitaceus* (Spinola) observado en Chile central

## CONSUMO RACIONAL

Análisis exploratorio del desperdicio de alimentos en plato en comedores escolares en España

## CIENCIA DE SUELOS

Variaciones altitudinales en iones de H y Al en el contenido de Fe en suelos de la selva amazónica

## HIDROLOGÍA

Componentes de balance hídrico en los páramos de Jatunsha, Ecuador

## ECOLOGÍA ACUÁTICA

Resiliencia de la comunidad fitoplanctónica en la laguna andina de Papallacta y sus afluentes, ocho años después de un derrame petrolero

## CIENCIAS VETERINARIAS

Caracterización molecular del adenovirus aviar en pollos comerciales del Ecuador

Determinación de los valores de referencia en el hemograma de caballos nacidos o criados entre 0 y 500 m.s.n.m. en la región litoral del Ecuador

## NUTRICIÓN ANIMAL

Evaluación histórica de indicadores productivos en vacas lecheras en sistemas de pastoreo

Mejoramiento en la eficiencia de la proteína de los pastos en bovinos de leche utilizando cuatro fórmulas de balanceados

Efecto de la inclusión alimenticia de betaína en cerdos en fase de finalización



La Granja Revista de Ciencias de la Vida • Volumen 28 • Número 2 • septiembre 2018 - febrero 2019. Revista semestral de Ciencias de la Vida de la Universidad Politécnica Salesiana del Ecuador. Publicación internacional bilingüe dedicada a estudios relacionados con ciencias ambientales, de la tierra, agropecuarias, biológicas, y sus líneas transversales de conocimiento. Las ideas y opiniones expresadas en las colaboraciones son de exclusiva responsabilidad de los autores y autoras.

#### EQUIPO EDITORIAL

##### Consejo de Editores (Editors Board)

**Editores en Jefe (Editors-in-Chief)**  
Dr. Ignacio de los Ríos, Universidad Politécnica de Madrid, España  
MSc. Sheila Serrano Vincenti, Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador

##### Coeditor Internacional en inglés (International Coeditor in English)

Dr. Lorenzo Guerrini, Universita di Firenze, Italia

##### Coeditor Internacional en portugués (International Coeditor in Portuguese)

Dr. Rocio Elizabeth Contero Callay, Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador

##### Editor Adjunto (Assistant Editor)

Dr. Sabino Armenise, Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador

##### Consejo Científico (Advisory Board)

Dr. Alessandro Medici, Università di Ferrara, Italia  
Dr. Emmanuel Donkor, Kwame Nkrumah University of Science and Technology, West Africa  
Dr. Enrica Caporali, Università di Firenze, Italia  
Dr. Ankit Singla, Ministry Office of Agriculture, Co-operation and Farmers Welfare, India Government  
Dr. Paola VitaFinzi, Università di Pavia, Italia  
Dr. Geovanni Vidari, Università di Pavia, Italia  
Dr. Flavio Contreras-Torres, Universidad Autónoma de México, México  
Dr. Miguel A. Altieri, University of California, EEUU  
Dr. Clara Inés Nicholls, University of California, EEUU  
Dr. Jaime Vadell Adrover, Universidad de las Islas Baleares, España  
Dr. Janeth Patricia Muñoz Eraso, Pontificia Universidad Javeriana, Colombia  
Dr. Marcos Villacís, Escuela Politécnica Nacional, Ecuador  
Dr. Silvia Perez Damonte, Universidad de Buenos Aires, Argentina  
Dr. Fernando Funes Monzote, Universidad de Matanzas, Cuba  
Dr. Alessandra Guerrini, Università di Ferrara, Italia  
Dr. Giovanni Bernacchia, Università di Ferrara, Italia  
MSc. León Escobar Moreira, SYNAPTRONIC, EEUU  
Dr. Lorenzo Guerrini, Università di Firenze, Italia  
Dr. José Luis Santos, Escuela Politécnica del Litoral, Ecuador  
Dr. Solveig Tosi, Università di Pavia, Italia  
Dr. Priscila dos Santos Silva, Universidad de Sao Paulo, Brasil  
Dr. Connie Gallardo Vela, Universidad de Sao Paulo, Brasil  
Dr. Thomas Condom, Institut de Recherche Pour Le Développement, Francia  
Dr. Leonardo Basile, Escuela Politécnica Nacional, Ecuador  
Dr. Claudinéia Brazil, Faculdade Dom Bosco de Porto Alegre, Brasil  
Dr. Alejandro Fontana, Universidad de Piura, Perú  
Dr. Adriana Sánchez Urdaneta, Universidad de Zulia, Venezuela  
Dr. Emmanuel Donkor, Kwame Nkrumah University of Science and Technology, West Africa

##### Consejo Internacional de Revisores (International Reviewers Board)

Dr. Emmanuel Donkor, Kwame Nkrumah University of Science and Technology, West Africa  
Dr. Bence Mátyás, Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador  
Dr. Enrica Caporali, Università di Firenze, Italia  
Dr. Nancy Bonifáz, Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador  
Dr. Paola VitaFinzi, Università di Pavia, Italia  
Dr. Flavio Contreras-Torres, Universidad Autónoma de México, México  
MSc. León Escobar Moreira, SYNAPTRONIC, EEUU  
Dr. Geovanni Vidari, Università di Pavia, Italia  
Dr. Lorena Meneses, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Ecuador  
Dr. Fernando Funes Monzote, Universidad de Matanzas, Cuba  
Dr. Nicolás Vásquez, Escuela Politécnica Nacional, Ecuador  
Dr. Giovanni Bernacchia, Università di Ferrara, Italia  
Dr. Juan H. Avellaneda Cevallos, Universidad Técnica Estatal de Quevedo Ecuador  
Dr. Lorenzo Guerrini, Università di Firenze, Italia  
Dr. José Luis Santos, Escuela Politécnica Nacional, Ecuador  
Dr. Solveig Tosi, Università di Pavia, Italia  
Dr. Pamela Jaramillo, Mikuna-Food Science and Technology, Ecuador

Dr. Juan Enrique Tacoronte, Universidad Central del Ecuador, Ecuador  
Dra. Mercy Bordor, Escuela Politécnica del Litoral  
Dr. Christian Domínguez, Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador  
MSc. Laura Huachi, Universidad Politécnica Salesiana  
Dra. Priscila dos Santos Silva, Universidad de Sao Paulo, Brasil  
Dr. Pablo Marini, Universidad Nacional de Rosario, Argentina  
Dra. Claudineia Brazil, Universidad de Don Bosco de Puerto Alegre, Brasil  
Dra. Adriana Sánchez Urdaneta, Universidad de Zulia, Venezuela  
Dr. Jorge Palomeque Santiago, Instituto Mexicano del Petróleo, México  
MSc. Patricio Yánez Moretta, Universidad Internacional del Ecuador, Ecuador  
Dr. Fabián Bersosa, Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador

##### Consejo Editorial Institucional Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador

##### (Publishers Council Salesian Polytechnic University)

##### Consejo de Publicaciones (Board of Publications)

Dr. Javier Herrán Gómez, sdb  
Dr. Juan Botasso Boetti, sdb  
Dr. Juan Pablo Salgado Guerrero  
Dr. Luis Álvarez Rodas  
MSc. Fabricio Freire  
Dr. José Juncosa Blasco  
MSc. Jaime Padilla Verdugo  
Dra. Floralba Aguilar Gordón  
MSc. Sheila Serrano Vincenti  
MSc. John Calle Sigüencia  
MSc. René Unda Lara  
MSc. Betty Rodas Soto  
MSc. Andrea De Santis  
MSc. Mónica Ruiz Vásquez

##### Editor General UPS (General Editor UPS)

Dr. Luis Álvarez-Rodas

##### Consejo Técnico (Board of Management)

MSc. Tania Barrezueta  
Dr. Ángel Torres-Toukoumidis  
Ing. Carolina Lema  
MSc. Marlon Quinde

##### Servicio de Publicaciones (Publications Service)

Hernán Hermosa (Coordinación General)  
Marco Gutiérrez (Soporte OJS)  
Paulina Torres (Edición)  
Raysa Andrade (Maquetación)  
Martha Vinueza (Maquetación)

##### Traductor (Translator)

Dra. Adriana Curriel

##### Fotografía

Salomé Heredia Medina  
Curiqingue. Ilustración de la fauna aérea de Quito.  
Premio de Fotografía, Ingeniería Ambiental UPS.

##### Editorial

Editorial Abya Yala (Quito-Ecuador)  
Avenida 12 de Octubre N2422 y Wilson, Bloque A, UPS Quito, Ecuador.  
Casilla 17-12-719  
Teléfonos: (593-2) 3962800 ext. 2638  
Correo electrónico: editorial@abyayala.org

#### UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA DEL ECUADOR

Javier Herrán Gómez, sdb  
RECTOR

©Universidad Politécnica Salesiana del Ecuador, 2018  
Turuhuayco 3-69 y Calle Vieja  
Casilla Postal 2074  
Cuenca, Ecuador  
PBX: (+593 7) 2050000  
Fax: (+593 7) 4088958  
E-mail: rpublicas@ups.edu.ec

#### CANJE

Se acepta canje con otras publicaciones periódicas.

Dirigirse a:  
Secretaría Técnica de Comunicación y Cultura  
Universidad Politécnica Salesiana  
Av. Turuhuayco 3-69 y Calle Vieja  
Casilla Postal: 2074  
PBX: (+593 7) 4088958  
E-mail: rpublicas@ups.edu.ec  
www.ups.edu.ec

Cuenca-Ecuador

## LA GRANJA: REVISTA DE CIENCIAS DE LA VIDA

Para canje, por favor complete el formulario a continuación y envíe a la Secretaría Técnica de Comunicación y Cultura, Universidad Politécnica Salesiana.

Nombre \_\_\_\_\_

Título de la publicación de canje \_\_\_\_\_

Institución \_\_\_\_\_

Dirección \_\_\_\_\_

Provincia o Estado \_\_\_\_\_

País \_\_\_\_\_

Teléfono \_\_\_\_\_

Fax \_\_\_\_\_

Correo electrónico \_\_\_\_\_

Portal electrónico \_\_\_\_\_

# LA GRANJA: REVISTA DE CIENCIAS DE LA VIDA

Volumen 28, Número 2, septiembre 2018 – febrero 2019

ISSN impreso 1390-3799 • ISSN electrónico 1390-8596

La administración de LA GRANJA se realiza a través de los siguientes parámetros:

- La revista utiliza el sistema antiplagio académico  y  Crossref Similarity Check  
Powered by iThenticate
- Los artículos cuentan con código de identificación (*Digital Object Identifier*) 
- El proceso editorial se gestiona a través del *Open Journal System* 

Es una publicación de acceso abierto (*Open Access*) con licencia *Creative Commons*



Las políticas *copyright* y de uso *postprint*, se encuentran publicadas en el Repositorio de Políticas de Autoarchivo *Sherpa/Romeo*.

Los artículos de la presente edición pueden consultarse en  
<http://revistas.ups.edu.ec/index.php/granja>



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA DEL ECUADOR

LA GRANJA, está indexada en las siguientes Bases de Datos y sistemas de información científica:

#### BASES DE DATOS INTERNACIONALES SELECTIVAS



#### PLATAFORMAS DE EVALUACIÓN DE REVISTAS



#### DIRECTORIOS SELECTIVOS



#### HEMEROTECAS SELECTIVAS



#### BUSCADORES DE LITERATURA CIENTÍFICA OPEN ACCESS



#### POLÍTICAS DE COPYRIGHT DE LAS EDITORIALES Y AUTOARCHIVO



#### OTRAS BASES DE DATOS BIBLIOGRÁFICAS



CATÁLOGO DE BIBLIOTECAS INTERNACIONALES UNIVERSITARIAS



Maastricht University



BISHOP GROSSETESTE UNIVERSITY



# ÍNDICE

<b>Editorial</b> .....	5
<b>Reseñas Bibliográficas</b>	
CONTROL BIOLÓGICO	
<b>Heterópteros míridos depredadores de <i>trialeurodes vaporariorum</i> (westwood), en particular <i>tupiocoris cucurbitaceus</i> (spinola) observado en Chile central</b> .....	6
Jaime E. Araya y Ricardo Cáceres	
<b>Artículos Científicos</b>	
CONSUMO RACIONAL	
<b>Análisis exploratorio del desperdicio de alimentos en plato en comedores escolares en España</b> .....	20
María Bustamente, Ana Afonso y Ignacio De los Ríos	
CIENCIA DE SUELOS	
<b>Variaciones altitudinales en iones de H y Al en el contenido de Fe en suelos de la selva amazónica</b> .....	43
Ankit Singla, Gabriela Bautista, Bence Mátyás, Vanessa Serrano, Juan Morales Arteaga, Renato Gabriel Sánchez, Rubén Darío Bracho Velásquez y Lenin J. Ramírez-Cando	
HIDROLOGÍA	
<b>Componentes del balance hídrico en los páramos de jatunsacha, Ecuador</b> .....	52
Sergio Fernando Torres Romero y Carlos Oswaldo Proaño Santos	
ECOLOGÍA ACUÁTICA	
<b>Resiliencia de la comunidad fitoplanctónica en la laguna andina de Papallacta y sus afluentes, ocho años después de un derrame petrolero</b> .....	67
Marcos Molina-Santos, Esteban Terneus-Jácome, Patricio Yáñez-Moreta y Mario Cueva-Sánchez	
CIENCIAS VETERINARIAS	
<b>Caracterización molecular del adenovirus aviar en pollos comerciales del Ecuador</b> .....	84
David Isaías De la Torre Duque, Eulalia Cristina Mafla Quezada, Byron Humberto Puga Torres y Antonio José Piantino Ferreira	
<b>Determinación de los valores de referencia en el hemograma de caballos nacidos o criados entre 0 y 500 m.s.n.m. en la región litoral del Ecuador</b> .....	92
Diego Fernando Luna Narváez, Karen Elizabeth Hernández Toro, Sergio Rolando Chacha Vega y Yolanda Mercedes Cedeño Prócel	
NUTRICIÓN ANIMAL	
<b>Evaluación histórica de indicadores productivos en vacas lecheras en sistemas a pastoreo</b> .....	102
Pablo Roberto Marini y Ricardo José Di Masso	
<b>Mejoramiento de la eficiencia de la proteína de los pastos en bovinos de leche utilizando cuatro formulaciones de balanceados</b> .....	115
Francisco Gutiérrez, Alex Estrella, Eduardo Irazábal, Víctor Quimiz, Arnulfo Portilla y Nancy Bonifaz	
<b>Efecto de la inclusión alimenticia de betaína en cerdos en fase de finalización</b> .....	123
Romel Joaquín Páez Bustillos, Jorge Eduardo Grijalva Olmedo y Jimmy Rolando Quisirumbay-Gaibor	
<b>Normas para autores</b> .....	131

Estimadas y estimados lectores:

¡La Granja en Scopus! la base de datos de literatura científica más grande del mundo. Se trata de uno de los logros más importantes para las revistas científicas ecuatorianas, ya que en mucho tiempo no se había registrado un ingreso a esta base de datos desde el país. El trabajo no fue fácil, y ha implicado el esfuerzo sostenido por más de 15 años de un equipo interdisciplinario de personas que han trabajado con la mejor de las voluntades y creatividad en pos de la visibilización de la ciencia en el país.

Es pues, el momento de agradecer a todos: Consejo Científico nacional e internacional, revisores científicos, traductores, revisores de estilo, técnicos informáticos, pasantes, ayudantes de edición, fotógrafos, colegas del comité editorial, compañeros docentes y alumnos que siempre estuvieron para ayudar e inspirar. Y sobre todo un gran gracias a las autoridades de la Universidad Politécnica Salesiana-UPS y al editorial Abyayala, por su apoyo incondicional en este enorme proyecto científico-editorial.

Indudablemente, este logro no se hubiera llevado a cabo sin las valiosas investigaciones de nuestros autores, ... y las citas de nuestros lectores. Un profundo agradecimiento de todos quienes hacemos La Revista de Ciencias de la Vida del Ecuador. En esta edición les presentamos artículos de gran interés que seguro serán un aporte para sus investigaciones; empezando por una novedosa revisión de control biológico de Jaime Araya y Ricardo Cáceres, desde la Universidad de Chile. Seguido por un estudio de consumo racional en comedores escolares presentado por María Bustamante, Ana Alfonso e Ignacio De los Ríos, desde la Universidad Politécnica de Madrid.

Desde las geociencias, Ankit Singla en una cooperación India-Ecuador con la UPS, realizan un estudio de

la composición de los suelos de la amazonía ecuatoriana. Mientras que en una colaboración Ecuador-Colombia-Holanda, Sergio Torres y Carlos Proaño, analizan el balance hídrico en los páramos de Jatunsacha.

Asimismo, Patricio Yáñez y su equipo nos muestran una investigación llevada a cabo desde la Universidad Internacional del Ecuador, acerca de la resiliencia fitoplanctónica después de los derrames de petróleo.

En el campo de las ciencias veterinarias, David de la Torre y su equipo, en una colaboración entre la Universidad de Sao Paulo y la Universidad Central del Ecuador UCE, nos muestran un estudio genético del adenovirus aviar. Y desde la misma UCE, el Dr. Diego Luna y su equipo nos presentan un estudio de los hemogramas equinos y su variación altitudinal.

Finalmente, en el campo de la nutrición animal, contamos con tres estudios; en el primero, Pablo Marini y Ricardo Di Masso de la Universidad del Rosario en Argentina, nos muestran una evolución histórica de los indicadores de pastoreo, mientras que una colaboración UPS-UCE, Francisco Gutierrez y Nancy Bonifáz y otros, nos presentan una investigación sobre el mejoramiento de pastos con diferentes balanceados. Y para cerrar nuestro número, desde la UCE, Jimmy Quisirumbay y su equipo hablan cómo afecta la inclusión de betaína en el mejoramiento de la nutrición de los cerdos.

Estoy segura que estas investigaciones serán de provecho e interés en sus propios estudios. Son una muestra de cómo a través de la correcta colaboración, estudios bien fundamentados y sobretodo, la búsqueda del conocimiento en favor de la comunidad, se hace verdadera ciencia.

Cordialmente,

Fís. Sheila Serrano Vincenti Ms.C Ph.D(c)  
EDITORA



## HETERÓPTEROS MÍRIDOS DEPRIDADORES DE *trialeurodes vaporariorum* (WESTWOOD), EN PARTICULAR *tupiocoris cucurbitaceus* (SPINOLA) OBSERVADO EN CHILE CENTRAL

HETEROPTERANS PREYING ON THE *trialeurodes vaporariorum* (WESTWOOD), IN PARTICULAR *tupiocoris cucurbitaceus* (SPINOLA) OBSERVED IN CENTRAL CHILE

Jaime E. Araya\* y Ricardo Cáceres

Departamento Sanidad Vegetal, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. Casilla 1005, Santiago, Chile

\*Autor para correspondencia: [jaimearaya@yahoo.com](mailto:jaimearaya@yahoo.com)

Manuscrito recibido el 2 de mayo de 2018. Aceptado, tras revisión, el 1 de agosto de 2018. Publicado el 1 de septiembre de 2018.

### Resumen

Se presenta una revisión actualizada sobre heterópteros (Miridae) depredadores con potencial para el control biológico de mosquitas blancas, *Macrolophus pygmaeus* Rambur (anteriormente *M. caliginosus* Wagner), y en particular *Tupiocoris cucurbitaceus* (Spinola) sobre la mosquita blanca *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Trialeurodidae) en plantas de tabaco y tomate de invernadero en la Región Metropolitana, Chile central.

**Palabras clave:** Control biológico, *Macrolophus caliginosus*, *Macrolophus pygmaeus*, mosquita blanca del tomate.

### Abstract

Updated information has been revised and is presented on heteropteran (Miridae) predators with potential in biological control of whiteflies, *Macrolophus pygmaeus* Rambur (formerly *M. caliginosus* Wagner), and mostly on *Tupiocoris cucurbitaceus* (Spinola), which has been observed preying on the whitefly *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Trialeurodidae) on tobacco plants and greenhouse tomato in the Metropolitan region, central Chile.

**Keywords:** Biological control, *Macrolophus caliginosus*, *Macrolophus pygmaeus*, greenhouse whitefly.

Forma sugerida de citar: Araya, J. E. y Cáceres, R. 2018. Heterópteros míridos depredadores de *trialeurodes vaporariorum* (westwood), en particular *tupiocoris cucurbitaceus* (spinola) observado en Chile central. La Granja: Revista de Ciencias de la Vida. Vol. 28(2):6-19. <http://doi.org/10.17163/lgr.n28.2018.01>.

## 1 Polífaga vs insecto depredador en el control biológico de plagas

## 2 Zoofitófagos heterópteros

Algunas características asociadas a los enemigos naturales son el grado de especificidad con la presa, un ciclo de desarrollo relativamente corto en relación a la plaga y una alta capacidad reproductiva, factores que se han considerado importantes para los agentes efectivos de control biológico (Snyder y Ives, 2003).

Los depredadores polípagos consumen artrópodos de plagas que afectan a los cultivos, pero también a otras especies de artrópodos presentes en estos ambientes, por lo que no han sido considerados relevantes como agentes de control, en comparación con los enemigos naturales más específicos utilizados en el control biológico de plagas (Labbé, 2005).

Normalmente los depredadores generales evitan la interacción directa con otros enemigos naturales, sin embargo, estos consumen especies que utilizan recursos similares y, por lo tanto, son competidores potenciales (Polis, Myers y Holt, 1989; Polis y Holt, 1992; Rosenheim, Wilhoit y Armer, 1993; Rosenheim, 1998).

Varios estudios han indicado que los depredadores generales pueden trabajar en diversos agroecosistemas (Riechert y Bishop, 1990; Settle *et al.*, 1996; Snyder y Ives, 2003) y pueden compensar el déficit de depredadores que tienen un rango limitado de presas o tienden a desaparecer una vez que el recurso se agote.

La liberación programada de enemigos naturales para el control de plagas específicas puede resultar costosa y complicada, por lo que los depredadores polípagos son cada vez más usados en cultivos a largo plazo (Labbé, 2005).

Algunos depredadores polípagos se establecen en los cultivos con mayor facilidad que los especialistas y, por lo tanto, ejercen un control de plagas permanente en las poblaciones (Gillespie y McGregor, N.d.). Además, dado que estos depredadores pueden consumir especies no relacionadas con las plagas (Albajes y Alomar, 1999), se producen de forma natural en muchas áreas, reduciendo la necesidad de importar agentes de control biológico (Kho, 1992).

Los depredadores zoofitófagos son omnívoros y pueden alimentarse en más de un nivel trófico (Pimm y Lawton, 1978; Eubanks y Styrsky, 2005). Recientemente, estos depredadores se han estudiado debido a su potencial en el control biológico, puesto que pueden resistir a largos períodos de escasez de presas, y pueden alimentarse de tejido vegetal así como de artrópodos (Naranjo y Gibson, 1996; Wiedenmann, Legaspi y O'Neil, 1996; Brodeur y Boivin, 2006; Ingegno, Pansa y Tavella, 2011). Los depredadores zoofitófagos pueden utilizar ambos tipos de alimentos gracias a adaptaciones bioquímicas, morfológicas y fisiológicas, como la producción de enzimas digestivas y compuestos de desintoxicación, o por modificaciones de sus partes bucales que les permiten alimentarse de insectos y plantas (Coll y Guershon, 2002; Snyder y Ives, 2003; Labbé, 2005).

Los heterópteros míridos varían mucho de acuerdo a su capacidad para alimentarse por medio de plantas o animales. Su evolución es caracterizada por una divergencia entre los carnívoros y los fitófagos (Cohen, 1996). La alimentación de las plantas por parte de estos depredadores es una nueva característica, muy diferente de los fitófagos correspondientes a los grupos ancestrales. Se asume que los linajes heterópteros con antepasados fitófagos surgieron ya que tenían una capacidad secundaria de alimentarse debido a la depredación (Sweet, 1979). Los zoofitófagos heterópteros tienen la capacidad de explotar ambos recursos alimenticios por "conmutación trófica", lo que les permite sobrevivir en ausencia de presas (Cohen, 1996).

Los zoofitófagos heterópteros pueden alimentarse de plantas de forma ocasional o temporal para sobrevivir y reproducirse. Para algunos depredadores, las plantas proporcionan importantes nutrientes y agua, que en algunas presas son menos abundantes (Coll y Ruberson, 1998; Portillo, Alomar y Wäckers, 2012). En tales casos, la alimentación de plantas permite mantener poblaciones de depredadores y mejorar algunas características de los ciclos de vida individuales, como la supervivencia, el tiempo de desarrollo, la fecundidad y la longevidad (Cohen y Debolt, 1983). Para otros, las plantas son un recurso alimenticio pobre que se utiliza solamente cuando no hay presa disponible (Gillespie y McGregor, N.d.). Esta alimentación por parte de plantas sirve para saciarse o para colonizar los

cultivos antes de que llegue la presa. La alimentación por plantas es un complemento a los recursos alimenticios de las presas, que es la principal fuente de nutrientes. Y en otro grupo de heterópteros míridos con digestión oral extra, el material vegetal simplemente proporciona el líquido que necesitan para alimentarse de la presa y no es una fuente importante de nutrientes. Estos depredadores adquieren las proteínas, grasas y hemolinfa necesarias de la presa, que utilizan para completar el desarrollo (Labbé, 2005). Todas estas estrategias de alimentación pueden diferenciar a los depredadores como controladores biológicos adecuados.

El depredador *Macrolophus pygmaeus* Rambur puede causar daños a las plantas de tomate cherry. En otros cultivos, se han descrito otros daños en

la alimentación de los insectos de ojos grandes de *Geocoris*, incluso en presencia de presas (Alomar y Albajes, 1996). Según Lalonde *et al.* (1999), cuando se combinan depredadores y cultivos tolerantes adecuadamente seleccionados se puede lograr una supresión efectiva de plagas, y en muchos cultivos de tomate *M. pygmaeus* estos no causan daños ni en la fruta ni en las plantas. En estos casos, la alimentación de plantas elimina una cantidad mínima de tejido vegetal y a bajos costos. Por lo tanto, el uso de zoofitófagos altamente efectivos en la alimentación de presas se ha vuelto común en gran parte del mundo (Labbé, 2005). En la Tabla 1 se presentan algunas especies de depredadores fitófagos míridos identificados y estudiados por su alto potencial como agentes de control biológico en los cultivos.

**Tabla 1.** Especies de depredadores fitófagos míridos identificados para el control biológico de plagas de cultivos (Tanada y Holdaway, 1954; Carnero-Hernández *et al.*, 2000; Carvalho y Afonso, 1977; Lucas y Alomar, 2002a; Athanassiou *et al.*, 2003; Agustí y i Ambert, 2009)

Depredadores fitófagos míridos	Países
<i>Cyrtopeltis (Engytatus) modestus</i> Distant	Hawaii, USA
<i>M. pygmaeus</i> Rambur	Gran parte de Europa
<i>M. costalis</i> Fieber	Iran
<i>Dicyphus hesperus</i> Knight	Canada, USA
<i>D. hyalinipennis</i> Burmeister	Hungría
<i>D. cerastii</i> Wagner	Portugal
<i>D. errans</i> Wolff	Italia
<i>D. tamaninii</i> Wagner	España
<i>Nesidicoris tenuis</i> Reuter	Islas Canarias, Filipinas, Italia.

En un estudio realizado por Jakobsen, Enkegaard y Brodsgaard (2004), los adultos de *Orius majusculus* (Reuter) (Hemiptera, Anthocoridae) atacaron a *M. caliginosus* en la ausencia y también en la presencia de *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae), mientras que ni las ninfas ni los adultos de *M. caliginosus* atacaron a *O. majusculus*. Las ninfas de *O. majusculus* no consumen *M. pygmaeus*. Estos resultados sugieren que la presencia de este mírido no afectará el control biológico de *F. occidentalis*.

Algunos depredadores fitófagos míridos Dicyphinae se utilizan con frecuencia en Europa para el control de plagas debido a su potencial en el control biológico (por ejemplo, las moscas blancas, los áfidos y los trips) (Alomar y Albajes, 1996; Riudavets y Castañé, 1998; Tedeschi *et al.*, 1999; Hansen,

Brodsgaard y Enkegaard, 2003; Alomar, Riudavets y Castañé, 2006). Algunos de ellos también se alimentan de plantas, como *Dicyphus tamaninii* Wagner y *M. pygmaeus* y son buenos candidatos para cultivos que toleran bajos niveles de herbívoros (Gillespie y Mcgregor, N.d.). Tedeschi *et al.* (1999) reportaron que *M. pygmaeus* se alimenta de *T. vaporariorum*, *F. occidentalis*, *Aphis gossypii* Glover, *Myzus persicae* (Sulzer), *Tetranychus urticae* Koch y *Spodoptera exigua* (Hübner). Lykouressis *et al.* (2008) agregó a *Macrosiphum euphorbiae* Thomas y confirmó a *M. persicae* (Margaritopoulos, Tsitsipis y Perdakis, 2003; Sylla *et al.*, 2016). Las estrategias de control que incorporan las especies *Macrolophus* requieren la inoculación estacional de cultivos comerciales y la gestión ambiental para preservar los hábitats naturales y aumentar la colonización (Alomar, Goula y Alba-

jes, 2002). *D. tamaninii* es un depredador eficaz de alta densidad de la mosca blanca en el tomate bajo condiciones de invernadero (Montserrat, Albajes y Castañé, 2000). *D. hesperus* es un fitófago nativo distribuido en Norteamérica y proporciona un control de *T. vaporariorum* y *T. urticae* en el tomate bajo condiciones de invernadero (McGregor *et al.*, 1999).

Las estrategias de control biológico han consistido tradicionalmente en liberar para luego inocular a los enemigos naturales extranjeros. Sin embargo, las inmigraciones periódicas y en gran medida imprevisibles de las plagas, que típicamente ocurren en la ventilación de los invernaderos en la temporada temprana, tienden a obstaculizar estas estrategias de control. Como resultado, los esfuerzos para controlar la mosca blanca de *T. vaporariorum* en el invernadero a lo largo de la costa al noreste de España usando *Encarsia formosa* (Gahan) (Hymenoptera: Aphelinidae) en tomates de primavera sufren invasiones periódicas de la mosca blanca que limitan la efectividad del parasitoide (Albajes y Alomar, 1999). En esta situación en la que rara vez se aplican insecticidas al cultivo, los enemigos naturales nativos, como los depredadores míridos *M. pygmaeus* y *D. tamaninii*, también invaden los invernaderos (Castañé *et al.*, 1987; Castañé, Alomar y Riudavets, 1997; Castañé *et al.*, 2004). Esta migración de fitófagos hacia los invernaderos es común en la región mediterránea y se ha documentado en Italia, Grecia y Francia, y también en zonas con clima atlántico suave, como las Islas Canarias y Portugal (Malauza, Drescher y Franco, 1987; Perdakis y Lykouressis, 1996, 1997, 2000, 2004a; Tavella *et al.*, 1997; Carvalho y Afonso, 1977). La composición de las especies varía entre regiones, aunque pertenecen principalmente a los géneros *Macrolophus*, *Dicyphus* y *Nesidiocoris*.

Debido a su polifagia, los depredadores fitófagos míridos interactúan con la mosca blanca *T. vaporariorum* y su parasitoide *E. formosa* en el tomate bajo condiciones de invernadero. La colonización natural de los invernaderos por *M. pygmaeus* y *D. tamaninii*, las dos especies predominantes en la región costera de Barcelona, España, suele causar el establecimiento de poblaciones de depredadores en el cultivo que posteriormente se alimentan de la mosca blanca. No se observó ninguna preferencia por pupas parasitadas en las muestras bajo condiciones de invernadero, mientras que los estudios de laboratorio revelaron una marcada tendencia a evitar las pupas de los parasitoides. En esta área, los progra-

mas de IPM para los tomates bajo condiciones de invernadero y otras hortalizas deberían aprovechar la presencia de este complejo depredador y permitir la inmigración y el establecimiento de poblaciones sin afectarlos con insecticidas no selectivos (Castañé *et al.*, 2004).

### **3 Control biológico de *T. vaporariorum* con depredadores fitófagos heterópteros**

Goula y Alomar (1994) describieron el uso de depredadores fitófagos míridos en el manejo integrado de plagas de moscas blancas en el tomate, España. Entre los mencionados *Miridae Dicyphinae*, y describieron las características morfológicas que ayudan a identificarlos, entre los que se encuentran *Macrolophus pygmaeus* (antes conocido como *M. caliginosus* Wagner), *Cyrtopeltis tenuis* Reuter, *C. geniculata* Fieber, *D. tamaninii* y *D. errans* Wolff. Además, Chouinard *et al.* (2006) estudiaron el mírido *Hyaliodes vitripennis* y su potencial para el control biológico de ácaros y áfidos en manzanos al este de Norteamérica, incluyendo también poblaciones del ácaro rojo europeo *Panonychus ulmi* Koch, el ácaro bimaculado *T. urticae* y los áfidos *Pomi* DeGeer y *A. spiraeicola* Pagenstecher.

### **4 Control biológico en Chile de la mosca blanca en el tomate**

En Chile, 20 000 ha de tomate, el principal vegetal a nivel nacional, se cultivan por año para su consumo fresco e industrial. De esta área, unas 1 000 ha se cultivan en invernaderos, especialmente en las regiones IV y V (ODEPA, 2008).

Una de las principales plagas del tomate bajo condiciones de invernadero es la mosca blanca *T. vaporariorum*. Esta plaga polífaga afecta a más de 250 cultivos, y tiene la capacidad de desarrollar resistencia a los pesticidas, por lo que si se requiere un producto químico, este debe ser seleccionado y aplicado cuidadosamente. Esta plaga reduce la superficie foliar, el vigor y el crecimiento de la planta, además favorece el desarrollo de hongos saprofitos en el follaje y es un vector potencial de enfermedades virales que reducen aún más la calidad y el rendimiento (Johnson *et al.*, 1992). Los productores deben

evaluar continuamente su densidad para evitar aumentos de la densidad explosiva, especialmente en invernaderos, donde la plaga se desarrolla debido a la ausencia de enemigos naturales.

*T. vaporariorum* es la principal plaga del tomate y otros cultivos en Quillota, Chile central. En el tomate, el costo de los insecticidas alcanza entre el 49 y 89% del costo total del manejo de plagas (Vargas y Alvear, 1999).

El control de *T. vaporariorum* se ve afectado por su alto potencial reproductivo y por la presencia de todas sus etapas en la parte inferior de las hojas, lo que ayuda a evitar el contacto con insecticidas. En la actualidad, el control del insecticida se basa en el uso de varios productos que también afectan a los reguladores biológicos tales como *E. Formosa*, *Aphidoletes* spp. (Diptera, Cecidomyiidae), Neuroptera y coccinélidos. En Quillota, los estudios indican que *T. vaporariorum* ha perdido susceptibilidad a metomil en algunas áreas, probablemente debido a la alta selección ejercida sobre la plaga, usando entre 12 a 40 aplicaciones durante la estación. Además, la menor afluencia de poblaciones en los invernaderos protegidos ha reducido la variabilidad genética de la plaga y ha acelerado la resistencia a los insecticidas (Vargas y Alvear, 1999).

En muchos países, incluyendo Chile, las ninfas de *T. vaporariorum* se crían en el laboratorio y son parasitadas por *E. Formosa*, para luego ser liberadas para el control biológico de la plaga en el campo o en invernaderos. *E. formosa* parasita los ninfas 3 y 4 de la mosca blanca, pero el parasitismo sólo

se detecta en la etapa de la pupa ennegrecida (Soto et al., 2001). Las plantas ornamentales de *Poinsettia* e *Hibiscus* se utilizan para desarrollar *Bemisia tabaci* (Gennadius) y dejar que sea parasitada por *E. Formosa*. Esta mosca blanca no está presente en Chile, aunque es de gran importancia a nivel mundial para la transmisión de virus en las plantas y por tener un biotipo b muy agresivo (la nueva especie *B. argentifolii* Bellows y Perring según algunos autores).

Desde el 2004 en cada temporada se han observado míridos en plantas de tabaco en un jardín ubicado en Peñaflor, en la región metropolitana de Santiago, Chile. En el 2007 también se observó este mírido en tomates bajo condiciones de invernadero en la misma zona, consumiendo a adultos y ninfas de *T. vaporariorum*. Sin embargo, no se han realizado estudios sobre su impacto y biología. *T. vaporariorum* es una plaga clave del invernadero de tomate, por lo que se ha estudiado para determinar su potencial como agente de control biológico en esta otras plagas. En Chile, Prado (1991) y Koch, Waterhouse y Cofré (2000) no presentaron referencias sobre este depredador fitófago mírido.

## 5 Identificación de un nuevo depredador fitófago mírido en Chile

El depredador fitófago en el centro de Chile fue identificado como la especie polífaga *Tupiocoris cucurbitaceus* (Spinola) (Figura 1) (Barriga Tuñón, n/d).



**Figura 1.** *Tupiocoris cucurbitaceus* alimentándose con su estilete insertado en un *Trialeurodes vaporariorum* adulto.

En las Figuras 2 y 3, respectivamente, se presenta una ninfa de *Tupiocoris* y *T. cucurbitaceus* alimentándose sobre una larva de la polilla del tomate, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gellechiidae), una presa mencionada por Biondi *et al.* (2013) en el sur de Francia.



**Figura 2.** Ninfa desarrollada de *Tupiocoris*.



Figura 3. Adult *Tupiocoris cucurbitaceus* adulta aprovechando una larva de la polilla del tomate *T. absoluta*.

## 6 Estudios de la biología de *Tupiocoris cucurbitaceus*

Según Bado, Cerri y Vilella (2005); Del Pino *et al.* (2009); Lopez, Cagnotti y Andorno (2011); López *et al.* (2012), *T. cucurbitaceus* se alimenta con frecuencia de *T. vaporariorum* en invernaderos libres de pesticidas en Argentina, y puede sobrevivir, desarrollarse y reproducirse normalmente en las plantas de tabaco o tomate. En el estudio llevado a cabo por Orozco Muñoz, Villalba Velásquez y López (2012) este depredador tuvo un periodo de miridos de  $24,3 \pm 1,5$  d para hembras y  $23,7 \pm 0,6$  d para machos en ambos cultivos usando *B. tabaci*. De acuerdo a Burla *et al.* (2014), el alto consumo de huevos de *T. vaporariorum* por parte de *T. cucurbitaceus* sugiere la necesidad de llevar a cabo nuevos estudios para incluir este depredador en programas de control biológico en invernaderos.

## 7 Estudios sobre *Macrolophus pygmaeus*

*Macrolophus pygmaeus* es un depredador muy polífago que ha demostrado ser eficaz en el control

de muchas plagas en plantas bajo condiciones de invernadero (berenjena, tomate y pepino) especialmente contra la mosca blanca, áfidos y trips. Este se utiliza principalmente en el control biológico contra la mosca blanca *T. vaporariorum*, especialmente en el tomate; y aunque los cultivos normalmente son tratados con insecticidas, el control biológico es cada vez más importante para controlar esta plaga. Se ha desarrollado un programa de IPM con fitófagos para el tomate con el objetivo de mantener las densidades poblacionales de los depredadores lo suficientemente altas como para conservar a *T. vaporariorum* y otras poblaciones de plagas con un bajo costo. Los adultos de *M. pygmaeus* se alimentan de fitófagos miridos de la mosca blanca y pupa, convirtiéndolo en un insecto con efectos positivos en el control biológico de *T. vaporariorum* (Castañé *et al.*, 2004).

*M. caliginosus* (= *M. pygmaeus*) aparece en el sitio web de Fitonova (Donoso y Díaz Tobar, 2011) como disponible contra la mosca blanca del tomate y la polilla del tomate en Chile, pero no se proporcionan detalles. Carpintero y Carvalho (1993); Morrone y Coscarón (2008); Carpintero y De Biase (2011) presentaron unas listas de Miridae en Argentina (ver también Ohashi y Urdampilleta (2003); Logarzo, Williams y Carpintero (2005)).

*M. pygmaeus* se vende actualmente en Europa

para el control de la mosca blanca del tomate bajo condiciones de invernaderos (Malezieux *et al.*, 1995; Schelt *et al.*, 1996; Pasini *et al.*, 1998), y también para el control biológico de la polilla del tomate *T. absoluta* (Sylla *et al.*, 2016) en los países mediterráneos (Albajes y Alomar, 1999; ?; Guenaoui, Bensaad y Ouezani, 2011; Urbaneja *et al.*, 2012). *D. tamaninii* es otro depredador fitófago mírido que coloniza fácilmente los invernaderos en estos países. Lucas y Alomar (2002b) no registraron ninguna competición intraespecífica de *D. tamaninii* con *M. pygmaeus*.

El *M. pygmaeus* es atípico entre los míridos, debido a que las hembras aparentemente se aparean una sola vez (Gemeno Marín *et al.*, 2007). Fauvel, Malausa y Kaspar (1987) estudiaron en condiciones de laboratorio las principales características biológicas de *M. pygmaeus* aprovechando las primeras etapas de la mosca blanca en el invernadero. La incubación de los huevos duró 11,4 d a 25 °C y más de un mes a 15 °C. La incubación de huevos fue de >80% en plantas hospederas en buenas condiciones. El desarrollo juvenil a 25 y 15 °C duró 19 y 58 d, respectivamente alimentándose de jóvenes ninfas de la mosca blanca. El desarrollo todavía se produjo a 10 °C pero no a 40 °C. La longevidad y fecundidad de las hembras alimentadas con huevos de *Anagasta kuehniella* Zeller alcanzó 232 d y 409 huevos, respectivamente.

En un estudio realizado por Perdakis y Lykouressis (2004b), la longevidad adulta de *M. pygmaeus* en berenjenas y tomates fue mayor a 15 °C, y en berenjena y tomate alcanzó 38,72 y 34,20 d para las hembras, y 92,88 y 62,80 d para varones, respectivamente.

Bonato, Couton y Fargues (2006) estudiaron las preferencias alimenticias de *M. pygmaeus* en *T. vaporariorum* y *B. tabaci*, y Castañé y Zapata (2005) evaluaron una dieta a base de carne para crianza en *M. pygmaeus* durante varias generaciones, sin ningún material vegetal y usando rollos de algodón para la ovoposición (véase también Iriarte y Castañé (2001)). Se evaluó el rendimiento de los adultos de la séptima generación en esta dieta tanto en la mosca blanca como en la *T. urticae*. La efectividad de la depredación en las hembras y ninfas obtenidas fue similar a la de los insectos en la crianza convencional, por lo que este método es una alternativa al método convencional y representa una mejora en la producción de este depredador.

Alomar, Riudavets y Castañé (2006) liberaron entre 3 y 6 adultos de *M. pygmaeus* por planta,

que estaban inicialmente infestados con 10 *B. tabaci* adultos. La alta tasa de liberación controló a la población de la mosca blanca. Una tasa de liberación más baja en la segunda prueba no tuvo ningún efecto, esto posiblemente debido a la excesiva poda de la planta, que pudo haber afectado el asentamiento de los depredadores. Sin embargo, no se observaron daños en las frutas.

En un estudio realizado por Mohd Rasdi *et al.* (2009), los adultos de *M. pygmaeus* se alimentaron con ninfas de *T. vaporariorum*, y resultaron efectivos para controlar también otras plagas, especialmente áfidos y trips, en berenjena, tomate y pepino bajo condiciones de invernadero.

Algunos fitófagos son parásitos severos, tales como *Labops* spp. e *Irbisia* spp. en *Agropyron* spp. introducidos en el occidente de los Estados Unidos (Araya y Haws, 1988, 1991). Se ha observado que algunos míridos se alimentan ocasionalmente de plantas y pueden insertar sus estilos en ellos para obtener savia (Wheeler, 2001). Otro ejemplo es *Lygus hesperus* (Knight), una plaga fitozoófaga clave que afecta al algodón y que también es un depredador importante en ese cultivo (Hagler y Naranjo, 2005). Esta acción depredadora se conoce en otras especies, como en *Dicyphus errans* Wolff (Quaglia *et al.*, 1993) y *Creontiades pallidus* (Rambur) (Urbaneja *et al.*, 2001), pero no han sido consideradas en IPM.

## 8 Conclusiones

El presente estudio informa acerca de los tres depredadores fitófagos heterópteros de la mosca blanca, Rambur (anteriormente *M. caliginosus* Wagner), y sobre todo en *Tupiocoris cucurbitaceus* (Spinola), que atacó a *T. vaporariorum* en plantas de tabaco y tomate bajo condiciones de invernadero en Chile, en la región metropolitana, Chile central. Se observó cuidadosamente el follaje de las plantas donde se muestreaba el depredador para descartar cualquier daño a las hojas y especialmente a los tomates.

## Referencias

Agustí, N y Rosa Gabarra i Ambert. 2009. "Puesta a punto de una cría masiva del depredador polífago *Dicyphus tamaninii* Wagner (Heteroptera: Miridae)." *Boletín de sanidad vegetal. Plagas* 35(2):205–218. Online: <https://goo.gl/pCPaEZ>.

- Albajes, Ramon y Óscar Alomar. 1999. *Current and Potential use of Polyphagous Predators*. Dordrecht: Springer Netherlands pp. 265–275. Online: [https://doi.org/10.1007/0--306--47585--5\\_19](https://doi.org/10.1007/0--306--47585--5_19).
- Alomar, Oscar, Jordi Riudavets y Cristina Castañé. 2006. "Macrolophus caliginosus in the biological control of Bemisia tabaci on greenhouse melons." *Biological Control* 36(2):154–162. Online: <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2005.08.010>.
- Alomar, Óscar, Marta Goula y Ramon Albajes. 2002. "Colonisation of tomato fields by predatory mirid bugs (Hemiptera: Heteroptera) in northern Spain." *Agriculture, Ecosystems & Environment* 89(1):105–115. Online: [https://doi.org/10.1016/S0167--8809\(01\)00322--X](https://doi.org/10.1016/S0167--8809(01)00322--X).
- Alomar, Oscar y Ramon Albajes. 1996. "Greenhouse whitefly (Homoptera: Aleyrodidae) predation and tomato fruit injury by the zoophytophagous predator Dicyphus tamaninii (Heteroptera: Miridae)." *Zoophytophagous Heteroptera: implications for life history and integrated pest management* pp. 155–177.
- Araya, Jaime E. y B. Austin Haws. 1988. "Arthropod Predation of Black Grass Bugs (Hemiptera: Miridae) in Utah Ranges." *Journal of Range Management* 41(2):100–103. Online: <https://goo.gl/CLVqJP>.
- Araya, JE y BA Haws. 1991. "Arthropod populations associated with a grassland infested by black grass bugs, Labops hesperius and Irbisia brachycera (Hemiptera: Miridae) in Utah, USA." *Bulletin Phytosanitaire de la FAO (FAO); Boletín Fitosanitario de la FAO (FAO)*. Online: <https://goo.gl/UgngB5>.
- Athanassiou, Christos G., Nickolas G. Kavallieratos, Venedikti S. Ragkou y Constantine Th. Buchelos. 2003. "Seasonal abundance and spatial distribution of the predator Macrolophus costalis and its prey Myzus persicae on tobacco." *Phytoparasitica* 31(1):8–18. Online: <https://doi.org/10.1007/BF02979762>.
- Bado, SG, AM Cerri y F Vilella. 2005. "Fauna insectil asociada a cultivos de dos especies de Physalis (Solonaceae) en Argentina." *Bol. Sanid. Veg., Plagas* 31:321–333. Online: <https://goo.gl/C3MpLz>.
- Barriga Tuñon, Juan Enrique. n/d. "Dicyphus cucurbitaceus (Spinola, 1852). Online: <https://goo.gl/JvZ8Q2>."
- Biondi, A, A Chailleux, J Lambion, P Han, L Zappalà y N Desneux. 2013. "Indigenous natural enemies attacking Tuta absoluta (Lepidoptera: Gelechiidae) in southern France." *Egyptian Journal of Biological Pest Control* 23(1):117.
- Bonato, Olivier, Louise Couton y Jacques Fargues. 2006. "Feeding Preference of Macrolophus caliginosus (Heteroptera: Miridae) on Bemisia tabaci and Trialeurodes vaporariorum (Homoptera: Aleyrodidae)." *Journal of Economic Entomology* 99(4):1143–1151. Online: <http://dx.doi.org/10.1093/jee/99.4.1143>.
- Brodeur, Jacques y Guy Boivin. 2006. *Trophic and guild interactions in biological control*. Vol. 3 of *Part of the Progress in Biological Control book series*. Online: <https://goo.gl/B5WAEh> Springer.
- Burla, Juan P., Gabriela Grille, Maria E. Lorenzo, Jorge Franco, Olivier Bonato y César Basso. 2014. "Effect of different diets on the development, mortality, survival, food uptake and fecundity of tupiocoris cucurbitaceus (hemiptera: miridae)." *The Florida Entomologist* 97(4):1816–1824. Online: <https://goo.gl/jQkWci>.
- Carnero-Hernández, A, S Díaz-Hernández, S Amador-Martín, M Hernández-García y E Hernández-Suárez. 2000. "Impact of Nesidiocoris tenuis Reuter (Hemiptera: Miridae) on whitefly populations in protected tomato crops." *IOBC wprps Bulletin*. Online: <https://goo.gl/6Vc5xT>.
- Carpintero, Diego y S De Biase. 2011. "Los Hemiptera Heteroptera de la Isla Martin Garcias (Buenos Aires, Argentina)." *Historia Natural* 1:27–47. Online: <https://goo.gl/1q3d7A>.
- Carpintero, DL y JCM Carvalho. 1993. "An annotated list of the Miridae of the Argentine Republic (Hemiptera)." *Revista Brasileira de Biologia* 53(3):397–420. Online: <https://goo.gl/mUa7VR>.
- Carvalho, JCM y CR da S Afonso. 1977. "Mirídeos neotropicais. 208. Sobre uma coleção enviada para estudo pela Academia de Ciências da Califórnia (Hemiptera)." *Revista brasileira de Biologia*. Online: <https://goo.gl/S3BkU2>.

- Castañé, C, E Bordas, R Gabarra, O Alomar, J Adillon y R Albajes. 1987. *Progress in the implementation of IPM programs on protected crops in Catalonia*. Vol. 11082 CRC Press p. 339.
- Castañé, C, O Alomar y J Riudavets. 1997. "Biological control of greenhouse cucumber pests with the mirid bug *Dicyphus tamaninii*." *IOBC WPRS BULLETIN* 20:237–240. Online: <https://goo.gl/ufZfma>.
- Castañé, Cristina, Oscar Alomar, Marta Goula y Rosa Gabarra. 2004. "Colonization of tomato greenhouses by the predatory mirid bugs *Macrolophus caliginosus* and *Dicyphus tamaninii*." *Biological Control* 30(3):591–597. Online: <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2004.02.012>.
- Castañé, Cristina y Rafael Zapata. 2005. "Rearing the predatory bug *Macrolophus caliginosus* on a meat-based diet." *Biological Control* 34(1):66–72. Online: <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2005.04.002>.
- Chouinard, Gerald, Sylvie Bellerose, Carole Brodeur y Yvon Morin. 2006. "Effectiveness of *Hyaliodes vitripennis* (Say) (Heteroptera: Miridae) predation in apple orchards." *Crop Protection* 25(7):705–711. Online: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2005.09.014>.
- Cohen, Allen C. 1996. "Plant feeding by predatory Heteroptera: evolutionary and adaptational aspects of trophic switching." *Zoophytophagous Heteroptera: implications for life history and integrated pest management* pp. 1–17.
- Cohen, Allen C y Jack W Debolt. 1983. "Rearing *Geocoris punctipes* on insect eggs [Insect pest predators, biological control]." *Southwest Entomology*. Online: <https://goo.gl/M98Gtp>.
- Coll, M. y J. R. Ruberson. 1998. *Predatory Heteroptera: their ecology and use in biological control*. Lanham, USA: Entomological Society of America. Online: <https://goo.gl/hZpE8m>.
- Coll, Moshe y Moshe Guershon. 2002. "Omnivory in Terrestrial Arthropods: Mixing Plant and Prey Diets." *Annual Review of Entomology* 47(1):267–297. Online: <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.47.091201.145209>.
- Del Pino, M, A Polack, S Gamboa, M Massi y G Peruzzi. 2009. *Tupiocoris cucurbitaceus* [Hemiptera: Miridae], aspectos poblacionales en relación al control de la mosca blanca de los invernáculos *Trialeurodes vaporariorum* [Hemiptera: Aleyrodidae] y al cultivo de tomate bajo cobertura. In *Congreso Argentino de Horticultura*. 32. 2009 09 23–26, 23 al 26 de septiembre de 2009. Salta. AR. Online: <https://goo.gl/UnMhA1>.
- Donoso, Eduardo y Jiménez Guridi María Bernarda. Díaz Tobar, Belén. 2011. Desarrollo tecnológico y adopción de insumos ecológicos: línea base 2010 y prospectiva 2030. Technical report Fitonova Limitada. Online: <https://goo.gl/UB2fhu>.
- Eubanks, MICKY D y JOHN D Styrsky. 2005. *Effects of plant feeding on the performance of omnivorous predators*. Cambridge University Press chapter 6, pp. 148–177. Online: <https://goo.gl/59s9XW>.
- Fauvel, G., J. C. Malausa y B. Kaspar. 1987. "Etude en laboratoire des principales caractéristiques biologiques de *Macrolophus caliginosus* [Heteroptera: Miridae]." *Entomophaga* 32(5):529–543. Online: <https://doi.org/10.1007/BF02373522>.
- Gemeno Marín, César, Òscar Alomar, Jordi Riudavets y Cristina Castañé Fernández. 2007. "Mating periodicity and post-mating refractory period in the zoophytophagous plant bug *Macrolophus caliginosus* (Heteroptera: Miridae)." *European Journal of Entomology* 104(4):715–720. Online: <https://goo.gl/BmEBEb>.
- Gillespie, D. R. y R. R. Mcgregor. N.d. "The functions of plant feeding in the omnivorous predator *Dicyphus hesperus*: water places limits on predation." *Ecological Entomology*. Forthcoming.
- Goula, Marta y O Alomar. 1994. "Míridos (Heteroptera Miridae) de interés en el control integrado de plagas en el tomate. Guía para su identificación." *Bol. San. Veg. Plagas* 20(1):131–143. Online: <https://goo.gl/CUNSEU>.
- Guenauoui, Y, R Bensaad y K Ouezzani. 2011. Importance of native polyphagous predators able to prey on *Tuta absoluta* Meyrick (Lepidoptera: Gelechiidae) on tomato crop. In *Proceedings of the EPPO/IOBC/FAO/NEPPO Joint International Symposium on management of*. pp. 16–18.

- Hagler, Dr James R. y Steven E. Naranjo. 2005. "Use of a gut content ELISA to detect whitefly predator feeding activity after field exposure to different insecticide treatments." *Biocontrol Science and Technology* 15(4):321–339. Online: <https://doi.org/10.1080/09583150500086474>.
- Hansen, Dorthe L., Henrik F. Brodsgaard y Annie Enkegaard. 2003. "Life table characteristics of *Macrolophus caliginosus* preying upon *Tetranychus urticae*." *Entomologia Experimentalis et Applicata* 93(3):267–273. Online: <https://goo.gl/EfLk85>.
- Ingegno, Barbara L., Marco G. Pansa y Luciana Tavella. 2011. "Plant preference in the zoophytophagous generalist predator *Macrolophus pygmaeus* (Heteroptera: Miridae)." *Biological Control* 58(3):174–181. Online: <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2011.06.003>.
- Iriarte, Javier y Cristina Castañé. 2001. "Artificial Rearing of *Dicyphus tamaninii* (Heteroptera: Miridae) on a Meat-Based Diet." *Biological Control* 22(1):98–102. Online: <https://doi.org/10.1006/bcon.2001.0951>.
- Jakobsen, Lene, Annie Enkegaard y Henrik F. Brodsgaard. 2004. "Interactions Between Two Polyphagous Predators, *Orius majusculus* (Hemiptera: Anthocoridae) and *Macrolophus caliginosus* (Heteroptera: Miridae)." *Biocontrol Science and Technology* 14(1):17–24. Online: <https://doi.org/10.1080/09583150310001606561>.
- Johnson, M. W., L. C. Caprio, J. A. Coughlin, B. E. Tabashnik, J. A. Rosenheim y S. C. Welter. 1992. "Effect of *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera: Aleyrodidae) on Yield of Fresh Market Tomatoes." *Journal of Economic Entomology* 85(6):2370–2376. Online: <http://dx.doi.org/10.1093/jee/85.6.2370>.
- Khoo, K. C. 1992. *Manipulating predators for biological control with special reference to the tropics*. Number Vol. 1 Kuala Lumpur, Malaysia: Malaysian Plant Protection Society pp. 15–22. Online: <https://goo.gl/QLsjye>.
- Koch, Carlos Klein, Douglas Frew Waterhouse y SA Cofré. 2000. *The distribution and importance of arthropods associated with agriculture and forestry in Chile*. Australian Centre for International Agricultural Research. Online: <https://goo.gl/XcdGLY>.
- Labbé, Roselyne. 2005. "Intraguild interactions of the greenhouse whitefly natural enemies, predator *Dicyphus hesperus*, pathogen *Beauveria bassiana* and parasitoid *Encarsia formosa*." *Université Laval*. Online: <https://goo.gl/vUFkxY>.
- Lalonde, R. G., R. R. McGregor, D. R. Gillespie y B. D. Roitberg. 1999. "Plant-Feeding by Arthropod Predators Contributes to the Stability of Predator-Prey Population Dynamics." *Oikos* 87(3):603–608. Online: <https://goo.gl/qvXQP5>.
- Logarzo, Guillermo A., Livy Williams y Diego L. Carpintero. 2005. "Plant Bugs (Heteroptera: Miridae) Associated with Roadside Habitats in Argentina and Paraguay: Host Plant, Temporal, and Geographic Range Effects." *Annals of the Entomological Society of America* 98(5):694–702. Online: [http://dx.doi.org/10.1603/0013-8746\(2005\)098\[0694:PBHMAW\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1603/0013-8746(2005)098[0694:PBHMAW]2.0.CO;2).
- Lopez, Silvia Noemí, Cynthia L Cagnotti y Andrea Verónica Andorno. 2011. "Tupiocoris cucurbitaceus. agente potencial de control biológico de Tuta absoluta." *Taller La Polilla del Tomate en la Argentina. 2011 11 07-08, 7 y 8 de noviembre de 2011. La Plata, Buenos Aires. AR*. Online: <https://goo.gl/T68dhE>.
- López, Silvia Noemí, Fresy Arce Rojas, Vladimir Vilalba Velásquez y Cynthia Cagnotti. 2012. "Biology of *Tupiocoris cucurbitaceus* (Hemiptera: Miridae), a predator of the greenhouse whitefly *Trialeurodes vaporariorum* (Hemiptera: Aleyrodidae) in tomato crops in Argentina." *Biocontrol Science and Technology* 22(10):1107–1117. Online: <https://doi.org/10.1080/09583157.2012.705260>.
- Lucas, Eric y Oscar Alomar. 2002a. "Impact of *Macrolophus caliginosus* Presence on Damage Production by *Dicyphus tamaninii* (Heteroptera: Miridae) on Tomato Fruits." *Journal of Economic Entomology* 95(6):1123–1129. Online: <http://dx.doi.org/10.1603/0022-0493-95.6.1123>.
- Lucas, Éric y Oscar Alomar. 2002b. "Impact of the presence of *Dicyphus tamaninii* Wagner (Heteroptera: Miridae) on whitefly (Homoptera: Aleyrodidae) predation by *Macrolophus caliginosus* (Wagner) (Heteroptera: Miridae)." *Biological Control* 25(2):123–128. Online: [https://doi.org/10.1016/S1049-9644\(02\)00054-3](https://doi.org/10.1016/S1049-9644(02)00054-3).

- Lykouressis, D., A. Giatropoulos, D. Perdikis y C. Favas. 2008. "Assessing the suitability of non-cultivated plants and associated insect prey as food sources for the omnivorous predator *Macrolophus pygmaeus* (Hemiptera: Miridae)." *Biological Control* 44(2):142–148. Online: <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2007.11.003>.
- Malausa, JC, J Drescher y E Franco. 1987. "Perspectives for the use of a predaceous bug *Macrolophus caliginosus* Wagner (Heteroptera, Miridae) on glasshouses crops [*Trialeurodes vaporariorum*]." *Bulletin SROP (France)* Online: <https://goo.gl/H8hjnX>.
- Malezieux, Sylvie, Christophe Girardet, Brigitte Navez y Jean-Marc Cheyrias. 1995. "Contre l'Aleurode des serres en culture de tomates sous abris. Utilisation et developpement de *Macrolophus caliginosus* associe a encarsia formosa." *Phytoma-La Défense des Végétaux* (471):29–32.
- Margaritopoulos, J.T., J.A. Tsitsipis y D.C. Perdikis. 2003. "Biological characteristics of the mirids *Macrolophus costalis* and *Macrolophus pygmaeus* preying on the tobacco form of *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae)." *Bulletin of Entomological Research* 93(1):39–45.
- McGregor, Robert R, David R Gillespie, Donald M.J Quiring y Mitch R.J Foisy. 1999. "Potential Use of *Dicyphus hesperus* Knight (Heteroptera: Miridae) for Biological Control of Pests of Greenhouse Tomatoes." *Biological Control* 16(1):104–110. Online: <https://doi.org/10.1006/bcon.1999.0743>.
- Mohd Rasdi, Z, Fauziah I, W.A.K Wan Mohamad, Md Salmah y Kamaruzaman Jusoff. 2009. "Biology of *Macrolophus caliginosus* (Heteroptera: Miridae) Predator of *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera: Aleyrodidae)." *International Journal of Biology* 1. Online: <https://goo.gl/U6bK38>.
- Montserrat, Marta, Ramon Albajes y Cristina Castañé. 2000. "Functional Response of Four Heteropteran Predators Preying on Greenhouse Whitefly (Homoptera: Aleyrodidae) and Western Flower Thrips (Thysanoptera: Thripidae)." *Environmental Entomology* 29(5):1075–1082. Online: <http://dx.doi.org/10.1603/0046-225X-29.5.1075>.
- Morrone, J y S. Coscarón. 2008. *Biodiversidad de artrópodos argentinos: una perspectiva biotaxonomica*. Vol. 1. Online: <https://goo.gl/7zFkja>.
- Naranjo, Steven E y Roberta L Gibson. 1996. "Phytophagy in predaceous Heteroptera: effects on life history and population dynamics." *Zoophytophagous Heteroptera: implications for life history and integrated pest management* pp. 57–93. Online: <https://goo.gl/we58SN>.
- ODEPA. 2008. "Estadísticas macrosectoriales y productivas." Oficina de Planificación Agrícola, Chile. Online: <https://goo.gl/WB1FB6>.
- Ohashi, Diana Virginia y JD Urdampilleta. 2003. "Interacción entre insectos perjudiciales y benéficos en el cultivo de tabaco de Misiones, Argentina." *RIA. Revista de Investigaciones Agropecuarias* 32(2). Online: <https://goo.gl/5qdQjX>.
- Orozco Muñoz, Arlette, Vladimir Villalba Velásquez y Silvia Noemí López. 2012. "Desarrollo de *Tupiocoris cucurbitaceus* (Hemiptera: Miridae) sobre *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) en diversas hortalizas." *Fitosanidad* 16(3).
- Pasini, C, F D'aquila, M Gandolfo, M Costanzi y L Mirto. 1998. "*Macrolophus caliginosus* nella lotta biologica." *Colture Protette* 27:43–46.
- Perdikis, D Ch y DP Lykouressis. 1996. "Aphid populations and their natural enemies on fresh market tomatoes in central Greece." *Bulletin OILB SROP (France)* . Online: <https://goo.gl/TKkqGg>.
- Perdikis, D Ch y DP Lykouressis. 1997. "Rate of development and mortality of nymphal stages of the predator *Macrolophus pygmaeus* Rambus feeding on various preys and host plants." *IOBC wprs Bulletin* 20:241–248.
- Perdikis, Dionyssios Ch. y Dionyssios P. Lykouressis. 2004a. "*Macrolophus pygmaeus* (Hemiptera: Miridae) Population Parameters and Biological Characteristics When Feeding on Eggplant and Tomato Without Prey." *Journal of Economic Entomology* 97(4):1291–1298. Online: <http://dx.doi.org/10.1093/jee/97.4.1291>.
- Perdikis, Dionyssios Ch. y Dionyssios P. Lykouressis. 2004b. "*Myzus persicae* (Homoptera: Aphididae) as Suitable Prey for *Macrolophus pygmaeus* (Hemiptera: Miridae) Population Increase on Pepper Plants." *Environmental Entomology* 33(3):499–505. Online: <http://dx.doi.org/10.1603/0046-225X-33.3.499>.

- Perdikis, Dionyssios y Dionyssios Lykouressis. 2000. "Effects of Various Items, Host Plants, and Temperatures on the Development and Survival of *Macrolophus pygmaeus* Rambur (Hemiptera: Miridae)." *Biological Control* 17(1):55–60. Online: <https://doi.org/10.1006/bcon.1999.0774>.
- Pimm, SL y John H Lawton. 1978. "On feeding on more than one trophic level." *Nature* 275(5680):542.
- Polis, G A, C A Myers y R D Holt. 1989. "The Ecology and Evolution of Intraguild Predation: Potential Competitors That Eat Each Other." *Annual Review of Ecology and Systematics* 20(1):297–330. Online: <https://doi.org/10.1146/annurev.es.20.110189.001501>.
- Polis, Gary A y Robert D Holt. 1992. "Intraguild predation: the dynamics of complex trophic interactions." *Trends in Ecology & Evolution* 7(5):151–154. Online: <https://goo.gl/kBd5aQ>.
- Portillo, Nati, Oscar Alomar y Felix Wäckers. 2012. "Nectarivory by the plant-tissue feeding predator *Macrolophus pygmaeus* Rambur (Heteroptera: Miridae): Nutritional redundancy or nutritional benefit?" *Journal of Insect Physiology* 58(3):397–401. Online: <https://doi.org/10.1016/j.jinsphys.2011.12.013>.
- Prado, Ernesto. 1991. *Artrópodos y sus enemigos naturales asociados a plantas cultivadas en Chile*. 1 ed. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Online: <https://goo.gl/he7pEx>.
- Quaglia, Fabio, Elisabetta Rossi, Ruggero Petacchi y Charles E. Taylor. 1993. "Observations on an Infestation by Green Peach Aphids (Homoptera: Aphididae) on Greenhouse Tomatoes in Italy." *Journal of Economic Entomology* 86(4):1019–1025. Online: <http://dx.doi.org/10.1093/jee/86.4.1019>.
- Riechert, Susan E. y Leslie Bishop. 1990. "Prey Control by an Assemblage of Generalist Predators: Spiders in Garden Test Systems." *Ecology* 71(4):1441–1450. Online: <https://goo.gl/ubhFck>.
- Riudavets, Jordi y Cristina Castañé. 1998. "Identification and Evaluation of Native Predators of *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae) in the Mediterranean." *Environmental Entomology* 27(1):86–93. Online: <http://dx.doi.org/10.1093/ee/27.1.86>.
- Rosenheim, Jay A. 1998. "higher-order predators and the regulation of insect herbivore populations." *Annual Review of Entomology* 43(1):421–447. Online: <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.43.1.421>.
- Rosenheim, Jay A., Lawrence R. Wilhoit y Christine A. Armer. 1993. "Influence of intraguild predation among generalist insect predators on the suppression of an herbivore population." *Oecologia* 96(3):439–449. Online: <https://doi.org/10.1007/BF00317517>.
- Schelt, J van, J Klapwijk, M Letard y C Aucouturier. 1996. "use of *Macrolophus caliginosus* as a whitefly predator in protected crops." *Bemisia: taxonomy, biology, damage, control and management*. .
- Settle, William H., Hartjahyo Ariawan, Endah Tri Astuti, Widyastama Cahyana, Arief Lukman Hakim, Dadan Hindayana y Alifah Sri Lestari. 1996. "Managing Tropical Rice Pests Through Conservation of Generalist Natural Enemies and Alternative Prey." *Ecology* 77(7):1975–1988. Online: <https://goo.gl/RbcrUP>.
- Snyder, William E. y Anthony R. Ives. 2003. "Interactions between specialist and generalist natural enemies: parasitoids, predators, and pea aphid biocontrol." *Ecology* 84(1):91–107. Online: <https://goo.gl/8r7tny>.
- Soto, A, A Norero, J Apablaza y YP ESTAY. 2001. "Requerimientos térmicos para el desarrollo de *Encarsia formosa* (Hymenoptera: Aphelinidae) criado en *Trialeurodes vaporariorum* (Hemiptera: Aleyrodidae)." *Ciencia e Investigación Agraria* 28(2):103–106. Online: <https://goo.gl/oBYX9Z>.
- Sweet, Merrill H. 1979. "On the Original Feeding Habits of the Hemiptera (Insecta)." *Annals of the Entomological Society of America* 72(5):575–579. Online: <http://dx.doi.org/10.1093/aesa/72.5.575>.
- Sylla, Serigne, Thierry Brévault, Karamoko Diarra, Philippe Bearez y Nicolas Desneux. 2016. "Life-History Traits of *Macrolophus pygmaeus* with Different Prey Foods." *PLOS ONE* 11(11):1–8. Online: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0166610>.
- Tanada, Yoshinori y Frederick Georg Holdaway. 1954. *Feeding Habits Of The Tomato Bug, *Cryptopeltic (Engytatus) Modestus* (Distant) With Special Reference To The Feeding Lesion On Tomato*. University

- Of Hawaii, College Of Agriculture; Hawaii. Online: <https://goo.gl/9VbVgW>.
- Tavella, Luciana, Alberto Alma, C Sargiotto *et al.* 1997. "Samplings of Miridae Dicyphinae in tomato crops of northwestern Italy." *IOBC/WPRS BULLETIN* 20(4):249–256.
- Tedeschi, Rosemarie, P de Clercq, M Veire y Luc Tirry. 1999. "Development and predation of *Macrolophus caliginosus* (Heteroptera: Miridae) on different prey." *Mededelingen-Faculteit Landbouwkundige en Toegepaste Biologische Wetenschappen Universiteit Gent (Belgium)* . Online: <https://goo.gl/Ab4aNi>.
- Urbaneja, A, E Arán, P Squires, L Lara y J van der Blom. 2001. "Aparición del chinche *Creontia pallidus* Ramb.(Hemiptera, Miridae) como depredador de mosca blanca y posible causante de daños en los cultivos de pimiento en invernadero." *Agrícola Vergel* 235 pp. 396–401. Online: <https://goo.gl/Vim7tH>.
- Urbaneja, Alberto, Joel González-Cabrera, Judit Arno y Rosa Gabarra. 2012. "Prospects for the biological control of *Tuta absoluta* in tomatoes of the Mediterranean basin." *Pest Management Science* 68(9):1215–1222. Online: <https://goo.gl/Fkrddx>.
- Vargas, R y A. Alvear. 1999. "Resistencia de la Mosquita Blanca a Metomilo." *Revista Tierra Adentro* pp. 28–31. Online: <https://goo.gl/F1T5p7>.
- Wheeler, Alfred George. 2001. *Biology of the plant bugs (Hemiptera: Miridae): pests, predators, opportunists*. Cornell university press ed. Cornell University Press.
- Wiedenmann, Robert N, Jesusa Crisostomo Legaspi y Robert J O'Neil. 1996. "Impact of prey density and facultative plant feeding on the life history of the predator *Podisus maculiventris* (Heteroptera: Pentatomidae)." *Zoophytophagous Heteroptera: Implications for life history and integrated pest management* pp. 94–118.



## ANÁLISIS EXPLORATORIO DEL DESPERDICIO DE ALIMENTOS EN PLATO EN COMEDORES ESCOLARES EN ESPAÑA

### EXPLORATORY ANALYSIS OF FOOD WASTE AT PLATE IN SCHOOL CANTEENS IN SPAIN

María Bustamente<sup>1</sup>, Ana Afonso<sup>2</sup>,  
Ignacio De los Ríos<sup>1\*</sup>

<sup>1\*</sup> *Cátedra Bancos de Alimentos de la Universidad Politécnica de Madrid, Calle Ramiro de Maeztu, 7, 28040 Madrid, España.*

<sup>2</sup> *Escuela de Organización Industrial, Av. Gregorio del Amo 6, 28040, Madrid, España*

\*Autor para correspondencia: [ignacio.delosrios@upm.es](mailto:ignacio.delosrios@upm.es)

Artículo enviado el 16 de agosto de 2018. Aceptado, tras revisión el 20 de agosto de 2018. Publicado el 1 de septiembre de 2018.

#### Resumen

La investigación se enmarca en una relación Universidad-Sociedad civil, que se articula en la Cátedra Bancos de Alimentos UPM-FESBAL, como un medio para establecer una colaboración estratégica a largo plazo, con el fin de “Trabajar con la gente”, para conseguir un consumo racional y solidario. Comprender mejor el proceso de generación de desperdicios en los comedores escolares representa una oportunidad clara para la aplicación de medidas frente al desperdicio alimentario, debido a que la infancia es el mejor momento para crear conciencia sobre la importancia de abordar este problema. El desperdicio en plato en comedores escolares es causado por la poca receptividad de los alumnos frente al menú, lo que se ve afectado por factores propios de cada comensal y por factores contextuales. La presente investigación tiene como objetivo aproximar la cantidad de desperdicio en plato en comedores escolares en España e identificar posibles factores condicionantes a nivel contextual, a partir del análisis de 118 comedores escolares en 14 comunidades autónomas. Los resultados muestran que, a nivel territorial, existen diferencias significativas entre los desperdicios en costa e interior. A nivel de centro educativo, sucede lo mismo entre los desperdicios medidos antes y después de actividades de sensibilización. Finalmente, los resultados muestran que el desperdicio por tipo de menú difiere según la región en la que se ubica el centro educativo, lo que da indicios de la relación entre la región y el grado de aceptación o preferencias por menús.

**Palabras claves:** Desperdicio alimentario; desperdicio en plato; comedores escolares; factores contextuales; consumo racional; universidad-sociedad civil.

**Abstract**

The research is part of a University-Civil Society relationship, which is framed on UPM-FESBAL Food Banks Chair, as a means to establish a long-term strategic collaboration, in order to “Work with people”, to achieve a rational and supportive consumption. A better understanding of food waste generation in school canteens represents a clear opportunity for the application of measures against it, because childhood is considered the best time to raise awareness about this problem and their impacts. Plate waste in school canteens depends of the student’s receptivity for each menu, which is affected by individual and contextual factors. The aim of this research is to approximate the amount of plate waste in school canteens in Spain and identified possible drivers at contextual level, based on the analysis of 118 school canteens in 14 autonomous communities. The results show that, at a territorial level, there are significant differences between plate waste on the coast and interior. At school level, the same thing happens between the waste measured before and after the awareness campaign. Finally, the results show that the plate waste per type of menu differs according to the region where the school is located, which suggest that the acceptance or student’s preferences for menus are related with the region where the school is located.

**Keywords:** Food waste; plate waste; school canteens; contextual factors; university- society; rational consumption.

---

Forma sugerida de citar: Bustamanet, M., Afonso, A. y De los Ríos, I. 2018. Análisis exploratorio del desperdicio de alimentos en plato en Comedores Escolares en España. *La Granja: Revista de Ciencias de la Vida*. Vol. 28(2):20-42. <http://doi.org/10.17163/lgr.n28.2018.02>.

---

## 1 Introducción

En el 2011, la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, por sus siglas en inglés) señaló que para suplir las necesidades alimentarias de una población que se estimó pasaría de 7000 a 9000 millones de personas para el 2050, sería necesario incrementar la producción en un 70%. En contraposición con el problema de inseguridad alimentaria, FAO (2011) señaló que aproximadamente un tercio de los alimentos producidos en el mundo se perdían o desperdiciaban. Desde ese año, el problema de desperdicio y pérdida de alimentos ha tomado relevancia en la lucha contra la pobreza, el hambre, el cambio climático y el uso inadecuado de recursos naturales.

Lipinski y Lomax (2013) estiman que, si se redujeran a la mitad las pérdidas y desperdicios de alimentos, la brecha para suplir las necesidades alimentarias pronosticadas por FAO para el 2050 se reduciría a la mitad. Además, los mismos autores señalan que la pérdida y desperdicio de alimentos equivale a una inversión desperdiciada que reduce el bienestar económico de los actores de la cadena de valor de los alimentos.

En relación con los impactos ambientales, FAO (2014) señala las pérdidas de los recursos naturales empleados para producir los alimentos que son desperdiciados o impactados en la producción de los mismos; además enfatiza en la emisión de CO<sub>2</sub>-eq por el desperdicio de alimentos en el mundo a lo largo de la cadena de suministro.

El estudio FUSIONS de la Comisión Europea (Stenmarck *et al.*, 2016) estima el desperdicio de alimentos para el 2012 en 88 millones de toneladas, lo que equivale a 173 kilogramos de desperdicio anual por persona en la Unión Europea (UE-28). Stenmarck *et al.* (2016) señalan también que la mayor parte de los desperdicios en la Unión Europea se registran en las etapas finales de la cadena de suministro de alimentos—53% en hogares, 12% en restauración colectiva y 5% en comercialización—lo que se traduce en mayores impactos ambientales y una mayor cantidad de dinero despilfarrado (FAO, 2011). Por estas razones, la prevención del desperdicio cobra mayor importancia al final de la cadena (Eriksson *et al.*, 2017).

Si bien el sector de hogares representa una fuente significativa de desperdicio a nivel del consumidor, las instituciones que brindan servicios de alimentación—escuelas, prisiones y hospitales—son

también una fuente importante de desperdicios en países desarrollados (Cordingley, Reeve y Stephenson, 2011). Los comedores escolares, por su condición de servir alimentos a estudiantes concentrados en un lugar, representan una oportunidad ideal para aplicar medidas orientadas a prevenir y/o reducir los desperdicios de alimentos (Wilkie, Graunke y Cornejo, 2015). Esto se ve reforzado por una sociedad que demanda a las instituciones públicas y privadas, cada vez más, el desarrollo de iniciativas que contribuyen a lograr un desarrollo sostenible (Derqui y Agustín, 2016).

Para reducir el desperdicio de alimentos es necesario entender el problema a resolver, por esta razón es crítico desarrollar una cuantificación detallada del desperdicio (Eriksson *et al.*, 2017; World Resources Institute, 2016). En los últimos años se han realizado varios estudios que analizan el desperdicio en los comedores escolares u otros centros de restauración colectiva, y la mayoría se han centrado en analizar los desperdicios en plato motivados por preocupaciones nutricionales (Engström y Carlsson-Kanyama, 2004; Wilkie, Graunke y Cornejo, 2015). Engström y Carlsson-Kanyama indican que los estudios existentes presentan tasas de generación de residuos altamente variables entre sí, debido posiblemente a que las mediciones se suelen hacer en períodos cortos de tiempo (Eriksson *et al.*, 2017), o a que al presentar el resultado de la medición de los desperdicios, no se evidencia el efecto de factores condicionantes sobre la variabilidad de los datos (Secondi, Principato y Laureti, 2015).

En España, el Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente (Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente, 2017) como parte de su estrategia Más alimento, menos desperdicio contempla el desarrollo de estudios que permitan una mayor comprensión del fenómeno de generación de desperdicios alimentarios. Para los comedores escolares, se realizó un estudio piloto en cuatro centros educativos, presentando alta variabilidad en los resultados.

Por lo antes mencionado, y conociendo la importancia del desperdicio alimentario en comedores escolares, se considera necesario realizar estudios de desperdicios alimentarios, contemplando los posibles factores condicionantes de este, de manera que sea posible explicar la alta variabilidad de los datos. Por otro lado, es necesario realizar investigaciones que contemplen muestras de mayor tamaño, durante un mayor período de tiempo y cuyos objetivos no

se centren únicamente en aspectos nutricionales, si no que contemplen los impactos del desperdicio a otros niveles.

En la presente investigación se realiza un análisis exploratorio de la cantidad de desperdicio en plato en comedores escolares en España, y su relación con factores contextuales—propios del territorio y del centro educativo—con el objetivo de identificar posibles condicionantes de la heterogeneidad en el desperdicio en plato en comedores escolares en España. La investigación se enmarca en la Cátedra Banco de Alimentos-UPM (CBA), como una nueva forma de construir relaciones Universidad-Empresa-Sociedad de cara al consumo racional (De los Ríos *et al.*, 2015). La idea surge desde la Federación Española de Bancos de Alimentos (FESBAL) que busca al Grupo de Investigación en Planificación y Gestión Sostenible del Desarrollo Rural Local (GESPLAN) de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM). Desde la actividad de FESBAL, España ocupa el primer lugar en Europa en actividad solidaria, con 55 Bancos de Alimentos, sobre un total de 257 Bancos en Europa (FAO, 2014). La actividad de FESBAL se integra en la FEBA (Fédération Européenne des Banques Alimentaires) que aglutina 257 Bancos que operan en 22 países de Europa (FESBAL, 2017).

## 2 Revisión de estudios previos

Partiendo de la importancia de profundizar en el análisis de desperdicios alimentarios, en este apartado se presenta una revisión de las principales consideraciones para el desarrollo de inventarios y análisis de desperdicios alimentarios. Además, se resumen los resultados de estudios que cuantifican el desperdicio en plato y exploran el fenómeno de generación de este desperdicio a partir de la identificación y/o revisión de factores condicionantes.

### 2.1 Consideraciones al realizar inventarios y análisis de desperdicios alimentarios

Para estudiar los desperdicios y/o pérdida de alimentos a lo largo de la cadena, es necesario abordar tres definiciones clave empleadas en la literatura sobre este tema: pérdida, desperdicio y excedente. La pérdida y el desperdicio de alimentos se diferencian de acuerdo con la etapa en la que se producen; así tenemos que la pérdida o deterioro ocurre

en las etapas de producción, post-cosecha y procesamiento, y está relacionada con la necesidad de invertir en infraestructura y tecnología, mientras que en las etapas finales—comercialización y consumo final—se emplea el término desperdicio, y se relaciona principalmente con aspectos de comportamiento (Parfitt, Barthel y Macnaughton, 2010); otros autores distinguen ambos términos por la naturaleza de sus causas, atribuyendo causas de comportamiento a los desperdicios (HLPE, 2014). Por otro lado, el excedente se define como todos los alimentos que se producen más allá de nuestras necesidades nutricionales, mientras que el desperdicio es producto de este excedente (Papargyropoulou *et al.*, 2014).

Es importante también, para proponer una adecuada estrategia de prevención de desperdicios, distinguir entre desperdicios evitables y no evitables (Papargyropoulou *et al.*, 2014). El desperdicio evitable es todo lo que en algún momento fue comestible, y que en el momento de ser desechado podría o no seguir siéndolo (Derqui y Fernández, 2017).

Con el fin de comprender el proceso por el cual se generan pérdidas y desperdicio de alimentos, se vienen desarrollando protocolos, estrategias y metodologías de medición tanto a nivel global como por países. A nivel global, las instituciones socias del Protocolo de Pérdida y Desperdicio de Alimentos desarrollaron el Estándar Global de Medición de Pérdida y Desperdicio de Alimentos (FLW Standard), con el objetivo de dar a conocer a los gobiernos e instituciones los requisitos para realizar una buena medición, y brindarles orientación en el proceso (World Resources Institute, 2016).

Independientemente del objetivo de la medición, el World Resources Institute (2016) considera importante tener información clara sobre cuatro elementos: Plazos, límites, alcance y destino del desperdicio. En alcance se debe incluir información sobre el tipo de desperdicio analizado, las causas de su generación y una cuantificación estimada.

En España, el Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente (2017) contempla, como parte de su estrategia Más alimento, menos desperdicio, el desarrollo de estudios que contribuyan a responder cuánto, cómo, dónde y por qué del desperdicio alimentario en distintos sectores. En el piloto en comedores escolares, se aplicó una metodología que parte de la comprensión de tres ámbitos: el marco regulatorio, los procesos de elaboración de los alimentos y las condicionantes o causas del desperdicio (Derqui y Agustín, 2016). Este últi-

mo ámbito es el que delimita el alcance del estudio, ya que determina el tipo de desperdicio a analizar y sus causas, de acuerdo con el momento en el que es generado (Ver Tabla 1).

El desperdicio en plato es un término empleado por los investigadores para referirse a la cantidad de comida servida en el plato de los comensales, que finalmente no es consumido. Usualmente se mide con el objetivo de evaluar el grado de aceptación de los alimentos por los comensales, medir la eficiencia del servicio de alimentación y/o evaluar la ingesta nutricional (Derqui y Fernández, 2017; Martins *et al.*, 2014).

Según Buzby, Guthrie *et al.* (2002) el método más adecuado para medir desperdicio en plato es el pesado por tipo de alimentos, considerando los pesos iniciales de los platos y el peso de los desperdicios por cada comensal. Para simplificar y acelerar la colección de datos se suelen emplear métodos agregados, en los que se realiza el pesado total de los desperdicios y se obtiene el promedio por cada comensal. Se pueden dividir estos métodos en agregados selectivos y no selectivos; los primeros requieren diferenciar el desperdicio por tipo de alimentos, a diferencia de los no selectivos que realizan un pesado total de los desperdicios (Martins *et al.*, 2014).

**Tabla 1.** Causas del desperdicio alimentario según el momento de su generación (Derqui y Agustín, 2016).

Momento de generación del desperdicio			
Antes de servir los alimentos		Luego de servir los alimentos	
<b>Causas</b>	Previsión de la demanda	Procesos de preparación, almacenamiento y manipulación de alimentos.	Receptividad del alumno
<b>Resultado</b>	Desperdicios por sobreproducción, y productos caducados o estropeados.	Desperdicios en cocina y en línea (cocinado no servido).	Desperdicios en plato

## 2.2 Estudios previos de cuantificación y condicionantes del desperdicio alimentario

Diversos estudios han cuantificado el desperdicio de alimentos en plato en el sector de restauración colectiva. Eriksson *et al.* (2017) obtuvieron en su estudio 24,75 gramos de desperdicio promedio en plato por porción servida en el sector de restauración en una municipalidad sueca, y Engström y Carlsson-Kanyama (2004) obtuvieron también en Suecia entre 27 y 33 gramos (9 – 11% de la ración servida) –principalmente patatas, arroz y pasta– en un análisis exploratorio en dos comedores escolares. Tanto en España como en Portugal las cantidades registradas fueron superiores. Martins *et al.* (2014) obtuvieron 49,5 gramos en comedores escolares de escuelas primarias portuguesas. En España, Byker *et al.* (2014) obtuvo 164 gramos (34% de la ración servida) de desperdicio en plato en menús de línea fría y 106 gramos (22% de la ración servida) en caliente; por otro lado, Derqui y Agustín (2016) ob-

tuvieron en las cuatro escuelas primaria analizados en su estudio piloto, un desperdicio en plato promedio que va de 35 a 47 gramos; finalmente Derqui y Fernández (2017) probaron una herramienta estandarizada de auto-evaluación del desperdicio en cuatro escuelas de Barcelona y obtuvieron entre 40 y 100 gramos de desperdicio en plato promedio.

En respuesta a la alta variabilidad encontrada en estudios de desperdicio alimentario, se vienen desarrollando investigaciones que estudian las condicionantes del desperdicio desde diversos enfoques y bajo distintos niveles de análisis. Los estudios de desperdicio en comedores escolares suelen abordar las condicionantes a nivel de centro educativo, mientras que los que abarcan toda la fase de consumo de alimentos realizan un análisis a nivel del comportamiento de los individuos frente al desperdicio. El Programa de Acción de Residuos y Recursos Cordingley, Reeve y Stephenson (2011) considera que el desperdicio en plato en comedores escolares puede deberse a razones operativas, circunstanciales o de comportamiento. Derqui y Agustín

(2016) además de las razones antes mencionadas, incluyen el enfoque institucional respecto al desperdicio. En la Tabla 2 se detallan las razones ya mencionadas, incluyendo factores que influyen en el desperdicio en plato por cada una de ellas.

Aranceta Bartrina *et al.* (2004); Priefer, Jörissen y Bräutigam (2016); Thyberg y Tonjes (2016) coinciden en que, de los factores mencionados en la Tabla 2, los que más inciden sobre el desperdicio alimentario en comedores escolares son el tamaño de las raciones, las características del menú—incluyendo los tipos de alimentos y la forma de presentación—y el grado de aceptación de los menús.

En relación a los factores de comportamiento, Bartrina *et al.* (2004) indican que los hábitos alimenticios en los comedores escolares están marcados por una clara preferencia por alimentos como pasta, arroz y patatas, y rechazo por el grupo de las verduras, legumbres y pescado. Rodríguez-Tadeo (2014) ven reflejadas estas preferencias en su investigación

en comedores escolares en Murcia, al encontrar que en los primeros platos de línea caliente, las legumbres, ensaladas y guisos de pescado registraron las más altas proporciones de desperdicio, y en los segundos platos los hechos a base de aves, legumbres y pescado. Además de considerar la influencia del grado de aceptación de los alimentos sobre el desperdicio, Rodríguez-Tadeo (2014) encontraron también que los menús servidos en línea fría generan significativamente más desperdicios que los de línea caliente.

Continuando con factores asociados al comportamiento, Quested *et al.* (2013); Secondi, Principato y Laureti (2015) al analizar desperdicios a nivel del consumidor, señalan que los comportamientos y prácticas individuales asociadas con la generación de desperdicios alimentarios, pueden explicarse a partir de una relación compleja entre factores contextuales y factores propios de cada persona como actitudes, valores, motivaciones y hábitos.

**Tabla 2.** Causas y factores que influyen en el desperdicio en plato en comedores escolares (Derqui y Agustín, 2016; Cordingley, Reeve y Stephenson, 2011).

Razones de la generación de desperdicios en plato en comedores escolares			
Enfoque institucional	Operativas	Circunstanciales	De comportamiento
Visión respecto a la orientación del comedor escolar: Parte de una educación integral, o únicamente un servicio.	Menús: Flexibilidad en el tamaño de las raciones. Posibilidad de elección del menú. Formas de preparación y presentación de los alimentos.	Tiempo disponible para comer. Condiciones de las instalaciones Presencia de monitores Tiempo entre el receso y la hora de comer.	Preferencias o grados de aceptación por tipos de menú. Motivaciones externas Conciencia sobre el desperdicio

Hebrok y Boks (2017); Thyberg y Tonjes (2016) coinciden en que se deben considerar los factores culturales, demográficos, socioeconómicos, políticos y geográficos que influyen sobre el comportamiento, en cada contexto. En los factores culturales se incluyen hábitos y actitudes frente al desperdicio, enfatizando en las diferencias entre países y dentro de cada país. En línea con lo anterior, Secondi, Principato y Laureti (2015) demuestran la existencia de una heterogeneidad del comportamiento frente al desperdicio al interior de los países de la Unión Europea, que no es explicada ni por las variables personales ni por las variables contextuales contempladas en su estudio, y que aún sigue sien-

do poco explorada. Secondi, Principato y Laureti (2015), en un análisis de comportamiento frente al desperdicio desarrollado a nivel en la Unión Europea, confirmaron que las personas jóvenes tienden a generar más desperdicio que los mayores, y que las mujeres tienden a generar menos desperdicio que los hombres; en relación al grado de educación, encontró que personas que suspendieron su educación a una edad temprana tienden a desperdiciar menos alimentos; finalmente, respecto al lugar de residencia encontraron que personas que viven en ciudades medianas o grandes, desperdician más que los que viven en áreas rurales.

En relación con los factores intrínsecos a cada persona, Hebrok y Boks (2017) indican que la mayoría de los consumidores no son conscientes de la comida que están desperdiciando, razón por la cual es necesario crear conciencia del problema para cambiar el comportamiento de los individuos (Quested *et al.*, 2013). La información y educación son esenciales para influir en el comportamiento del consumidor, por esta razón Priefer, Jörissen y Bräutigam (2016) indican que las actividades de sensibilización deberían ser adaptadas a los diferentes grupos y deberían empezar en la infancia para tener un mayor efecto sobre el desperdicio.

Para evaluar la relación entre las actitudes de las personas y el desperdicio, Secondi, Principato y Laureti (2015) analizaron la presencia de hábitos y actitudes pro-ambientales como el reciclaje, y encontró que las personas con mayor nivel de compromiso ambiental y mayor conciencia sobre los impactos del desperdicio alimentario, tienden a tirar menores cantidades de comida.

### 3 Metodología

La investigación se enmarca desde una relación Universidad-Sociedad civil, que se articula en forma de la Cátedra Bancos de Alimentos UPM-FESBAL, como un medio para establecer una colaboración estratégica a largo plazo, con el fin de "Trabajar con la gente", para conseguir un consumo racional y solidario. El marco metodológico se enmarca desde el modelo WWP (Cazorla, De Los Ríos y Salvo, 2013) de forma que la Cátedra Bancos de Alimentos se configura como una estructura estable y dinámica, que favorece la interacción de la Universidad con la sociedad, fomentando relaciones entre los distintos tipos de agentes y promoviendo el desarrollo de competencias desde la responsabilidad social y la transmisión de valores éticos. (De los Ríos *et al.*, 2015). Desde este modelo resaltan las relaciones con distintos Colegios de España para acometer campañas de sensibilización y formación (De Los Ríos, Rodríguez y Pé, 2015).

La presente investigación analiza los desperdicios en plato en una muestra de comedores escolares en España. El desperdicio se mide en una muestra seleccionada, a partir de una metodología participativa diseñada por la Fundación PROCLADE, la Asociación PROYDE y la ONG SED. De acuerdo con los objetivos planteados en la investigación, se

definen variables contextuales para identificar posibles condicionantes del desperdicio en plato. Finalmente, se realiza el procesamiento y análisis estadístico de los datos.

#### 3.1 Recolección de datos

El trabajo de campo para la recolección de datos estuvo a cargo de la Fundación PROCLADE, la Asociación PROYDE y la ONG SED. La elección de los centros participantes respondió principalmente a la disposición de estos para realizar un inventario de desperdicios y participar activamente en el proceso de sensibilización e información a la comunidad educativa sobre los impactos sociales y ambientales de los desperdicios alimentarios. La muestra seleccionada fue de 118 centros educativos, ubicados en 14 comunidades autónomas de España.

La metodología de medición de desperdicios en comedores escolares tuvo un claro enfoque participativo. Los estudiantes se organizaron en grupos para realizar el conteo de comensales, la separación de desperdicios entre orgánico e inorgánico, y el pesado y registro de los grupos de desperdicios generados diariamente en cada comedor. Todas las actividades, si bien tuvieron como principales implicados a los estudiantes, fueron realizadas bajo la supervisión de educadores u otras personas adultas encargadas del comedor.

Las mediciones de desperdicio en plato se realizaron diariamente de manera agregada no selectiva, en dos semanas no consecutivas. En el intervalo entre la primera y segunda medición, se realizaron actividades de sensibilización sobre el desperdicio alimentario con los docentes, personal del comedor escolar y niños y niñas. En la primera semana se realizaron 573 mediciones en 118 comedores escolares, mientras que en la segunda semana se realizaron 373 mediciones en 73 comedores escolares.

### 4 Definición de variables del estudio

Para la realización del análisis se empleó como variable dependiente el desperdicio promedio diario por comensal, obtenido a partir de las mediciones del desperdicio total por comedores escolares para cada día, descritas en el subapartado anterior, divididas entre el número de comensales. Como variables independientes se consideraron factores con-

textuales a dos niveles—a nivel del territorio y del centro educativo—partiendo de lo encontrado en la literatura, así como los días de la semana.

A nivel del territorio, la selección de variables respondió a la necesidad de identificar nuevas condicionantes que contribuyan a explicar la heterogeneidad del comportamiento frente al desperdicio dentro de un país (Secondi, Principato y Laureti, 2015). Se consideraron como variables la ubicación de la provincia, la región y el tamaño de población donde está ubicado el centro educativo. Cabe resaltar que las dos primeras fueron empleadas en un estudio de equilibrio alimentario en comedores escolares de la Comunidad Valenciana, y presentaron

diferencias respecto a la variedad de alimentos servidos (Llorens-Ivorra *et al.*, 2017).

En la variable ubicación se diferencian los colegios ubicados en provincias de interior de los ubicados en provincias costeras. En la variable región se clasifican las comunidades autónomas en tres grandes regiones: Centro, Norte y Mediterráneo-Canarias. Finalmente, en la variable tamaño de población se clasifican los colegios de acuerdo con el tamaño de la población en la que se ubican, según la clasificación del Instituto Nacional de Estadística. En la Tabla 3 se clasifican los colegios y comensales en función de las variables contextuales mencionadas.

**Tabla 3.** Clasificación de los colegios y comensales en función de variables contextuales a nivel del territorio.

Ubicación	Región	Población	Colegios	Comensales	
Interior	Centro	<10.000	42	1.156	
		20.001 – 50.000	1	16	
		50.001 – 100.000	15	566	
		100.001 – 500.000	3	364	
		>500.001	3	1.136	
			<b>64</b>	<b>3.238</b>	
	Mediterráneo y Canarias	100.0001 – 500.000	<b>2</b>	<b>164</b>	
		Norte	<1.000	1	60
			10.001 – 20.000	9	324
			20.001 – 50.000	3	95
	100.0001 – 500.000	21	1.132		
			<b>34</b>	<b>1.611</b>	
			<b>100</b>	<b>5.013</b>	
Costa	Mediterráneo y Canarias	20.001 – 50.000	1	88	
		100.0001 – 500.000	2	317	
		>500.001	3	366	
			<b>6</b>	<b>771</b>	
	Norte	10.001 – 20.000	2	53	
		20.001 – 50.000	2	283	
100.0001 – 500.000		3	278		
		<b>7</b>	<b>614</b>		
		<b>13</b>	<b>1.385</b>		

A nivel de centro educativo, se empleó el momento de medición—antes y después de una campaña de sensibilización—y el tipo de menú como variables independientes. La elección de la primera variable responde a la relación entre las actividades de

sensibilización, la generación de conciencia sobre el desperdicio y la reducción del mismo (Priefer, Jörisen y Bräutigam, 2016; Quedsted *et al.*, 2013). Para analizar la variable tipo de menú, se clasificaron los menús considerando la combinación de los compo-

nentes principales del primer plato y segundo plato (Ver Tabla 4). Con el fin de facilitar la interpretación de resultados, se consideraron únicamente los menús que contaban con tres o más mediciones. Esta

variable se incluye partiendo de la relación mencionada por Rodríguez-Tadeo (2014) entre el desperdicio en plato y el grado de aceptación o preferencias por tipos de alimentos en los comedores escolares.

**Tabla 4.** Componentes principales del primer y segundo plato considerados para definir tipos de menú.

Componentes principales del menú	
Primer plato	Segundo plato
Crema/ puré de verduras	Pescado
Arroz/ pasta	Carnes
Sopas	Fritos
Legumbres	Huevos/ Tortilla

Finalmente, se consideraron también los días de la semana como una variable a analizar, con el objetivo de evaluar su incidencia sobre el desperdicio en plato generado.

#### 4.1 Análisis de datos

El análisis estadístico de los datos se elaboró mediante el paquete estadístico Statgraphics XVII. Se realizó un análisis descriptivo del desperdicio en plato, y contrastes de hipótesis considerando  $p < 0.05$  como significación estadística.

En primer lugar, se realizó un análisis descriptivo a las mediciones de desperdicio promedio diario por comensal de la primera semana en los 118 co-

medores escolares seleccionados, con el objetivo de caracterizar los desperdicios en los comedores escolares. Conociendo la media y la desviación típica de los datos se identificaron los valores fuera de rango—aquellos separados de la media en más de dos desviaciones típicas—resultando en la exclusión de cinco comedores escolares de los análisis posteriores.

A continuación, se realizaron contrastes de hipótesis para cada una de las variables dependientes. Para definir las pruebas estadísticas a emplear—paramétricas o no paramétricas—, se evaluaron los valores de asimetría y curtosis. En la Tabla 5 se muestran las pruebas utilizadas para cada variable, considerando pruebas paramétricas para variables con valores de asimetría y curtosis entre -2 y 2.

**Tabla 5.** Pruebas estadísticas por variable independiente.

Variable independiente	Prueba paramétrica	Prueba no paramétrica
Categoría con 2 niveles		
- Momento de la medición	<i>t de Student</i>	
- Ubicación		<i>U de Mann-Whitney</i>
Categoría con más de 2 niveles		
- Región		<i>H de Kruskal – Wallis</i>
- Tamaño de población		<i>H de Kruskal – Wallis</i>
- Días de la semana		<i>H de Kruskal – Wallis</i>

Para determinar las diferencias del desperdicio para las variables contextuales a nivel del territorio y el tipo de menú, se analizaron las 548 mediciones realizadas en 113 comedores escolares para la primera semana. Por otro lado, para determinar

las diferencias del desperdicio entre antes y después de las actividades de sensibilización se excluyeron los comedores escolares que no contaban con ambas mediciones; además, con el fin de minimizar el efecto de la ubicación y región donde se encuentra

el colegio se analizaron únicamente las 310 mediciones de los 63 comedores escolares de la región centro. En la Figura 1 se detalla el flujo de colegios

participantes y mediciones consideradas para cada análisis.

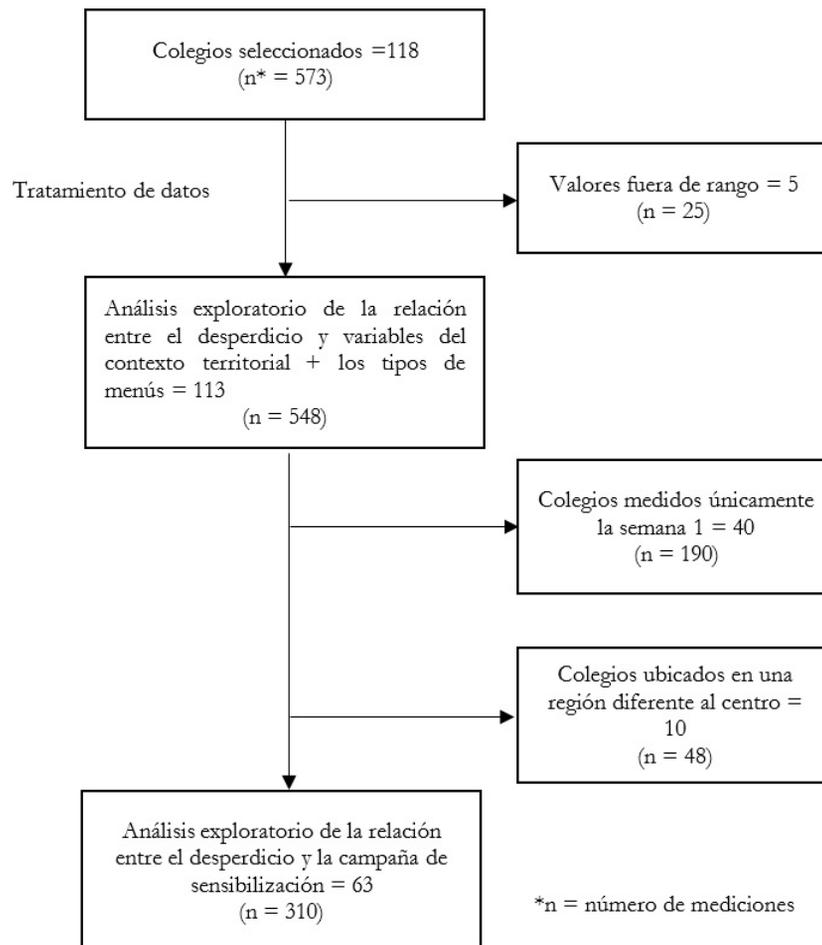


Figura 1. Flujo de colegios participantes y mediciones realizadas

Finalmente, se analizó la relación entre el desperdicio en plato y la suma de variables independientes. A nivel contextual se analizó la relación del desperdicio con ubicación-región; a nivel del centro educativo se analizó la relación con tipo de menú-campaña de sensibilización; también se analizó la relación de un factor territorial con un factor del centro educativo a partir de las variables tipo de menú-región; finalmente, se analizó el comportamiento semanal del desperdicio para las variables región, ubicación y campaña de sensibilización.

En todos los análisis mencionados no se probó la significación estadística de las diferencias del des-

perdicio debido a la condición no paramétrica de los datos.

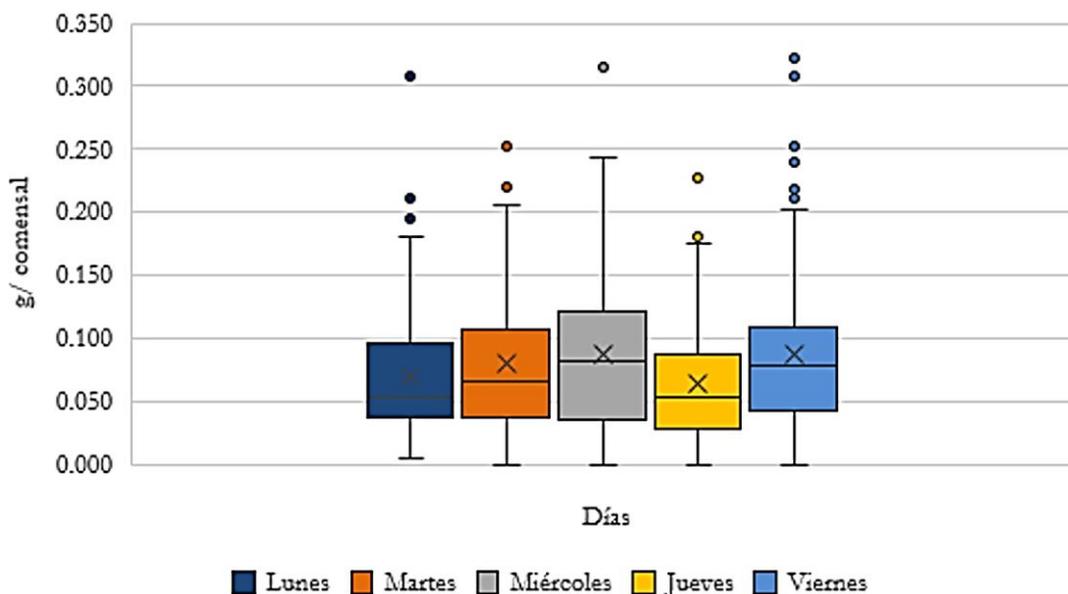
## 5 Resultados

En este apartado se presentan los resultados de la investigación. En un primer apartado se inicia la cuantificación del desperdicio diario promedio en plato y su comportamiento semanal; posteriormente se presenta la relación entre el desperdicio y las variables contextuales a nivel del territorio. Finalmente, se presenta la relación entre el desperdicio y las variables contextuales a nivel del centro educativo.

## 5.1 Cuantificación del desperdicio

De las mediciones realizadas durante una semana en 113 comedores escolares, se obtuvo un desperdicio diario promedio por comensal de 76,61 gramos ( $\pm 45,83$ ). Al analizar el desperdicio por los días de la semana, se obtuvieron diferencias significativas (p-valor: 0,0023) entre los valores más altos de desperdicios – registrados el miércoles con 86,91 gra-

mos ( $\pm 61,27$ ) y el viernes con 86,77 gramos ( $\pm 61,93$ ) – y el valor más bajo, registrado el jueves con 63,51 gramos ( $\pm 48,33$ ). En la Figura 2 se muestra una distribución asimétrica de los datos para todos los días de la semana, con una mayor dispersión de las mediciones hacia los valores más altos y valores atípicos en todos los días de la semana. Cabe resaltar que el coeficiente de variación del desperdicio por cada día va de 67 a 77 por ciento.



**Figura 2.** Comportamiento Semanal del Desperdicio Promedio diario (gramos/ comensal)

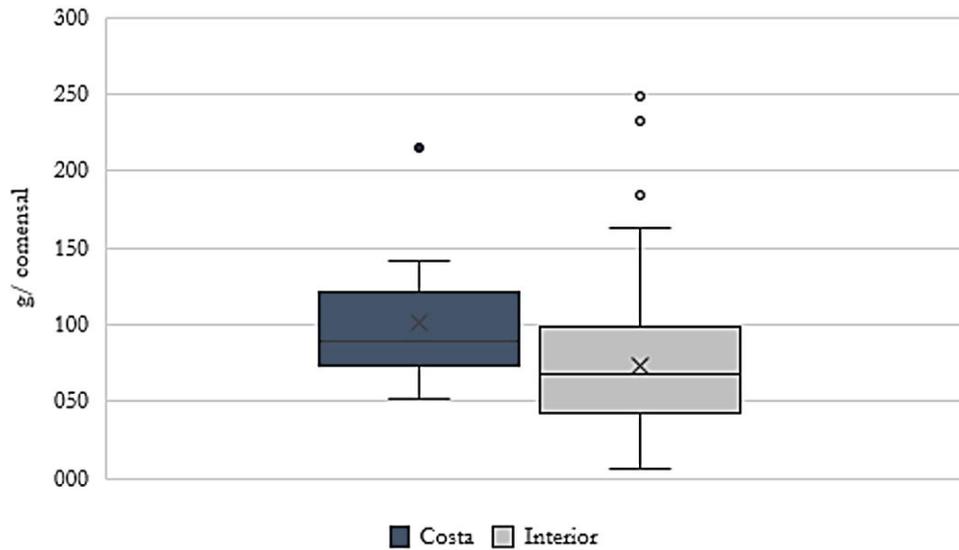
Nota: La caja incluye los datos ubicados entre el primer y tercer cuartil, la línea dentro de la caja representa la mediana y la (X) el promedio. Los bigotes presentan una longitud máxima de 1,5 veces la longitud de la caja; de presentarse valores fuera de esta distancia se consideran como valores atípicos, y se muestran como círculos.

## 5.2 Relación entre el desperdicio en plato y variables contextuales a nivel del territorio

Los contrastes de hipótesis indican que, de las variables contextuales consideradas a nivel del territorio, únicamente se encontraron diferencias significativas entre los desperdicios en plato de centros educativos ubicados en provincias de costa y de interior (p-valor = 0,039); en costa, el desperdicio diario promedio por comensal fue 101,15 gramos ( $\pm 41,23$ ) y en el interior 73,42 gramos ( $\pm 45,20$ ). En la Figura 3 se observa que los valores de desperdicio en interior presentan una distribución asimétrica con una

mayor dispersión de las mediciones hacia los valores más altos, además de presentar valores atípicos; en cambio en la costa se observa una distribución más simétrica, aunque también se registra un valor atípico.

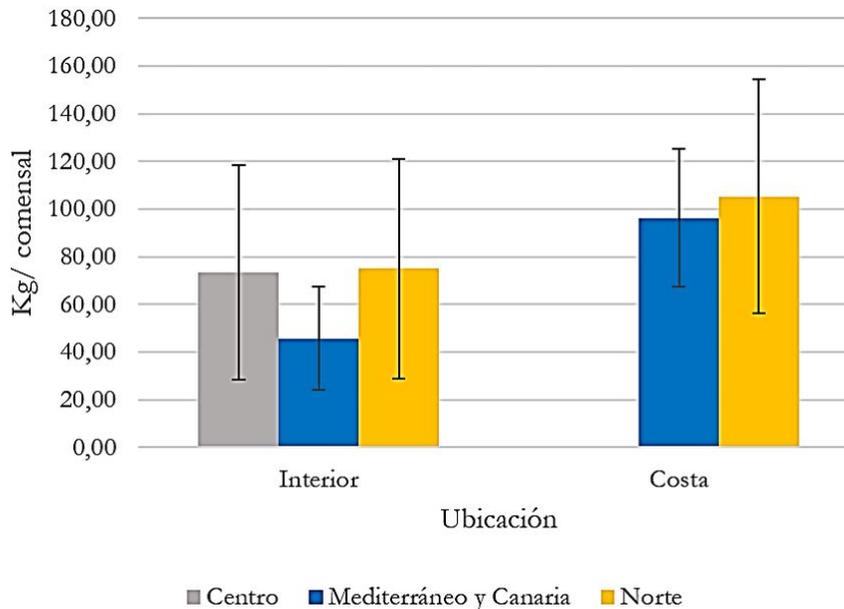
Por otro lado, tanto para la variable región como para tamaño de población, no se encontraron diferencias significativas en el desperdicio. Es importante resaltar que, en el análisis de las tres variables contextuales a nivel del territorio, el coeficiente de variación para la mayoría de los niveles de cada variable presenta valores altos, entre 40 y 70 por ciento.



**Figura 3.** Desperdicio diario promedio por comensal (g) según ubicación  
Nota: Ver nota de la Figura 2.

Con el fin de comprobar si las diferencias significativas de desperdicio, identificadas entre comedores escolares de costa e interior, se observan tanto para la región del Mediterráneo-Canarias como para el Norte, se realizó un análisis de la relación entre la suma de las variables ubicación y región, y el desperdicio en plato. En la Figura 4 se observa que estas diferencias se cumplen para ambas regio-

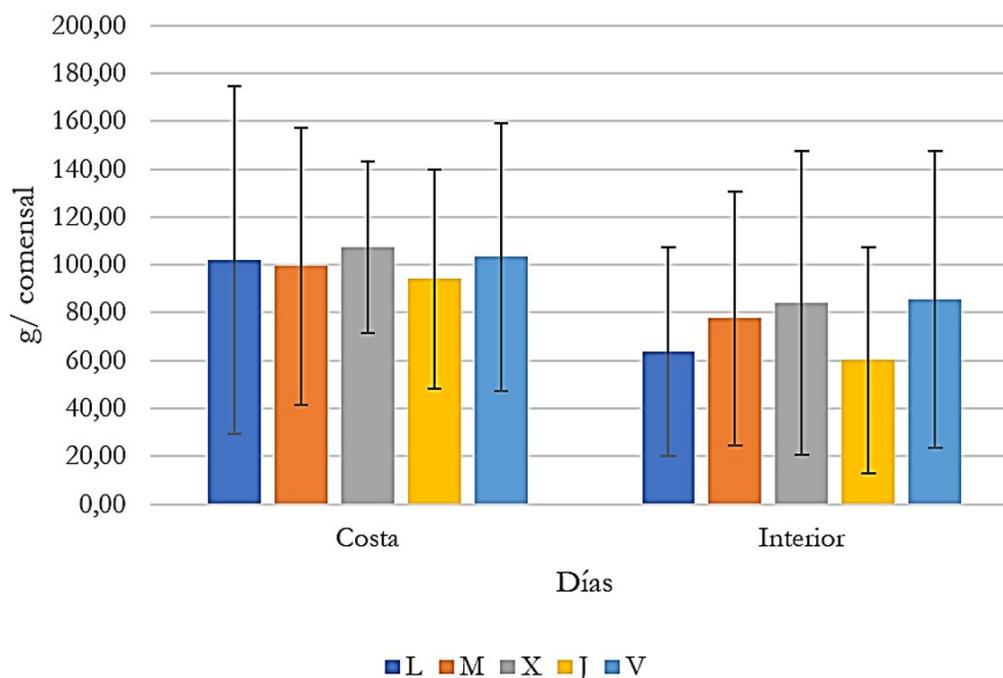
nes; la región del Mediterráneo-Canarias presenta un desperdicio promedio de 45,68 gramos ( $\pm 21,68$ ) en las provincias del interior contra 96,30 gramos ( $\pm 28,86$ ) en la costa, mientras que la región del Norte presenta un desperdicio promedio de 74,99 gramos ( $\pm 46,01$ ) en el interior contra 105,31 gramos ( $\pm 49,05$ ) en la costa.



**Figura 4.** Desperdicio diario promedio por comensal según ubicación y región del centro educativo.

En el análisis del comportamiento semanal del desperdicio diario promedio según la ubicación de los centros educativos, se encontró que los comedores escolares ubicados en la costa tienden a generar cantidades similares de desperdicio todos los días

de la semana, mientras que en el interior la tendencia indica que el miércoles y el viernes se generan más desperdicios y el jueves registra los valores más bajos (ver Figura 5).



**Figura 5.** Comportamiento semanal del desperdicio promedio diario por ubicación.

Con el fin de identificar si el comportamiento semanal del desperdicio en colegios de costa e interior es el mismo en las regiones que conforman ambos grupos, se realizaron dos análisis – uno para costa y otro para interior –, del comportamiento semanal del desperdicio por región (ver Figura 6). En la costa no se observan claras diferencias en el comportamiento semanal de los desperdicios entre las re-

giones del Norte y del Mediterráneo-Canarias, presentando ambas un comportamiento uniforme del desperdicio en la semana. Por otro lado, en el interior las diferencias son más claras; el centro presenta un comportamiento uniforme del desperdicio en la semana, mientras que el norte registra los valores más altos de desperdicio el miércoles y viernes, y el valor más bajo el jueves.

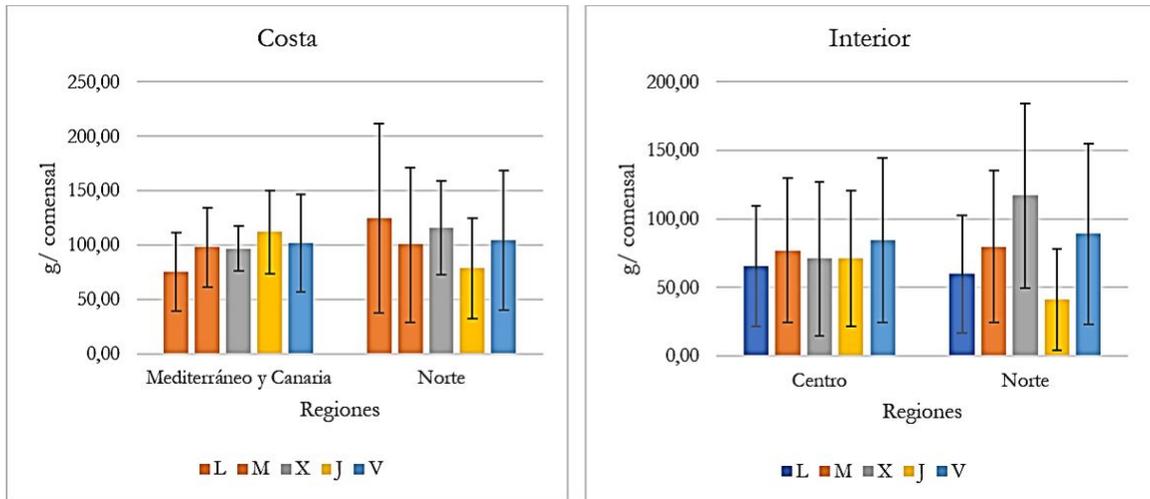
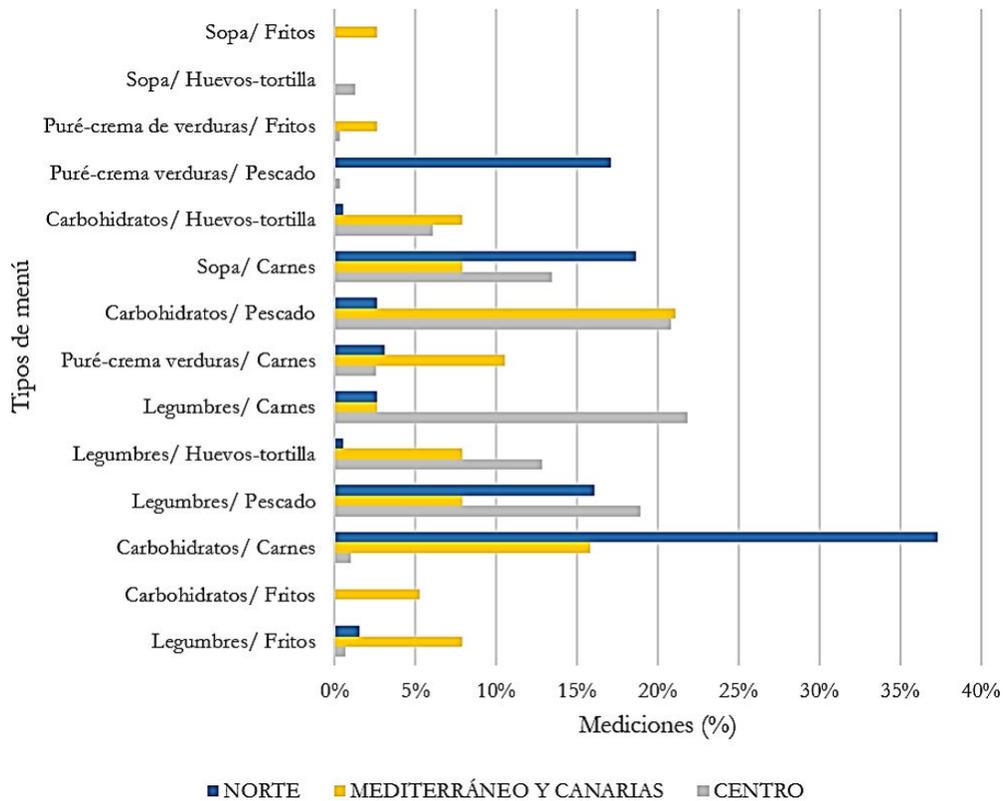


Figura 6. Comportamiento Semanal del Desperdicio Promedio Diario (g/ comensal) según Ubicación y Región.

### 5.3 Relación entre el desperdicio en plato y variables contextuales a nivel del centro educativo

A nivel del centro educativo, una de las variables analizadas fue el tipo de menú. En la Figura 7 se muestra la frecuencia de cada tipo de menú para las 548 mediciones realizadas en la primera semana, diferenciado por regiones. En la región centro, 3 de los 11 tipos de menús ofrecidos cubren la mitad de las mediciones analizadas, mientras que en la región

Mediterráneo-Canarias son 4 de 12 y en el norte 2 de 10. En el centro, los menús más frecuentes son legumbres/ carnes, seguido por arroz-pasta/ pescado y legumbres/ pescado. En el Mediterráneo y Canarias el menú de arroz-pasta/ pescado es también de los más frecuentes, seguido de arroz-pasta/ carnes, puré o crema de verduras/ carnes y sopa/ carnes. Finalmente, la región norte a diferencia de las anteriores presenta menos variabilidad en los tipos de menús, siendo arroz-pasta/ carnes el menú más frecuente con 37%, seguido por sopa/ carnes.



**Figura 7.** Frecuencia (%) de cada tipo de menú por regiones.

Nota: La frecuencia de cada tipo de menú se refiere a cantidad relativa de veces que se registra un tipo de menú, considerando como total las 548 mediciones realizadas en 113 comedores escolares, durante una semana.

La relación entre el tipo de menú y el desperdicio diario promedio por comensal varía por regiones, de acuerdo con lo presentado en la Figura 8. Para la región centro, los menús que tienen carne como principal componente del segundo plato son los que más desperdicios generan, mientras que los que incluyen huevos-tortilla registran menos desperdicios; respecto al primer plato, los mayores desperdicios se generan con arroz-pasta, independientemente del segundo plato. Para la región norte en

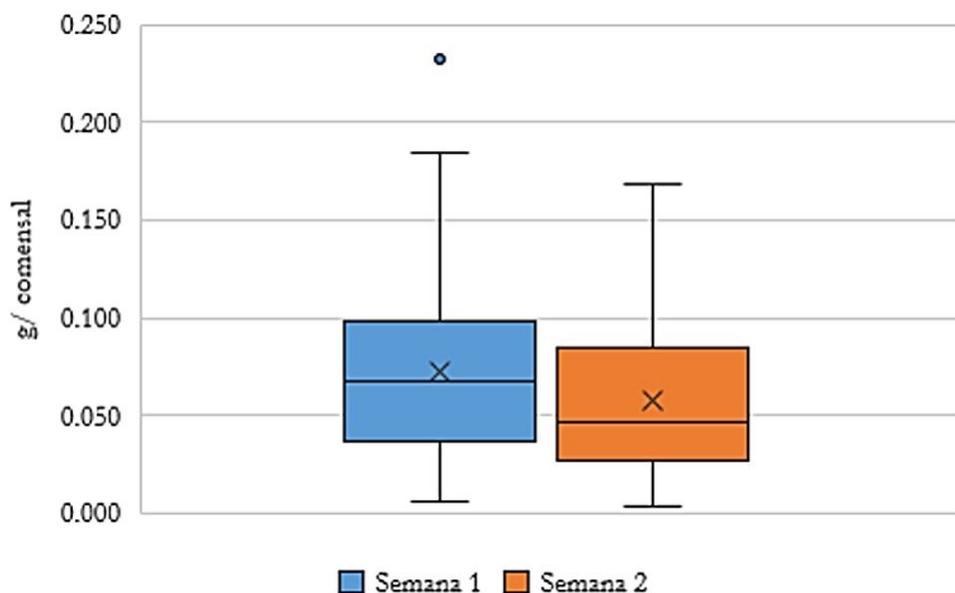
cambio, la tendencia del desperdicio se ve marcada por el componente principal del primer plato, siendo los platos con legumbres los que más desperdicios generan, seguidos de los platos con arroz-pasta, y finalmente platos con puré o crema de verduras y sopas. Finalmente, para la región del Mediterráneo y Canarias no se observa una tendencia clara, debido principalmente al bajo número de repeticiones por plato en todos los casos.



Figura 8. Desperdicio promedio diario (g/ comensal) según tipo de menú.

La otra variable analizada fue el momento de medición de los desperdicios, correspondiente con antes y después de una campaña de sensibilización. Para los 63 colegios analizados en la región centro, existen diferencias significativas ( $p$ -Valor: 0.00007) entre el desperdicio promedio medido antes y después de una campaña de sensibilización (Ver Figura 9). Los datos de desperdicio en plato, tanto

antes como después de la campaña de sensibilización, presentan distribución asimétrica con una mayor dispersión de las mediciones hacia los valores más altos. El promedio en la primera semana fue 72,67 gramos ( $\pm 45,31$ ) y en la segunda 57,64 gramos ( $\pm 36,74$ ), lo que indica una reducción de 20,7% en la generación de desperdicios.

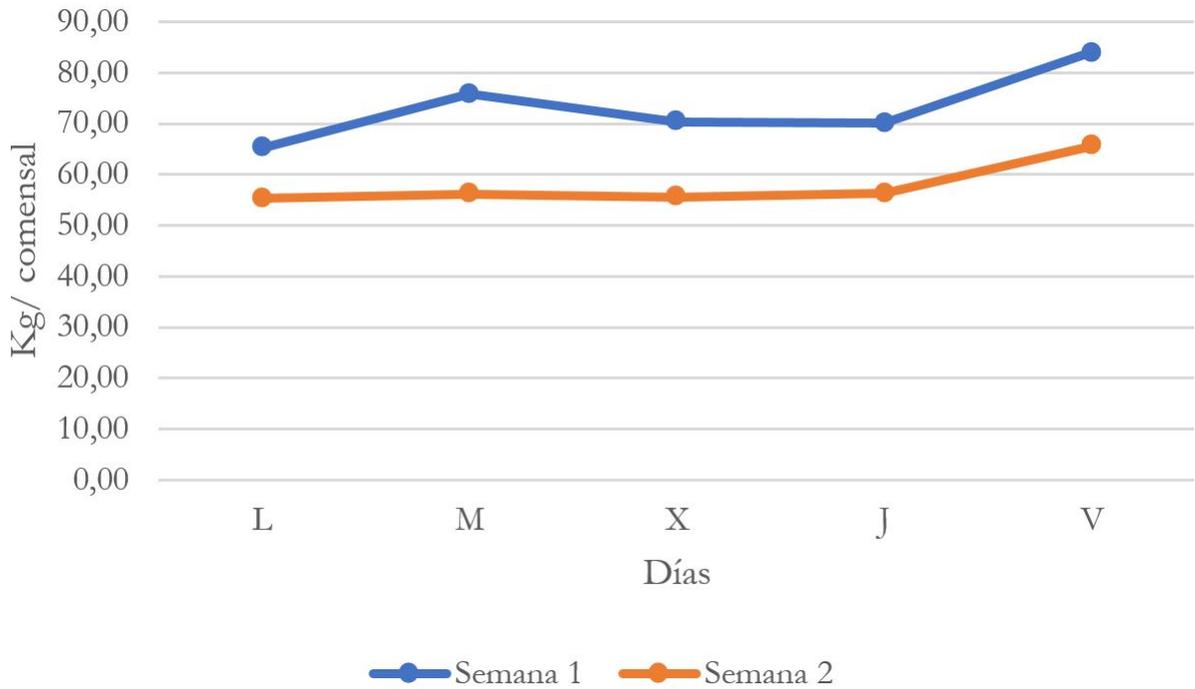


**Figura 9.** Desperdicio diario promedio (g/ comensal) antes y después de una campaña de sensibilización.

Nota: Ver nota de la Figura 2.

El comportamiento semanal del desperdicio difiere según el momento de la medición. En la Figura 10 se observa que, si bien en ambas semanas se mantiene la tendencia de desperdiciar más el viernes, los desperdicios son más constantes a lo largo

de la semana dos. El coeficiente de variabilidad de los desperdicios diarios respecto a la media semanal en la semana uno es 9,81%, mientras en la semana dos es 7,52%.



**Figura 10.** Comportamiento semanal del desperdicio promedio diario, antes y después de una campaña de sensibilización.

De forma general, los desperdicios generados por cada tipo de menú en la región centro tienden a disminuir de la semana uno a la semana dos, tal como se observa en la Figura 11. La mayor reducción de desperdicios se presenta en los menús: puré-crema de verduras/carne con 56%, sopa/huevos-

tortilla con 49% y legumbres/huevos-tortilla con 38%. Cabe resaltar que los dos tipos de menú que incluyen pescado como segundo plato son los únicos que presentan un incremento en el desperdicio de la primera a la segunda semana: legumbres/pescado con 27% y arroz-pasta/ pescado con 2%.

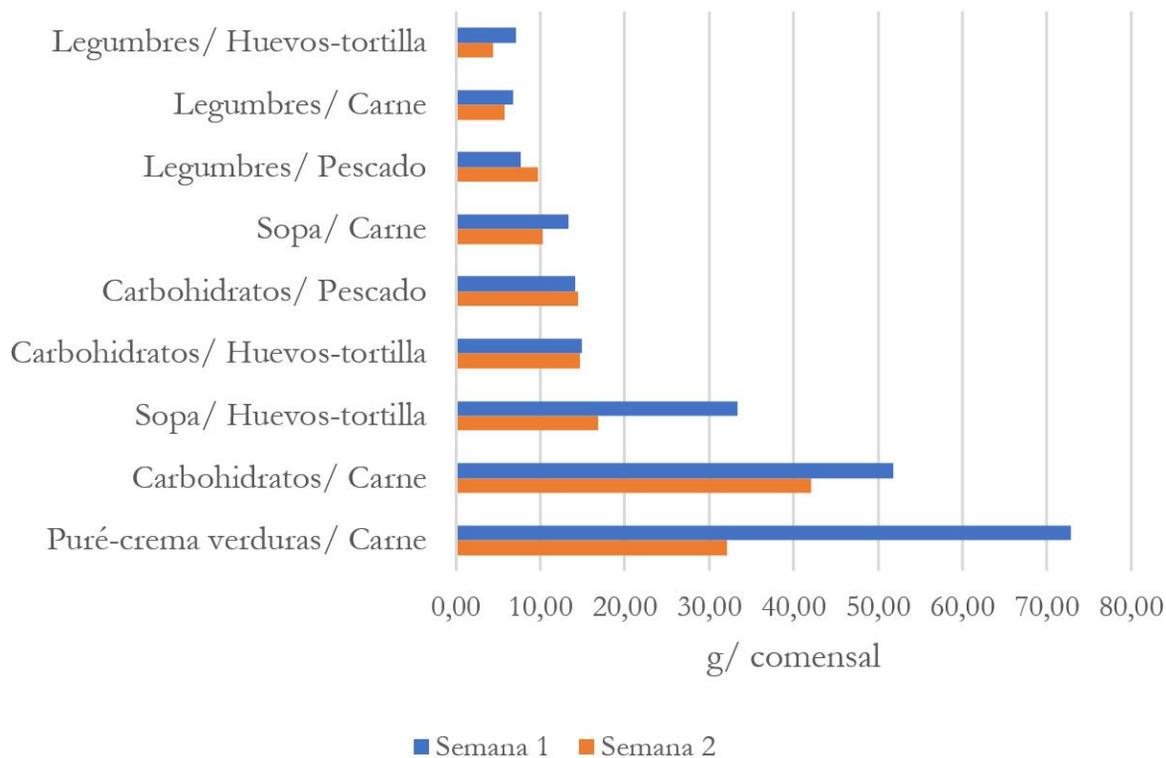


Figura 11. Desperdicio promedio diario (g/comensal) por tipo de menú, antes y después de las actividades de sensibilización.

Al tomar en consideración la frecuencia con la que son servidos los platos (ver Figura 12) antes y después de la campaña de sensibilización, resulta que dos de los tres menús más frecuentes—arroz-pasta/ pescado y legumbres/ pescado—son también

los que registran un incremento en el desperdicio entre la semana uno y dos. Por otro lado, los tres menús que registran según la Figura 11 mayor disminución de desperdicio, no son servidos frecuentemente.

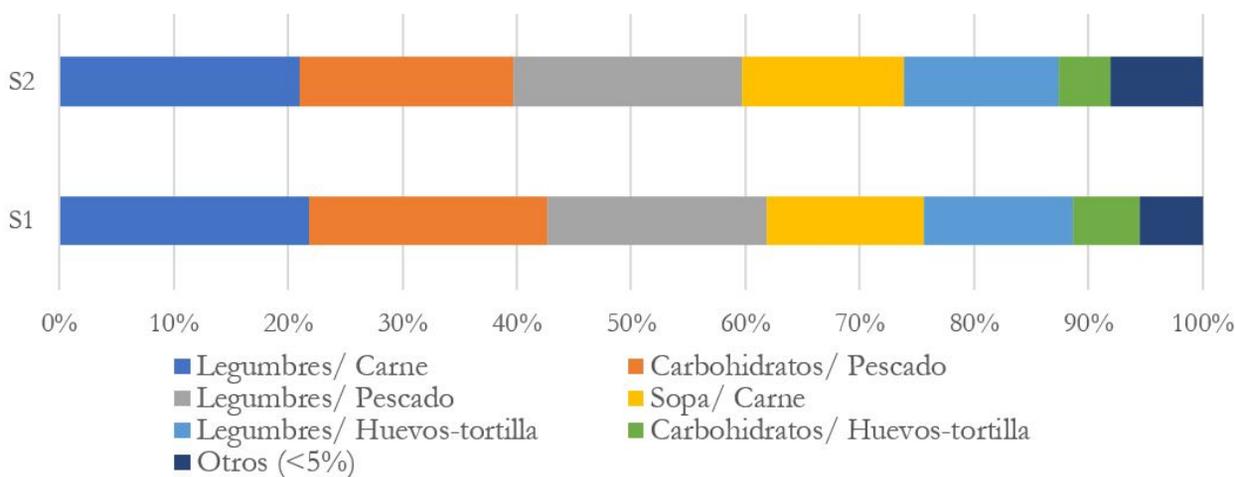


Figura 12. Frecuencia (% días) de menús antes y después de las actividades de sensibilización.

## 6 Discusiones

Para prevenir y/o reducir el desperdicio alimentario, el Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente (2017) en su estrategia Más alimentos, menos desperdicios indica que es necesario realizar estudios que respondan a cuatro interrogantes clave: cuánto se desperdicia, dónde ocurre el desperdicio, cómo ocurre y cuáles son las posibles causas o condicionantes del mismo. Considerando la importancia del desperdicio en el sector de restauración, la presente investigación se centra en el desperdicio en plato generado en comedores escolares en España. Los resultados obtenidos brindan una primera aproximación sobre la cantidad y los condicionantes de la heterogeneidad de este desperdicio, a partir de un análisis de la relación entre el desperdicio en plato y factores contextuales a nivel del territorio y de los centros educativos.

En los comedores escolares analizados se registró un desperdicio promedio diario por comensal de 76,62 gramos, valor que entra dentro del amplio rango encontrado en estudios realizados en comedores escolares en España (Derqui y Agustín, 2016; Derqui y Fernández, 2017; Rodríguez-Tadeo, 2014). Cabe resaltar que esta investigación, a diferencia de los estudios mencionados, ha trabajado con una muestra de colegios ubicados en distintas comunidades autónomas del territorio español que, si bien no es representativa del país, nos brinda una idea más aproximada a la cantidad de desperdicio generado en este sector.

El desperdicio de alimentos depende de una serie de factores que deben ser analizados considerando el contexto. Hebrok y Boks (2017) indican, en su estudio de comportamiento del consumidor frente al desperdicio en países de la Unión Europea, que aún se conoce poco sobre cuánto de la heterogeneidad del desperdicio es atribuible a factores contextuales. La presente investigación clasificó los factores contextuales en factores vinculados al centro educativo, y factores vinculados al territorio, y analizó la relación de ambos con el desperdicio en plato generado en comedores escolares.

A nivel del territorio, la única variable que mostró diferencias significativas en el desperdicio en plato fue la ubicación de los colegios, registrando valores más altos de desperdicio en provincias de costa que en provincias de interior. La presente investigación evidencia que existe una relación entre el desperdicio en plato y la ubicación de los cole-

gios; sin embargo, para vincular el desperdicio en plato con factores de comportamiento asociados a la ubicación en costa o interior, sería necesario explorar variables de actitud, valores y hábitos frente al desperdicio, que ocasionan la heterogeneidad del desperdicio entre ubicaciones.

A nivel de centro educativo, Derqui y Fernández (2017) indican que la generación de desperdicios en plato depende de la receptividad de los comensales frente a los alimentos; según Cordingley, Reeve y Stephenson (2011) parte de esta receptividad depende de factores de comportamiento, dentro de los cuales se abordan el grado de aceptación de los menús y el nivel de conciencia de los niños frente al desperdicio. Para brindar un primer acercamiento a estos factores de comportamiento, se analizó el tipo de menú ofertado y la presencia de actividades de sensibilización en los centros educativos.

El grado de aceptación de los menús ha sido descrito por Bartrina *et al.* (2004). En su estudio sobre los hábitos alimenticios de comedores escolares en España, se indica la preferencia por arroz-pasta, y el rechazo por verduras, legumbres y pescado. En la presente investigación, la discriminación por regiones matiza las observaciones del estudio anteriormente citado, y da indicios de la influencia del contexto territorial sobre el grado de aceptación del menú. En la región norte se cumple que los primeros platos con legumbres son los que generan más desperdicios. Sin embargo, en la región centro se encontró que los menús con carne como segundo plato generan más desperdicios que los menús con pescado, y que el componente que genera más desperdicios en el primer plato son los arroz-pasta, contrariamente a lo descrito por Bartrina *et al.* (2004).

El análisis del desperdicio en plato que considera como variable territorial la región – Norte, Centro y Mediterráneo-Canarias – no presentó diferencias significativas. Sin embargo, tal como se detalla en el párrafo anterior, este factor contextual muestra una relación con el grado de aceptación de los menús, y este a su vez influye en el nivel de desperdicio en plato por cada tipo de menú.

Para obtener resultados más claros respecto a este factor, se recomienda realizar estudios que incluyan más repeticiones por tipo de menú, y que de preferencia permitan cuantificar el desperdicio por tipo de alimento, para de esta manera analizar las posibles razones de la mayor o menor aceptación de un menú. Finalmente, para tomar medidas que influyan sobre este factor, es importante evaluar otras

características del menú, como por ejemplo la forma de preparación y presentación, la temperatura a la que es servido, entre otros.

La importancia de las actividades de sensibilización para la creación de conciencia frente al desperdicio es descrita por Priefer, Jörissen y Bräutigam (2016). En el presente estudio se encontraron diferencias significativas entre el desperdicio medido antes y después de las actividades de sensibilización para la región centro, lo que nos indica que existe una relación entre estas actividades y la reducción del desperdicio. Sin embargo, cabe resaltar que para establecer una relación entre la sensibilización y la creación de conciencia frente al desperdicio se deberían considerar otras variables de comportamiento, valores y/o hábitos de los individuos frente al desperdicio, a mediano y/o largo plazo.

Al analizar la relación entre las actividades de sensibilización y el desperdicio por tipo de menú, se encontró que únicamente los menús con legumbres y/o pescado no presentaron reducción en el desperdicio. El rechazo por este tipo de alimentos, descrito por Bartrina *et al.* (2004) podría explicar este fenómeno, ya que la creación de conciencia sobre el desperdicio no tiene porqué influir en las preferencias por cierto tipo de alimentos.

Finalmente, al analizar la relación entre los días de la semana y el desperdicio diario en plato, no se encuentra una tendencia clara. Al incluir las variables contextuales de ubicación y región en el análisis del comportamiento semanal del desperdicio, se encuentra que únicamente los comedores escolares de las provincias de interior en la región norte presentan diferencias significativas entre los días, lo que podría explicarse por el efecto de variables contextuales que varían en función de los días, como el tipo de menú.

También se encontró que el comportamiento semanal del desperdicio después de las actividades de sensibilización es más uniforme a lo largo de la semana. Esto puede deberse a la relación de la generación de conciencia sobre el desperdicio y otros factores que causan valores altos de desperdicio algún día de la semana, respecto al promedio semanal.

## 7 Conclusiones

La presente investigación demuestra que los factores contextuales a nivel del centro educativo y a nivel del territorio están estrechamente relacionados

entre ellos, e influyen sobre el desperdicio en plato. A nivel del territorio se encontró que los desperdicios en plato entre colegios ubicados en provincias de costa y provincias de interior muestran diferencias significativas, registrándose en costa los valores más altos de desperdicio. A nivel del centro educativo se encontraron también diferencias significativas entre los desperdicios medidos antes y después de las campañas de sensibilización, presentándose una reducción en el desperdicio después de las campañas. Finalmente, si bien los desperdicios en plato en las tres regiones analizadas—Centro, Norte, Mediterráneo-Canarias—no muestran diferencias significativas entre ellos, al analizar la cantidad de desperdicio en plato registrado por cada tipo de menú, se encontró que estos valores difieren según la región en la que está ubicado el colegio, lo que da indicios de la relación entre la región y el grado de aceptación o preferencias de los estudiantes por cada tipo de menú. Para conocer el efecto de estos factores sobre el desperdicio en plato, se recomienda analizar variables de comportamiento que brinden mayor claridad sobre las relaciones entre factores condicionantes contextuales, comportamiento de individuos o de un colectivo frente al desperdicio y finalmente la cantidad de desperdicio en plato.

El principal objetivo de estudiar el comportamiento frente al desperdicio alimentario en comedores escolares es diseñar medidas de reducción y/o prevención. Para esto se recomienda, en primer lugar, continuar explorando variables relacionadas al contexto, que contribuyan a explicar la variabilidad de los datos de desperdicio promedio diario en comedores escolares; y finalmente, con los condicionantes identificados, realizar un modelo que vincule los condicionantes a nivel contextual e individual, y permita conocer en qué medida cada uno influye sobre el desperdicio.

## Referencias

- Bartrina, J. Aranceta, C. Pérez Rodrigo, L. Serra Majem y A. Delgado Rubio. 2004. "Hábitos alimentarios de los alumnos usuarios de comedores escolares en España. Estudio «Dime Cómo Comes»." *Atención Primaria* 33(3):131-139. Online: [https://doi.org/10.1016/S0212-6567\(04\)79373-7](https://doi.org/10.1016/S0212-6567(04)79373-7).
- Buzby, Jean C, Joanne F Guthrie *et al.* 2002. "Plate waste in school nutrition programs." *Electronic Publications from the Food Assistance & Nutri-*

- tion Research Program 36(2):220–238. Online: <https://goo.gl/oNxpVK>.
- Byker, Carmen J., Alisha R. Farris, Michael Marcelline, George C. Davis y Elena L. Serrano. 2014. "Food Waste in a School Nutrition Program After Implementation of New Lunch Program Guidelines." *Journal of Nutrition Education and Behavior* 46(5):406–411. Online: <https://doi.org/10.1016/j.jneb.2014.03.009>.
- Cazorla, Adolfo, Ignacio De Los Ríos y Miguel Salvo. 2013. "Working With People (WWP) in rural development projects: A proposal from social learning." *Cuadernos de desarrollo rural* 10(spe70):131–157. Online: <https://goo.gl/Fqq5cG>.
- Cordingley, F, S Reeve y J. Stephenson. 2011. Food waste in schools. Technical report Waste and Resources Action Programme. Online: <https://goo.gl/kacM5G>.
- De los Ríos, I, A Cazorla, S Sastre y C. Cadeddu. 2015. New university-society relationships for rational consumption and solidarity: actions from the Food Banks-UPM Chair. In *Envisioning a future without food waste and food poverty*. Wageningen Academic Publisher. Online: <https://goo.gl/DTifaF>.
- De Los Ríos, Ignacio, Fernando Rodriguez y Cristina Pé. 2015. "Promoting Professional Project Management Skills in Engineering Higher Education: Project-Based Learning (PBL) Strategy\*." *International Journal of Engineering Education* 31:1–15. Online: <https://goo.gl/hZEJi5>.
- Derqui, B. y A Agustín. 2016. Estudio piloto para la Medicion y Reduccion del Desperdicio de Alimentos en Comedores Escolares: Auditoria y Autoevaluacion. Technical report Catálogo de Publicaciones de la Administración General del Estado. Online: <https://goo.gl/bc6FNX>.
- Derqui, Belén y Vicenc Fernández. 2017. "The opportunity of tracking food waste in school canteens: Guidelines for self-assessment." *Waste Management* 69:431–444. Online: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.07.030>.
- Engström, Rebecka y Annika Carlsson-Kanyama. 2004. "Food losses in food service institutions Examples from Sweden." *Food Policy* 29(3):203 – 213. Online: <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2004.03.004>.
- Eriksson, Mattias, Christine Persson Osowski, Christopher Malefors, Jesper Björkman y Emelie Eriksson. 2017. "Quantification of food waste in public catering services A case study from a Swedish municipality." *Waste Management* 61:415–422. Online: <https://goo.gl/Yn6aoS>.
- FAO. 2011. Global food losses and food waste - Extent, causes and prevention. In *Food and agriculture organization of the United Nations*. Online: <https://goo.gl/Ak6Gwr>.
- FAO. 2014. Mitigation of food wastage: Societal costs and benefits. Technical report Food and agriculture organization of the United Nations. Online: <https://goo.gl/CofuLw>.
- FESBAL. 2017. Memoria Anual 2017. Technical report FESBAL. Online: <https://goo.gl/TL7b4p>.
- Hebrok, Marie y Casper Boks. 2017. "Household food waste: Drivers and potential intervention points for design – An extensive review." *Journal of Cleaner Production* 151:380 – 392. Online: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.03.069>.
- HLPE. 2014. Food Losses and Waste in the Context of Sustainable Food Systems. Technical report A report by the High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition of the Committee on World Food Security. Rome. Online: <https://goo.gl/1S1eQF>.
- Lipinski, B., Hanson C. y Lomax. 2013. Reducing Food Loss and Waste. Creating a Sustainable Food Future. Technical report World Resources Institute. Online: <https://goo.gl/XodoaL>.
- Llorens-Ivorra, Cristóbal, Ilona Arroyo-Ba nuls, Joan Quiles-Izquierdo y Miguel Richart-Martínez. 2017. "Evaluación del equilibrio alimentario de los menús escolares de la Comunidad Valenciana (España) mediante un cuestionario." *Gaceta Sanitaria* . Online: <https://doi.org/10.1016/j.gaceta.2017.01.010>.
- Martins, Margarida Liz, Luís M. Cunha, Sara S.P. Rodrigues y Ada Rocha. 2014. "Determination of plate waste in primary school lunches by weighing and visual estimation methods: A validation study." *Waste Management* 34(8):1362–1368. Online: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2014.03.020>.

- Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente. 2017. *Estrategia más alimento, menos desperdicio 2017 - 2020*. Catálogo de Publicaciones de la AGE. Online: <https://goo.gl/SgWqqv>.
- Papargyropoulou, Effie, Rodrigo Lozano, Julia K. Steinberger, Nigel Wright y Zaini bin Ujang. 2014. "The food waste hierarchy as a framework for the management of food surplus and food waste." *Journal of Cleaner Production* 76:106–115. Online: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.04.020>.
- Parfitt, Julian, Mark Barthel y Sarah Macnaughton. 2010. "Food waste within food supply chains: quantification and potential for change to 2050." *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences* 365(1554):3065–3081. Online: <https://goo.gl/JJuYsJ>.
- Priefer, Carmen, Juliane Jörissen y Klaus-Rainer Bräutigam. 2016. "Food waste prevention in Europe – A cause-driven approach to identify the most relevant leverage points for action." *Resources, Conservation and Recycling* 109:155–165. Online: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2016.03.004>.
- Quested, T.E., E. Marsh, D. Stunell y A.D. Parry. 2013. "Spaghetti soup: The complex world of food waste behaviours." *Resources, Conservation and Recycling* 79:43 – 51. Online: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2013.04.011>.
- Rodriguez-Tadeo, A., Patiño Villeno B. Periago Caston M. J. Ros Berruezo G. & González Martínez-Lacuesta E. 2014. "Evaluando la aceptación de alimentos en escolares; registro visual cualitativo frente a análisis de residuos de alimentos." *Nutrición Hospitalaria* 29:1054–1061. Online: <https://goo.gl/LqXbp7>.
- Secondi, Luca, Ludovica Principato y Tiziana Laureti. 2015. "Household food waste behaviour in EU-27 countries: A multilevel analysis." *Food Policy* 56:25–40. Online: <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2015.07.007>.
- Stenmarck, Åsa, Carl Jensen, Tom Quested y Graham Moates. 2016. Estimates of European food waste levels. Technical report European Commission (FP7), Coordination and Support Action CSA. Online: <https://goo.gl/dLF7Bo>.
- Thyberg, Krista L. y David J. Tonjes. 2016. "Drivers of food waste and their implications for sustainable policy development." *Resources, Conservation and Recycling* 106:110–123. Online: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2015.11.016>.
- Wilkie, Ann C., Ryan E. Graunke y Camilo Cornejo. 2015. "Food Waste Auditing at Three Florida Schools." *Sustainability* 7(2):1370–1387. Online: <https://goo.gl/qUJQbn>.
- World Resources Institute. 2016. Food Loss and Waste Accounting and Reporting Standard. In *Food Loss + Waste*. Online: <https://goo.gl/ERFupF>.



## VARIACIONES ALTITUDINALES EN IONES DE H Y AL EN EL CONTENIDO DE FE EN SUELOS DE LA SELVA AMAZÓNICA

### ALTITUDINAL VARIATIONS IN H AND AL IONS INTERCHANGE ALONG WITH FE CONTENT IN AMAZONIAN RAINFOREST SOIL

Ankit Singla<sup>1,\*</sup>, Gabriela Bautista<sup>2,\*\*</sup>, Bence Mátyás<sup>3,\*</sup>, Vanessa Serrano<sup>4</sup>,  
Juan Morales Arteaga<sup>4</sup>, Renato Gabriel Sánchez<sup>2</sup>, Rubén Darío Bracho  
Velásquez<sup>5</sup>, Lenin J. Ramírez-Cando<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Agricultura y Centro Regional de Agricultura Orgánica, Cooperación y Asistencia del Agricultor, Ministerio de Agricultura & Asistencia del Productor, Gobierno de India, Odisha, India.

<sup>2</sup>Investigador independiente, Quito, Ecuador.

<sup>3</sup>Grupo de Investigación de Ciencias Ambientales G (GRICAM), Universidad Politécnica Salesiana, Quito, Ecuador.

<sup>4</sup>Ingeniero ambiental, Universidad Politécnica Salesiana, Quito, Ecuador.

<sup>5</sup>Ingeniero mecánico, Universidad Politécnica Salesiana, Quito, Ecuador.

<sup>6</sup>Grupo de Investigación de sustentabilidad del medio ambiente (GIADES), Universidad Politécnica Salesiana, Quito, Ecuador.

\* Singla A., Bautista G. y Mátyás B. tuvieron una contribución equitativa en el trabajo.

\*\*Autor para correspondencia: [gebautista89@gmail.com](mailto:gebautista89@gmail.com)

Artículo recibido el 20 de agosto de 2018. Aceptado, tras revisión, el: 24 de agosto de 2018. Publicado el 1 de septiembre de 2018.

#### Resumen

Los suelos varían ampliamente en la Amazonía mostrando gran diversidad, diferentes características morfológicas y propiedades físico-químicas. Las investigaciones llevadas a cabo en estas áreas ayudan al conocimiento general de los suelos nativos e inexplorados y proporcionan muestras de control para su estudio. En la literatura existen importantes investigaciones de los bosques amazónicos en un entorno heterogéneo en relación con el suelo y la topografía. En el estudio actual se recolectaron muestras de suelo de 3 profundidades, 9 localidades y altitudes diferentes en la selva amazónica; y se proporciona la visión sobre los efectos de la profundidad del suelo así como las variaciones altitudinales sobre el contenido de Fe y la acidez intercambiable (intercambio iónico H-al). Los resultados indicaron que la altitud, en comparación con la profundidad del suelo, puede desempeñar un papel importante en el contenido de Fe y la acidez intercambiable.

**Palabras claves:** Selva tropical, control del suelo, suelo Amazónico, variación altitudinal, ion de H, ion del Al, contenido de Fe.

---

**Abstract**

Soils vary broadly across Amazonia having a large diversity of soil types, morphological characteristics and physical-chemical soil properties. Research that examines the soil properties of these areas improve the general knowledge of native, unexplored soils and provides promising control samples for soil science. There are important investigations in the literature that examine the Amazonian forests grow in a heterogeneous environment in relation to soil and topography. In this study soil samples of 3 depths and from 9 different altitudinal locations of Amazonian rainforest were collected. The present study provides the insight about the effects of soil depth as well as altitudinal variations on Fe content and interchangeable acidity (H-Al ion interchange). This study indicated that altitude compared to soil depth can play major role in Fe content and Interchangeable acidity.

**Keywords:** Rainforest, Control soil, Amazonian soil, Altitudinal variation, H ion, Al ion. Fe content.

---

Forma sugerida de citar: Bautista, G., Mátyás, B., Singla, A., Serrano, V., Morales Arteaga, J., Sánchez, R. G., Bracho Velásquez, R. D. and Ramírez-Cando, J. L.. 2018. Variaciones altitudinales en iones de H y Al en el contenido de Fe en suelos de la selva amazónica. *La Granja: Revista de Ciencias de la Vida*. Vol. 28(2):43-51. <http://doi.org/10.17163/lgr.n28.2018.03>.

---

## 1 Introducción

El estudio de los suelos requiere un enfoque interdisciplinario que involucre a geólogos, físicos, químicos, biólogos, entre otros (Brevik *et al.*, 2015). Sin embargo, no existe la suficiente atención a pesar que son precisamente los suelos el medio de cultivo para la alimentación, y sus propiedades se consideran indicadores de numerosos procesos naturales y artificiales (Coyago y Bonilla, 2016; Ulloa *et al.*, 2014; Yáñez y Bárcenas, 2012) y de la biodiversidad (Guevara *et al.*, 2018); como consecuencia, en la actualidad no hay suficientes investigaciones que se enfoquen en el suelo como base para la alimentación. Por lo tanto, las investigaciones llevadas a cabo para analizar los efectos del manejo orgánico del suelo versus el manejo convencional son cada vez más importantes para la agricultura sostenible (Bautista *et al.*, 2017; Mátyás, Andrade, Chida, Velasco, Morales, Montero, Cando y Acevedo, 2018; Taipei Velasco, Lizano Acevedo y Mátyás, 2018). Cabe señalar que en Ecuador se ha venido estudiando el suelo gracias a otra área de investigación como es la Astrobiología, que es la investigación que busca evidencias de moléculas relacionadas con la vida o rastros de una vida anterior en planetas remotos, y que es cada vez más importante en el país debido a sus características naturales que permiten analizar los suelos analógicos extraterrestres (Mátyás, Bautista, Szarka, Serrano, Arteaga, Loja, Yaguana, Gómez y Ramírez-Cando, 2018).

Ambas áreas de investigación requieren un análisis de suelos sin cultivos como muestras de control, especialmente la Astrobiología, ya que las muestras que tienen una actividad microbiana significativa, como en la selva amazónica, pueden ser consideradas confiables (Mátyás, Bautista, Szarka, Serrano, Arteaga, Loja, Yaguana, Gómez y Ramírez-Cando, 2018). Los suelos varían ampliamente en la Amazonía con una gran diversidad, características morfológicas y propiedades físico-químicas del suelo (Quesada *et al.*, 2010). Las investigaciones de las propiedades del suelo en estas áreas ayudan a obtener un conocimiento general de los suelos nativos e inexplorados (Quesada *et al.*, 2011). También, en la literatura existen importantes investigaciones que examinan los bosques amazónicos en un ambiente heterogéneo en relación con el suelo y la topografía (de Castilho *et al.*, 2006).

La acidificación del suelo es un proceso natural condicionado por rocas de origen natural ácido, al-

tas precipitaciones y lenta descomposición de materia orgánica, produciendo diversos ácidos orgánicos (Pavlu *et al.*, 2007). La existencia de una alta acidez cambiante en el suelo generalmente indica la ocurrencia del hidrógeno cambiante (H), aluminio cambiante (al), ion libre de  $Al^{3+}$  o compuestos Al-hidróxidos parcialmente neutralizados (Hinrich, Brian y O'Connor George, 2001). También se ha observado que la mayor parte del carbono estable en subsuelos ácidos está asociado con hidróxidos poliméricos de Fe y de Al, ferrihidrita, y con óxidos de Fe cristalinos (Mikutta *et al.*, 2006; Spielvogel, Prietzel y Kögel-Knabner, 2008).

Por lo anteriormente expuesto, se recolectaron muestras de suelo de 3 profundidades y de 9 alturas diferentes en la selva amazónica. Así, el presente estudio proporcionará los efectos de la profundidad del suelo y de las variaciones altitudinales en el contenido de Fe y el intercambio de iones H-Al. Además, se detectaron moléculas orgánicas en una de las muestras recolectadas, proporcionando valores de control para fines de investigación astrobiológica.

## 2 Métodos

Se colectaron un total de 27 muestras de suelo cerca de Tena (selva amazónica), Ecuador, el 15 de mayo de 2018, desde la capa superior a nueve altitudes diferentes del suelo tipo Hyperalic Alisol (Tabla 1). Se midió el pH en agua destilada y en 1m de NAF (suelo/agua, 1/2,5, w/w) de acuerdo a lo propuesto por Buzás (1988). El contenido de humedad del suelo se midió gravimétricamente, secándose a 105 °C durante 24 horas según el método Díaz-Romeu y Hunter (1982). Se detectó alofano (Tabla 1) según el método Fieldes (1986) usando 10g suelo/agua (1:2), suelo/agua +20ml 1M NAF, suelo/agua (1:2,5) +25ml 1M NAF, suelo/agua (1:2,5) +25ml 0,5 M NAF como se describe a continuación. Para la preparación de la muestra se agregaron 20ml de agua destilada a 10g de muestra de suelo y se midió el pH, luego se agregaron 20ml de fluoruro sódico (1M) a la solución y se midió de nuevo el PH. Adicionalmente, se agregaron 25ml de agua destilada a 10g de muestra y se midió de nuevo el pH. Se agregaron 25ml del fluoruro del sodio (el 1M) a la solución y finalmente se midió de nuevo el pH. Cuando el pH es mayor a 9 durante la medición sugiere que el alofano está presente debido al origen

volcánico de la muestra (Tabla 1).

El contenido de Fe se midió según el método modificado de (Blakemore, 1981) de la siguiente manera: para preparar las muestras se agregaron 50ml de oxalato amónico monohidrato (0,2 M, pH = 3) a 1g de la muestra del suelo. La mezcla se revolvió durante 4,5 horas en 150 RPMs (usando NB-101M, N-Biotek Inc, Corea). La mezcla se centrifugó a 15 min a 3500 RPM (usando Hermle Z400, Hermle AG, Alemania) para obtener el sobrenadante 12 horas después. A continuación se realizó un doble pro-

ceso de filtrado con el papel de filtro de No. 42. Para determinar la concentración de la curva de calibración (Tabla 2) se utilizó como disolvente la solución de extracción de ácido de amonio oxalato (0,2 m). Se adicionaron 2,5 g de metal de hierro en 35mL de ácido clorhídrico 1:1 y se diluyó en 1,5 L añadiendo 2500 µg/ml de Fe. Finalmente, la solución se midió usando un espectrofotómetro de absorción atómica (longitud de onda: 392 nm; anchura de la hendidura: 0,2 nanómetro).

**Tabla 1.** Sitios de muestreo y principales propiedades físico-químicas del suelo

ID	Latitud	Longitud	Altitud (m a.s.l.)	Profundidad (cm)	pH (H <sub>2</sub> O)	Contenido de humedad (%)	Alofanos
1	-77.2575327	-0.9765686	386	10	5,21	39,25	No volcánico
2	-77.2575327	-0.9765686	386	20	4,87	38,15	No volcánico
3	-77.2575327	-0.9765686	386	30	4,84	39,00	No volcánico
4	-77.2575458	-0.9734722	369	10	5,23	40,06	No volcánico
5	-77.2575458	-0.9734722	369	20	5,18	39,90	No volcánico
6	-77.2575458	-0.9734722	369	30	475	39,11	No volcánico
7	-77.2537563	-0.9763018	395	10	4,79	43,69	No volcánico
8	-77.2537563	-0.9763018	395	20	4,68	39,15	No volcánico
9	-77.2537563	-0.9763018	395	30	5,08	37,87	No volcánico
10	-77.8857849	-0.9241473	911	10	5,06	55,04	Volcánico
11	-77.8857849	-0.9241473	911	20	5,15	47,02	Volcánico
12	-77.8857849	-0.9241473	911	30	5,29	43,91	Volcánico
13	-77.8839364	-0.9092520	1 006	10	5,11	54,41	Volcánico
14	-77.8839364	-0.9092520	1 006	20	5,32	46,51	Volcánico
15	-77.8839364	-0.9092520	1 006	30	5,46	42,48	Volcánico
16	-77.8908966	-0.9092071	1 181	10	5,56	54,22	Volcánico
17	-77.8908966	-0.9092071	1 181	20	5,72	52,16	Volcánico
18	-77.8908966	-0.9092071	1 181	30	5,82	51,43	Volcánico
19	-77.9082599	-0.9330021	1 444	10	5,28	64,84	Volcánico
20	-77.9082599	-0.9330021	1 444	20	5,35	60,56	Volcánico
21	-77.9082599	-0.9330021	1 444	30	5,48	58,77	Volcánico
22	-77.9283477	-0.9361859	1 564	10	5,00	70,14	Volcánico
23	-77.9283477	-0.9361859	1 564	20	5,50	64,03	Volcánico
24	-77.9283477	-0.9361859	1 564	30	5,57	61,16	Volcánico
25	-77.9361469	-0.9358267	1 800	10	5,02	61,24	Volcánico
26	-77.9361469	-0.9358267	1 800	20	5,30	63,59	Volcánico
27	-77.9361469	-0.9358267	1 800	30	5,47	58,92	Volcánico

**Tabla 2.** Configuración de la curva de calibración para la determinación del contenido Fe.

Nº	Concentración µg/mL	Porcentaje de concentración %
1	0	0
2	625	50
3	1250	100
4	2500	200

La acidez intercambiable se determinó según el método modificado de Salinas y García (1979) citado en Coleman y Thomas (1967); Lin y Coleman (1960); Pratt y Bair (1961) utilizando 10 ml de extracto obtenido con 1N KCl, 10 ml de agua destilada, 0,05% fenolftaleína y 0,01 n NaOH de la siguiente forma: para preparar las muestras se añadieron 25 ml de cloruro de potasio (1N) a 2,5 g de la mues-

tra de suelo. Luego se agitó (usando NB-101M, N-Biotek Inc, Corea) por 15 minutos en 60 rpm. Para filtrar la solución se usó un papel filtrante No. 42. Se agregaron 10 ml de agua destilada a 10 ml del filtrado. Luego, se adicionaron aproximadamente tres gotas de 0,05% fenolftaleína, y la solución se tituló por 0,01 n NaOH. Se usó la siguiente fórmula para calcular los resultados:

$$\text{Acidezintercambiable(mEq/100gdesuelo)} = \text{CantidaddeNaOH} \times \text{NNaOH} \times (100/\text{pesodelamuestradesuelo})$$

En donde:

La acidez intercambiable se (expresa en mEq/100g suelo),

La cantidad de NaOH es la pérdida de NaOH durante la titulación (expresada en mL),

N NaOH es la concentración de NaOH usada para la titulación (expresada en N),

El peso de la muestra del suelo es el peso de la muestra usada para las mediciones (expresada en g).

Se detectaron compuestos orgánicos en la muestra seca y fresca del suelo (ID = 10) vía HPLC (agua 1525 bomba binaria HPLC con detector de diodo de aguas 2998); espectrofotometría (espectrofotómetro Jasco V-730 y PerkinElmer Spectrum BX) y GC/MS (EVOQ Scion 436-GC, Bruker). El SDS-VAGE se realizó según Warrant et al. (2003) en el sistema ver-

tical de gel de Enduro ES. Los resultados obtenidos de la cromatografía se combinaron con Wiley NIST 2014-XI edición GC/MS. Se aceptaron identificaciones de compuestos orgánicos cuando la probabilidad del criterio de similitud fue  $P > 0,9$  (Mátyás, Bautista, Szarka, Serrano, Arteaga, Loja, Yaguana, Gómez y Ramírez-Cando, 2018).

Se aplicó el modelo ANOVA para el análisis estadístico, a fin de verificar si existen diferencias en las altitudes y profundidades en los parámetros examinados. Se utilizó la prueba de Duncan como análisis *post hoc*. Para ilustrar los resultados de la concentración y de la absorbencia del Fe (ABS) en las diferentes altitudes se aplicó la fórmula de interpolación de Lagrange para la primera derivada, que resulta adecuada para examinar datos desigualmente espaciados:

$$f'(x) = f(x_{i-1}) \frac{2x - x_i - x_{i+1}}{(x_{i-1} - x_i)(x_{i-1} - x_{i+1})} + f(x_i) \frac{2x - x_{i-1} - x_{i+1}}{(x_i - x_{i-1})(x_i - x_{i+1})} + f(x_{i+1}) \frac{2x - x_{i-1} - x_i}{(x_{i+1} - x_{i-1})(x_{i+1} - x_i)}$$

En donde:

x Es la altitud en donde se calcula el primero derivado,

$x_{i-1}$ ;  $x_i$ ;  $x_{i+1}$  son las altitudes determinadas (El orden no es relevante),

$f(x_{i-1})$ ;  $f(x_i)$ ;  $f(x_{i+1})$  son las concentraciones de Fe relacionadas a las altitudes, respectivamente.

Nota: consulte el apéndice para ver el código de Visual Basic para aplicaciones (VBA).

También se aplicó un modelo de almacenamiento de datos no relacional JT (Mátyás, Bautista, Szarka, Serrano, Arteaga, Loja, Yaguana, Gómez y Ramírez-Cando, 2018; Mátyás et al., 2016a,b) en

un servidor Oracle Application Express (ORACLE, N.d.), para almacenar los datos que no han sido experimentados y los resultados evaluados

### 3 Resultado

La Figura 1 corresponde a la primera derivada del contenido de Fe (concentración y absorbencia) en las altitudes estudiadas. Se observa un patrón bastante lineal en las profundidades (especialmente a 10 centímetros). En las tres gráficas se evidencia que los valores de los derivados alrededor de 1 000 y 1 200 msnm son negativos o simila-

res. Se observó la concentración más alta de Fe, 222 mg/kg en 1 564 msnm a una profundidad de 20cm; mientras que la concentración más baja de Fe, 2,27 mg/kg se midió en 386 msnm a una profundi-

dad de 20cm. Se observa una clara tendencia decreciente en los valores de concentración a medida que disminuye la altitud.

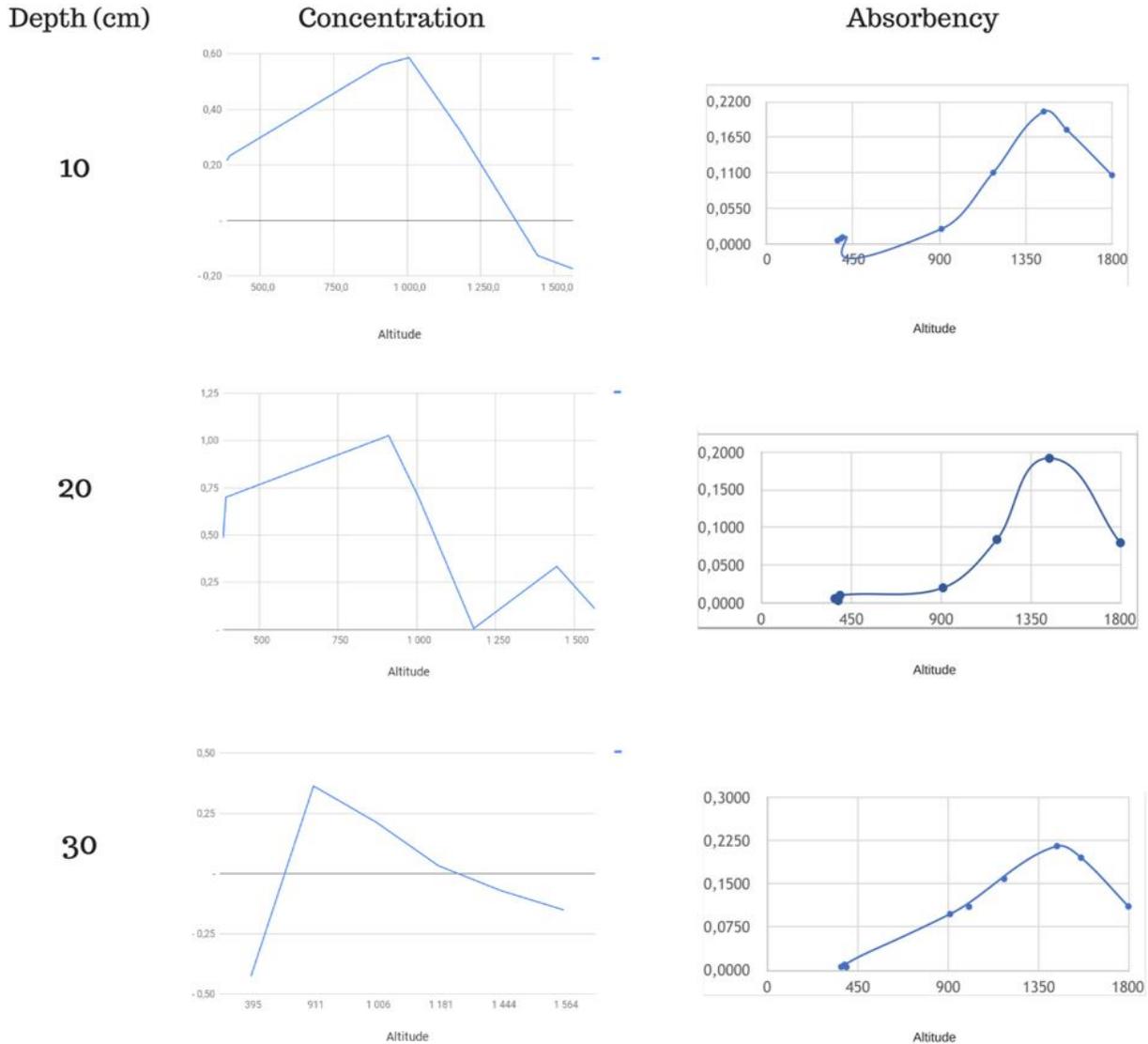


Figura 1. Concentración y absorbencia de Fe en diferentes alturas y profundidades

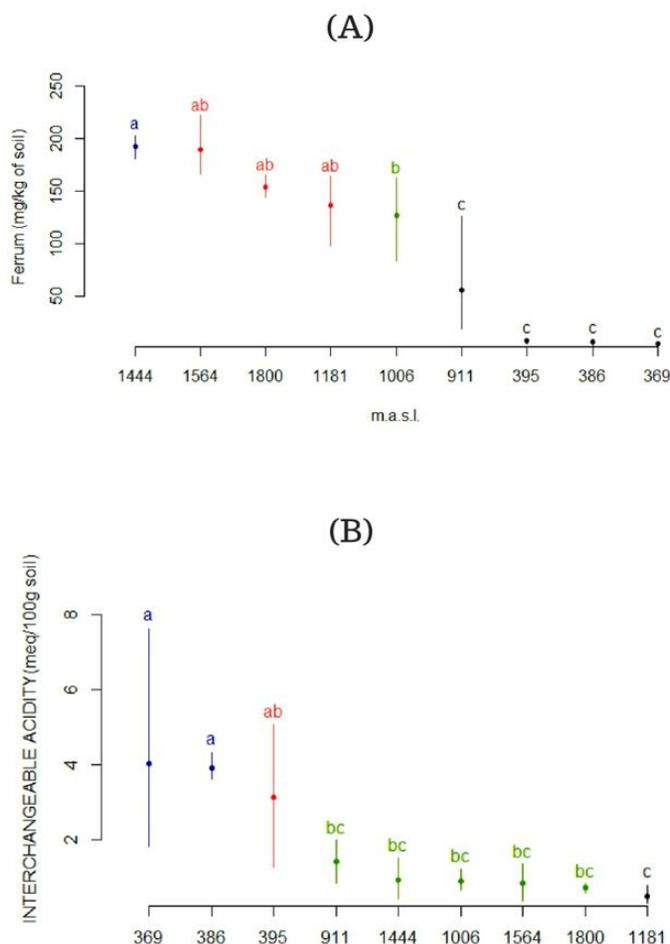
Los gráficos ABS de las diferentes profundidades son bastante similares y lineales. Se puede observar el punto de entrada alrededor de 1 444 msnm, donde la pendiente de la curva se vuelve negativa. El comportamiento en las tres curvas entre 400 y 1 000 msnm es bastante similar en las dos primeras gráficas, siendo bastante liso y con una curva

ascendente (hasta 1 444 m msnm). En el tercer gráfico (correspondiente a una profundidad de 30 cm) se evidencia una sección bastante lineal con una curvatura casi imperceptible.

Los resultados estadísticos demuestran que no existen diferencias significativas en la concentración de Fe y la acidez intercambiable en las diferen-

tes profundidades ( $p=0.85$ ). Por otro lado, se pueden observar fuertes diferencias aplicando ANOVA en las altitudes ( $p = 0,00005$ ). En la Figura 2 la prueba Duncan resume a los grupos para los parámetros evaluados con respecto a las diferentes altitudes. Es-

ta información presenta las medias y los intervalos de confianza para cualquier altitud en los ensayos. Los valores de concentración de Fe disminuyen a medida que reduce la altitud (Figura 1. A).



**Figura 2.** Diferencias en las Concentraciones de Fe y acidez intercambiable en diferentes alturas

Se detectaron alcoholes de azúcares, ácidos hidróxidos y oxoácidos usando HPLC. De igual forma, se encontró carbono (48,1%), nitrógeno (7,6%) y aminoácidos (7,9%) mediante electroforesis. Se detectó glicerol, ácido oxálico, ácido masónico, ácido glutárico, ácido glicólico, ácido 4-hydroxybenzonic y ácido 3,4-dihydroxybenzonic por GC/MS (Mát-yás, Bautista, Szarka, Serrano, Arteaga, Loja, Yagua-na, Gómez y Ramírez-Cando, 2018)).

## 4 Conclusiones

Se concluyó que la profundidad del suelo no afectó significativamente el contenido de Fe y la acidez intercambiable; mientras que la altitud afectó a ambos. El presente estudio indicó que la altitud, en comparación con la profundidad del suelo, puede desempeñar un papel importante en el contenido de Fe y la acidez intercambiable. Además, la alta cantidad de moléculas orgánicas que podrían ser detectadas por instrumentos analíticos sugieren que

los sitios de muestreo seleccionados pueden proporcionar muestras prometedoras para evaluar suelos analógicos extraterrestres para futuros análisis.

## Conflictos de interés

Los autores declaran que no existen conflictos de interés.

## Información de la ayuda otorgada

Los autores indican que el proyecto fue subsidiado por la Universidad Politécnica Salesiana, y la Universidad Regional Amazónica. Código del proyecto: 091-04-2018-04-02.

## Agradecimientos

Los autores agradecen al Prof. Dr. Byron V. Maza R., Ph.D, jefe del proyecto "Almacenamiento de carbono en tres tipos de bosque de la región amazónica" de la Universidad Regional Amazónica por la gestión del proyecto, y por la recolección de la muestra.

## Referencias

Bautista, Gabriela, Bence Mátyás, Isabel Carpio, Richard Vilches y Karina Pazmino. 2017. "Unexpected results in Chernozem soil respiration while measuring the effect of a bio-fertilizer on soil microbial activity." *F1000Research* 6.

Blakemore, LC. 1981. "Methods for chemical analysis of soils." *New Zealand soil bureau scientific report 10A*.

Brevik, EC, A Cerdá, J Mataix-Solera, L Pereg, JN Quinton, Johan Six y K Van Oost. 2015. "The interdisciplinary nature of SOIL." *Soil* 1(1):117-129.

Buzás, I. 1988. "Manual of Soil and Agrochemical Analysis." *Mezőgazdasági Kiadó. Budapest*.

Coleman, NT y GW Thomas. 1967. "The basic chemistry of soil acidity. In 'Soil Acidity and Liming'. (Eds RW Pearson and F. Adams.) pp. 1-41." *Am. Soc. Agron.: Madison, Wisc*.

Coyago, Elena y Sara Bonilla. 2016. "Absorción de plomo de suelos altamente contaminados en especies vegetativas usadas para consumo animal y humano."

de Castilho, Carolina V, William E Magnusson, R Nazaré O de Araújo, Regina CC Luizao, Flávio J Luizao, Albertina P Lima y Niro Higuchi. 2006. "Variation in aboveground tree live biomass in a central Amazonian Forest: Effects of soil and topography." *Forest ecology and management* 234(1-3):85-96.

Díaz-Romeu, R. y A. Hunter. 1982. "Técnicas de laboratorio e invernadero para determinar las enmiendas de suelo requeridas para un óptimo crecimiento de las plantas." *Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza*.

Fieldes, M.; Perrot, K.W. 1986. "The nature of allophone in soils. Part III: Rapid field and laboratory test for allophone." *New Zealand Journal of Science* 9(3).

Guevara, María-Fernanda, Paula Salazar, Bence Mátyás y María-Eugenia Ordoñez. 2018. "Xylariales: First results of mycological exploration in the Sangay and Llanganates National Parks, Ecuador." *F1000Research*.

Hinrich, LB, LM Brian y A O'Connor George. 2001. "Soil Chemistry, John Wiley & Sons." *Inc., New York*.

Lin, Clara y NT Coleman. 1960. "The Measurement of Exchangeable Aluminum in Soils and Clays 1." *Soil Science Society of America Journal* 24(6):444-446.

Mátyás, Bence, Gabriela Bautista, Máté Szarka, Vanessa Serrano, Juan Morales Arteaga, David Loja, Stalin Gabriel Yaguana, Francisco Gómez y Lenin J Ramírez-Cando. 2018. "Decision support algorithm for the selection of analytical methods in organic compounds detection for future extraterrestrial exploratory missions." *Electrophoresis*.

Mátyás, Bence, Maritza Elizabeth Chiluisa Andrade, Nora Carmen Yandun Chida, Carina Maribel Taipe Velasco, Denisse Estefania Gavilanes Morales, Gisella Nicole Miño Montero, Lenin Javier Ramirez Cando y Ronnie Xavier Lizano Acevedo. 2018. "Comparing organic versus conventional soil management on soil respiration." *F1000Research* 7.

- Mátyás, Bence, Máté Szarka, Gábor Járvas, Gábor Kusper, István Argay y Alice Fialowski. 2016a. "A novel data storage logic in the cloud Version 2." *F1000Research* 5.
- Mátyás, Bence, Máté Szarka, Gábor Járvas, Gábor Kusper, István Argay y Alice Fialowski. 2016b. "A novel data storage logic in the cloud Version 3." *F1000Research* 5.
- Mikutta, Robert, Markus Kleber, Margaret S Torn y Reinhold Jahn. 2006. "Stabilization of soil organic matter: association with minerals or chemical recalcitrance?" *Biogeochemistry* 77(1):25–56.
- ORACLE. N.d. "Build stunning, scalable apps. Fast.". Online: <https://goo.gl/oU5am4>.
- Pavlu, L, L Boruvka, A Nikodem y M. Rohoskova. 2007. "Altitude and forest type effects on soils in the Jizera Mountains region." Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Pratt, PP y FL Bair. 1961. "A comparison of three reagents for the extraction of aluminum from soils." *Soil Science* 91(6):357–359.
- Quesada, CA, J Lloyd, M Schwarz, S Patino, TR Baker, C Czimczik, NM Fyllas, L Martinelli, GB Nardoto, Jens Schmerler *et al.* 2010. "Variations in chemical and physical properties of Amazon forest soils in relation to their genesis." *Biogeosciences* 7(5):1515–1541.
- Quesada, CA, John Lloyd, LO Anderson, NM Fyllas, Michael Schwarz y CI Czimczik. 2011. "Soils of Amazonia with particular reference to the RAINFOR sites."
- Salinas, José G y Ramiro García. 1979. "Métodos analíticos para suelos ácidos y plantas."
- Spielvogel, S, J Prietzel y I Kögel-Knabner. 2008. "Soil organic matter stabilization in acidic forest soils is preferential and soil type-specific." *European Journal of Soil Science* 59(4):674–692.
- Taipe Velasco, C. M, R. X Lizano Acevedo y B. Mátyás. 2018. "Comparative study of the environmental impact of models of conventional agricultural and agro-ecological agriculture in the agricultural phase of tomato cultivation." *F1000Research* .
- Ulloa, C, K Pazmiño, D Cárdenas y C. Arcos. 2014. "Development of water repellency in soil affected by forest fires in a metropolitan park area of the metropolitan district of Quito." *La Granja: Journal of Life Sciences*. 19. .
- Yáñez, P y M. Bárcenas. 2012. "Determinación de los niveles de tolerancia a hidrocarburos y potencial de fitorremediación de cuatro especies vegetales del sector Baeza-El Chaco, Ecuador." *La Granja: Journal of Life Sciences*. 15. .

## Apéndice

Fórmula de interpolación de Lagrange para la primera derivada programada en VBA:

Función pública DIFF1\_LAGRANGE\_ORDEN2(x, x0, x1, x2, f0, f1, f2)

Si (x0 = x1) entonces DIFF1\_LAGRANGE\_ORDEN2 = "Div. por 0. Verifique que los valores de las x's son todos distintos."

Si (x0 = x2) entonces DIFF1\_LAGRANGE\_ORDEN2 = "Div. por 0. Verifique que los valores de las x's son todos distintos."

Si (x1 = x2) entonces DIFF1\_LAGRANGE\_ORDEN2 = "Div. por 0. Verifique que los valores de las x's son todos distintos."

DIFF1\_LAGRANGE\_ORDEN2 = \_

f0 \* (2 \* x - x1 - x2) / ((x0 - x1) \* (x0 - x2)) + \_

f1 \* (2 \* x - x0 - x2) / ((x1 - x0) \* (x1 - x2)) + \_

f2 \* (2 \* x - x0 - x1) / ((x2 - x0) \* (x2 - x1))

Final de la función



## COMPONENTES DEL BALANCE HÍDRICO EN LOS PÁRAMOS DE JATUNSACHA, ECUADOR

### WATER BALANCE COMPONENTS IN THE PARAMO OF JATUNSACHA, ECUADOR

Sergio Fernando Torres Romero<sup>1,2\*</sup> y Carlos Oswaldo Proaño Santos<sup>3,4</sup>

<sup>1</sup>Universidad Nacional de Loja, Avenida Pio Jaramillo Alvarado, Loja, Ecuador.

<sup>2</sup>Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.

<sup>3</sup>Escuela Politécnica Nacional, Ladron de Guevara E11-253, Quito, Ecuador.

<sup>4</sup>IHE-UNESCO, Delft, Holanda.

\*Autor para correspondencia: [seftorresro@unal.edu.co](mailto:seftorresro@unal.edu.co)

---

Artículo recibido el 9 de diciembre de 2017. Aceptado, tras revisión, el 14 de agosto de 2018. Publicado el 1 de septiembre de 2018.

---

#### Resumen

El páramo es una zona biogeográfica de alta montaña que comúnmente se extiende entre el límite superior del bosque andino hasta por debajo de las nieves perpetuas. Hidrológicamente este ecosistema presenta una buena regulación de los caudales bases, como resultado de la interacción de los componentes precipitación, humedad del suelo y evapotranspiración, lo que permite el abastecimiento continuo del recurso hídrico para las poblaciones ubicadas en las cuencas medias y bajas de la región Andina. La presente investigación tiene como objetivo evaluar el comportamiento de los principales parámetros que caracterizan el balance hídrico en los páramos de Jatunsacha, con base en la recolección, análisis y procesamiento de la información hidroclimatológica de estaciones ubicadas en los páramos de Antisana, como mecanismo de apoyo en la toma de decisiones para el manejo y conservación de zonas de recarga hídrica de la parte norte del Ecuador. De acuerdo con los resultados, la dinámica del régimen hidrológico en la zona de estudio está determinada por eventos de lluvia de baja intensidad, volumen y duración pero muy frecuentes, por un contenido de humedad del suelo entre capacidad de campo y punto de saturación, por una evapotranspiración relativamente baja, por un caudal muy variable que genera un coeficiente de escorrentía bajo y por una percolación alta típico en zonas con geología porosa.

**Palabras claves:** Precipitación, Caudal, Evapotranspiración real, dinámica de la humedad del suelo, hidrología.

---

**Abstract**

The neotropical paramo is a high mountain biome distributed from the upper side of the andean forest to the permanent snow line of such ecosystems. From a hydrological point of view, this kind of ecosystem is characterized by maintaining a constant amount of base flow, as a result of the interaction of several of its water balance components such as: precipitation; soil moisture and evapotranspiration. Therefore, Andean communities and population located downstream of the catchment are able to count with enough water most of the year. The main objective of this research work is to perform an assessment of the influence of such water balance in the zone of Jatunsacha paramos. This research work is carried out based on the collection, evaluation and processing of hydrologic data from stages located in the zone of the Antisana. Such information will be used as a decision making support tool for the conservation and management of recharge zones in the northern part of Ecuador. In accordance with the obtained results, the dynamics of the hydrologic regime depends on: the frequent occurrence of low intensity, low volume and short duration rainfall events; soil moisture variability at both field capacity and the point of saturation; a relatively low evapotranspiration; a highly variable flow discharge that generates a low discharge coefficient; and, a high rate of percolation which is typical from porous zones such as the volcanic paramo zones.

**Keywords:** Precipitation, discharge, evapotranspiration, soil moisture dynamics, hydrology.

---

Forma sugerida de citar: Torres Romero, S. F. y Proaño Santos, C. O. 2018. Componentes del balance hídrico en los páramos de jatunsacha, Ecuador. *La Granja: Revista de Ciencias de la Vida*. Vol. 28(2):52-66. <http://doi.org/10.17163/lgr.n28.2018.04>.

---

## 1 Introducción

Los páramos son ecosistemas naturales distribuidos en toda la zona tropical, específicamente a los 8° latitud Norte y 11° latitud Sur (Hofstede *et al.*, 2003). En la parte Andina forman un corredor entre la cordillera de Mérida, en Venezuela, hasta la depreciación de Huancabamba al norte del Perú; pero también existen complejos más separados como los páramos en Costa Rica y la Sierra Nevada de Santa Marta (Hofstede *et al.*, 2003; Buytaert, Cuesta-Camacho y Tobón, 2011; Luteyn *et al.*, 1999).

Más de 100 millones de personas en los Andes y en las partes montañosas de África y Nueva Guinea dependen indirectamente del abastecimiento de líquido vital de este ecosistema (Hofstede *et al.*, 2003), que se ve afectado por una degradación paulatina, causada por el cambio de uso del suelo e incremento de la demanda del recurso hídrico para el consumo, riego y generación de hidroelectricidad (Buytaert *et al.*, 2005; Buytaert, Célleri, De Bièvre, Cisneros, Wyseure, Deckers y Hofstede, 2006; Buytaert, Iniguez y De Bievre, 2007; Crespo *et al.*, 2011; Harden *et al.*, 2013).

A pesar de la importancia mencionada por su constante suministro de agua, a nivel científico la información de bases de datos hidrológicos y climatológicos son escasos y los procedimientos de tratamiento de información (pre-procesamiento) son casi inexistentes, situación que genera que la interpretación de resultados sea errónea, por lo que es necesario estandarizar protocolos para extracción de datos, pre-procesamiento, mantenimiento de equipos con diferentes tipos de sensores y almacenamiento de bases que puedan ser accesibles para estudios de carácter científico y que permitan a los tomadores de decisiones un uso y manejo adecuado del ecosistema de páramo.

La investigaciones en el ecosistema de páramo sobre el funcionamiento hidrológico mencionan que la precipitación para la región Andina varía entre 700 mm a 3 000 mm, con una variabilidad a escala local influenciada por la topografía irregular, la altitud, pendiente y orientación (Buytaert, Iniguez y De Bievre, 2007; Buytaert, Célleri, De Bièvre, Cisneros, Wyseure, Deckers y Hofstede, 2006; Celleri *et al.*, 2007). Por otro lado estudios a nivel de microcuenca en el sur del Ecuador determinaron variaciones de evapotranspiración entre 0.6 a 2.51 mm día<sup>-1</sup> (Buytaert, 2004; Célleri y Feyen, 2009; Hofstede, 1995; Buytaert, Célleri, De Bièvre, Cisneros, Wy-

seure, Deckers y Hofstede, 2006; Favier *et al.*, 2008). De igual forma, Ochoa-Tocachi *et al.* (2016) evaluaron el coeficiente de escorrentía en cuencas de páramo ubicadas en los volcanes Antisana y Pichincha, obteniendo valores entre 8 y 13% que difieren de los resultados en los estudios de Tobón y Arroyave (2007); Buytaert, Iniguez y De Bievre (2007); Crespo *et al.* (2011); Guzmán *et al.* (2015) con valores publicados entre 53% y 73% para los páramos en Colombia y sur del Ecuador.

Como una respuesta al análisis realizado y con la finalidad de generar conocimiento sobre la funcionalidad hidrológica se planteó el presente trabajo de investigación en la cuenca del río Jatunsacha, en los páramos de Antisana, como parte de una iniciativa nacional de monitoreo hidrometeorológico del Fondo para la Protección del Agua FONAG, con el objetivo de evaluar el comportamiento de los principales parámetros que caracterizan el balance hídrico en los páramos de Jatunsacha.

## 2 Materiales y métodos

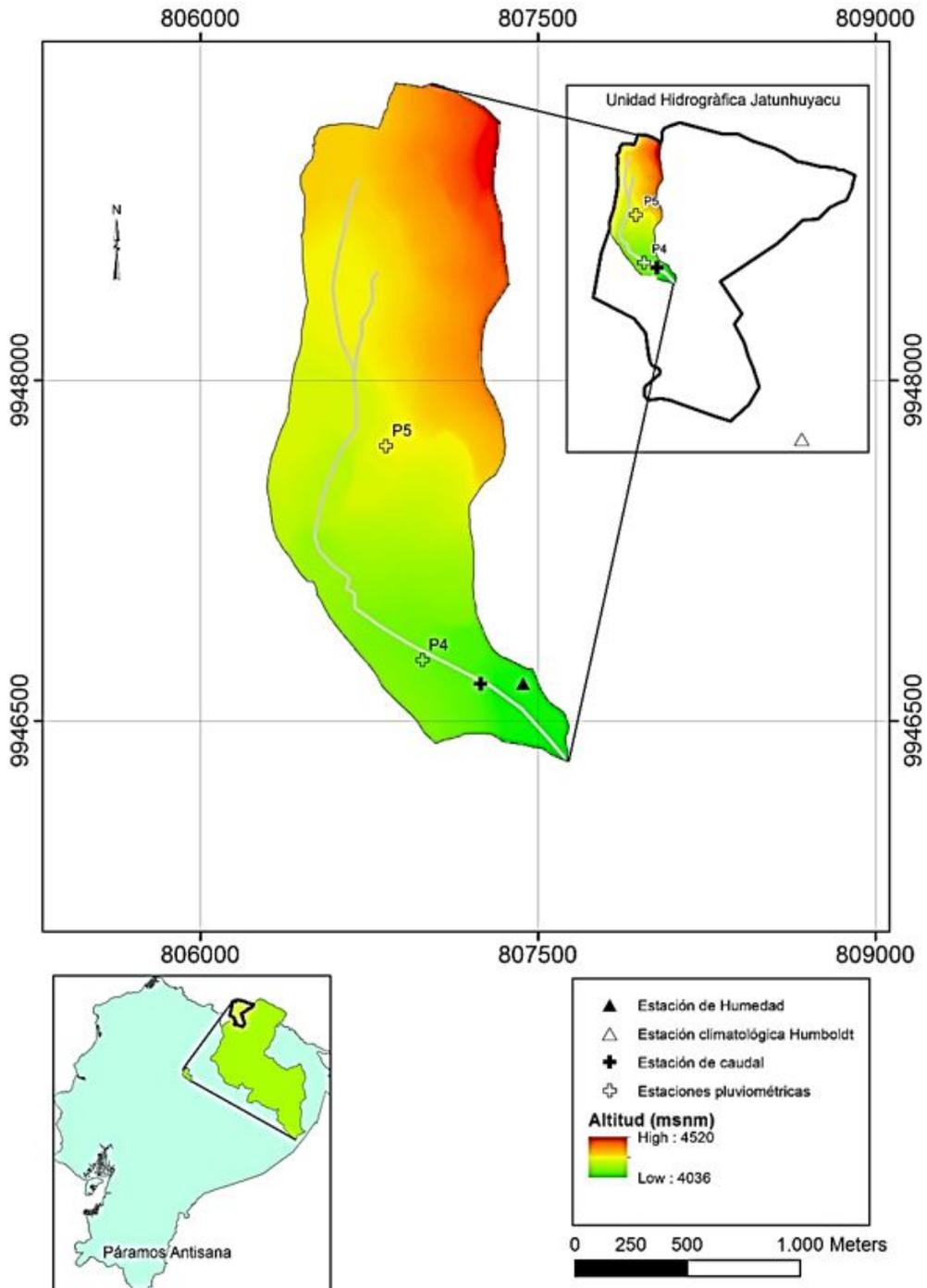
### 2.1 Área de estudio

La cuenca en estudio se encuentra ubicada en el páramo del Antisana, perteneciente a la unidad hidrográfica del río Jatunhuaycu, fuente abastecedora de agua potable para la ciudad de Quito en Ecuador; geográficamente se localiza en los 0° 28' 15" latitud Sur y 78° 14' 34" longitud Oeste. Jatunsacha que drena sus aguas hacia la cuenca del río Amazonas cubre un área de 2,1 km<sup>2</sup>, con una pendiente promedio del 20% distribuida en una gradiente altitudinal que varía entre los 4 036 msnm y 4 520 msnm (Figura 1), con intervención relativamente baja por ganado vacuno y sin aporte por flujo del glacial Antisana (Alvarado, 2009; Torres, 2016).

La geología de la cuenca está conformada por unidades que contienen rocas metamórficas del Terreno Loja, emplazadas en rocas volcánicas de la formación Pisayambo (Barberi *et al.*, 1988), cubierta localmente por una serie de depósitos superficiales que incluyen materiales piroplásticos, glaciales y coluviales (Coltorti y Ollier, 2000; Lavenu *et al.*, 1992; Alvarado, 2009; Bourdon *et al.*, 2002). Los suelos generalmente son de origen volcánico y pertenecen al orden de Andisoles, con presencia de limos de color negro (Torres, 2016; Alvarado, 2009; Ochoa-Tocachi *et al.*, 2016).

La cobertura vegetal en Jatunsacha forma parte del superpáramo seco (Cleef, 1981; Sklenár y Balslev, 2005) dominado por las especies vegetales como: *Festuca vaginalis*, *Plantago nubigena*, *Astragalus*

*geminiflorus*, *Biden sandicola*, *Conyza cardaminifolia*, *Calamagrostis mollis*, *Cerastium imbricatum* y *Silene thysanodes* (Sklenár y Balslev, 2005).



**Figura 1.** Ubicación geográfica de la cuenca y localización detallada de las estaciones pluviométricas, caudal, humedad del suelo y climatológica instaladas para el monitoreo hidrometeorológico.

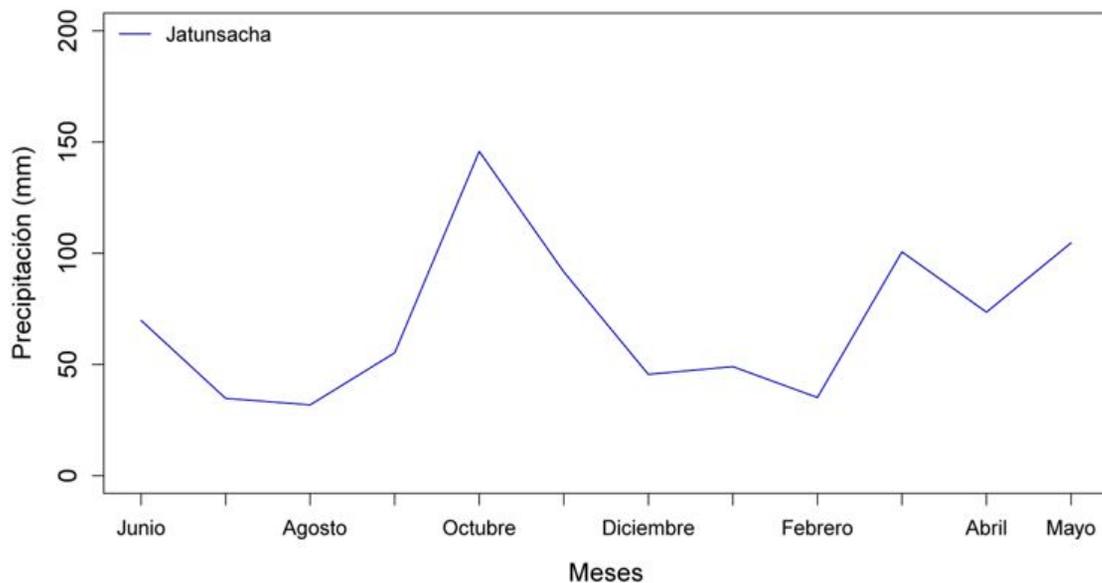
## 2.2 Datos y métodos

### 2.2.1 Precipitación

Para determinar las entradas por precipitación y su variabilidad temporal se instaló un pluviómetro marca TEXAS TE525MM, de cubeta electrónica basculante, con resolución de 0,1 mm asociados a un datalogger Campbell Scientific Cr-200X, colocados tanto en la parte baja y alta de la cuenca (Figura 1), que registraron información del periodo 1 de enero del 2014 al 30 de abril del 2015. En esta parte de la metodología se buscó analizar la lluvia a escala intra-anual para conocer cuánto llueve en el páramo y cómo se distribuye mensualmente.

Para la caracterización de los eventos de precipitación se empleó la información del pluviómetro cuatro (P4), que se localiza en la parte baja de la

cuenca (Figura 1); esto por presentar una serie de registros más completa. Con la base de datos de lluvia agregada cada cinco minutos y con los resultados del ciclo anual de la precipitación (Figura 2) se caracterizaron los eventos de lluvia en cuatro períodos: período seco que comprende los meses de diciembre, enero, julio y agosto; período lluvioso marzo, abril, mayo y octubre; transición de seco a húmedo febrero y septiembre y transición de húmedo a seco junio y noviembre. Aunque no existe un criterio estandarizado para definir un evento de una serie de tiempo (Tokay *et al.*, 2003), para la zona de estudio la separación se estableció en un tiempo máximo de una hora entre dos tips consecutivos; esto en referencia algunos estudios (Tokay *et al.*, 2003; Holwerda *et al.*, 2006; Nystuen, 1999) que fijaron los tiempos máximos entre 15 minutos y dos horas.



**Figura 2.** Estacionalidad del ciclo anual de la precipitación para la zona de estudio.

Con la base de datos en el programa R Studio se calculó la magnitud, duración, intensidad y número de eventos que es una medida directa de la frecuencia. La magnitud se estableció sumando los montos registrados en cada evento, la duración corresponden al tiempo transcurrido en cada evento, la intensidad se determinó dividiendo la magnitud entre el tiempo efectivo donde se registró la entrada por precipitación durante el evento; y la frecuencia se calculó sumando el número de eventos en cada período analizado. Para cada variable se realizó

una caracterización de su función de distribución de probabilidad, que permite extraer límites de confianza al 95% para el acotamiento de su comportamiento intrínseco.

### 2.2.2 Comportamiento de la humedad del suelo

Para caracterizar el comportamiento de la humedad del suelo se instalaron instrumentos automáticos, basados en la mediciones de la permisividad dieléctrica del suelo, denominados TDR Time Domain

Reflectometer (Jones, Wraith y Or, 2002), que son sensores bimetálicos colocados en forma horizontal en el horizonte superficial (A) a una profundidad de 10 cm y en el horizonte 2Ab a 70 cm, dentro de una calicata excavada en una ladera de la cuenca (Figura 1), asociados a un dataloggers marca Campbell Scientific Cr-200X que registró información del contenido de agua del suelo, con una resolución de cinco minutos.

Como consecuencia de las singulares características de los suelos de cenizas volcánicas como son alta porosidad, baja densidad, presencia de vidrio volcánico y alta retención de humedad (Buytaert, 2004; Buytaert, Iniguez y De Bievre, 2007; Nanzyo, Shoji y Dahlgren, 1993); y en base a las recomendaciones de Blume, Zehe y Bronstert (2007) de calibrar las ecuaciones internas de los dataloggers se utilizó la ecuación propuesta por Guarderas (2015) para transformar las series de tiempo de tránsito registrado en el sensor, a valores de contenido volumétrico; relación determinada en base a un muestreo en campo en los dos horizontes.

Con las series de datos completas de humedad del suelo promedio agregados a escala diaria del periodo 30 de abril del 2014 al 13 de marzo del 2015, se graficó y analizó la curva dinámica de humedad para poder caracterizar el comportamiento del contenido de agua de los suelos en la cuenca Jatunsacha. Adicionalmente, se muestreó en campo por triplicado en cada horizonte la densidad aparente, con base en la relación masa de la muestra seca al horno durante 24 horas a 105 °C y el volumen de los cilindros (Grossman, 2002); materia orgánica a través del método de Walkey y Black (Black, 1965), porosidad total que se estableció a partir de la relación densidad aparente y densidad real (Klute, 1986a); conductividad hidráulica saturada donde se utilizó el método de carga hidráulica constante (Klute y Dirksen, 1996), potencial de hidrógeno pH a través de la relación 1:1 entre el agua y suelo y la curva de retención de humedad, considerando los puntos característicos: capacidad de campo, punto de saturación y punto de marchitez permanente, que se determinaron en el laboratorio de física de suelos de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín, a partir de muestras sin disturbar tomadas con anillos de acero inoxidable de 5 cm de diámetro y 1 cm de altura, sometidas a saturación por capilaridad para posteriormente ser trasladadas a los platos con membranas; calibradas en diferentes presiones dentro de las “ollas de presión de Richard” y

secadas en estufa a temperatura constante (Klute, 1986b).

### 2.2.3 Evapotranspiración real

Para el cálculo de la Evapotranspiración real (ETr) se utilizó la relación que integra el comportamiento climático, las características particulares de la vegetación y las limitaciones debido a la disponibilidad de agua a nivel de cuenca en el páramo del Antisana (Allen *et al.*, 1998; Buytaert, Iñiguez, Celleri, De Bièvre, Wyseure y Deckers, 2006; Guzmán *et al.*, 2015), que se expresa de la siguiente manera (Ecuación 1):

$$ETr = ETa \times Kc \times Ks \quad (1)$$

En donde: ETr es la evapotranspiración real (mm día<sup>-1</sup>), ETa es la evapotranspiración de referencia (mm día<sup>-1</sup>), Kc es el coeficiente de cultivo (adimensional) y Ks el factor de estrés hídrico (adimensional).

Para la determinación de ETa se aplicó la ecuación de Penman-Monteith (Allen *et al.*, 1998) (Ecuación 2), con datos procedentes de la estación climatológica Humboldt (Figura 1), que acumuló y registró información cada 30 minutos de las principales variables climáticas del período 1 de enero del 2014 al 30 de abril del 2015, proporcionados por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología del Ecuador (INAMHI). El procesamiento se lo realizó a nivel horario (mm hora<sup>-1</sup>), pero para el análisis del comportamiento se los agregó a escala diaria (mm día<sup>-1</sup>).

Las investigaciones en el páramo (Buytaert, Iñiguez, Celleri, De Bièvre, Wyseure y Deckers, 2006; Guzmán *et al.*, 2015) determinaron valores de Kc de 0,42 para representan condiciones naturales del ecosistema, con vegetación homogénea y con intervención relativamente baja por agricultura y ganadería; y registros de Ks de 1 que indican contenidos de humedad en el suelo sobre capacidad de campo cercanos a punto de saturación; particularidad encontrada en los páramos de la región.

### 2.2.4 Caudal

Para la medición del caudal se construyó un vertedero de pared delgada de sección combinada triangular y rectangular y se instaló una sonda de nivel automática Instrumentación Northwest (INW) marca PT2X, que acumuló datos cada cinco minutos (Torres, 2016) del período 1 de enero del 2014 al

30 de abril del 2015. Con la información de las mediciones de altura del nivel de agua, que relaciona la presión de la columna de agua por encima del punto cero del vertedero y la presión atmosférica; y considerando las dimensiones de la infraestructura hidráulica se transformaron los datos a caudal aplicando la relación de Sotelo Avila (1974) para la sección triangular y la de Kindsvater y Carter (1957) para la sección rectangular.

Con la información procesada se separó el caudal base del flujo de tormenta, con fundamento en el algoritmo numérico de los dos parámetros propuestos por Chapman (Chapman, 1999), con una recesión de dos días y elaborado en base a un filtro digital a nivel diario (Ochoa-Tocachi *et al.*, 2016).

### 2.2.5 Balance hídrico

Para el cálculo del balance hídrico anual se utilizó la ecuación general (Ecuación 2) aplicada al ecosistema páramo (Buytaert, Iñiguez, Celleri, De Bièvre, Wyseure y Deckers, 2006; Guzmán *et al.*, 2015) y adaptada a las características del sitio.

$$P = E + ETr + Q + \frac{ds}{dt} + L \quad (2)$$

Donde P es la lámina de precipitación en mm, E representa la cantidad de agua interceptada por la vegetación y evaporada directamente desde el dosel en mm, que para las zonas de páramo es relativamente baja (Tobón y Gil Morales, 2007) y según (Buytaert, Celleri, De Bièvre, Cisneros, Wyseure, Deckers y Hofstede, 2006) este término puede ser excluido en la ecuación. ETr es la evapotranspiración real (mm), Q representa el caudal de la cuenca en mm, L se refiere a la percolación profunda en mm y ds/dt que describe el cambio en el contenido de humedad del suelo en mm, y según Torres (2016) para Jatunsacha es igual o cercano a cero, afirmación corroborada por Buytaert, Celleri, De Bièvre, Cisneros, Wyseure, Deckers y Hofstede (2006) en un estudio realizado en una microcuenca de páramo al sur del Ecuador.

## 3 Resultados y discusión

### 3.1 Variabilidad temporal de la lluvia

La precipitación anual para la cuenca de estudio fue de 840,2 mm, siendo octubre el mes más lluvioso

con 145,8 mm y febrero el más seco con 17,5 mm. Los resultados en este estudio concuerdan con la información revisada en la bibliografía, refiriéndose a registros de precipitación que varían entre 700 mm y 3 000 mm para los páramos sudamericanos (Buytaert, Iñiguez y De Bièvre, 2007; Buytaert, Iñiguez, Celleri, De Bièvre, Wyseure y Deckers, 2006; Celleri *et al.*, 2007; Crespo *et al.*, 2011; Tobón y Morales, 2007).

El ciclo anual presentó una distribución bimodal (Figura 2) con cuatro períodos marcados: 1) dos temporadas lluviosas que iniciaron de marzo a mayo y una segunda concentrada en el mes de octubre; 2) dos períodos secos que se presentaron en los meses de diciembre, enero, julio y agosto; 3) la transición de seco a húmedo que comprende los meses de febrero y septiembre y 4) la transición de húmedo a seco que incluye los registros de junio y noviembre.

Varios autores (Villacís, 2008; Vuille, Bradley y Keimig, 2000) explican que el comportamiento de la precipitación a escala intra-anual en la cuenca en estudio está influenciada por masas de aire húmedo provenientes de la cuenca Amazónica, por el movimiento de la Zona de Convergencia Intertropical ZCIT, y por la influencia del Niño-Oscilación del Sur (ENSO) en sus dos fases (El Niño y La Niña). Adicionalmente, (Villacís, 2008) menciona en su investigación que los valores de precipitación de las cuencas localizadas al oeste del Antisana sufren una disminución debido al "efecto pantalla" del volcán, que actúa como una barrera natural para las masas de aire húmedo que se originan en la Amazonía.

### 3.2 Caracterización de los eventos de precipitación

Durante el período de estudio se registraron 819 eventos con cantidades de lluvia que varían de 0,1 mm a 8,9 mm, duraciones de 5 min a 452,75 min e intensidades entre 0,21 mm h<sup>-1</sup> a 3,6 mm h<sup>-1</sup>. El período lluvioso presentó el mayor número de eventos con 362 y el rango más amplio en la cantidad de lluvia; la transición de seco a húmedo registró el menor número de eventos (112) y rangos con baja longitud en las variables duración e intensidad. En el período seco se registraron 221 eventos con el rango más corto en cantidad de lluvia; por último la transición de húmedo a seco definido por los 124 eventos presenta el rango más alto en duración (Tabla 1).

**Tabla 1.** Características de los eventos de precipitación para los períodos seco, lluvioso, transición seco a húmedo y la transición húmedo a seco.

Período	Frecuencia de eventos	Cantidad (mm)*	Duración (min)*	Intensidad (mm h <sup>-1</sup> )*
Seco	221	0,1 – 6,5	5 – 332,5	0,2 – 2,76
Lluvioso	362	0,1 – 10,69	5 – 499,75	0,22 – 3,6
Transición Seco - Húmedo	112	0,1 – 8,9	5 – 323,6	0,32 – 3,4
Transición Húmedo – Seco	124	0,1 – 8,3	5 – 543,5	0,2 – 4,5
Período completo	819	0,1 – 8,9	5 – 452,75	0,21 – 3,6

\* Se utilizó el rango conformado por el percentil 2.5 y el percentil 97.5 como límites superior e inferior tomado de la función de distribución de probabilidades de cada variable.

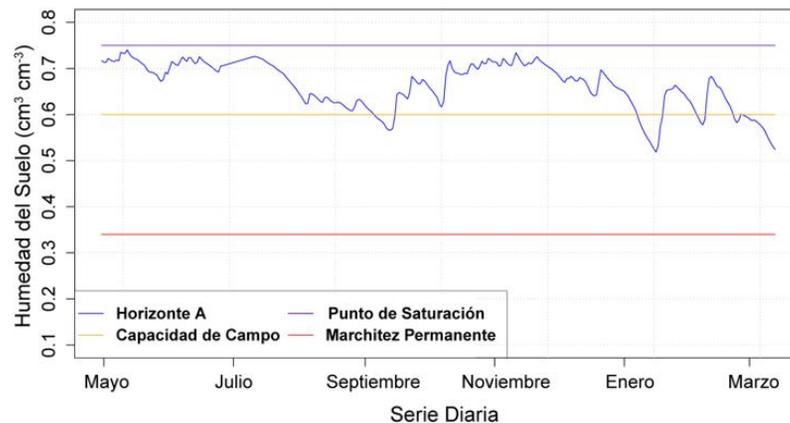
Analizando los períodos propuestos (Tabla 1) no se observa una tendencia estacional de la precipitación; estas afirmaciones concuerdan con lo expresado por (Celleri *et al.*, 2007), refiriéndose a que la lluvia en los páramos al sur del Ecuador no se concentra en la estación húmeda. Por otro lado, los resultados muestran un aumento en el número de eventos y en la variable cantidad para la época lluviosa, y aunque no se puede explicar con certeza el proceso tal vez pueda estar relacionado con la existencia de dos patrones de precipitación, diferentes en el año, que generan la bimodalidad sugerida por la entrada de aire húmedo provenientes de la cuenca Amazónica y de la región costera del pacífico (Villacís, 2008; Vuille, Bradley y Keimig, 2000).

Con base en los resultados y a la información bibliográfica revisada (Buytaert, Céleri, De Bièvre, Cisneros, Wyseure, Deckers y Hofstede, 2006; Celleri *et al.*, 2007; Tobón y Arroyave, 2007) la precipitación de la cuenca investigada se caracteriza por presentar 819 eventos de corta duración (5 minutos – 7,5 horas), bajo volumen (0,1 mm – 8,9 mm) y baja

intensidad (0,21 mm h<sup>-1</sup> – 3,6 mm h<sup>-1</sup>), típico de la distribución de las lluvias en los páramos neotropicales.

### 3.3 Variabilidad temporal de la humedad del suelo

La humedad del suelo en el horizonte A (Figura 3), a escala diaria para el periodo de estudio presenta dos temporadas de máximo contenido de humedad, el 12 de mayo del 2014 y el 11 de noviembre del 2014 con 0,74 cm<sup>3</sup> cm<sup>-3</sup> y 0,73 cm<sup>3</sup> cm<sup>-3</sup>, respectivamente; originando que la humedad esté próximo a punto de saturación (0,75 cm<sup>3</sup> cm<sup>-3</sup>). Su pico más bajo se registró el 16 de enero del 2015 con un valor de 0,51 cm<sup>3</sup> cm<sup>-3</sup>, lo que generó que la curva de humedad del suelo disminuya por debajo de la capacidad de campo (0,6 cm<sup>3</sup> cm<sup>-3</sup>); esta tendencia se presentó en cuatro periodos adicionales que corresponden al 13 de septiembre del 2014, 7 de febrero del 2015, 23 de febrero del 2015 y 13 de marzo del 2015.

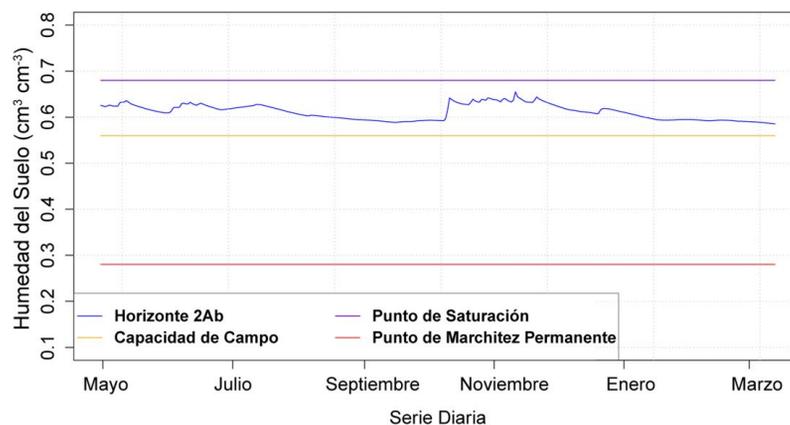


**Figura 3.** Dinámica diaria de la humedad del suelo en el horizonte superficial A.

La humedad del suelo en el horizonte superficial muestra un comportamiento muy dinámico inclusive mayor que el horizonte 2Ab, debido al impacto de las frecuentes lluvias, a la evapotranspiración y al alto contenido de raíces en los primeros centímetros de suelo que generan flujos preferenciales (Blume, Zehe y Bronstert, 2007; Buytaert, Celleri, Willems, De Bievre y Wyseure, 2006; Hofstede, 1995); de los 304 días monitoreados se observó que la mayor parte del periodo, 85% de datos diarios, los registros estuvieron sobre la capacidad de campo (Figura 3). De igual forma, si se considera la profundidad del horizonte A (21,3 cm), su potencial de almacenamiento sería de 108,6 mm a 156,5 mm. De acuerdo con estos resultados, el horizonte superficial presenta gran capacidad de retención de agua, caracterizado por una fuerte estructura, alta porosidad (72,4%), baja densidad aparente ( $0,64 \text{ Mg m}^{-3}$ ) y alto contenido de materia orgánica (11,9%) típico

de los Andisoles (Nanzzy, Shoji y Dahlgren, 1993; Buytaert, Iniguez y De Bievre, 2007).

La dinámica del horizonte 2Ab es más estable, con valores entre capacidad de campo ( $0,56 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ ) y punto de saturación ( $0,68 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ ) (Figura 4), con un pico máximo que se originó el 11 de noviembre del 2014 de  $0,65 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ . El punto más bajo de la curva de humedad del suelo diaria se presentó el 13 de marzo del 2015 con un registro de  $0,58 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ , dato superior al encontrado en el pico más bajo del horizonte superficial ( $0,51 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ ). El alto contenido de agua en el horizonte 2Ab se debe principalmente a la baja densidad aparente con  $0,70 \text{ Mg m}^{-3}$ , alta porosidad de 68,36% y alto contenido de materia orgánica con 5,8% (Nanzzy, Shoji y Dahlgren, 1993; Buytaert, Deckers y Wyseure, 2007); que permite una capacidad de almacenamiento entre 365,4 mm y 326,43 mm, al considerar una profundidad del horizonte 2Ab de 55,8 cm.



**Figura 4.** Dinámica diaria de la humedad del suelo en el horizonte 2Ab.

### 3.4 Evapotranspiración real a nivel de cuenca

La ETr anual calculada para la cuenca Jatunsacha fue de 237,66 mm, con un promedio diario de 0,65 mm día<sup>-1</sup> y con registros entre 0,28 mm día<sup>-1</sup> a 1,04 mm día<sup>-1</sup>, que corresponden a los límites inferior y superior de la distribución de probabilidades de los datos; su comportamiento fue estacionario para el período de análisis, mostrando valores extremos de 1,68 mm día<sup>-1</sup> en los primeros días de enero del 2014 y mínimos de 0,07 mm día<sup>-1</sup> en junio del 2014 (Figura 5).

Los valores relativamente bajos encontrados en

el parámetro evapotranspiración real (Figura 5) para la cuenca en estudio que forma parte de los páramos del Antisana concuerda con los reportes para los páramos de la región con variaciones entre 0,6 mm día<sup>-1</sup> a 2,2 mm día<sup>-1</sup> (Céleri y Feyen, 2009; Hofstede, 1995; Buytaert, Céleri, De Bièvre, Cisneros, Wyseure, Deckers y Hofstede, 2006; Favier *et al.*, 2008); y su comportamiento depende de las condiciones meteorológicas (Allen *et al.*, 1998), características morfofisiológicas de la vegetación (Cleef, 1981; Hofstede, 1995; Buytaert, Céleri, De Bièvre, Cisneros, Wyseure, Deckers y Hofstede, 2006) y al contenido de agua en el suelo (Figura 3 y Figura 4).

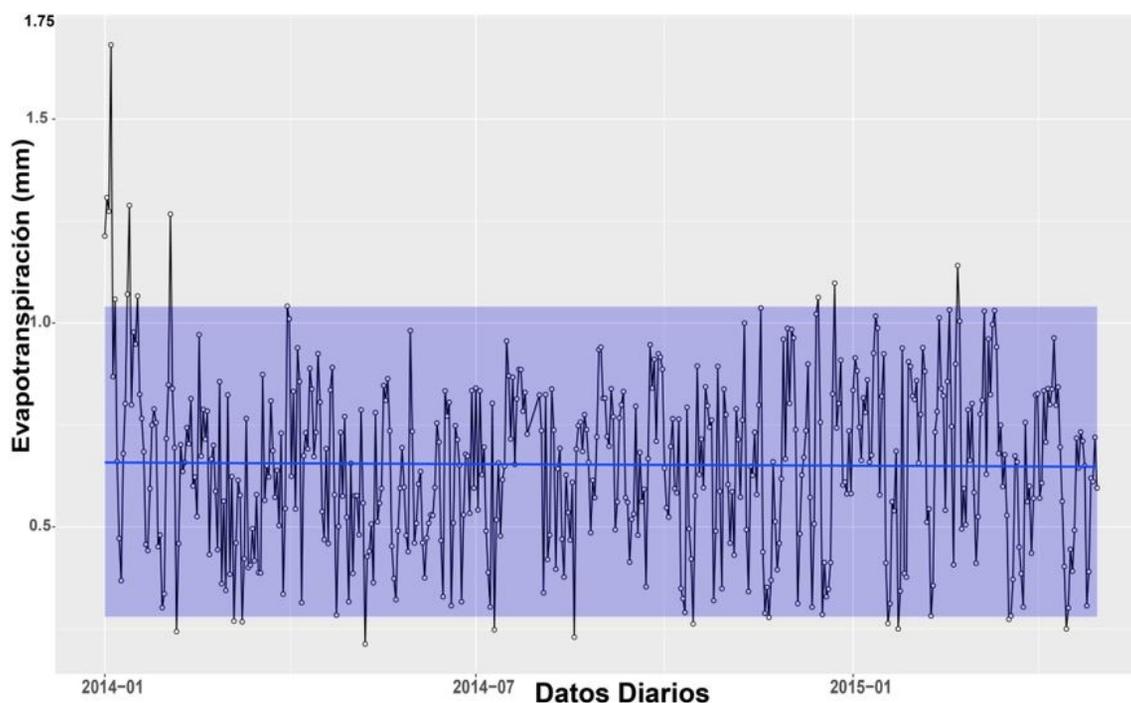
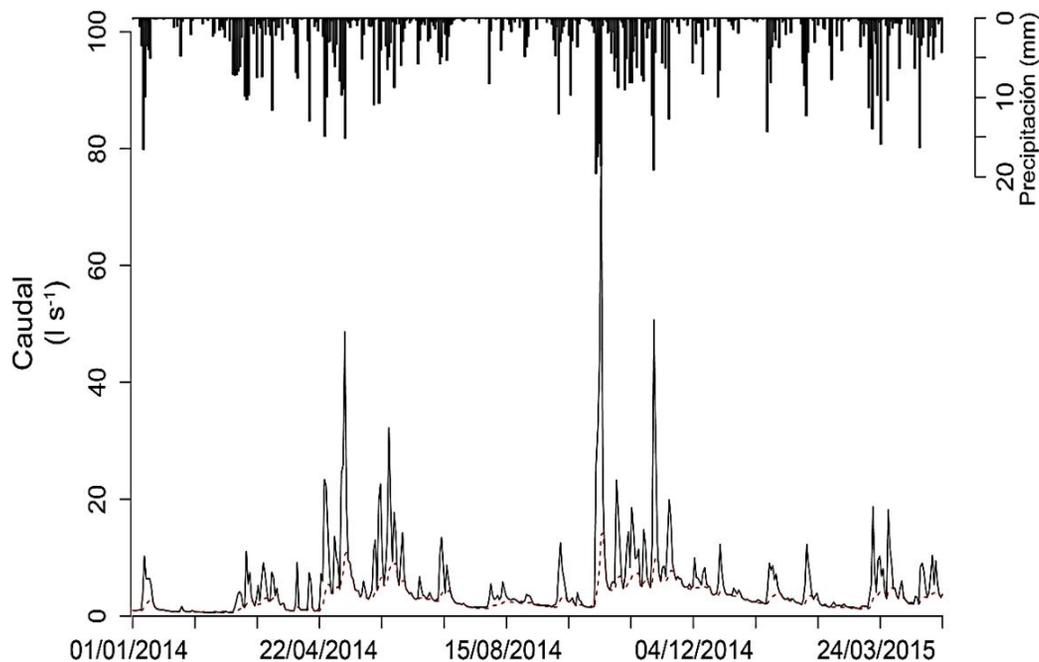


Figura 5. Comportamiento temporal de la evapotranspiración real.

### 3.5 Comportamiento temporal del caudal y sus componentes

Los resultados de la serie de tiempo de caudal muestran un valor anual de 89,20 mm, es decir un flujo promedio diario de 5,6 l s<sup>-1</sup>, conformado por dos componentes: los flujos base y escorrentía. La respuesta hidrológica en el páramo de Jatunsacha describe un comportamiento dinámico, con un pico máximo de 88,13 l s<sup>-1</sup> el 11 de octubre del 2014

y con un registro bajo de 0,39 l s<sup>-1</sup> el 21 de febrero del 2016 (Figura 6), que depende de la presencia de lluvias constantes (Tabla 1), alta capacidad de almacenamiento de agua de los suelos con registros (>80%) entre capacidad de campo y punto de saturación (Figura 3 y Figura 4), baja evapotranspiración (Figura 5) y alta capacidad de infiltración (Buytaert, 2004; Buytaert, Iñiguez, Celleri, De Bièvre, Wyseure y Deckers, 2006; Buytaert, Celleri, Willems, De Bièvre y Wyseure, 2006; Sarmiento, 2000).



**Figura 6.** Comportamiento temporal de los caudales base y de tormenta a escala de cuenca con cobertura de páramo.

Los caudales base, que en los ecosistema de montaña representa la capacidad de regulación hídrica, para la cuenca en estudio es relativamente alta (60%), con un valor promedio de  $3,4 \text{ l s}^{-1}$ ; permitiendo un flujo constante de agua especialmente en períodos de sequía (Hofstede *et al.*, 2003; Buytaert, Céleri, De Bièvre, Cisneros, Wyseure, Deckers y Hofstede, 2006; Buytaert, Celleri, Willems, De Bièvre y Wyseure, 2006). Por otro lado, los resultados de las series de tiempo de caudal presentan un registro promedio por escorrentía superficial de  $2,2 \text{ l s}^{-1}$ , que implica una contribución del 40% al flujo total y se genera por flujo superficial de saturación (Chow, 1996) que se produce cuando el contenido de agua subsuperficial satura el suelo desde capas inferiores, contribuyendo de manera signifi-

cativa a la precipitación efectiva; afirmación corroborada por investigaciones al sur de Ecuador (Buytaert, Iniguez y De Bièvre, 2007; Crespo *et al.*, 2011).

### 3.6 Balance hídrico

El balance hídrico anual en Jatunsacha presenta estimaciones por entrada de precipitación de 840,24 mm y flujos de salida por evapotranspiración de 237,66 mm (Tabla ??) y por caudal de 89,20 mm, lo que implica un coeficiente de escorrentía del 10,6%; siendo esta medida el rendimiento hídrico de la cuenca que para Jatunsacha fue relativamente bajo; dato similar al rango encontrado en la investigación de Ochoa-Tocachi *et al.* (2016) para cuencas de páramo ubicadas en los volcanes Antisana y Pichincha con cifras entre 8% y 13%.

**Tabla 2.** Balance hídrico anual en la cuenca Jatunsacha

Parámetros	Valores (mm)	Porcentaje de la precipitación (%)
Precipitación	840,24	
Caudal	89,20	10,6
Evapotranspiración real	237,66	28,3
Percolación profunda	513,38	61,1

Con la instrumentación de precisión instalada y con información de calidad procesada en cada uno de los parámetros del balance hídrico anual analizados, se cuantificó la pérdida de agua por percolación profunda para recarga de acuíferos, en base a la ecuación general, proyectando un registro de 513,38 mm que representa el 61,1% de la precipitación (Tabla ??), siendo el principal parámetro que genera flujo de salida del sistema, y aparentemente esto se genera por la geoestructuras porosa en la zona (Coltorti y Ollier, 2000).

## 4 Conclusiones y Recomendaciones

El comportamiento de los parámetros que integran la dinámica hidrológica en los páramo de la cuenca Jatunsacha están caracterizados por: a) una precipitación con tendencial anual no estacionaria que describen un comportamiento bimodal con eventos de lluvia frecuentes de baja intensidad y volumen; b) por un contenido de humedad en el suelo entre capacidad de campo y punto de saturación, relacionado con el alto contenido de materia orgánica, alta porosidad, y baja densidad aparente; c) por una evapotranspiración relativamente baja con una dinámica muy estacionaria, d) por un caudal constante conformado por un flujo base que aporta un 60% al caudal y por un flujo de escorrentía que implica una contribución del 40% al caudal. De igual forma, la zona en estudio presenta un e) coeficiente de escorrentía relativamente bajo y f) una percolación alta debido a la presencia de geoestructuras porosas.

## Agradecimientos

Los autores agradecen la colaboración del Fondo para la Protección del Agua FONAG y del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología del Ecuador INAMHI por la entrega de datos para el estudio.

## Referencias

Allen, R, L Pereira, Raes y M Smith. 1998. *Crop Evaporation: guidelines for computing crop water requirements*. Roma: FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Alvarado, C. 2009. "Caracterización Hidrogeológica de las Vertientes Occidentales del Volcán Antisana como parte de los Estudios de los Glaciares y Páramos frente al Cambio Climático." *Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador*.

Barberi, Franco, Mauro Coltelli, Giorgio Ferrara, Fabrizio Innocenti, José M Navarro y Roberto Santacrose. 1988. "Plio-quaternary volcanism in Ecuador." *Geological Magazine* 125(1):1-14.

Black, C. A. 1965. *Method of Soil Analysis*. Method of Soil Analysis, American Society of Agronomists.

Blume, T, E Zehe y A Bronstert. 2007. "Use of soil moisture dynamics and patterns for the investigation of runoff generation processes with emphasis on preferential flow." *Hydrology and Earth System Sciences Discussions* 4(4):2587-2624.

Bourdon, Erwan, Jean-philippe Eissen, Michel Monzier, Claude Robin, Hervé Martin, Joseph Cotten y Minard L Hall. 2002. "Adakite-like lavas from Antisana Volcano (Ecuador): evidence for slab melt metasomatism beneath Andean Northern Volcanic Zone." *Journal of Petrology* 43(2):199-217.

Buytaert, Wouter. 2004. The properties of the soils of the south Ecuadorian páramo and the impact of land use changes on their hydrology PhD thesis Katholieke Universiteit Leuven.

Buytaert, Wouter, Francisco Cuesta-Camacho y Conrado Tobón. 2011. "Potential impacts of climate change on the environmental services of humid tropical alpine regions." *Global Ecology and Biogeography* 20(1):19-33.

Buytaert, Wouter, J Sevink, B De Leeuw y Jozef Deckers. 2005. "Clay mineralogy of the soils in the south Ecuadorian páramo region." *Geoderma* 127(1-2):114-129.

Buytaert, Wouter, Jozef Deckers y Guido Wyseure. 2007. "Regional variability of volcanic ash soils in south Ecuador: The relation with parent material, climate and land use." *Catena* 70(2):143-154.

Buytaert, Wouter, Rolando Célleri, Bert De Bièvre, Felipe Cisneros, Guido Wyseure, Jozef Deckers y Robert Hofstede. 2006. "Human impact on the hydrology of the Andean páramos." *Earth-Science Reviews* 79(1-2):53-72.

- Buytaert, Wouter, Rolando Celleri, Patrick Willems, Bert De Bievre y Guido Wyseure. 2006. "Spatial and temporal rainfall variability in mountainous areas: A case study from the south Ecuadorian Andes." *Journal of hydrology* 329(3-4):413–421.
- Buytaert, Wouter, Vicente Iñiguez, Rolando Celleri, Bert De Bièvre, Guido Wyseure y J Deckers. 2006. Analysis of the water balance of small paramo catchments in south Ecuador. In *Environmental role of wetlands in headwaters*. Springer pp. 271–281.
- Buytaert, Wouter, Vicente Iniguez y Bert De Bievre. 2007. "The effects of afforestation and cultivation on water yield in the Andean páramo." *Forest ecology and management* 251(1-2):22–30.
- Celleri, Rolando, Patrick Willems, Wouter Buytaert y Jan Feyen. 2007. "Space–time rainfall variability in the Paute basin, Ecuadorian Andes." *Hydrological Processes: An International Journal* 21(24):3316–3327.
- Céleri, Rolando y Jan Feyen. 2009. "The hydrology of tropical Andean ecosystems: importance, knowledge status, and perspectives." *Mountain Research and Development* 29(4):350–355.
- Chapman, Tom. 1999. "A comparison of algorithms for stream flow recession and baseflow separation." *Hydrological Processes* 13(5):701–714.
- Chow, Ven Te. 1996. *Hidrología aplicada*. McGraw-Hill. Online: <https://goo.gl/sjGRkB>.
- Cleef, A.M. 1981. "The Vegetation of the Páramos of the Colombian Cordillera Oriental." *Mededelingen van het Botanisch Museum en Herbarium van de Rijksuniversiteit te Utrecht* pp. 1–320. Online: <https://goo.gl/RbfDF3>.
- Coltorti, M y CD Ollier. 2000. "Geomorphic and tectonic evolution of the Ecuadorian Andes." *Geomorphology* 32(1-2):1–19.
- Crespo, Patricio Javier, Jan Feyen, Wouter Buytaert, Amelie Búcker, Lutz Breuer, Hans-Georg Frede y Marco Ramírez. 2011. "Identifying controls of the rainfall–runoff response of small catchments in the tropical Andes (Ecuador)." *Journal of Hydrology* 407(1-4):164–174.
- Favier, Vincent, Anne Coudrain, Eric Cadier, Bernard Francou, Edgar Ayabaca, Luis Maisincho, Estelle Praderio, Marcos Villacis y Patrick Wagon. 2008. "Evidence of groundwater flow on Antizana ice-covered volcano, Ecuador/Mise en évidence d'écoulements souterrains sur le volcan englacé Antizana, Equateur." *Hydrological Sciences Journal* 53(1):278–291.
- Grossman, R., Reinsch. T. 2002. *Bulk density and linear extensibility*. Methods of soil analysis. Part 4. Book Series No. 5. Soil Science Society of America, Inc. Madison, WI. chapter 2.1, pp. 201–228.
- Guarderas, R. 2015. Calibración de los Sensores de Humedad TDR CS625. Technical report FONAG – EPN Quito, Pichincha, Ecuador: .
- Guzmán, Pablo, Okke Batelaan, Marijke Huysmans y Guido Wyseure. 2015. "Comparative analysis of baseflow characteristics of two Andean catchments, Ecuador." *Hydrological Processes* 29(14):3051–3064.
- Harden, Carol P., James Hartsig, Kathleen A. Farley, Jaehoon Lee y Leah L. Bremer. 2013. "Effects of Land-Use Change on Water in Andean Páramo Grassland Soils." *Annals of the Association of American Geographers* 103(2):375–384. Online: <https://doi.org/10.1080/00045608.2013.754655>.
- Hofstede, Robert G. M. 1995. "The effects of grazing and burning on soil and plant nutrient concentrations in Colombian páramo grasslands." *Plant and Soil* 173(1):111–132. Online: <https://doi.org/10.1007/BF00155524>
- Hofstede, Robert, Pool Segarra, Vásconez Mena et al. 2003. *The páramos of the world*. Global Peatland Initiative/NC-IUCN/EcoCiencia.
- Holwerda, F., R. Burkard, W. Eugster, F. N. Scatena, A. G. C. A. Meesters y L. A. Bruijnzeel. 2006. "Estimating fog deposition at a Puerto Rican elfin cloud forest site: comparison of the water budget and eddy covariance methods." *Hydrological Processes* 20(13):2669–2692. Online: <https://doi.org/10.1002/hyp.6065>.
- Jones, Scott B., Jon M. Wraith y Dani Or. 2002. "Time domain reflectometry measurement principles and applications." *Hydrological Processes* 16(1):141–153. Online: <https://goo.gl/qA2tY3>.
- Kindsvater, Carl E. y Rolland W. Carter. 1957. "Discharge characteristics of rectangular thin-plate

- weirs." *Journal of the Hydraulics Division* 83(6):1-36.
- Klute, A. 1986a. *Methods of Soil Analysis*. p. 1187.
- Klute, A. y C. Dirksen. 1996. *Hydraulic conductivity and diffusivity: Laboratory methods*. Methods of Soil Analysis. Part I: Physical and mineralogical properties. 2nd ed. Agronomy, vol. 9, American Society of Agronomy and Soil Science of America, Madison, pp. 687-732.
- Klute, Arnold. 1986b. "Water retention: laboratory methods." *Methods of soil analysis: part 1 physical and mineralogical methods (methodsofsoilan1)*:635-662.
- Lavenu, A., C. Noblet, M.G. Bonhomme, A. Egüez, F. Dugas y G. Vivier. 1992. "New Ki-Ar age dates of Neogene and Quaternary volcanic rocks from the Ecuadorian Andes: Implications for the relationship between sedimentation, volcanism, and tectonics." *Journal of South American Earth Sciences* 5(3):309-320. Online: [https://doi.org/10.1016/0895-9811\(92\)90028-W](https://doi.org/10.1016/0895-9811(92)90028-W).
- Luteyn, James L, SP Churchill, D Griffin III, SR Gradstein, HJM Sipman y A Gavilanes. 1999. "A checklist of plant diversity, geographical distribution, and botanical literature." *New York Bot Gard* 84:1-278.
- Nanzyo, M., S. Shoji y R. Dahlgren. 1993. Chapter 7 Physical Characteristics of Volcanic Ash Soils. In *Volcanic Ash Soils*, ed. Sadao Shoji, Masami Nanzyo y Randy Dahlgren. Vol. 21 of *Developments in Soil Science* Elsevier pp. 189-207. Online: [https://doi.org/10.1016/S0166-2481\(08\)70268-X](https://doi.org/10.1016/S0166-2481(08)70268-X).
- Nystuen, Jeffrey A. 1999. "Relative Performance of Automatic Rain Gauges under Different Rainfall Conditions." *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology* 16(8):1025-1043. Online: [https://doi.org/10.1175/1520-0426\(1999\)016<1025:RPOARG>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0426(1999)016<1025:RPOARG>2.0.CO;2).
- Ochoa-Tocachi, Boris F, Wouter Buytaert, Bert De Bievre, Rolando Célleri, Patricio Crespo, Marcos Villacís, Carlos A. Llerena, Luis Acosta, Mauricio Villazón, Mario Guallpa, Junior Gil-Ríos, Paola Fuentes, Dimas Olaya, Paúl Viñas, Gerver Rojas y Sandro Arias. 2016. "Impacts of land use on the hydrological response of tropical Andean catchments." *Hydrological Processes* 30(22):4074-4089. Online: <https://goo.gl/8EZ1em>.
- Sarmiento, L. 2000. "Water Balance and Soil Loss Under Long Fallow Agriculture in the Venezuelan Andes." *Mountain Research and Development* 20(3):2246-2253. Online: <https://goo.gl/vtctem>.
- Sklenár, Petr y Henrik Balslev. 2005. "Superp"aramo plant species diversity and phytogeography in Ecuador." *Flora - Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants* 200(5):416-433. Online: <https://doi.org/10.1016/j.flora.2004.12.006>.
- Sotelo Avila, Gilberto. 1974. *Hidráulica General: Fundamentos*. Vol. 1 Limusa.
- Tobón, C y E. G. Gil Morales. 2007. "Capacidad de interceptación de la niebla por la vegetación de los páramos andinos." *Avances en Recursos Hidráulicos* 15(35-46).
- Tobón, C y F Arroyave. 2007. Inputs by fog and horizontal precipitation to the páramo ecosystems and their contribution to the water balance. In *Proceedings Fourth International Conference on Frog Collection and Dew*. pp. 233-236.
- Tobón, Conrado y Eydith Girleza Gil Morales. 2007. "Capacidad de interceptación de la niebla por la vegetación de los páramos andinos." *Avances en recursos Hidráulicos* (15).
- Tokay, Ali, David B. Wolff, Katherine R. Wolff y Paul Bashor. 2003. "Rain Gauge and Disdrometer Measurements during the Keys Area Microphysics Project (KAMP)." *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology* 20(11):1460-1477. Online: [https://doi.org/10.1175/1520-0426\(2003\)020<1460:RGADMD>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0426(2003)020<1460:RGADMD>2.0.CO;2).
- Torres, S. 2016. Parámetros de Control de la Dinámica Hidrológica del Páramo de Antisana-Ecuador. Master's thesis Tesis de Maestría de Bosques y Conservación Ambiental. Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín.
- Villacís, M. 2008. Discipline : Météorologie, océanographie physique et physique de l'environnement PhD thesis Ecole Doctorale : Systemes Integres en Biologie, Agronomie, Geosciences, Hydrosciences, Environnement. Universite Montpellier II. Online: <https://goo.gl/wP4DFb>.

Vuille, Mathias, Raymond S. Bradley y Frank Keimig. 2000. "Climate Variability in the Andes of Ecuador and Its Relation to Tropical Pacific and Atlantic Sea Surface Temperature Anomalies."

*Journal of Climate* 13(14):2520–2535. Online: [https://doi.org/10.1175/1520-0442\(2000\)013<2520:CVITAO>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0442(2000)013<2520:CVITAO>2.0.CO;2).



# RESILIENCIA DE LA COMUNIDAD FITOPLANCTÓNICA EN LA LAGUNA ANDINA DE PAPALLACTA Y SUS AFLUENTES, OCHO AÑOS DESPUÉS DE UN DERRAME PETROLERO

## RESILIENCE OF PHYTOPLANKTON COMMUNITY IN THE ANDEAN PAPALLACTA LAGOON AND ITS TRIBUTARIES, EIGHT YEARS AFTER AN OIL SPILL

Marcos Molina-Santos<sup>1</sup>, Esteban Terneus-Jácome<sup>1</sup>, Patricio Yáñez-Moretta<sup>2</sup>,  
Mario Cueva-Sánchez<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Escuela de Biología Aplicada, Universidad Internacional del Ecuador, Av. Simón Bolívar y Jorge Fernández s/n, Quito, Ecuador.

<sup>2</sup> Escuela de Gestión Turística y Medio Ambiente, Universidad Internacional del Ecuador, Av. Simón Bolívar y Jorge Fernández s/n, Quito, Ecuador.

\*Autor para correspondencia: [apyanez@hotmail.com](mailto:apyanez@hotmail.com)

Artículo recibido el 14 de mayo de 2018. Aceptado, tras revisión, el 20 de agosto de 2018. Publicado el 1 de septiembre de 2018.

### Resumen

En abril de 2003 se produjo un derrame de crudo en la zona de Papallacta (región andina norte de Ecuador), luego del desastre se realizaron labores de biorremediación tanto en la laguna como en sus afluentes. El presente trabajo abordó la comunidad fitoplanctónica como bioindicadora de la calidad actual del cuerpo de agua, considerando 28 sitios en ríos afluentes y en la laguna, tanto en época seca, como en la de transición y lluviosa, desde diciembre 2010 hasta julio 2011. Se identificaron y contabilizaron los géneros de fitoplancton encontrados en cada sitio, abordando paralelamente la historia natural de cada grupo de algas. Los géneros pertenecieron a tres grupos: diatomeas, cianobacterias y algas verdes; el primero es el grupo con mayor distribución y con los valores de riqueza y abundancia más altos. Las correlaciones entre géneros y variables abióticas presentaron diferencias relacionadas con la estacionalidad. Sin embargo, se observó la constante presencia de géneros indicadores de alta carga orgánica como *Synedra* y *Oscillatoria*. Se aporta también información acerca de los géneros que ahora predominan tanto en la laguna como en sus afluentes, y las características que influyen en su distribución y que permiten determinar el estado de salud ecológica de la Laguna de Papallacta, que ahora se la puede catalogar como mesotrófica. La presencia actual de crudo del derrame se concentra en puntos específicos en el fondo de la laguna, permitiendo que la productividad primaria en la zona fótica se desarrolle con normalidad.

**Palabras claves:** limnología, lagunas andinas, derrame petrolero, fitoplancton, bioindicador, calidad del agua.

---

**Abstract**

In April 2003, there was an oil spill in the Papallacta zone (Ecuador: northern Andes), after the disaster bioremediation work was carried out in the lagoon and in its tributaries. We analyze the phytoplankton community as bioindicator of the current quality of the water body, considering 28 places in tributaries and in the lagoon, both in the dry season, transitional and rainy season, from December 2010 to July 2011, we identified and counted the genera of phytoplankton found in each sampling point, also considering the natural history of each group of algae. Diatoms, cyanobacteria and green algae were the major groups, the first of them was the most widely distributed with higher values in richness and abundance. The correlations between genera and abiotic variables showed differences related to seasonality. However, there was the constant presence of certain genera as *Synedra* and *Oscillatoria*, high organic load indicators. This research also provides information about the genera that now dominate both in the lagoon and its tributaries and the characteristics that influence their distribution and allow to determine the ecological health of Laguna de Papallacta, now it can be classified as mesotrophic. The presence of oil is restricted on specific points on the bottom of the lagoon, allowing that primary productivity in the photic zone develops normally.

**Keywords:** limnology, Andean lagoons, oil spill, phytoplankton, bioindicator, water quality.

---

Forma sugerida de citar: Molina-Santos, M., Terneus-Jácome, E., Yáñez-Moreta, P. y Cueva-Sánchez, M. 2018. Resiliencia de la comunidad fitoplanctónica en la laguna andina de Papallacta y sus afluentes, ocho años después de un derrame petrolero. *La Granja: Revista de Ciencias de la Vida*. Vol. 28(2):67-83. <http://doi.org/10.17163/lgr.n28.2018.05>.

---

## 1 Introducción

El número de especies de fitoplancton en el mundo es aún desconocido, en el océano se estiman unas 5000, número que puede ser mayor en ecosistemas acuáticos continentales como lagunas, ya que no forman un solo cuerpo de agua (Molina Santos, 2013), siendo más bien sistemas (río-laguna) relativamente aislados uno del otro, a diferencia del océano que es un ambiente con un área mayor pero con características relativamente similares. Es así como lagunas y ríos suelen estar influenciados por cambios estacionales y variables abióticas inconstantes, que pueden ser determinantes para la diversidad del fitoplancton (O'Sullivan y Reynolds, 2004; Escobar, Terneus y Yáñez, 2013).

La calidad y cantidad del fitoplancton en un cuerpo de agua permiten inferir atributos del estado del hábitat, tales como el balance de nutrientes, disponibilidad de alimentos para heterótrofos menores, calidad de la luz, movimientos del agua, entre otras. Estas características hacen que el estudio de sus poblaciones sea fundamental para comprender el estado de un sistema hídrico (O'Sullivan y Reynolds, 2004).

Varios factores causan estrés sobre el fitoplancton y sus comunidades, entre ellos la radiación ultravioleta, acidificación, eutrofización y el calentamiento global, los cuales pueden actuar modificando la estructura y dinámica de tales comunidades (Delgado-Molina *et al.*, 2009; Belinger y Sigee, 2010).

### 1.1 El fitoplancton como bioindicador

El fitoplancton suele presentar cierta tolerancia a la contaminación orgánica y permite conocer los cambios que se presentan en cuerpos de agua en los que ha ocurrido contaminación (Arce *et al.*, 2006), este evento incluso puede ayudar en la determinación

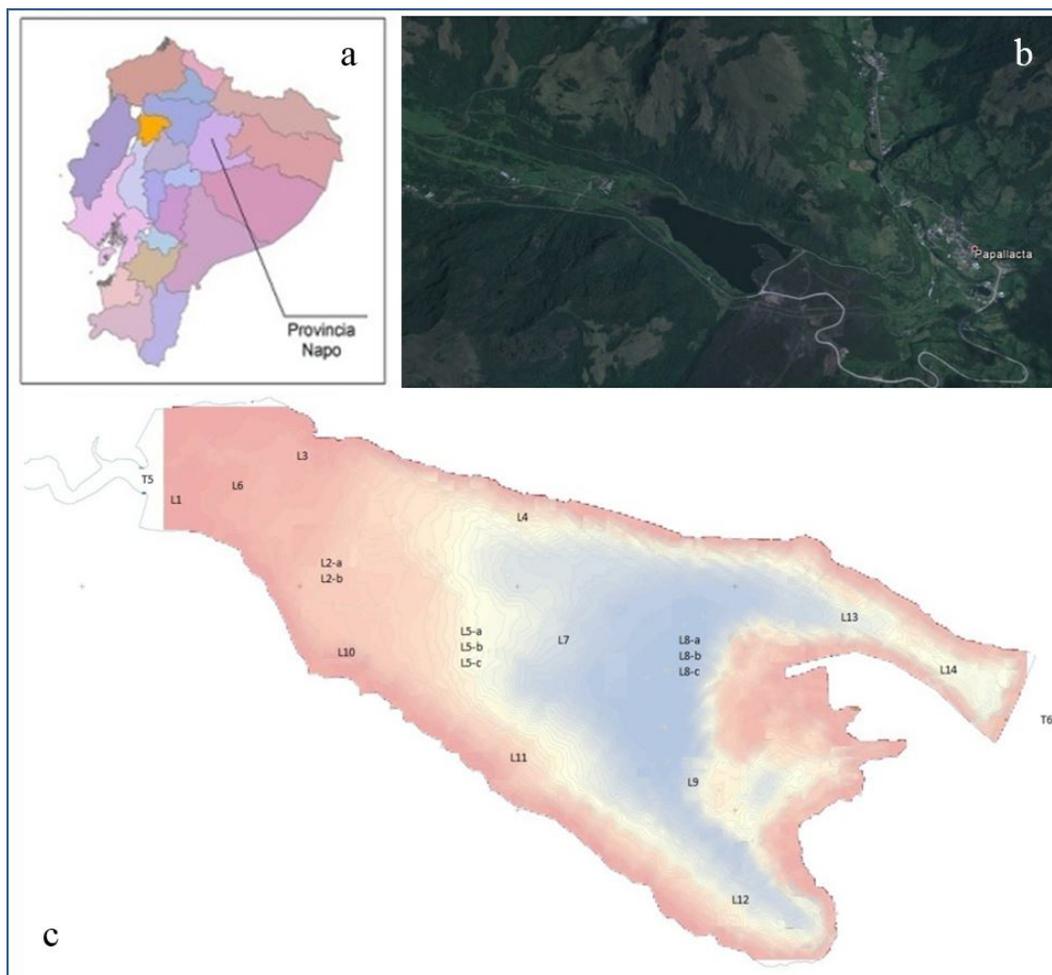
de especies capaces de degradar materia orgánica o depurar el ambiente a través de la fotosíntesis, la cual agrega oxígeno disuelto al sistema, útil para otros organismos y para la oxidación de dicha materia (Arce *et al.*, 2006; Suthers y Rissik, 2009; Terneus, 2018).

Por otra parte, el fitoplancton suele ser el primer grupo afectado por metales pesados, esto desencadena un problema no solamente para él sino también para los grupos superiores debido a que al absorber los metales a nivel celular, desencadena una biomagnificación en los herbívoros de primer orden que lo consumen y luego en los carnívoros que consumen a éstos y así sucesivamente (Bahnasawy, Khidr y Dheina, 2011; González-Dávila, 1995).

El nivel de afectación que puede mostrar el fitoplancton depende de factores como concentración de oxígeno, temperatura, pH y salinidad del agua, ya que de ella obtiene sus nutrientes; por lo que el agua puede ser considerada la principal fuente de contaminación del fitoplancton (Bahnasawy, Khidr y Dheina, 2011).

### 1.2 El derrame de petróleo en Papallacta y los objetivos de la presente investigación

A las 4h00 del 8 de abril de 2003 se produjo un derrame de crudo en la zona altoandina de Papallacta, generado por una ruptura de la tubería del Sistema del Oleoducto Transecuatoriano (SOTE), manejado por Petroecuador; tal evento provocó una afectación sobre los cauces de los ríos Cachalarca, Tambo y Sucus (PetroEcuador, 2006), así como en la Laguna de Papallacta (Figura 1). El sitio del derrame fue en el sector conocido como El Guango a 3 631 msnm (Armisen, Cruz y Larrosa, 2005), coordenadas UTM N 9 959 586 y E 812 820 (WGS84), cerca al Río Sucus.



**Figura 1.** Situación geográfica de la Laguna de Papallacta y los sitios de muestreo: a. Napo, provincia andino-amazónica, en relación al Ecuador continental; b. Imagen satelital de la laguna (Google Earth, enero 2013); c. Ubicación de puntos de muestreo en diferentes zonas de la laguna.

Se derramaron 22 000 barriles; una parte de este petróleo se disolvió en el agua, produciéndose un flujo continuo por los Ríos Tambo y Sucus hacia la laguna. En principio se pudo ver una capa de petróleo de entre 0,1 y 70,0 cm de espesor en una superficie aproximada de 6,5 hectáreas de la laguna; luego por procesos naturales, el crudo se precipitó al fondo (Pino *et al.*, 2005). Se pudo observar que cerca al sitio del derrame el suelo estaba cubierto con una capa de petróleo de seis centímetros de espesor, afectando no solamente el agua sino también la flora y la fauna del lugar (Armisen, Cruz y Larrosa, 2005; Molina Santos, 2013; PetroEcuador, 2006).

Petroecuador puso en marcha el plan de contingencias para detener los efectos sobre el ecosistema; luego de la evaluación correspondiente, se empezó

con el programa de biorremediación, consistente en el desarrollo de trabajos en el sitio de la rotura, las riberas de los ríos Sucus y Tambo, agua y suelo contaminados al borde y en la misma laguna, todo como parte del proceso de restauración de los ecosistemas afectados (PetroEcuador, 2006; Molina Santos, 2013).

Dentro de este contexto, se planteó la presente investigación buscando:

- Determinar la composición de la comunidad de fitoplancton en los ecosistemas acuáticos en la zona afectada por el derrame petrolero.
- Categorizar los grupos de fitoplancton en función de sus características de bioindicación.

- Evaluar el estado actual de salud ecológica de la Laguna de Papallacta, considerando la comunidad fitoplanctónica como bioindicador.

## 2 Materiales y métodos

### 2.1 Área de estudio

La Laguna de Papallacta (Figura 1) y sus afluentes, los ríos Tambo y Sucus, se encuentran en la provincia de Napo, en un valle glaciar a 70 km al este de la ciudad de Quito, en el extremo suroccidental del Parque Nacional Cayambe-Coca, a una altitud aproximada de 3 350 msnm.

Las temperaturas medias locales oscilan entre 6 °C a 8 °C; la precipitación media anual entre 1 250 a 1 400 mm/año (PRAA, 2007).

Los sitios de recolección de las muestras fueron ubicados en varias zonas, desde poco antes del sitio del derrame (UTM E 812 856, N 9 959 639) hasta un punto en el efluente de la laguna (UTM E 816 860, N 9 958 048). Se establecieron 28 puntos de muestro (19 en laguna y 9 en río), las muestras se tomaron considerando las condiciones físicas del ecosistema; por esto se usaron dos métodos diferentes de acuerdo al sitio. En la laguna se colectó desde un bote, mientras que las muestras de río se colectaron directamente del sustrato. Los puntos de laguna se identifican con la letra L y los puntos de río con la letra T (Figura 1).

Los puntos de muestro en la laguna se establecieron con base en un análisis batimétrico previo, de esta manera se determinaron las profundidades de cada punto y su topografía con mejor precisión, lo que ayudó a identificar los sitios donde puede acumularse el crudo hacia el fondo.

El sector de Papallacta posee características de páramo herbáceo, siendo dominantes en el paisaje los pajonales de *Calamagrostis* sp. y *Stipa* sp., así como el musgo; eventualmente se desarrollan árboles y arbustos de crecimiento irregular de los géneros *Oreopanax*, *Gynoxys*, *Axinaea*, *Brachyotum*, *Hypericum*, *Buddleja*, *Polylepis* (Yáñez, 2014).

La diversidad de peces es baja en los páramos de la zona de estudio, se destacan las truchas (*Oncorhynchus mykiss*) (Molina Santos, 2013) como elementos introducidos y utilizadas para alimento y con fines comerciales.

### 2.2 Métodos

Los muestreos se llevaron a cabo en períodos correspondientes a tres épocas del año: seca (diciembre 2010), transición (marzo 2011) y lluviosa (julio 2011). El análisis estacional suele ser muy importante, ya que los cambios influyen en los patrones de vida de los organismos fitoplanctónicos cuando cambia la temperatura del agua y su movimiento, disponibilidad de luz, principalmente (Marshall, 1965).

En la laguna se realizó un muestro aleatorio estratificado con una Botella Van Dorn, la cual desciende verticalmente hasta la profundidad deseada. La botella recogió dos litros de agua a la vez, que luego fueron filtrados a través de una red de fitoplancton de 30 micras con un cubilete enroscado al extremo, este proceso permitió recoger la mayor cantidad de plancton, facilitando el análisis posterior en laboratorio. Para cada sitio se tomaron tres submuestras entre 1,0 a 1,5 m de profundidad. Los especímenes fueron preservados en formalina al 4% y almacenados en envases de color ámbar.

En los ríos se utilizó una red Surber con ojo de 85 micras, debido a que el fitoplancton se presenta de otra manera en este ecosistema, ya que suele estar pegado a las rocas o plantas de ribera en forma de perifiton y epilíton; la profundidad del río no sobrepasó los 0,8 m (profundidad más alta en época lluviosa), de esta manera se tomaron muestras hasta a 0,2 m de profundidad. La red utilizada consiste de dos marcos cada uno de 30 cm x 30 cm, unidos por abrazaderas, un marco se coloca sobre la superficie a muestrear y una red de 60 cm unida al segundo marco permite recoger la muestra (Alberta Environment, 2006). Con esta herramienta se recogió el perifiton pegado a las piedras principalmente y en ciertos casos también en las orillas.

Tanto en río como en laguna se tomaron datos in situ, con un medidor de oxígeno y un multiparámetros digital: pH, conductividad, sólidos suspendidos, oxígeno disuelto, temperatura del agua, profundidad total del punto y profundidad del disco Secchi. Adicionalmente, se enviaron muestras de cada sitio a un laboratorio para análisis de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), Demanda Química de Oxígeno (DQO), cromo, bario, plomo, vanadio, fenoles, nitrógeno global, sólidos disueltos, turbidez e Hidrocarburos Totales de Petróleo (TPH).

### 2.3 Análisis de muestras en laboratorio

Se utilizaron dos técnicas, la primera consistió en utilizar embudos de separación de 250 ml y 500 ml, en los que se dejó la muestra en decantación entre 24 y 72 horas para separar el fitoplancton de los sólidos en suspensión, luego se dejó caer solamente el sedimento separado, el cual se mantuvo en tubos de ensayo; esta técnica es viable cuando se trata de muestras de río porque tienen mayor carga de sedimento que debe ser decantado. La segunda técnica fue la centrifugación, que se utilizó cuando existían bajas concentraciones de fitoplancton, para esto se tomaron 200 ml de muestra homogenizada y se centrifugó a baja velocidad durante 20 minutos, de esta manera se pueden procesar más muestras en menor tiempo.

La identificación de fitoplancton se realizó en el Laboratorio de la Universidad Internacional del Ecuador. Para el conteo e identificación se utilizaron microscopios Olympus CX21FS1. Cada muestra observada tuvo el mismo volumen, para esto se colocaron tres gotas de 100 µl de cada muestra en una placa cóncava con varias hendiduras, esto permite realizar un conteo relativamente rápido. Cada gota fue analizada minuciosamente, para esto la gota se dividió en nueve partes con una cuadrícula, así se obtuvo el número real de géneros e individuos por gota. El resultado final del conteo fue expresado en número de colonias por mililitro (NCM).

Para la identificación taxonómica se utilizaron las claves de (Belinger y Sigee, 2010; Canter-Lund, 2012; California Academy of Sciences, 2012; Fourtannier y Kociolek, 2009).

### 2.4 Análisis de información

Los sitios de muestreo, en función de sus características abióticas, fueron sometidos a un análisis de similitud (Cluster Analysis) (Hill, Lewicki y Lewicki,

2006), basado en distancias euclidianas entre sitios de acuerdo a lo recomendado por (Yáñez, 2005).

Para el análisis de la biota fitoplanctónica se aplicó el Índice de tolerancia a contaminación orgánica de Palmer, en el que se proponen 20 géneros como los más tolerantes a este tipo de contaminación y se les asigna un valor de tolerancia. Para caracterizar a un sitio los índices individuales se suman y, de acuerdo al valor total obtenido, se determina qué tanta carga orgánica hay en el sitio. Palmer determinó que un valor de Índice por sitio superior a 20 indica una alta carga orgánica, un resultado entre 15 y 19 indica una evidencia probable de alta contaminación orgánica y valores inferiores pueden indicar poca carga orgánica, muestra no representativa o que ciertos factores particulares están influyendo sobre la presencia de fitoplancton (Hern *et al.*, 1979).

Para comparar los sitios en función de su composición fitoplanctónica, se utilizó el Índice de similitud de Steinhaus (Bray-Curtis), recomendado por (Goslee, Urban *et al.*, 2007; Yoshioka, 2008), con el cual a su vez se crearon los Cladogramas respectivos.

Finalmente, se realizó un Análisis Canónico de Correspondencias para identificar la relación entre las variables abióticas con respecto a la composición de la comunidad biológica de interés en los sitios (Ter Braak y Verdonschot, 1995). Para este análisis se tomaron en cuenta solo los géneros con mayor abundancia.

## 3 Resultados y discusión

### 3.1 Grupos de fitoplancton registrados

Se encontraron tres grandes grupos de fitoplancton (en la Laguna de Papallacta y tributarios Tambo y Sucus): Diatomeas (Bacillariophyta), algas verdeazules o cianobacterias (Cyanophyta) y algas verdes (Chlorophyta), distribuidos en 21 géneros (Tabla 1).

**Tabla 1.** Géneros de microalgas registrados en Papallacta en afluentes y laguna (se muestran las abundancias totales estimadas por época de muestreo y la abundancia total en número de colonias por mililitro = NCM)

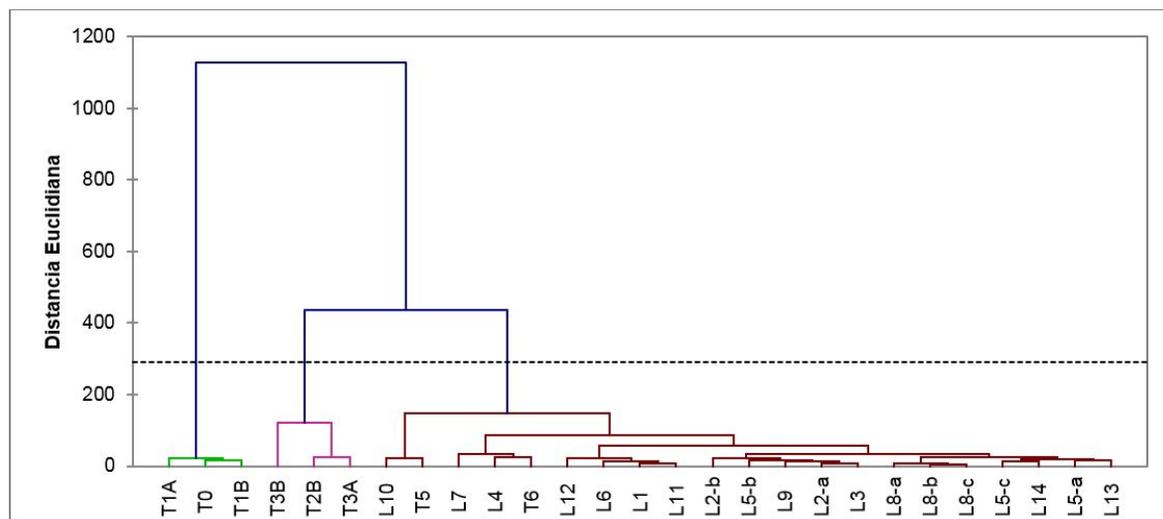
Grupo	Clasificación	No.	Género	Época seca	Época de transición	Época de lluvia	NCM Total
Diatomeas	Centrales	1	<i>Cyclotella</i>	3000	9000	0	12000
		2	<i>Melosira</i>	5415000	1508000	194000	7117000
		3	<i>Campylodiscus</i>	72000	0	0	72000
		4	<i>Cymbella</i>	625000	374000	183000	1182000
	Penales	5	<i>Diploneis</i>	13000	12000	3000	28000
		6	<i>Frustulia</i>	1000	3000	0	4000
		7	<i>Hantzschia</i>	2742000	663000	289000	3694000
		8	<i>Navicula</i>	6092000	4121000	551000	10764000
		9	<i>Neidium</i>	5000	1000	6000	12000
		10	<i>Nitzschia</i>	8964500	1662000	353000	10979500
		11	<i>Pinnularia</i>	57000	0	0	57000
		12	<i>Rhopalodia</i>	49000	23000	0	72000
		13	<i>Surirella</i>	12000	2000	2000	16000
		14	<i>Synedra</i>	4215500	1255000	455000	5925500
Cianobacterias	Cyanophyta	15	<i>Microcystis</i>	158000	16000	0	174000
		16	<i>Oscillatoria</i>	268000	138000	451000	857000
		17	<i>Spirulina</i>	0	0	3000	3000
Algas verdes	Chlorophyta	18	<i>Ankistrodesmus</i>	1000	41000	9000	51000
		19	<i>Mougeotia</i>	95000	38000	0	133000
		20	<i>Rhizoclonium</i>	9000	4000	92000	105000
		21	<i>Spirogyra</i>	2000	0	0	2000

### 3.2 Análisis de clasificación de los sitios en función de sus características abióticas

Durante la época seca se pudo distinguir tres tipos de sitios (Figura 2), signados con la letra L para los de laguna y T para los de Río; el más grande conformado por 21 sitios (L10 a L13), entre los que se encuentra T5 correspondiente a la desembocadura del río y T6 al punto de salida del efluente de la Laguna. Estos 21 sitios tienen mayor similitud debido

a que los valores de conductividad, sólidos suspendidos y oxígeno disuelto son similares.

Otro grupo está conformado por tres puntos de río (T1A, T0 y T1B), con valores similares de conductividad, temperatura, oxígeno disuelto y sólidos suspendidos. El último grupo se conforma también por tres puntos de río (T3B, T2B y T3A), con valores de turbidez, conductividad, profundidad y pH similares.

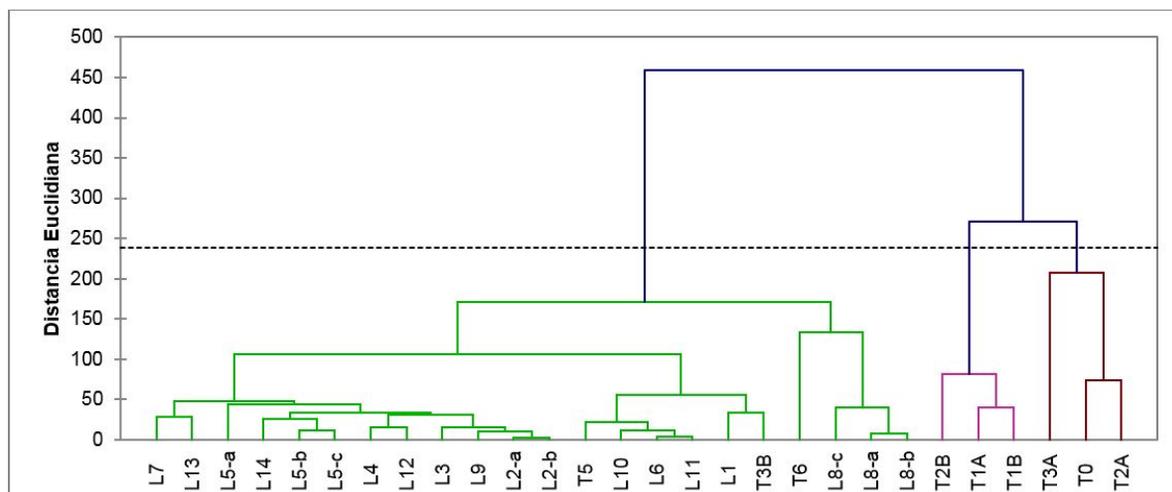


**Figura 2.** Cladograma de los sitios muestreados en época seca, en función de sus datos abióticos (método aglomerativo, enlace completo, basado en distancias euclidianas).

Para la época de lluvia (Figura 3), la mayoría de los puntos se encuentran en el grupo de L7 a L8-b, correspondientes a 19 sitios en laguna, uno en río (T3B) e igualmente a la salida (T6) y entrada a la laguna (T5), los valores de las variables temperatura, conductividad, oxígeno disuelto y sólidos suspen-

didos son bastante similares entre ellos.

El grupo conformado por T2B, T1A y T1B presenta valores similares de DBO, DQO, pH y profundidad. El último grupo (T3A, T0 y T2A) tiene valores similares de oxígeno disuelto, pH y sólidos suspendidos.



**Figura 3.** Cladograma de los sitios muestreados en época lluviosa; en función de sus datos abióticos (método aglomerativo, enlace completo, basado en distancias euclidianas).

### 3.3 La biota fitoplanctónica y el Índice de Palmer

El resultado de este Índice (IP) fue de = 17 (Tabla 2); esto es un indicio de carga orgánica media (valores

de 15-19 muestran evidencia indirecta de probable contaminación orgánica, según (Taylor *et al.*, 1979). Los géneros presentes en laguna y río en su mayoría son los mismos en las tres épocas de muestreo.

**Tabla 2.** Índice de Palmer para el fitoplancton registrado, con datos acumulados de las tres épocas de muestreo

Géneros en Papallacta	Valor del Índice (Laguna+Río)	Géneros en Papallacta	Valor del Índice (Laguna+Río)
<i>Ankistrodesmus</i>	2	<i>Neidium</i>	0
<i>Campylodiscus</i>	0	<i>Nitzschia</i>	3
<i>Cyclotella</i>	1	<i>Oscillatoria</i>	5
<i>Cymbella</i>	0	<i>Pinnularia</i>	0
<i>Diploneis</i>	0	<i>Rhizoclonium</i>	0
<i>Frustulia</i>	0	<i>Rhopalodia</i>	0
<i>Hantzschia</i>	0	<i>Spirogyra</i>	0
<i>Melosira</i>	1	<i>Spirulina</i>	0
<i>Microcystis</i>	0	<i>Surirella</i>	0
<i>Mougeotia</i>	0	<i>Synedra</i>	2
<i>Navicula</i>	3	Total IP	17

### 3.4 Análisis de clasificación de los sitios en función de sus características fitoplanctónicas

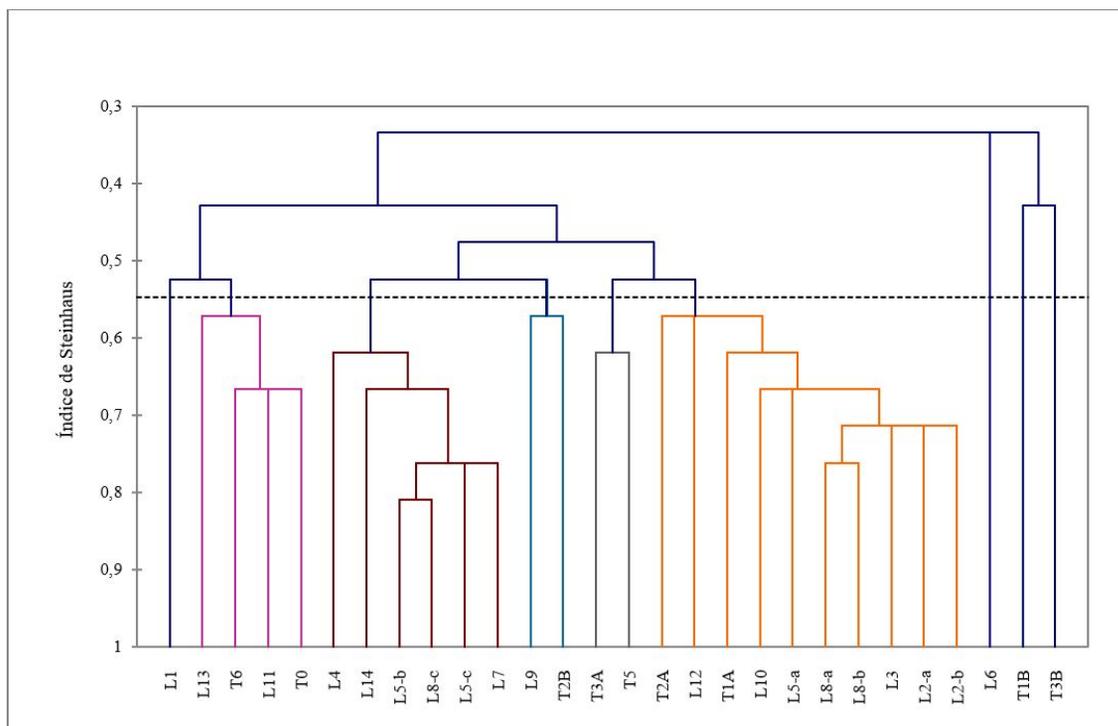
En la época seca (Figura 4), los grupos de sitios más relevantes fueron:

El más grande (T3A a L2-b), compuesto por ocho sitios de laguna y cuatro de río (T3A, T5, T2A y T1A); este grupo presenta valores similares de abundancia de *Melosira*, *Navicula*, *Nitzschia*, *Synedra*, *Microcystis*, *Oscillatoria* y *Hantzschia*. Un segundo conformado por ocho sitios, siete de laguna (L4 a L9) y uno de río (T2B), con los siguientes géneros

preponderantes: *Navicula*, *Neidium*, *Nitzschia*, *Synedra* y *Oscillatoria*.

Un tercer grupo, conformado por cinco sitios (L1, L13, T6, L11 y T0) con tres sitios de laguna, un efluente de ésta (T6) y un punto en río (T0), con abundancias similares de *Melosira*, *Hantzschia*, *Navicula*, *Nitzschia*, *Synedra*, *Rhizoclonium* y *Cyclotella*.

Finalmente, L6 en cambio se muestra separado debido a su mayor abundancia de *Cyclotella* y *Rhopalodia*. Mientras que dos sitios de río (T1B y T3B) registran abundancias mayores de *Campylodiscus*, *Pinnularia* y *Mougeotia*, ausentes en los otros sitios.



**Figura 4.** Cladograma de los sitios muestreados en época seca; en función de sus datos fitoplanctónicos (método aglomerativo, enlace completo, basado en el Índice de Steinhaus).

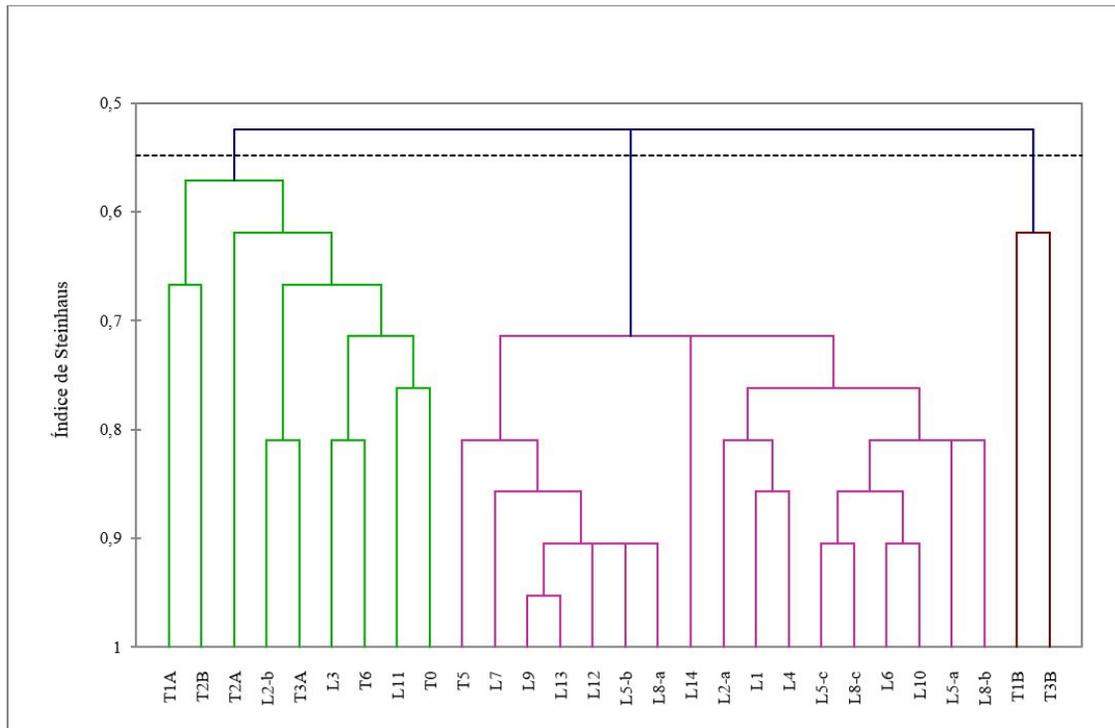
Para la época de lluvia (Figura 5) se observan tres grupos mejor definidos:

El más grande (T5 a L8-b) conformado solo por sitios de laguna (L) más un afluente de ésta (T5), caracterizado por la mayor abundancia de *Navicula*, *Nitzschia* y *Synedra*.

El segundo grupo (T1A a T0), conformado ma-

yormente por sitios de río, más dos de laguna (L2-b y L11) y un efluente de laguna (T6); en ellos predominaron *Melosira*, *Cymbella*, *Navicula*, *Nitzschia*, *Synedra* y *Oscillatoria*.

Finalmente, el último grupo conformado por dos puntos de río (T1B y T3B), y con abundancias similares de *Navicula* y *Spirulina*.

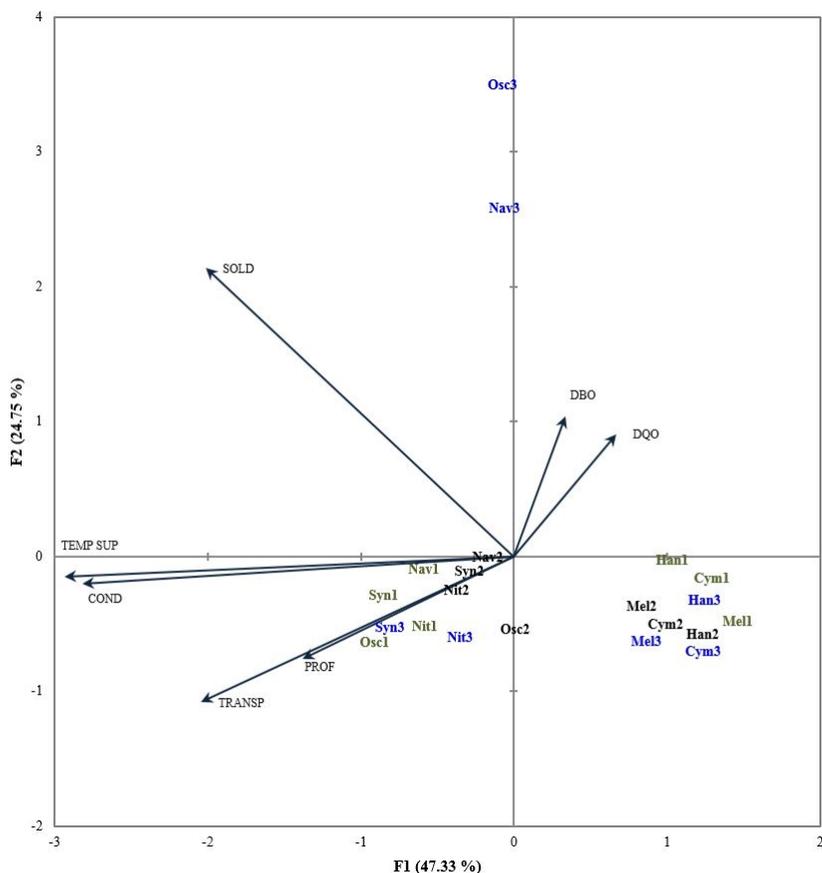


**Figura 5.** Cladograma de los sitios muestreados en época lluviosa; en función de sus datos fitoplanctónicos (método aglomerativo, enlace completo, basado en el Índice de Steinhaus).

### 3.5 Análisis Canónico de Correspondencias

Los parámetros más influyentes que definieron la mayor presencia y abundancia de fitoplancton en los sitios de muestreo fueron: la temperatura superficial del agua (TEMP SUP) y la conductividad (COND), los sólidos suspendidos (SOLD), la trans-

parencia del agua determinada por Disco Secchi (TRANSP), la profundidad de la columna de agua (PROF) y finalmente la DBO y DQO. Solo estas variables abióticas se muestran como vectores en las Figuras 6 y 7, las demás variables generaron vectores de muy poca longitud por lo cual no son graficadas.



**Figura 6.** Plano de ordenamiento de géneros de fitoplancton (signados solo con sus tres primeras letras) en relación a variables físico-químicas del agua, generado por un Análisis Canónico de Correspondencias, con datos de las tres épocas de muestreo: en verde los géneros en la época seca acompañados por el número 1; en negro, los mismos en la época de transición con el número 2, y en azul en la época lluviosa con el número 3.

Los géneros que dependen o están en correlación con mayores valores de temperatura superficial, conductividad, transparencia y profundidad total son *Synedra* (Syn) y *Nitzschia* (Nit) durante las tres épocas muestreadas (Figura 6). *Navicula* (Nav) y *Oscillatoria* (Osc) igualmente están influenciados por estas variables; sin embargo, durante la época de lluvia, ambas se alejan de este grupo y al parecer en esta época su presencia se ve influenciada más por los sólidos suspendidos. Es interesante como *Oscillatoria* durante la época de transición se aleja de los vectores, lo que puede indicar una poca influencia de las variables abióticas en este género.

El grupo conformado por *Melosira* (Mel), *Cymbella* (Cym) y *Hantzschia* (Han) parecen no depender de ninguna variable abiótica en específico, durante las tres estaciones, muestran una correlación negativa ante las variables.

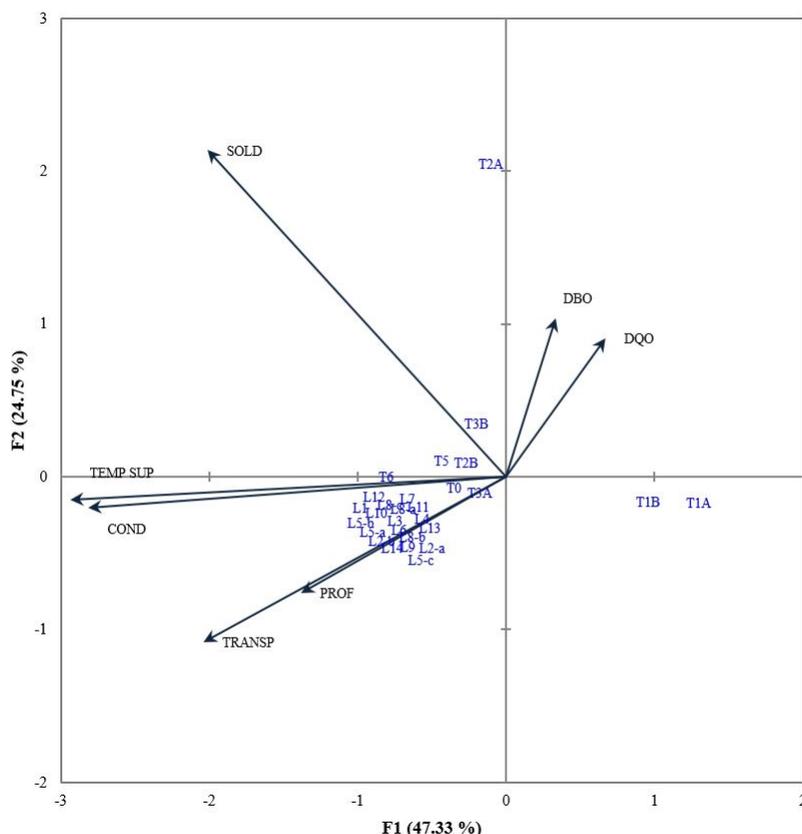
Analizando las variables abióticas en relación a los sitios de muestreo (Figura 7) se puede observar una distribución consistente: los sitios de laguna (L) están agrupados de manera cercana entre sí, con valores similares de temperatura superficial, conductividad, profundidad total y transparencia del agua. T0, T3A, T6, T5 y T2B (puntos de río) también se encuentran asociados a estos mismos vectores, lo cual indica una influencia importante de estas variables sobre ellos; cabe resaltar que los géneros *Synedra*, *Navicula* y *Nitzschia* presentan altos valores de abundancia en los sitios mencionados.

El sitio T2A no tiene una relación clara con la mayoría de variables, excepto con Sólidos Suspendidos, lo cual coincide también con una mayor distribución de *Navicula* y *Oscillatoria* en la época de lluvia, es importante mencionar que las abundancias de estos dos géneros durante esta estación pre-

sentan los valores más altos en este punto.

El último grupo se encuentra conformado por T1B y T1A, que muestran valores bajos de todas las

variables abióticas, esto coincide con mayor presencia y abundancia de *Melosira*, *Cymbella* y *Hantzschia* en estos puntos.



**Figura 7.** Plano de ordenamiento de los sitios de muestreo en relación a las variables físico-químicas del agua, generado por un Análisis Canónico de Correspondencias, con datos de las tres épocas de muestreo: los sitios codificados en color azul (L= sitios en laguna; T= sitios en río).

### 3.6 Consideraciones ecológicas fundamentales

Se puede mencionar que hacia 2011-2012 (8-9 años después del derrame) existe un estado mesotrófico en la Laguna de Papallacta y sus afluentes, esto se determina debido a la presencia de varios grupos bioindicadores como *Navicula*, *Nitzschia* y *Oscillatoria*, que indican que hay concentración de carga orgánica moderada, pero no determinan alta eutrofización. Este estado actual puede deberse a diferentes causas antrópicas, como descargas de agroquímicos, detergentes, y posibles residuos del derrame de petróleo de 2003.

Es también importante destacar que ningún gé-

nero de fitoplancton encontrado tiene una dependencia estricta hacia alguna variable abiótica determinada; más bien, dependen de manera simultánea de varias, corroborando lo propuesto por (Yin, Zheng y Song, 2011).

La presencia y abundancia de géneros de fitoplancton se encontraría determinada por varios procesos del ecosistema (Reynolds, 2006), lo cual implica alguna variación estacional o no de las variables abióticas. Por ejemplo, en la época lluviosa, se registraron las abundancias más bajas de fitoplancton en la mayoría de géneros, excepto en *Melosira*, *Hantzschia*, *Navicula*, *Nitzschia* y *Synedra*, los cuales tienen una presencia relativamente constante en las tres épocas, tanto en río como en laguna.

La presencia de grupos fitoplanctónicos en la zona fótica de la laguna y sobre todo en los ríos indica que hay buenas condiciones para el desarrollo de producción primaria, incluso con los disturbios a los que ha estado expuesta la zona de estudio.

### 3.7 Consideraciones en torno a las variables abióticas

A pesar de que pequeños cambios de las variables abióticas analizadas no conllevan a una variación importante en la presencia y abundancia de fitoplancton, se considera que la existencia de variaciones mayores ocasionaría una modificación importante en la estructura de la comunidad fitoplanctónica local.

Por ejemplo, la temperatura resulta determinante para la reproducción de los organismos planctónicos, debido a que influye directamente sobre su fisiología y en la físico-química del ambiente acuático (González-Dávila, 1995; Aznar Jiménez, 2000; Bahnasawy, Khidr y Dheina, 2011); en este sentido, cabe mencionar que en Papallacta durante la época seca se registraron los valores más altos de temperatura del agua (6-10 °C) al igual que la mayor riqueza y abundancia de organismos; por lo que es muy probable que esta variable sea determinante en ésta y otras lagunas andinas (Olguín *et al.*, 2004; Manjare, Vhanalakar y Muley, 2010).

Sin embargo, se deben considerar el resto de variables que pueden tener también influencia sobre los organismos planctónicos, en especial debido a que la temperatura se correlaciona (positiva o negativamente) con factores como el pH, sólidos suspendidos, concentración de oxígeno y conductividad (Aznar Jiménez, 2000; Anukool y Shivani, 2011); esta última en Papallacta presentó valores menores durante la época de lluvia (entre 80  $\mu$ S y 400  $\mu$ S) en relación a la época seca y de transición en las que se registraron valores entre 120  $\mu$ S y 800  $\mu$ S. Estos valores elevados de conductividad son poco usuales en la mayoría de fuentes de agua de los ecosistemas de páramo. En Papallacta, sin embargo, se tiene un aporte de aguas termales de origen volcánico que se descargan en los ríos afluentes de la laguna, lo cual explicaría tales valores.

Un patrón similar se observa con los sólidos suspendidos, los cuales durante la estación lluviosa muestran valores bajos, coincidiendo con un aumento en la turbidez durante esta estación, además el paso de luz natural llega a menor profundidad

(0,5-0,9 m), a diferencia de la época seca y de transición, en las cuales los valores de transparencia alcanzaron mayor profundidad (1-5 m). Este mayor o menor paso de luz en la columna de agua de la laguna resulta ser otro factor importante que afecta directamente al comportamiento de los organismos, por ser vital para la fotosíntesis, tal como lo mencionan Reynolds (2006); Belinger y Sigeo (2010).

Esta incidencia de luz, que depende de la turbidez y los sólidos en suspensión, puede ser determinante sobre la riqueza y abundancia de los géneros de fitoplancton, porque en época seca y transición (con valores de turbidez bajos y mayor paso de luz) se registraron mayor riqueza y abundancia de fitoplancton en relación a la época de lluvia, en la que se registraron valores menores (con turbidez alta y menor transparencia).

Los valores de oxígeno disuelto fueron relativamente constantes en las tres épocas, a excepción de unos pocos sitios en época lluviosa. El pH se mantuvo entre siete y nueve, las variaciones dentro de este rango no influyen directamente sobre algún organismo particular de fitoplancton. Para DBO y DQO se registran valores altos durante la época de lluvia, especialmente el DBO ya que estos altos valores coinciden con la baja abundancia de fitoplancton, que son los encargados de descomponer la materia orgánica que representa esta variable.

Los valores de nitrógeno total son relativamente bajos en todas las campañas (0 a 3 mg/l), éste es un componente limitante de crecimiento para algunos grupos de fitoplancton (Collos y Berges, 2011); las cianobacterias, por ejemplo, son importantes fijadoras de nitrógeno y su presencia en la laguna y ríos muestreados es limitada, lo cual se puede vincular a la disponibilidad de nitrógeno.

El aumento del nivel del agua en la época de lluvia sin duda afecta a diferentes variables abióticas, ya que se diluyen las concentraciones de sólidos suspendidos y baja la conductividad, las cuales son usualmente altas por la influencia de las aguas termales de la zona, mismas que aportan con importantes cantidades de sales de azufre especialmente en las épocas seca y de transición; los sólidos suspendidos también fueron afectados por esta dilución (valores entre 30mg/l y 240mg/l en época de lluvia, en relación a 70mg/l y 560mg/l en época seca y de transición). También, debido a las corrientes y el viento propios de la época lluviosa hay una remoción de sólidos desde las orillas, distribuyéndose homogéneamente sobre toda la superficie de la la-

guna, aumentando la turbidez y limitando el paso de luz.

### 3.8 Relación de la presencia de géneros fitoplanctónicos con la estacionalidad

El estado mesotrófico del sistema lacustre en general, como ya se mencionó, se ha basado en la presencia y abundancia de ciertos géneros fitoplanctónicos. Por ejemplo, existen cinco géneros de diatomeas en todas las épocas muestreadas, a la vez son los más abundantes tanto en laguna como en río: *Melosira*, *Hantzschia*, *Navicula*, *Nitzschia* y *Synedra*; además, otros géneros también se presentaron recurrentemente pero con menores valores de abundancia: *Cymbella*, *Oscillatoria*, *Microcystis* y *Ankistrodesmus*.

Asimismo, cabe mencionar también que las cianobacterias y algas verdes descritas son comunes en aguas que presentan contaminación orgánica, y algunas como *Ankistrodesmus* incluso pueden causar contaminación luego de su presencia; considerándose a este grupo como un contaminante natural capaz de afectar la concentración de oxígeno (Belinger y Sigee, 2010; Likens, 2010).

En general, los resultados indican que el ecosistema estudiado reúne las condiciones necesarias para que existan tipos y formas de vida fitoplanctónicas diversos, aún después del derrame de petróleo de 2003, permitiendo a su vez que se desarrollen otros organismos de niveles tróficos superiores (zooplancton, macroinvertebrados acuáticos, anfibios, peces).

## 4 Conclusiones

Debido a la naturaleza del fitoplancton que se encuentra suspendido en la columna de agua, a su dependencia de las corrientes para desplazarse y su metabolismo, se consideran organismos capaces de absorber metales pesados de forma relativamente rápida; este fenómeno pudo haber ocurrido en Papallacta: una absorción parcial pasiva por parte del fitoplancton de algunos hidrocarburos disueltos, mediante el intercambio de iones directamente hacia la pared celular.

Posiblemente el fitoplancton en Papallacta absorbió algunos hidrocarburos durante los primeros días después del derrame, las repercusiones inmediatas pudieron haber sido una rápida disminución

de estos organismos en las zonas afectadas y cambios en su metabolismo.

Sin embargo, cuando ya el crudo se precipitó hacia el fondo de la laguna, la comunidad fitoplanctónica se habría recuperado bastante bien y continuado un desarrollo regular en la superficie (hasta unos cinco a seis metros de profundidad), habiéndose inclusive llegado a obtener para 2012 una calidad fitoplanctónica similar a la reportada por Kannan (1979), previa al derrame de petróleo. Esto se corrobora debido a que varios géneros encontrados en 1979, como *Synedra* y *Melosira*, ya se estaban presentes en 2011 mostrando cierta abundancia; otros como *Pinnularia* y *Nitzschia*, también descritos en ese estudio, aún están presentes. *Fragilaria* y *Amphora* son dos géneros encontrados en 1979 y que en el presente estudio no fueron observados, por lo que es posible que hayan desaparecido a consecuencia del derrame.

Debido a que el crudo se precipitó hacia el fondo de la laguna, posiblemente sea allí donde pudiera todavía haber contaminación muy focalizada por TPHs (Hidrocarburos Totales de Petróleo). La misma tendencia se puede observar en los ríos afluentes, ya que el crudo, debido a las corrientes, se depositó en la laguna, lo cual pudo ayudar a que el ecosistema ripario se recupere más rápido (autodepuración); hacia 2011 prácticamente ya no existía presencia de crudo allí (en todos los puntos de río los TPH están entre 0.3mg/l a 0.26mg/l).

En el caso de los ríos locales, ya que no existen estudios de las comunidades fitoplanctónicas previos al derrame, no se puede afirmar cuáles géneros estuvieron presentes décadas atrás; sin embargo, se pudiera especular sobre una tendencia similar en el pasado sobre la composición y abundancia de fitoplancton en los ríos afluentes: una recuperación en los últimos años. Esta afirmación se basa en que como el río alimenta a la laguna, mucho del fitoplancton lacustre llega desde sus afluentes, y a pesar de que ambos ecosistemas tienen dinámicas distintas y el fitoplancton pudiera tener formas de vida diferentes, los mismos géneros están presentes en ambos ecosistemas.

El enunciado anterior se ve consolidado también debido a la naturaleza polimíctica de la Laguna de Papallacta (no presenta estratificación termal por largos períodos y sus aguas se mezclan desde la superficie hacia el fondo) y debido a que es un sistema lacustre abierto (Terneus, 2002; Kannan, 2006; Roldán, 2008).

Cabe finalmente mencionar que la zona fótica de la laguna tiene desde 2012 las condiciones para albergar vida a pesar de los cambios ambientales estacionales y del derrame de petróleo ocurrido. Aun así sería recomendable monitorear este sistema hídrico cada cuatro o cinco años, y observar a largo plazo su comportamiento sucesional.

## Agradecimientos

A la Empresa Estatal de Petróleos PETROECUADOR, la cual a través de ESINGECO Cía. Ltda., financiaron el presente Proyecto. A la Escuela de Biología de la Universidad Internacional del Ecuador UIDE, por brindar las facilidades en los laboratorios para la identificación taxonómica y conteo de los especímenes. A María de Lourdes Guerra, por su apoyo en el trabajo taxonómico.

## Referencias

- Alberta Environment. 2006. *Aquatic Ecosystems Field Sampling Protocols*. Alberta Environment.
- Anukool, Srivastava y Srivastava Shivani. 2011. "Assessment of Physico-Chemical properties and sewage pollution indicator bacteria in surface water of River Gomti in Uttar Pradesh." *International Journal of Environmental Sciences* 2(1):325.
- Arce, O, R Herbas, F Rivero y A. González. 2006. "Indicadores biológicos de calidad del agua." Universidad Mayor de San Simón. Cochabamba, Bolivia. Online: <https://goo.gl/K4oTGB>.
- Armisen, P, J Cruz y C. Larrosa. 2005. Percepción social del riesgo y vulnerabilidad de la población de Papallacta por derrames petroleros. In *XXXIII Curso Internacional de Geografía Aplicada: Geografía y Riesgos Ambientales*. CEPEIGE, Quito.
- Aznar Jiménez, Antonio. 2000. "Determinación de los parámetros físico-químicos de calidad de las aguas." *Revista interdisciplinaria de gestión ambiental* 2(23):12-19.
- Bahnasawy, Mohamed, Abdel Aziz Khidr y Nadia Dheina. 2011. "Assessment of heavy metal concentrations in water, plankton, and fish of Lake Manzala, Egypt." *Turkish Journal of Zoology* 35(2):271-280.
- Belinger, EG y DC Sigeo. 2010. "Freshwater Algae: Identification and use as bioindicators. published by John Wiley and Sons."
- California Academy of Sciences. 2012. "Catalogue of Diatom Names."
- Canter-Lund, H. 2012. "The Hilda Canter-Lund Fresh Water Algae Collection."
- Collos, Y y J. Berges. 2011. "Nitrogen Metabolism in Phytoplankton." *Mar. Ecol.*, 1(1).
- Delgado-Molina, Jose Antonio, Presentación Carrillo, Juan Manuel Medina-Sánchez, Manuel Villar-Argaiz y Francisco José Bullejos. 2009. "Interactive effects of phosphorus loads and ambient ultraviolet radiation on the algal community in a high-mountain lake." *Journal of plankton research* 31(6):619-634.
- Escobar, María J, Esteban Terneus y Patricio Yáñez. 2013. "El plancton como bioindicador de la calidad del agua en zonas agrícolas andinas, análisis de caso." *Qualitas* 5(1):17-37.
- Fourtanier, Elisabeth y John Patrick Kociolek. 2009. *Catalogue of diatom names*. California Academy of Sciences San Francisco, CA.
- González-Dávila, Melchor. 1995. "The role of phytoplankton cells on the control of heavy metal concentration in seawater." *Marine Chemistry* 48(3-4):215-236.
- Goslee, Sarah C, Dean L Urban *et al.* 2007. "The ecodist package for dissimilarity-based analysis of ecological data." *Journal of Statistical Software* 22(7):1-19.
- Hern, SC, Llewellyn R Williams, William Dee Taylor, Victor W Lambou y MK Morris. 1979. *Phytoplankton water quality relationships in US lakes*. Environmental Protection Agency, Office of Research and Development,[Office of Monitoring and Technical Support], Environmental Monitoring and Support Laboratory.
- Hill, Thomas, Pawel Lewicki y Pawel Lewicki. 2006. *Statistics: methods and applications: a comprehensive reference for science, industry, and data mining*. StatSoft, Inc.
- Kannan, M. S. 2006. "Informe para Ecuambiente sobre el monitoreo de la laguna de Papallacta efectuado el 25 de julio de 2006."

- Kannan, Miriam Steinitz. 1979. Comparative limnology of Ecuadorian lakes: a study of species number and composition of plankton communities of the Galapagos Islands and the Equatorial Andes PhD thesis The Ohio State University.
- Likens, Gene E. 2010. *Plankton of inland waters*. Academic Press.
- Manjare, SA, SA Vhanalakar y DV Muley. 2010. "Analysis of water quality using physico-chemical parameters Tamdolge tank in Kolhapur district, Maharashtra." *International Journal of Advanced Biotechnology and Research* 1(2):115–119.
- Marshall, Harold G. 1965. "The annual distribution and stratification of phytoplankton at Aurora Lake, Portage County, Ohio." *Ohio Journal of Science* 65(4).
- Molina Santos, Marcos Gonzalo. 2013. Efectos del derrame de petróleo sobre la comunidad Fitoplanctónica de la laguna de Papallacta y sus principales afluentes. B.S. thesis Quito/UIDE/2013.
- Olguín, Héctor F, Alba Puig, Carolina R Loez, Alfredo Salibián, Mirta L Topalián, Patricia M Castañé y María G Rovedatti. 2004. "An integration of water physicochemistry, algal bioassays, phytoplankton, and zooplankton for ecotoxicological assessment in a highly polluted lowland river." *Water, air, and soil pollution* 155(1-4):355–381.
- O'Sullivan, Patrick y Colin Reynolds. 2004. "The Lakes Handbook, Volume 1: Limnology and Limnetic Ecology." *Limnology* 5:125–126.
- PetroEcuador. 2006. "Examen de control ambiental al derrame de crudo ocurrido en el área de la Reserva Cayambe-Coca por la ruptura de la tubería del Sistema del Oleoducto Transecuatoriano (SOTE), a cargo de Petroecuador."
- Pino, Iván A Aveiga del, Luis Cabrera, Iván Tapia y Patricio Ponce. 2005. Remediación de los impactos causados por el derrame de petróleo en la laguna de papallacta en ecuador-sur america tiempo de ejecución: noviembre 2003-mayo 2004. In *International Oil Spill Conference*. Vol. 2005 American Petroleum Institute pp. 1035–1038.
- PRAA. 2007. "Diseño e Implementación de Medidas Piloto de Adaptación al Cambio Climático en la Región Andina (PRAA/Ecuador)."
- Reynolds, Colin S. 2006. *The ecology of phytoplankton*. Cambridge University Press.
- Roldán, G., & Ramírez J. 2008. "Fundamentos de Limnología Neotropical." Editorial Universidad de Antioquia .
- Suthers, Iain M y David Rissik. 2009. *Plankton: A guide to their ecology and monitoring for water quality*. CSIRO publishing.
- Taylor, W, L Williams, S Hern, Morris F Lambou, V and. y M. Morris. 1979. "Phytoplankton water quality relationships in U.S. Lakes. Disponible en: <http://xurl.es/izokh>." *Environmental Protection Agency. Las Vegas, USA* p. 220. Disponible en: <http://xurl.es/izokh>.
- Ter Braak, Cajo JF y Piet FM Verdonschot. 1995. "Canonical correspondence analysis and related multivariate methods in aquatic ecology." *Aquatic sciences* 57(3):255–289.
- Terneus, E. 2002. Estructura y composición florística de las plantas acuáticas en 70 lagunas de páramo y dos lagunas interandinas del Ecuador PhD thesis Tesis doctoral. Quito: Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
- Terneus, Esteban. 2018. "Principios fundamentales en torno a la calidad del agua, el uso de bioindicadores acuáticos y la restauración ecológica fluvial en Ecuador." *LA GRANJA. Revista de Ciencias de la Vida* 27(1):36–50. Online: <http://doi.org/10.17163/lgr.n27.2018.03>.
- Yáñez, P. 2005. "Biometría y Bioestadística fundamentales." *Analizando la estructura numérica de la información en proyectos ecológicos* .
- Yáñez, Patricio. 2014. *Ecología y biodiversidad: un enfoque desde el neotrópico*. Universidad Iberoamericana del Ecuador.
- Yin, Dacong, Lingling Zheng y Lirong Song. 2011. "Spatio-temporal distribution of phytoplankton in the Danjiangkou Reservoir, a water source area for the Southto-North Water Diversion Project (Middle Route), China." *Chinese Journal of Oceanology and Limnology* 29(3):531–540.
- Yoshioka, Paul M. 2008. "Misidentification of the Bray-Curtis similarity index." *Marine Ecology Progress Series* 368:309–310.



## CARACTERIZACIÓN MOLECULAR DEL ADENOVIRUS AVIAR EN POLLOS COMERCIALES DEL ECUADOR

### MOLECULAR CHARACTERIZATION OF FOWL ADENOVIRUS IN COMMERCIAL CHICKEN FLOCKS IN ECUADOR

David Isaías De la Torre Duque<sup>1,2\*</sup>; Eulalia Cristina Mafla Quezada<sup>1</sup>;  
Byron Humberto Puga Torres<sup>2</sup>; Antonio José Piantino Ferreira<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Departamento de Patología Experimental y Comparada, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad de São Paulo, CEP 05508-270, São Paulo, Brasil.*

<sup>2</sup>*Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Central del Ecuador. Jerónimo Leiton S/N y Gato Sobral. Quito, Ecuador.*

\*Autor para correspondencia: [daviddelatorreduque@gmail.com](mailto:daviddelatorreduque@gmail.com)

Manuscrito recibido el 25 de mayo de 2018. Aceptado, tras revisión el 19 de julio de 2018. Publicado el 1 de septiembre de 2018.

#### Resumen

El Adenovirus Aviar del grupo I (FAdV-I), es considerado un patógeno de mucha importancia en la industria avícola en el Ecuador y a nivel mundial. La Hepatitis por Cuerpos de Inclusión (IBH) y el Síndrome del Hidropericardio (HPS), son las principales enfermedades asociadas a este virus. A pesar de ser un agente etiológico que por lo general se encuentra relacionado a enfermedades inmunodepresoras como la Anemia Infecciosa de las Aves o la enfermedad de Gumboro, recientes estudios han demostrado la actividad patológica del FAdV-I como responsable primario de estas enfermedades. Desde la década de 1990, se reportaron varios brotes importantes de IBH y HPS en muchos países de América Latina incluyendo el Ecuador, logrando identificar principalmente al serotipo 4 del FAdV-I como agente causal de estos brotes. El objetivo de este estudio fue caracterizar por medio de la Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR) y secuenciación de primera generación, los serotipos del FAdV-I que se encuentran circulando en granjas de aves comerciales en el Ecuador. Para esto fueron colectados órganos de pollos de engorde con problemas entéricos de 13 diferentes granjas a lo largo de la zona norte del Ecuador, y posteriormente fueron impregnados en tarjetas FTA para su transporte y procesamiento. 4/13 (30,8%) muestras fueron positivas a FAdV-I y mediante el secuenciamiento y análisis bioinformático del ADN amplificado por la PCR, se caracterizaron los serotipos 6 y 11 del FAdV-I. Estos datos demuestran la variedad de serotipos del FAdV-I presentes actualmente en granjas avícolas del Ecuador que podrían estar influenciando en el estado sanitario de la industria avícola del país.

**Palabras clave:** Adenovirus Aviar, Hepatitis por Cuerpos de Inclusión, Síndrome del Hidropericardio

**Abstract**

Fowl Adenovirus Group I (FAdV-I) is considered an important pathogen in the poultry industry in Ecuador and worldwide. Inclusion Body Hepatitis (IBH) and Hydropericardium Syndrome (HPS) are the main diseases associated with this virus. Despite being an etiological agent that is usually related to immunosuppressive diseases such as Chicken Anemia Virus or Gumboro disease, recent studies have demonstrated the pathological activity of FAdV-I as the primary responsible for certain diseases. Since the 1990s, several outbreaks of IBH and HPS have been reported in many Latin American countries including Ecuador, identifying the serotype 4 of FAdV-I as the causal agent of these outbreaks. The aim of this study was to characterize by the Polymerase Chain Reaction (PCR) and first-generation sequencing, the FAdV-I serotypes circulating in commercial poultry farms in Ecuador. Several organs of broilers with enteric problems were collected from 13 farms in the northern area of Ecuador, and subsequently impregnated in FTA cards for transport and processing. 4/13 (30.8%) samples were positive for FAdV-I, and by sequencing and bioinformatic analysis of DNA amplified by PCR, serotypes 6 and 11 of FAdV-I were characterized. These data show us the variety of serotypes circulating in poultry farms in Ecuador that could be influencing the health status of the country's poultry industry.

**Keywords:** Fowl Adenovirus, Inclusion body hepatitis, Hidropericardium syndrome

---

Forma sugerida de citar: De la Torre Duque, D. I., Mafla Quezada, E. C., Puga Torres, B. H., Piantino Ferreira, A. J. 2018. Caracterización molecular del adenovirus aviar en pollos comerciales del Ecuador. *La Granja: Revista de Ciencias de la Vida*. Vol. 28(2):84-91. <http://doi.org/10.17163/lgr.n28.2018.06>.

---

## 1 Introducción

El adenovirus aviar (FAdV) es un virus clasificado dentro del género Adenovirus en la familia *Adenoviridae* (King *et al.*, 2012). Este género posee tres grupos clasificados como: FAdV-I (causante de HPS: Síndrome del Hidropericardio e IBH: Hepatitis por Cuerpos de Inclusión), FAdV-II (causante de HEV: Enteritis Hemorrágica del pavo) y FAdV-III (causante de EDS: Síndrome de Baja Postura) (Hess, 2000). El FAdV-I ha sido clasificado en 5 especies (A-E) y 12 serotipos (1–8a, 8b–11) (Adams *et al.*, 2017). La partícula viral tiene forma icosaédrica, carece de cápsula y tiene un diámetro de 70 a 90 nm. El genoma viral está formado por una cadena doble de ADN con un tamaño de 45 kb aproximadamente (Jiang *et al.*, 1999). El diseño de la cápsula viral consiste en la unión de 252 capsómeros, siendo 240 formados por la proteína Hexon y los 12 restantes por la proteína Penton. De cada vértice en donde se encuentra la proteína Penton, se desprenden dos fibras de diferente tamaño, las cuales están formadas de proteínas (proteínas de la fibra) que le otorgan la capacidad antigénica al virus (Adair y Fitzgerald, 2008).

El FAdV-I, ha sido asociado a dos principales enfermedades presentes en las aves comerciales, la Hepatitis por Cuerpos de Inclusión (IBH) que fue descrita por primera vez en el año de 1963 en Estados Unidos (Helmboldt y Frazier, 1963), y actualmente asociada a los 12 serotipos del FAdV-I, y el Síndrome del Hidropericardio (HPS) que es una enfermedad que afecta principalmente a pollos de engorde jóvenes de entre 3 y 6 semanas de edad, y que ha sido asociado al serotipo 4 del FAdV-I (Balamurugan y Kataria, 2004). En la actualidad el virus se encuentra distribuido alrededor del mundo (Alemnesh *et al.*, 2012), siendo responsable por producir disminución en el consumo de alimento, aumento en la conversión alimenticia y de la mortalidad, y aunque existe la asociación de la IBH e HPS con enfermedades inmunodepresoras como la Enfermedad Infecciosa de la Bursa (IBV) y la Anemia Infecciosa de las Aves (CAV), se ha detectado al FAdV-1 como agente primario en el desarrollo de IBH e HPS sin la presencia de otras enfermedades concomitantes (Sentíes-Cué *et al.*, 2010). Su forma de contagio es principalmente por vía oral, aunque la transmisión vertical es una forma importante de contagio debido a un sistema inmunológico poco desarrollado de la progenie (Toro *et al.*, 2001; Nakamura *et al.*, 2011).

Los brotes de Hepatitis por cuerpos de inclusión han sido reportados en varios países de América Latina como Brasil, Chile, Perú, Ecuador y México (Hess, 2000; Toro *et al.*, 2001). Mazaheri *et al.* (1998) reportaron la presencia del serotipo 4 del FAdV-I en el Ecuador, al ser aislado de tejidos hepáticos en aves con HPS y caracterizado por pruebas de neutralización y análisis por enzimas de restricción en el ADN viral (Toro *et al.*, 2000). Dada la distribución global de todos los serotipos de este virus es importante conocer la distribución geográfica de cada serotipo dentro de nuestro país, por lo que el objetivo de este estudio se centra en la caracterización molecular de los FAdV-I que circulan actualmente en las granjas de aves comerciales del Ecuador, para contar con el conocimiento científico que permita tomar decisiones y aplicar medidas sanitarias en beneficio de la industria avícola de la región.

## 2 Metodología

### 2.1 Muestras virales

Durante el año 2016 se colectaron muestras biológicas de diferentes granjas en la zona norte de la sierra ecuatoriana, cuyas aves presentaban sintomatología relacionada a hepatitis, mala absorción, aumento de la conversión alimenticia y aumento de la mortalidad. Las muestras colectadas fueron tomadas mediante la impronta en 13 tarjetas Whatman FTA (GE Healthcare Company, Little Chalfont, Buckinghamshire, UK) de órganos como riñones, tráqueas, bolsa de Fabricio, pulmones y tonsilas cecales de aves entre 4 y 7 semanas de edad, para luego ser transportadas hacia el laboratorio de Ornitopatología, en la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad de São Paulo en Brasil, en donde fueron realizados los análisis moleculares respectivos. Cada tarjeta FTA estaba impregnada con 2 a 4 muestras de diferentes órganos y diferentes aves, que correspondían a 13 granjas distintas.

### 2.2 Maceración y extracción viral

El material fue procesado dentro de un flujo laminar, desinfectado con alcohol a 70° y exposición directa a luz ultravioleta (UVC) durante 15 minutos. Se recortó todo del material impregnado en cada tarjeta FTA para la obtención final de 13 muestras diferentes que se colocaron en microtubos de 2 ml con

PBS (Phosphate Buffered Saline), 0,1 M, pH 7,4 en proporción 1:1. La maceración se realizó con la utilización del Tissuelyser LT Bead Mill (Qiagen, Hilden, Germany) a 50 oscilaciones por segundo durante 5 minutos. El producto macerado fue centrifugado por 30 minutos a 12.000 x g y a 4°C (Koo *et al.*, 2013). Finalmente se colectó 200 µL del sobrenadante para el aislamiento del material genético.

### 2.3 Extracción del ADN y Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR)

Para la extracción del material genético con fenol y cloroformo se utilizó la metodología descrita por Chomczynski (1993). Para la reacción de PCR fueron utilizados iniciadores diseñados por Meulemans *et al.* (2001), los cuales cubren parte de las regiones conservadas denominadas Pedestal 1 (P1) adyacentes a la región variable denominada Loop 1 (L1) en la secuencia de nucleótidos del gen Hexon, permitiendo amplificar los 12 diferentes serotipos del FAdV-I.

El mix de 25 µL para la Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR) consistió de 1X de PCR buffer libre de Magnesio, 1,25 mM de cada desoxiribonucleótido trifosfato, 0,5 mM de cada iniciador, 1,25 U de Platinum® Taq polymerase (Invitrogen® by Life Technologies, Carlsbad, CA), y 2,5 µL de ADN extraído a una concentración aproximada de 1.000 ng/µL. Las condiciones de amplificación fueron las siguientes: 94°C por 5 minutos, seguido de 35 ciclos de 95°C por 1 minuto, 52°C por 45 segundos y 72°C por 1 minuto, finalizando con una extensión final de 72°C por 10 minutos. El producto final fue sometido a electroforesis utilizando gel de agarosa a una concentración de 1,5% para verificar la ampli-

ficación de fragmentos de ADN con un tamaño de aproximadamente 897 pb.

### 2.4 Purificación y secuenciamiento

El producto amplificado fue purificado utilizando el GPXTM PCR DNA and Gel Band Purification kit (GE Healthcare, Piscataway, New Jersey, USA) según las instrucciones del fabricante. Cada producto purificado fue secuenciado en sentido senso y antisenso usando el BigDye® Terminator Cycle Sequencing Kit v3.1 (Applied Biosystems por Life Technologies, Carlsbad, California, EUA). Las reacciones finales fueron analizadas en un ABI 3730 DNA Analyzer (Applied Biosystems por Life Technologies, Carlsbad, California, EUA).

### 2.5 Análisis filogenético

Las secuencias de nucleótidos fueron editadas usando el software CLC Main Workbench 7, y alineadas con el método CLUSTAL W disponible en el software Clustal X 2.0. El árbol filogenético fue inferido utilizando el método *Maximum Likelihood* basado en el modelo *Tamura 3-parameter* (Tamura, 1992), con 1000 repeticiones, disponible en el software Mega 7. Para esto fueron usadas las secuencias de nucleótidos generadas en este estudio y secuencias internacionales de los serotipos 6 y 11 del FAdV-I, tomadas del GeneBank (National Center for Biotechnology Information). Las secuencias de referencia para el alineamiento y construcción del árbol filogenético fueron tomadas de Brasil, México, Estados Unidos, Canadá, Reino Unido, Europa, Bélgica, China, Japón, Korea del Sur y la India, cuyos números de acceso se encuentran descritos en la Figura 1.

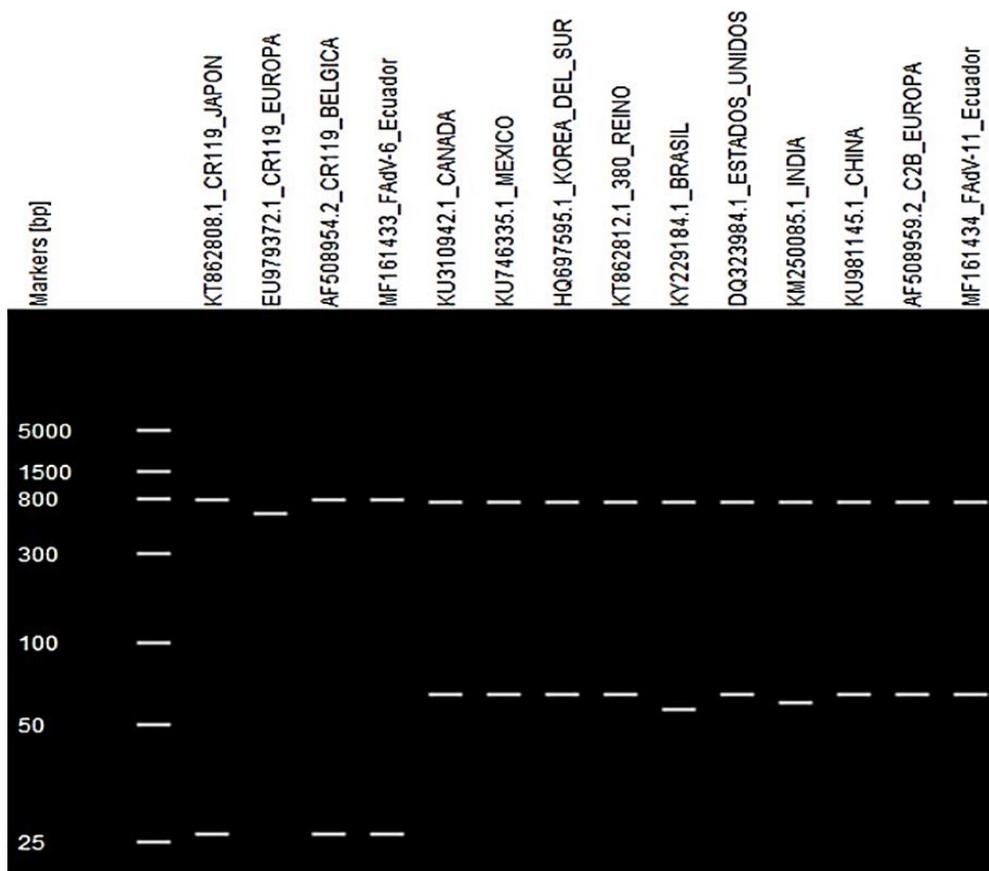


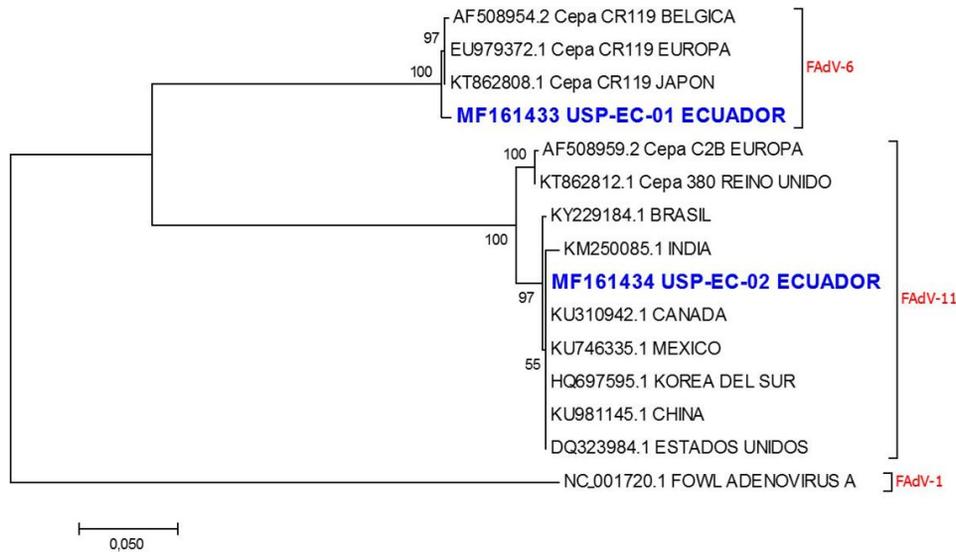
Figura 1. Gel virtual diseñado por el software CLC Main Workbench 7.8.1, después de la acción de enzimas de restricción PstI y EcoRI sobre las secuencias de los serotipos 6 y 11 del FAdV-I.

### 3 Resultados y Discusión

#### 3.1 Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR)

El producto final de la PCR para las 13 muestras fue sometido a electroforesis en gel de agarosa al 1,5%, con un marcador de peso molecular de 100 pb (100 bp DNA Ladder, Invitrogen™), encontrando 4/13 resultados positivos (30,8%), al mostrar las bandas a la altura aproximada de 897 pb, las cuales fueron analizadas para la caracterización del respectivo serotipo (Mettifogo *et al.*, 2014; Joubert *et al.*, 2014; De la Torre *et al.*, 2018). De acuerdo con Meulemans *et al.* (2001), el ADN amplificado mediante esta reacción puede incluir a los 12 serotipos de FAdV-I, sin poder determinar directamente el serotipo específico, a no ser que se utilicen enzimas de restricción para la obtención de bandas de ADN en gel de agarosa con tamaños específicos para cada

serotipo (Figura 2) (Meulemans *et al.*, 2001), o mediante el análisis de las secuencias de nucleótidos cuando son comparados con secuencias almacenadas en la base de datos del GeneBank. Mediante un análisis virtual sobre el uso de enzimas de restricción, se pudo determinar que el uso de la enzima PstI, provocó un corte del ADN en el sitio de reconocimiento (CTGCAG) de las secuencias de 808 pb de la cepa CR119 de Japón, Bélgica y USP-EC-01, dando como resultado dos bandas de 786 pb y 26 pb (Figura 2), a excepción de la cepa CR119 de Europa, que, por contar únicamente con 596 pb, no demostró regiones disponibles para la acción de cualquier enzima de restricción. Una enzima adicional EcoRI, realizó cortes del ADN en el sitio de reconocimiento (GAATTC) de las demás secuencias caracterizadas como serotipos 11 del FAdV-I, incluyendo la secuencia USP-EC-02, dando como resultado dos bandas de 746 pb y 63pb (Figura 2).



**Figura 2.** Árbol filogenético inferido usando el método Maximum Likelihood, basado en el modelo Tamura 3-parameter (Tamura, 1992). Las secuencias de las muestras de Ecuador están representadas en color azul y contienen su respectivo código de acceso en la base de datos del GeneBank. (FAdV=Adenovirus Aviar). La secuencia NC\_001720.1 fue colocada como grupo externo.

### 3.2 Secuenciamiento

El secuenciamiento de los 4 productos positivos de la PCR dio lugar a la obtención de 2 diferentes secuencias y, siendo que tres muestras tuvieron secuencias exactamente iguales, se utilizó un consenso denominándolo USP-EC-02, y la secuencia de la cuarta muestra fue denominada USP-EC-01. Las secuencias obtenidas fueron ingresadas en la base de datos del GenBank con los códigos de acceso MF161433 para la secuencia USP-EC-01, y MF161434 para la secuencia USP-EC-02. De acuerdo a la matriz de identidad, las secuencias de nucleótidos (NT) y aminoácidos (AA) de USP-EC-01, tienen un alto porcentaje de identidad con las secuencias de las cepas CR119 del serotipo 6 del FAdV-I de Bélgica (99,1% de NT y AA), Europa y Japón (99,3% de NT y AA). Las secuencias de NT y AA de USP-EC-02 tienen un alto porcentaje de identidad con las secuencias del serotipo 11 del FAdV-I de México, Estados Unidos, Canadá, Corea del Sur y China (100% de NT y AA), Brasil (99% de NT y AA), India (98,3% de NT y AA), Reino Unido (97,5% de NT y AA), y Europa (97,3% de NT y AA).

### 3.3 Análisis filogenético

Los resultados del análisis filogenético se muestran en la Figura 2. Todas las secuencias analizadas fue-

ron agrupadas en dos grupos mayores que corresponden a los serotipos 6 y 11 del FAdV-I. La secuencia USP-EC-01, fue agrupada junto la cepa CR119 perteneciente al serotipo 6 del FAdV-I, registradas como originarias de Bélgica, Europa y Japón, demostrando la presencia de esta cepa viral en al menos los 3 continentes (Europa, Asia y América). La secuencia USP-EC-02, fue agrupada junto con secuencias de Europa, Reino Unido, Brasil, India, Canadá, México, Corea del Sur, China y Estados Unidos, las cuales han sido caracterizadas con el serotipo 11 del FAdV-I.

El FAdV-1 es responsable por causar dos principales enfermedades, la Hepatitis por Cuerpos de Inclusión (IBH) y el Síndrome del Hidropericardio (HPS) (Zhao *et al.*, 2015). Hay algunos casos en donde el virus ha sido aislado de aves sin signos de enfermedad, por lo que se requiere un mayor desarrollo de técnicas que permitan diferenciar cepas patogénicas y no patogénicas dentro del mismo serotipo del virus (Absalón *et al.*, 2017). En el Ecuador ya se ha reportado la presencia del serotipo 4 del FAdV-I como agente causal del Síndrome del Hidropericardio (Mazaheri *et al.*, 1998), pero también es importante recalcar que todos los serotipos están relacionados con la IBH (Adair y Fitzgerald, 2008), y de esta forma se debe mantener un control epidemiológico de todas las cepas y serotipos que circulan por

la región. 0 El serotipo 6 del FAdV-I pertenece a la especie E junto con los serotipos 7, 8a y 8b, pudiendo tener algún grado de protección cruzada con las vacunas contra el FAdV-I existentes en el Ecuador, que utilizan virus inactivados del serotipo 8, aunque esto no ha sido demostrado en ningún estudio experimental hasta el momento. Los serotipos 8b y 11 demostraron provocar lesiones en hígado a nivel macro y microscópico, luego de ser inoculados experimentalmente por vía ocular, y sin la presencia de virus inmunodepresores (Steer *et al.*, 2015), destacando que no existen desarrolladas vacunas específicas para el serotipo 11 que sean comercializadas en el Ecuador. Con estos resultados es importante considerar la necesidad del aislamiento y estudio experimental de los serotipos encontrados en el Ecuador con el objetivo de comprender la dinámica epidemiológica y la patogenicidad de todas las cepas de FAdV-I circulantes en el país.

## 4 Conclusiones

En este estudio se demostró la presencia de los serotipos 6 y 11 del Adenovirus Aviar, en lotes de aves comerciales del Ecuador. De esta forma se brinda un aporte a la comunidad científica para el desarrollo de nuevos estudios que permitan conocer la fisiopatología de las cepas circulantes y de ser necesario la creación de vacunas que ayuden a controlar la propagación y/o efecto negativo de estos virus sobre la producción avícola en las diferentes regiones del país.

## Agradecimientos

Al laboratorio de Ornitopatología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad de São Paulo, Brasil. El primer autor agradece el apoyo económico de la Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación, SENESCYT, a través de su programa de becas "Universidades de Excelencia 2014".

## Referencias

Absalón, Angel E, Andrés Morales-Garzón, Pedro F Vera-Hernández, Diana V Cortés-Espinosa, Sara M Uribe-Ochoa, Laura J García y Eduardo

Lucio-Decanini. 2017. "Complete genome sequence of a non-pathogenic strain of Fowl Adenovirus serotype 11: Minimal genomic differences between pathogenic and non-pathogenic viruses." *Virology* 501:63–69. Online: <https://doi.org/10.1016/j.virol.2016.11.006>.

Adair, BM y Scott David Fitzgerald. 2008. "Group 1 adenovirus infections." *Diseases of poultry* 12:251–266. Online: <https://goo.gl/zhPW9U>.

Adams, Michael J, Elliot J Lefkowitz, Andrew MQ King, Balázs Harrach, Robert L Harrison, Nick J Knowles, Andrew M Kropinski, Mart Krupovic, Jens H Kuhn, Arcady R Mushegian *et al.* 2017. "50 years of the International Committee on Taxonomy of Viruses: progress and prospects." *Archives of virology* 162(5):1441–1446. Online: <https://doi.org/10.1007/s00705-016-3215-y>.

Alemnesh, W, M Hair-Bejo, I Aini y AR Omar. 2012. "Pathogenicity of fowl adenovirus in specific pathogen free chicken embryos." *Journal of comparative pathology* 146(2-3):223–229. Online: <https://doi.org/10.1016/j.jcpa.2011.05.001>.

Balamurugan, V y JM Kataria. 2004. "The hydropericardium syndrome in poultry—a current scenario." *Veterinary research communications* 28(2):127–148. Online: <https://doi.org/10.1023/B:VERC.0000012115.86894.1e>.

Chomczynski, Piotr. 1993. "A reagent for the single-step simultaneous isolation of RNA, DNA and proteins from cell and tissue samples." *Bio-techniques* 15(3):532–4. Online: <https://goo.gl/3uVgkW>.

De la Torre, David, Luis FN Nunez, Silvana H Santander Parra, Claudete S Astolfi-Ferreira y Antonio J Piantino Ferreira. 2018. "Molecular characterization of fowl adenovirus group I in commercial broiler chickens in Brazil." *VirusDisease* 29(1):83–88. Online: <https://doi.org/10.1007/s13337-018-0430-z>.

Helmboldt, CF y MN Frazier. 1963. "Avian hepatic inclusion bodies of unknown significance." *Avian diseases* 7(4):446–450. Online: <https://doi.org/10.2307/1587881>.

Hess, M. 2000. "Detection and differentiation of avian adenoviruses: a review." *Avian Pathology* 29(3):195–206. Online: <https://doi.org/10.1080/03079450050045440>.

- Jiang, Ping, Davor Ojkic, Tamas Tuboly, Paul Huber y Eva Nagy. 1999. "Application of the polymerase chain reaction to detect fowl adenoviruses." *Canadian Journal of Veterinary Research* 63(2):124. Online: <https://goo.gl/S1VWAL>.
- Joubert, Hilda W, Henry Aitchison, Louis H Maartens y Estelle H Venter. 2014. "Molecular differentiation and pathogenicity of Aviadenoviruses isolated during an outbreak of inclusion body hepatitis in South Africa." *Journal of the South African Veterinary Association* 85(1):01–08. Online: <https://doi.org/10.4102/jsava.v85i1.1058>.
- King, Andrew MQ, Michael J Adams, Eric B Carstens y Elliot J Lefkowitz. 2012. "Virus taxonomy." *Ninth report of the International Committee on Taxonomy of Viruses* pp. 486–487. Online: <https://goo.gl/gTHZKs>.
- Koo, BS, HR Lee, EO Jeon, MS Han, KC Min, SB Lee y IP Mo. 2013. "Molecular survey of enteric viruses in commercial chicken farms in Korea with a history of enteritis." *Poultry science* 92(11):2876–2885. Online: <https://doi.org/10.3382/ps.2013-03280>.
- Mazaheri, A, C Prusas, M Voss y M Hess. 1998. "Some strains of serotype 4 fowl adenoviruses cause inclusion body hepatitis and hydropericardium syndrome in chickens." *Avian Pathology* 27(3):269–276. Online: <https://doi.org/10.1080/03079459808419335>.
- Mettifogo, Elena, Luis FN Nuñez, Silvana H Santander Parra, Claudete S Astolfi-Ferreira y Antonio J Piantino Ferreira. 2014. "Fowl adenovirus Group I as a causal agent of inclusion body hepatitis/hydropericardium syndrome (IBH/HPS) outbreak in brazilian broiler flocks." *Pesquisa Veterinária Brasileira* 34(8):733–737. Online: <https://doi.org/10.1590/S0100-736X2014000800004>.
- Meulemans, G, M Boschmans, TP Van den Berg y M Decaesstecker. 2001. "Polymerase chain reaction combined with restriction enzyme analysis for detection and differentiation of fowl adenoviruses." *Avian Pathology* 30(6):655–660. Online: <https://doi.org/10.1080/03079450120092143>.
- Nakamura, Kikuyasu, Masaji Mase, Yu Yamamoto, Katsutoshi Takizawa, Masahiko Kabeya, Takashi Wakuda, Motohiro Matsuda, Takumi Chikuba, Yumiko Yamamoto, Takayuki Ohyama, Koji Takahashi, Naoto Sato, Noriko Akiyama, Hirokazu Honma y Kunitoshi Imai. 2011. "Inclusion Body Hepatitis Caused by Fowl Adenovirus in Broiler Chickens in Japan, 2009–2010." *Avian Diseases* 55(4):719–723. Online: <https://doi.org/10.1637/9813-052511-Case.1>.
- Senties-Cué, C Gabriel, Robert W Wills, Philip A Stayer, Mark A Burleson y Danny L Magee. 2010. "Epidemiology and effect on production parameters of an outbreak of inclusion body hepatitis in broilers." *Avian diseases* 54(1):74–78. Online: <https://doi.org/10.1637/8958-061109-Reg.1>.
- Steer, Penelope A, Jeanine R Sandy, Denise O'Rourke, Peter C Scott, Glenn F Browning y Amir H Noormohammadi. 2015. "Chronological analysis of gross and histological lesions induced by field strains of fowl adenovirus serotypes 1, 8b and 11 in one-day-old chickens." *Avian pathology* 44(2):106–113. Online: <https://doi.org/10.1080/03079457.2015.1007919>.
- Tamura, Koichiro. 1992. "Estimation of the number of nucleotide substitutions when there are strong transition-transversion and G+ C-content biases." *Molecular biology and evolution* 9(4):678–687. Online: <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.molbev.a040752>.
- Toro, H, C Gonzalez, L Cerda, M Hess, E Reyes y C Geisse. 2000. "Chicken anemia virus and fowl adenoviruses: association to induce the inclusion body hepatitis/hydropericardium syndrome." *Avian diseases* pp. 51–58. Online: <https://doi.org/10.2307/1592507>.
- Toro, H, O Gonzalez, C Escobar, L Cerda, MA Morales y C Gonzalez. 2001. "Vertical induction of the inclusion body hepatitis/hydropericardium syndrome with fowl adenovirus and chicken anemia virus." *Avian diseases* pp. 215–222. Online: <https://doi.org/10.2307/1593031>.
- Zhao, Jing, QI Zhong, Ye Zhao, Yan-xin Hu y Guo-zhong Zhang. 2015. "Pathogenicity and complete genome characterization of fowl adenoviruses isolated from chickens associated with inclusion body hepatitis and hydropericardium syndrome in China." *PLoS One* 10(7):e0133073. Online: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0133073>.



## DETERMINACIÓN DE LOS VALORES DE REFERENCIA EN EL HEMOGRAMA DE CABALLOS NACIDOS O CRIADOS ENTRE 0 Y 500 M.S.N.M. EN LA REGIÓN LITORAL DEL ECUADOR

DETERMINATION OF THE REFERENCE VALUES IN THE BLOOD COUNT OF  
HORSES BORN OR REARED BETWEEN 0 AND 500 M.A.S.L. IN THE COASTAL  
REGION OF ECUADOR

Diego Fernando Luna Narváez\*, Karen Elizabeth Hernández Toro,  
Sergio Rolando Chacha Vega y Yolanda Mercedes Cedeño Prócel

*Universidad Central del Ecuador, Jerónimo Leiton s/n y Gatto Sobral, Quito, Ecuador. Teléfono 593(02) 256 6160.*

\*Autor para correspondencia: [dluna@doctor.com](mailto:dluna@doctor.com)

Manuscrito recibido el 19 de julio de 2017. Aceptado, tras revisión el 17 de agosto de 2018. Publicado el 1 de septiembre de 2018.

### Resumen

El presente trabajo se realizó en la región litoral del Ecuador (provincias de Santo Domingo de los Tsáchilas, Manabí, Los Ríos y Esmeraldas), se analizó los hemogramas de 100 caballos criollos clínicamente sanos, mayores a dos años de edad y criados entre los 0 y 500 m.s.n.m los objetivos fueron determinar los valores hematológicos de referencia y comparar los resultados obtenidos con los valores de un estudio previo realizado a más de 3000 m.s.n.m en la sierra centro norte ecuatoriana. Se obtuvieron muestras sanguíneas de animales en reposo, se realizaron análisis de laboratorio con el equipo de auto-hematología Mindray® BC2800Vet, posteriormente se obtuvieron los valores de referencia utilizando el complemento de Microsoft Excel® "Reference Value Advisor" y la "Prueba Z de la normalidad" para la inferencia estadística. Se prefirió tomar la muestra de caballos criollos ecuatorianos para tener una muestra con parámetros sanguíneos homogéneos y una referencia de esta variedad antes solamente estudiada sobre los 3000 m.s.n.m. Se encontraron los siguientes valores; eritrocitos:  $4,90-9,38 \times 10^6 / \mu\text{L}$ , hematocrito: 24,83-45,10%, hemoglobina: 8,59-14,87g/dL, VCM: 42,35-55,19fL, HCM: 14,25-18,20pg, CHCM: 32,10-36,70g/dL, glóbulos blancos:  $5,64-12,81 \times 10^3 / \mu\text{L}$ , linfocitos:  $1,04-5,85 \times 10^3 / \mu\text{L}$ , monocitos:  $0,20-0,90 \times 10^3 / \mu\text{L}$ , granulocitos:  $2,90-8,26 \times 10^3 / \mu\text{L}$  y plaquetas:  $78,10-314,90 \times 10^3 / \mu\text{L}$ . Al comparar los resultados obtenidos se encontraron diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) en el conteo eritrocitos, concentración de hemoglobina, hematocrito y conteo de plaquetas debido a la influencia de la altitud; también se encontró diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) en la serie blanca (leucocitos, linfocitos, monocitos y granulocitos) pero esto debido a influencias fisiológicas o patológicas, mas no al efecto altitudinal.

**Palabras claves:** altura, caballos, hemograma, hipoxia.

### Abstract

The present study was carried out in the littoral region of Ecuador, analyzing the hemograms of 100 horses clinically healthy, over two years of age and reared between 0 and 500 masl, in order to determinate hematological reference values and compare the results obtained with the reference values of a previous study performed to more than 3000 masl, in the Ecuadorian north central sierra. Therefore, blood samples were taken from animals at rest and were submitted to laboratory analysis with the Mindray® auto-hematology equipment BC2800Vet, and with this information the statistical study was made using Microsoft Excel® "Reference Value Advisor" to identify possible references values and to eliminate outlier data. These blood samples were taken from Ecuadorian creole horses in order to maintain a statistical sample with homogeneous blood parameters and a reference of this variety, which has only been studied before over 3000 masl. The following values were identified: erythrocytes:  $4.90-9.38 \times 10^6 / \mu\text{L}$ , hematocrit: 24.83-45.10%, hemoglobin: 8.59-14,87g/dL, mean corpuscular volume: 42,35-55,19fL, mean corpuscular hemoglobin: 14,25-18.20pg, concentration of mean corpuscular hemoglobin: 32.10-36.70g/dL, white blood cells:  $5.64-12.81 \times 10^3 / \mu\text{L}$ , lymphocytes:  $1.04-5.85 \times 10^3 / \mu\text{L}$ , monocytes:  $0.20-0.90 \times 10^3 / \mu\text{L}$ , granulocytes:  $2.90-8.26 \times 10^3 / \mu\text{L}$ , and blood platelets between:  $78.10-314.90 \times 10^3 / \mu\text{L}$ . In the comparison with the obtained results, significant differences were found ( $P < 0.05$ ) in the erythrocytes, hemoglobin, hematocrit and platelets reference values due to the height influence; while significant differences ( $P < 0.05$ ) were also found in the white series (leukocytes, lymphocytes, monocytes and granulocytes) but this due to physiological or pathological influence and not thanks to the altitudinal effect.

**Keywords:** altitude, hemogram, hypoxia, horses.

---

Forma sugerida de citar: Luna Narváez, D. F., Hernández Toro, K. E., Chacha Vega, S. R., y Cedeño Prócel, Y. M. 2018. Determinación de los valores de referencia en el hemograma de caballos nacidos o criados entre 0 y 500 m.s.n.m. en la región litoral del Ecuador. La Granja: Revista de Ciencias de la Vida. Vol. 28(2):92-102. <http://doi.org/10.17163/lgr.n28.2018.07>.

---

## 1 Introducción

Los caballos criollos son animales desarrollados en América con una gran fortaleza física; esta raza de caballos ha sabido adaptarse desde tiempos de la conquista, hace 500 años, a los diversos terrenos de América, desde los altos páramos hasta las playas, incluso la exuberante Amazonía y los bosques escarpados. El estudio e interés sobre el caballo criollo disminuyó hace muchos años atrás debido a la implementación de nuevas razas equinas introducidas al país.

Estas nuevas y distintas razas resultaron ser más grandes y más rápidas; sin embargo, con el pasar de los años se fueron realizando cruces entre estas razas y los caballos criollos, los cuales posteriormente dieron como resultado el mejoramiento de las características de interés para el hombre junto con una mejor adaptabilidad al medio (Almeida Sosa, 2012; Bravo Intriago, 2013). El caballo Criollo Ecuatoriano se describe como un animal de poca talla, entre 1,35 y 1,45 metros, robusto, con gran resistencia, ideal para páramo ya que soporta grandes esfuerzos físicos y variaciones de altura (Bravo Intriago, 2013).

La medicina a diferentes altitudes, tiene gran importancia en medicina veterinaria así como en la medicina humana, ya que es importante conocer cómo influye la variación de la presión atmosférica a diferentes altitudes sobre el nivel del mar, y sobre el organismo de los animales, en este caso los equinos (Suarez, 2001). Varios aspectos del medio ambiente varían a medida que la altitud aumenta o disminuye, como la presión barométrica (PB) o también conocida como la presión atmosférica (PA), la presión parcial de oxígeno (PO<sub>2</sub>), la temperatura (T°), alimentación, entre otras (Cárdenas, 2003; Uscamayta Quispe, 2007).

En el país, un estudio previo relacionado con este tema (Izurieta Barzola *et al.*, 2017), por lo que se considera de suma importancia complementarlo con un estudio realizado a nivel del mar, bajo los mismos parámetros, tomando en cuenta que el sistema cardiovascular sufre ajustes compensatorios fisiológicos a distintas alturas y en el caso de los equinos una descompensación se ve reflejada en la aparición de severas alteraciones fisiológicas (Quintela, 1985; Izurieta Barzola *et al.*, 2017).

El hemograma es una de las pruebas básicas más utilizadas en la clínica médica equina, pues es un indicador de alteraciones que no siempre pueden ser percibidas en la realización del examen clínico; por

lo que la evaluación de los elementos celulares de la sangre, tanto cuantitativamente como cualitativamente, podría servir como método diagnóstico para una enfermedad concreta, pero la mayoría de las veces se utiliza para conocer la condición general de salud de un individuo y ofrecer información indispensable al control evolutivo de las enfermedades (Cuenca Valera y Pastor Milán, 2006; Kazuko *et al.*, 2009).

También para el perfil pre anestésico en caballos se incluye el hemograma (Mejía, 2014). Los resultados de un hemograma se deben interpretar siempre tomando en cuenta el estado general del paciente (edad, raza, sexo, aptitud, tratamientos médicos previos, medio ambiente en el que habita, exploración clínica física, manejo, estado de excitación, forma de recolección de la muestra, metodología de análisis aplicada, etc.), ya que cualquier alteración en alguno de estas variantes puede modificar significativamente los resultados e interpretación del hemograma (Arias Gutiérrez y Pérez Jaramillo, 2006; Cuenca Valera y Pastor Milán, 2006).

El hemograma comprende la cuantificación de los componentes de la sangre, incluye un recuento eritrocitario, valor de hematocrito, concentración de hemoglobina, volumen corpuscular medio (VCM), concentración de hemoglobina corpuscular media (CHCM), recuento total y diferencial de leucocitos y recuento plaquetario (Arias Gutiérrez y Pérez Jaramillo, 2006). Los objetivos de este trabajo fueron determinar los valores de parámetros hematológicos normales de caballos nacidos o criados entre 0 y 500 m.s.n.m. en la Región Litoral del Ecuador y compararlos con los valores de referencia de un estudio previo, realizado a más de 3 000 m.s.n.m. en la sierra centro norte ecuatoriana del mismo tipo de caballos. Si bien es cierto, existen parámetros hematológicos establecidos para la especie equina, sin embargo, estos no han considerado la raza o las distintas variaciones de altura en las que estos animales se encuentran, además, los valores reportados han sido establecidos en otros países, razón por la cual es necesario determinar los parámetros referenciales en el hemograma de caballos criollos ecuatorianos a nivel del mar en la región litoral del Ecuador para de esa manera tener una base en el control fisiológico de estos animales; esto permitirá encontrar diferencias en los valores de referencia del hemograma por efecto de la variación de la altitud, lo que facilitará una mejor apreciación del estado de salud para los futuros pacientes según la zona.

## 2 Materiales y métodos

El estudio se realizó en la región Litoral del Ecuador, en ocho zonas entre 0,88 y 466 metros sobre el nivel del mar donde se tomaron un total de 100 muestras que se detallan a continuación: Santo Domingo de los Tsachilas: Santo Domingo 9. Esmeraldas: Sua 22, Quininde 13, La Unión 16. Los Ríos: Quevedo 10. Manabí: Tosagua 14, Briceño 6 y San Isidro 10. La mayoría de los equinos muestreados pertenecieron a pequeñas comunidades, donde los animales eran utilizados como medio de trabajo y transporte; también fueron parte del muestreo pequeñas fincas en donde los animales cumplían con la misma función.

### 2.1 Factores de estudio

En el presente estudio el factor fue la altura entre 0 y 500 metros sobre el nivel del mar, ya que se buscó determinar si los valores normales en el hemograma de caballos criollos nacidos o criados a esta altitud varían en comparación con caballos criollos nacidos o criados a más de 3 000 metros sobre el nivel del mar. El estudio consistió en tomar muestras de sangre venosa yugular externa de caballos criollos (machos y hembras) clínicamente sanos y mayores de 2 años, para posteriormente ser procesadas en el laboratorio.

Se realizaron hemogramas de todas las muestras utilizando el equipo de auto-hematología Mindray® BC-2800Vet y de esta forma determinar los valores de referencia de cada parámetro hematológico. Para cumplir con el segundo objetivo específico de la presente investigación se compararon los resultados de los valores de referencia en el hemograma de caballos entre 0 y 500 m.s.n.m. obtenidos en el presente estudio, frente a los valores de referencia en el hemograma de caballos a más de 3 000 m.s.n.m. de un estudio anterior realizado en el Ecuador; esto a través de un análisis estadístico.

La muestra de animales en esta investigación, corresponden a los caballos utilizados para la toma de muestras sanguíneas, los cuales fueron seleccionados bajo los siguientes criterios de inclusión: caballos nacidos o que hayan sido criados en una altitud entre 0 y 500 m.s.n.m. en la Región Litoral del Ecuador, estos fueron entre machos y hembras mayores a 2 años de edad, en buen estado de salud, fueron animales utilizados para trabajo y se prefirió caballos criollos ecuatorianos para evitar variaciones en sus parámetros de composición sanguínea por efecto de la raza.

### 2.2 Análisis estadístico

Para realizar el análisis estadístico del presente estudio se utilizó un programa que permitió determinar los límites de referencia o intervalos de referencia (IR) de la muestra y eliminar valores anómalos a través del análisis de Dixon-Reed y Test de Tukey. El método utilizado fue paramétrico con un método robusto y un nivel de confianza del 90% (Gefré *et al.*, 2011; Friedrichs *et al.*, 2012). A través de esto, se comprobó que la distribución de la muestra fue normal de acuerdo al test de normalidad de Anderson-Darling, con histogramas y Q-Q Plots. Se extrajeron las medidas de tendencia central (media, mediana, desviación estándar), valor máximo y mínimo y gráficos de distribución. Se utilizó el método estadístico para prueba de hipótesis para comparar los resultados encontrados en este estudio con los valores de referencia en el hemograma de caballos a más de 3 000 m.s.n.m. realizados en un estudio anterior en la Sierra centro norte del Ecuador; de igual forma, se utilizó la "Prueba Z de la normalidad" para medias de dos muestras, por tratarse de una muestra mayor a 30 individuos y con distribución normal (Rodríguez, Gutiérrez y Pozo, 2007). Se fijó un nivel de confianza del 95% y un punto crítico Z de 1,96 para aceptar o rechazar la hipótesis del estudio (Dawson-Saunders y Trapp, 2005).

### 2.3 Métodos específicos de manejo del experimento

Es muy importante mantener un protocolo correcto para que los resultados de los análisis de sangre sean válidos (Bolger, 2010). Las muestras de sangre se recogieron con los animales en descanso, antes de realizar cualquier tipo de actividad física y bajo condiciones que disminuyan al máximo cualquier probabilidad de causarle temor o excitación; con ello se minimizó el efecto de la contracción esplénica (lo cual elevaría los valores del hematocrito, recuento de eritrocitos y la concentración de hemoglobina), y la liberación de adrenalina o corticosteroides (lo cual provocaría modificaciones en el leucograma) (Cuenca Valera y Pastor Milán, 2006). Previo al muestreo, se mantuvo a los caballos amarrados en reposo, en un lugar tranquilo y sin perturbaciones, durante aproximadamente 30 minutos, con el objetivo de descartar posibles alteraciones en su composición sanguínea causadas por actividad física o estrés (Castillo, 2011). Las muestras fueron

transportadas al laboratorio en un lapso de máximo de tiempo de 24 horas posteriores a la extracción y permanecieron refrigeradas a 4 °C Nuñez y Bouda (2007). Previo a ser analizadas las muestras de sangre deben ser homogenizadas por el equipo de auto-hematología Mindray® BC2800V (Mindray, 2012).

### 2.3.1 Universo y marco del muestreo

(INEC, 2012) manifiesta que en el Ecuador existen 338 000 cabezas de ganado caballar, ocupando la Región Sierra el primer lugar con 47,66%, seguida de la Región Costa con un 36,69%, en la Región Amazónica con un 15,28% y la Región Insular con un 0,37%. En cuanto a las provincias de la Región Costa, Manabí lidera con 46 218, seguida por Guayas con 31 942, Esmeraldas con 22 782, Los Ríos con 12 493, El Oro con 6 459 y Santa Elena con 4 104 cabezas de ganado caballar. De este número se sabe que la gran mayoría pertenece a caballos con una raza no específica, es decir, caballos criollos. Sin embargo, actualmente no se dispone de un censo real de la población de ganado caballar en el país. Al no existir cifras oficiales actuales sobre la población caballar en el Ecuador, se decide establecer el marco de muestreo en base a las directrices dictadas por la

“Asociación Americana de Patólogos Clínicos Veterinarios” (ASVCP), donde indica que se puede utilizar un tamaño de muestra de  $40 \leq x < 120$  con un método Robusto-Paramétrico y un nivel de confianza de los límites de referencia del 90% (Friedrichs *et al.*, 2012).

## 3 Resultados y discusión

De las 100 muestras tomadas y procesadas se reportó un total de 19 muestras como potenciales valores anómalos para cada analito, de los cuales se decidió eliminar 13 ya que los mismos correspondieron a datos muy aberrantes para el estudio de cada analito (ver Tabla 1). Las edades de los caballos que fueron parte del estudio presentaron un rango mínimo y máximo de 2 y 20 años, con una media de 7,6 años y una desviación estándar de 4,4 +/- (Figura 1). Se presentan los resultados obtenidos de los valores hematológicos de los caballos nacidos o criados entre 0 y 500 m.s.n.m. en la región Litoral del Ecuador, con sus respectivas medidas de tendencia central (Tabla 2) y se muestran los gráficos de distribución de los valores hematológicos, representados como una línea recta, la cual expresa la normalidad de los datos obtenidos (Figura 2).

**Tabla 1.** Valores anómalos para cada analito en estudio.

Analito	# de Anómalos	# Final de muestras utilizadas para determinar los valores de hematológicos.
Eritrocitos	1	100
Hemoglobina	3*	97
Hematocrito	0	100
VCM	0	100
HCM	0	100
CHCM	2	100
Leucocitos	2*	98
Lym#	2*	98
Mon#	3	100
Gran#	6*	94
Plaquetas	0	100

**VCM:** Volumen corpuscular medio

**HCM:** Hemoglobina corpuscular media

**CHCM:** Concentración de hemoglobina corpuscular media

\* Valores excluidos del estudio

**Tabla 2.** Valores hematológicos de caballos nacidos o criados entre 0 y 500 m.s.n.m. en la región Litoral del Ecuador.

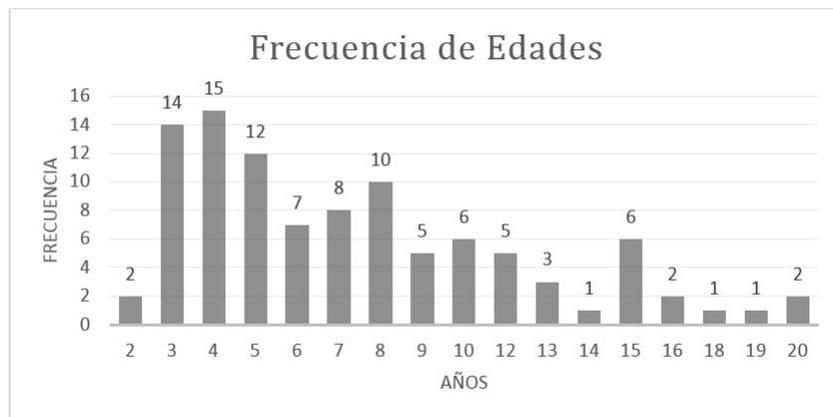
Parámetro	Unidad	Media	Mediana	SD	Mínimo	Máximo
Eritrocitos	10 <sup>6</sup> /μL	6,96	6,84	1,07	<b>4,9</b>	<b>9,38</b>
Hemoglobina	g/dL	11,46	11,3	1,58	<b>8,59</b>	<b>14,87</b>
Hematocrito	%	33,86	33,15	4,97	<b>24,83</b>	<b>45,1</b>
VCM	fL	48,86	48,55	3,15	<b>42,35</b>	<b>55,19</b>
HCM	pg	16,52	16,6	0,98	<b>14,25</b>	<b>18,2</b>
CHCM	g/dL	33,95	33,9	1,17	<b>32,1</b>	<b>36,7</b>
Leucocitos	10 <sup>3</sup> /μL	9,16	9	1,84	<b>5,64</b>	<b>12,81</b>
Lym#	10 <sup>3</sup> /μL	3,24	3,1	1,19	<b>1,04</b>	<b>5,85</b>
Mon#	10 <sup>3</sup> /μL	0,51	0,5	0,17	<b>0,2</b>	<b>0,9</b>
Gran#	10 <sup>3</sup> /μL	5,12	5,05	1,44	<b>2,9</b>	<b>8,26</b>
Plaquetas	10 <sup>3</sup> /μL	198,75	201	56,02	<b>78,1</b>	<b>314,9</b>

SD: Desviación estándar

VCM: Volumen corpuscular medio

HCM: Hemoglobina corpuscular media

CHCM: Concentración de hemoglobina corpuscular media



**Figura 1.** Número de Outliers eliminados y Muestras utilizadas para determinar los rangos hematológicos de referencia.

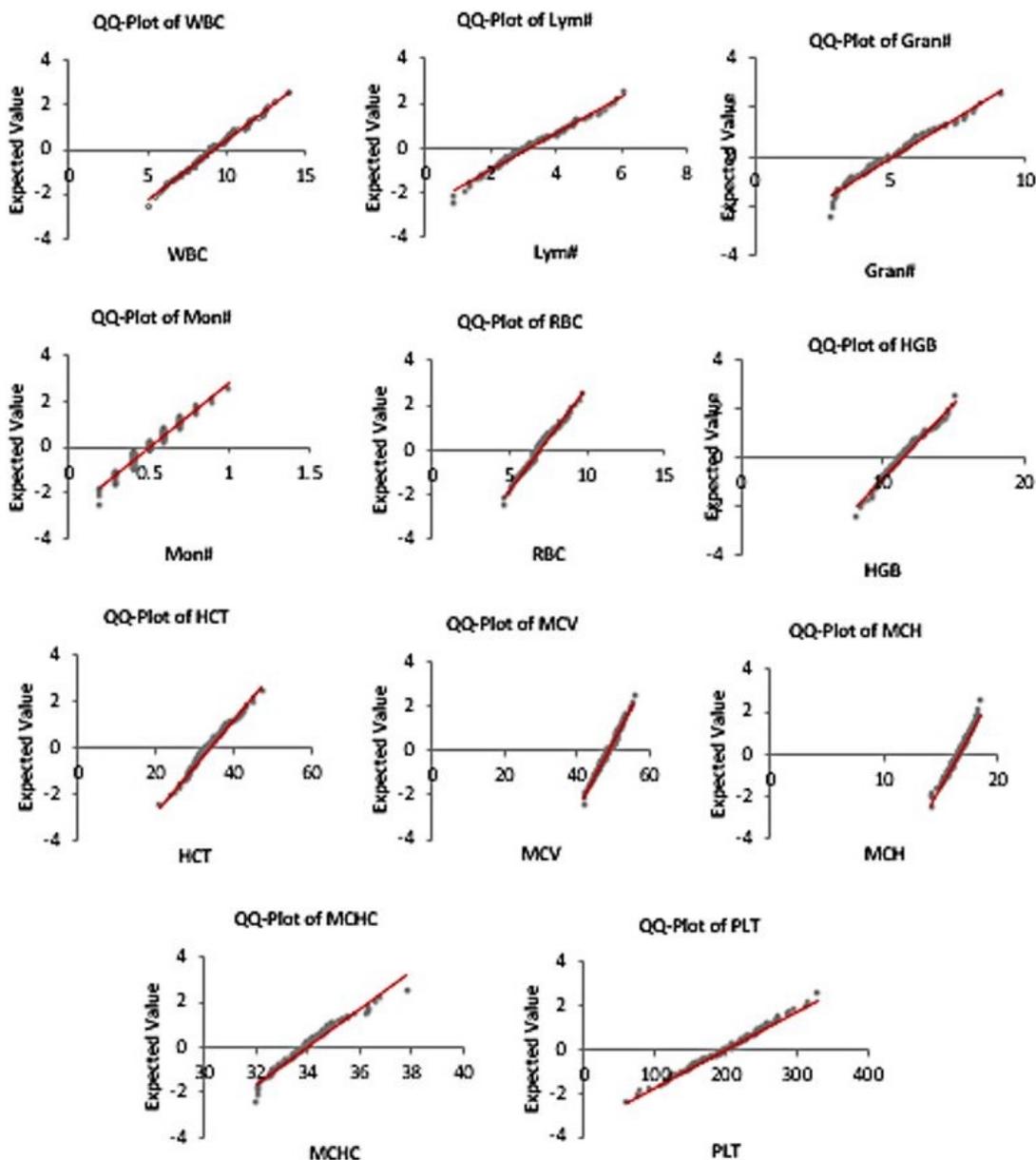


Figura 2. QQ- Plot de distribución de cada parámetro sanguíneo. ■: valores. ■: normalidad.

### 3.1 Comparación con los resultados reportados.

Se compararon los resultados obtenidos en este estudio con los resultados del estudio previo realizado por Izurieta et al. (2017) (ver Tabla 3).

Al analizar la Tabla 3, donde se comparan los resultados con los obtenidos por Izurieta Barzola *et al.*

(2017) en la sierra centro norte ecuatoriana, los valores de referencia de los eritrocitos, hemoglobina y hematocrito encontrados en los caballos nacidos o criados entre 0 y 500 m.s.n.m. presentaron valores inferiores en relación con los valores de referencia en caballos a más de 3 000 m.s.n.m., mostrando una diferencia significativa, lo cual se podría atribuir a la variación en la altitud.

**Tabla 3.** Valores referenciales y prueba Z del hemograma de caballos criollos entre 0 y 500 m.s.n.m. en comparación con la referencia de caballos criollos a más de 3 000 m.s.n.m. de Izurieta Barzola *et al.* (2017).

Parámetro	Caballos criollos entre 0 y 500 m.s.n.m.			Caballos criollos a más de 3000 m.s.n.m.			Prueba Z
	Media	Min-Max	SD	Media	Min-Max	SD	
Eritrocitos	6,96	4,90-9,38	1,07	8,3	6,23-10,84	1	-8,71
Hemoglobina	11,46	8,59-14,87	1,58	14,1	11,4-18,4	1,6	-11,06
Hematocrito	33,86	24,83-45,10	4,97	41	32,3-52,2	4,4	-10,27
VCM	48,86	42,35-55,19	3,15	49,6	40,2-57	3,4	-1,51
HCM	16,52	14,25-18,20	0,98	16,9	14-20,3	1,1	-2,43
CHCM	33,95	32,10-36,70	1,17	34,3	32-37	1	-2,18
Leucocitos	9,16	5,64-12,81	1,84	8,3	4,8-12	1,7	3,26
Lym#	3,24	1,04-5,85	1,19	3,6	1,4-7,5	1,2	-2,01
Mon#	0,51	0,20-0,90	0,17	0,4	0,2-0,7	0,1	5,43
Gran#	5,12	2,90-8,26	1,44	4,3	2,2-8,8	1,4	3,82
Plaquetas	198,75	78,10-314,90	56,02	239	101-401	68,2	-4,29

**SD:** Desviación estándar

**VCM:** Volumen corpuscular medio

**HCM:** Hemoglobina corpuscular media

**CHCM:** Concentración de hemoglobina corpuscular media

El estudio de Izurieta Barzola *et al.* (2017), también tuvo diferencias significativas con los valores del conteo de Eritrocitos en caballos mestizos chilenos, realizado en la región de Valdivia, siendo de  $6,98 \times 10^6/\mu\text{L}$  DS 0,80 Böhmwald, Wegmann y Witter (1986); también con los valores de hemoglobina en la investigación de Valores Hematológicos, bilirrubina y actividad enzimática sérica en caballos peruanos de paso del valle de Lurín siendo el valor de 13,90 g/dL DS 1,50 (Díaz *et al.*, 2011) y con el valor del hematocrito en un artículo realizado en Italia, con un valor de 37,45% DS 4,97 (Giordano *et al.*, 2008). Los resultados obtenidos en los tres estudios anteriormente citados se realizaron a nivel del mar y con razas de caballos de sangre caliente de similares características al caballo criollo ecuatoriano.

Para que un organismo logre adaptarse a distintos pisos altitudinales, éste debe desarrollar ciertos cambios homeostáticos, principalmente en los sistemas cardiovascular, respiratorio y hematológico. Los mecanismos mediante los cuales se produce la adaptación a una mayor altura son: aumento de la frecuencia respiratoria, aumento de la tasa ventilación pulmonar, aumento de la capacidad de difusión pulmonar, aumento de la vascularización de los tejidos periféricos, aumento en el número de eritrocitos y aumento de la capacidad de las células tisulares para utilizar el oxígeno disponible a pe-

sar de la baja presión de oxígeno; todo esto con el fin de que el organismo aumente su capacidad de captación y movilización de aire y oxígeno atmosférico a pesar de las distintas condiciones ambientales (González Rengifo, 2001; Cárdenas, 2003; Hall, 2016).

La vida en los distintos ambientes de altura se traduce como una situación de mayor demanda energética para el organismo, por lo cual los animales que viven en grandes alturas, donde la presión atmosférica disminuye y la cantidad de oxígeno es muy reducida, se enfrentan a una hipoxia tisular la cual favorece la secreción de eritropoyetina, que es una glicoproteína que estimula la formación de eritrocitos, hemoglobina y hematocrito (Suarez, 2001; Barranco *et al.*, 2002; Uscamayta Quispe, 2007). Cabe recalcar que ambos grupos de muestreo tienen características raciales similares, ya que pertenecen al mismo tipo de caballo criollo ecuatoriano con un origen común, pero criado a diferentes pisos altitudinales.

El valor de referencia del Volumen Corpuscular Medio encontrado en los caballos nacidos o criados entre 0 y 500 m.s.n.m. presentó valores similares a los valores de referencia en caballos a más de 3 000 m.s.n.m. siendo así el único valor que no presentó diferencia significativa alguna. Esto se debe a que el volumen de los hematíes del caballo se man-

tiene siempre dentro de límites rígidos, a pesar de la presencia de enfermedades, de tal forma que un aumento en el hematocrito corresponde a un incremento del número de hematíes y no al aumento del volumen de estos (Cuenca Valera y Pastor Milán, 2006).

En cuanto a los valores de referencia de la serie blanca (leucocitos, linfocitos, monocitos y granulocitos) determinados en los caballos nacidos o criados entre 0 y 500 m.s.n.m., en algunos casos presentaron valores ligeramente mayores y en otros ligeramente menores en relación con los valores de referencia en caballos a más de 3000 m.s.n.m., mostrando así una diferencia significativa. Esto puede deberse a diferentes estímulos fisiológicos, patológicos, esfuerzo físico, parasitosis, entre otras; mas no a una relación directa al efecto con los diferentes pisos altitudinales a los que pueden ser sometidos los animales (Navia *et al.*, 2004; Monroy, 2009).

En el valor de referencia determinado para las plaquetas en los caballos nacidos o criados entre 0 y 500 m.s.n.m. con respecto al valor de referencia en caballos a más de 3 000 m.s.n.m., si se encontró diferencia significativa ya que el valor de animales a nivel del mar es inferior al de individuos que viven en grandes alturas. Algunos autores como Barbany (2002) señala que esto se puede atribuir al hecho de que los animales originarios de lugares altos realizan un mayor esfuerzo físico semejante al ejercicio intenso debido a la poca cantidad de oxígeno disponible, lo que ocasiona un aumento en el valor de las plaquetas. Los rangos normales de las plaquetas en los caballos son muy amplios (Cowell y Tyler, 2002). Puede existir un incremento transitorio en el conteo de plaquetas que son liberadas desde sus fuentes de almacenamiento durante un a moderada actividad muscular excitación (Weiss y Wardrop, 2010).

## 4 Conclusiones

Los datos del presente estudio tienen una distribución normal, lo que permitió establecer los valores de referencia para caballos criollos clínicamente sanos nacidos o criados entre 0 – 500 m.s.n.m en el litoral del Ecuador, los mismos que servirán para ser usados en futuros estudios y principalmente en la clínica equina. Al comparar los resultados obtenidos en el presente estudio con los valores de referencia de un estudio previo realizado a más de 3 000 m.s.n.m. en la sierra centro norte ecuatoriana se

determinó que existe una diferencia significativa en el aumento en los valores de: eritrocitos, hemoglobina y hematocrito, lo cual se debe específicamente al efecto de la variación en la altitud y no debido al tipo de caballo, ya que en las dos investigaciones se muestrearon animales denominados criollos, los cuales se originaron en animales introducidos durante la conquista Española. Se encontraron diferencias significativas al comparar los valores de la serie blanca obtenidos en el presente estudio con los obtenidos a más de 3 000 m.s.n.m., arrojando tanto valores superiores como inferiores; por lo que se establece que dicha diferencia no se debe al efecto altitudinal, sino a otras causas que pueden ser influencias fisiológicas o patológicas. Las plaquetas expresan valores inferiores en comparación a los resultados encontrados a 3 000 m.s.n.m., atribuyéndose esto a la poca cantidad de oxígeno disponible en las grandes altitudes.

## Referencias

- Almeida Sosa, Marco Ruben. 2012. Caracterización Zoométrica y Diagnostico de los Sistemas de Producción de Caballos Mestizos de Vaquería en el Cantón Rumiñahui. B.S. thesis.
- Arias Gutiérrez, María Patricia y Piedad Cristina Pérez Jaramillo. 2006. "Comparación de los valores del Hemoleucograma entre caballos de carreras Pura Sangre Inglés velocistas y fondistas del hipódromo Los Comuneros de Guarne, Antioquia." *Revista CES Medicina Veterinaria y Zootecnia* 1(1).
- Barbany, Joan Ramón. 2002. *Fisiología del ejercicio físico y del entrenamiento*. Vol. 24 Editorial Paidotribo.
- Barranco, F, J Blasco, A Mérida, M Muñoz, A Jareño, J Cozar, R Guerrero, J Gil, C Martín y J Rodríguez. 2002. "Principios de urgencias, emergencias y cuidados críticos. SAMIUC [Versión de Uninet]. Andalucía."
- Böhmwald, H, E Wegmann y F. Witter. 1986. "Valores hematológicos en caballos mestizos chilenos de silla." *Monografías de Medicina Veterinaria* 8(1).
- Bolger, C. 2010. "El Análisis de Sangre para el Caballo de Deporte." *Horse 1 Centro de Nutrición Equina*.

- Bravo Intriago, Marco Antonio. 2013. Caracterización fenotípica, zootécnica y evaluación económica de una manada de caballos en la comunidad de atillo provincia de chimborazo. B.S. thesis.
- Cárdenas, G. 2003. "Coordinador Medico SAME." *Napay Sunqu*.
- Castillo, C., Tobón M. Cano C. Mira J. Suárez A. & Vásquez E. 2011. Valores hematológicos en caballos criollos colombianos del Valle de Aburrá. *Revista Lasallista de Investigación*. In *Perspectivas y Avances de Investigación de la serie Lasallista Investigación y Ciencia*. Corporación Universitaria Lasallista.
- Cowell, R y R. Tyler. 2002. *Cytology and Hematology of the Horse*. St.Louis: Mosby.
- Cuenca Valera, Rafaela y Josep Pastor Milán. 2006. "Utilidad del hemograma en la clínica equina." *Equinus: publicación de información y práctica veterinaria equina* (14):11-27.
- Dawson-Saunders, Beth y Robert G. Trapp. 2005. *Bioestadística médica*. El Manual Moderno.
- Díaz, H, C Gavidia, O Li y A. Tío. 2011. "Valores Hematológicos, bilirrubina y actividad enzimática sérica en caballos peruanos de paso del valle de Lurín." *Rev. Inv Vet Perú* 22(3):213-222.
- Friedrichs, Kristen R, Kendal E Harr, Kathy P Freeman, Balazs Szladovits, Raquel M Walton, Kirstin F Barnhart y Julia Blanco-Chavez. 2012. "ASVCP reference interval guidelines: determination of de novo reference intervals in veterinary species and other related topics." *Veterinary Clinical Pathology* 41(4):441-453.
- Geffré, Anne, Didier Concordet, Jean-Pierre Braun y Catherine Trumel. 2011. "Reference Value Advisor: a new freeware set of macroinstructions to calculate reference intervals with Microsoft Excel." *Veterinary Clinical Pathology* 40(1):107-112.
- Giordano, A, G Rossi, C Pieralisi y S. Paltrinieri. 2008. "Evaluation of Equine Hemograms Using the ADVIA 120 as Compared with an Impedance Counter and Manual Differential Count." *Veterinary Clinical Pathology* 37(1):21- 30(1):21-30.
- González Rengifo, Gustavo Francisco. 2001. "Metabolismo en las grandes alturas." *Acta andin* 9(1/2):31-45.
- Hall, JE. 2016. "Red blood cells, anemia, and polycythemia. Guyton and Hall textbook of medical physiology."
- INEC. 2012. "Resumen censo Ecuador 2012." Instituto Nacional de Estadísticas y Censos.
- Izurieta Barzola, José Luis, Diego Fernando Luna Narváez, Yolanda Mercedes Cedeño Prócel, Chacha Vega y Sergio Rolando. 2017. "Determinación de los valores de referencia en el hemograma de caballos nacidos o criados a más de 3000 msnm en la sierra centro norte ecuatoriana."
- Kazuko, R, M Dias, J Emídio, B de Azevedo y A. da Fonseca. 2009. Avaliação hematológica de equinos (*Equus caballus*) criados a pasto na Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, campus Seropédica. In *XIII Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e IX Encontro Latino Americano de Pós-Graduação*. Online: <https://goo.gl/5WQaus>.
- Mejía, L. 2014. *Evaluación de alteraciones físicas y constantes fisiológicas en equinos adultos clínicamente sanos premedicados con tres diferentes sedantes agonistas Alfa2 adrenérgicos en combinación con butorfanol en el cantón Rumiñahui-Ecuador en el año 2013*. Bachelor's Thesis. Universidad de las Américas. Online: <https://goo.gl/6W2CDZ>.
- Mindray. 2012. "Analizador automático para hematología BC-2800Vet." Online: <https://goo.gl/Snnr1G>.
- Monroy, A. 2009. "Los Glóbulos Blancos en la Altura." *Medicina y Altitud: Consejos y Experiencias Médicas*.
- Navia, M, C Pereira, C Freddy, C Rios y Y. Odi. 2004. "Fórmula Leucocitaria y Plaquetas en la Eritrocitosis de Altura, Comunicación Preliminar." *Cuadern del Hospital de Clínicas* 49(1):63-68. Online: <https://goo.gl/eFGHCo>.
- Núñez, O. L y J. Bouda. 2007. *Patología Clínica Veterinaria. Obtencion y manejo de muestras para analisis en el laboratorio*. Comité editorial FMVZ-UNAM. Mexico. Online: <https://goo.gl/SuZ41A>.
- Quintela, A., Ergueta J. & Quijarro A. 1985. "Determinaciones hematológicas de ganado equino en la altura (3600 m)." *Instituto Bolivariano de Biología de Altura*.

- Rodríguez, C, J Gutiérrez y T. Pozo. 2007. *Fundamentos Conceptuales de las Principales Pruebas de Significación Estadística en el ámbito educativo*. Grupo Editorial Universitario. Online: <https://goo.gl/oBJUuD>.
- Suarez, E. 2001. "Introducción, fisiología respiratoria, cardiovascular." *Fisiología del Habitante de Altura* .
- Uscamayta Quispe, Nano Fernando. 2007. "Eritrocitosis de altura patológico." *Revista SCientífica* 5:50.
- Weiss, Douglas J y K. Jane. Wardrop. 2010. *Schalm's Veterinary Hematology, 6th Edition*. Wiley-Blackwell.



## EVALUACIÓN HISTÓRICA DE INDICADORES PRODUCTIVOS EN VACAS LECHERAS EN SISTEMAS A PASTOREO

### HISTORICAL EVOLUTION OF PRODUCTIVE INDICATORS IN DAIRY COWS IN GRAZING SYSTEMS

Pablo Roberto Marini<sup>1,2\*</sup> y Ricardo José Di Masso<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Nacional de Rosario, Ovidio Lagos y Ruta 33, 2170 Casilda, Santa Fe, Argentina.

<sup>2</sup> Universidad Nacional de Rosario, Ovidio Lagos y Ruta 33, 2170 Casilda, Santa Fe, Argentina

\*Autor para correspondencia: [pmarini@fveter.unr.edu.ar](mailto:pmarini@fveter.unr.edu.ar)

Manuscrito recibido el 5 de enero de 2018. Aceptado, tras revisión, el 27 de marzo de 2018. Publicado el 1 de septiembre de 2018.

#### Resumen

Se utilizaron datos retrospectivos correspondientes a las lactancias de 300 vacas primíparas y multíparas de raza Holstein, recolectados entre los años 1992-2012 en un lechería-cabaña ubicado de la localidad de Casilda, provincia de Santa Fe-Argentina. Los animales se dividieron en dos grupos: vacas puras (VP, n=120) y vacas con registro de cría (VRC, n=180). Se procedió a confeccionar, en primer término, los diagramas de dispersión resultantes de representar en forma conjunta los valores del índice de leche (Y) y la producción total de leche (X), correspondientes a cada individuo. Se realizaron diagramas de dispersión vinculando los mismos indicadores, pero restringiendo la asociación a las vacas puras y con registro de cría, dentro de cada categoría (baja, media y alta) de producción. Para las vacas puras: vacas de baja producción:  $r = 0,883$ ;  $P < 0,0001$ ; vacas de producción intermedia:  $r = 0,577$ ;  $P < 0,0001$  y vacas de alta producción:  $r = 0,391$ ;  $P = 0,0139$ . Para las vacas registro de cría: vacas de baja producción:  $r = 0,739$ ;  $P < 0,0001$ ; vacas de producción intermedia:  $r = 0,691$ ;  $P < 0,0001$  y vacas de alta producción:  $r = 0,568$ ;  $P < 0,0001$ . Las pendientes fueron positivas y significativas. Se observó una disminución del valor de la pendiente ( $P < 0,0001$ ) junto con un aumento de la variancia residual con el aumento de la producción de leche. Se concluye que además de los litros totales de leche, debería incorporarse la contribución de otras variables tales como longevidad, eficiencia en la recría y comportamiento reproductivo.

**Palabras claves:** vacas Holstein, eficiencia productiva, criterios de evaluación, sistema a pastoreo

---

**Abstract**

Retrospective data corresponding to the lactation of 300 primiparous and multiparous Holstein cows were used, collected during 1992-2012 in farms located in Casilda, Santa Fe province -Argentina. The animals were divided into two groups: pure cows (VP, n = 120) and cows with breeding registers (VRC, n = 180). The dispersion diagrams resulting from the values of the milk index (Y) and the total milk production (X), corresponding to each individual were first prepared. Dispersion diagrams were made linking the same indicators, but restricting the association to pure cows and with breeding registers within each production category (low, medium and high). For pure cows: low production cows:  $r = 0.883$ ;  $P < 0.0001$ ; cows of intermediate production:  $r = 0.577$ ;  $P < 0.0001$  and high production cows:  $r = 0.391$ ;  $P = 0.0139$ . For the cow breeding record: low production cows:  $r = 0.739$ ;  $P < 0.0001$ ; cows of intermediate production:  $r = 0.691$ ;  $P < 0.0001$  and high production cows:  $r = 0.568$ ;  $P < 0.0001$ . The slopes were positive and significant. A decrease in the value of the slope ( $P < 0.0001$ ) was observed along with an increase in the residual variance with the increase in milk production. It is concluded that in addition to the total liters of milk, the contribution of other variables such as longevity, efficiency in breeding and reproductive efficiency should be incorporated.

**Keywords:** Holstein cows, productive efficiency, evaluation criteria, grazing system

---

Forma sugerida de citar: Marini, P. R. y Di Masso, R. J. 2018. Evaluación histórica de indicadores productivos en vacas lecheras en sistemas a pastoreo. *La Granja: Revista de Ciencias de la Vida*. Vol. 28(2):103-115. <http://doi.org/10.17163/lgr.n28.2018.08>.

---

## 1 Introducción

Frente a los abordajes de tinte reduccionista habituales en la producción agropecuaria que focalizan su atención en unas pocas variables aisladas, la aplicación del enfoque de sistemas representa una visión totalizadora y macroscópica, que implica el reconocimiento de las interacciones entre sus elementos. La mirada sistémica posibilita comprender los mecanismos asociados a la productividad y a la eficiencia del conjunto, como así también la dinámica de sus propiedades a lo largo del tiempo.

Siguiendo el mandato cartesiano de dividir la realidad para hacerla comprensible y facilitar su interpretación, las disciplinas tradicionales han evolucionado dividiendo el proceso global de la producción agropecuaria en unidades cada vez menores. La adopción de esta estrategia analítica por parte de los investigadores, si bien contribuyó a un conocimiento más detallado de las partes, demoró la comprensión de los procesos integrales involucrados en el todo que no sólo las abarca, sino que también las excede (Bertalanffy, 1976; Viglizzo, 1989).

Un ejemplo de ello, es la búsqueda de la maximización del valor de una variable productiva en desmedro de las variables restantes, que ha alterado el equilibrio y deteriorado la eficiencia global de los sistemas productivos (Rabasa, 1980). Durante mucho tiempo el impacto y las consecuencias de este tipo de interacción fueron minimizados por algunos genetistas quienes aducían que sus efectos, de existir, deberían ser despreciables (Boettcher, 2001).

La evidencia experimental de la existencia de dicha interacción genotipo-ambiente no siempre es coincidente y, de hecho, es de esperar que se presente cuando existen grandes diferencias entre los genotipos y/o entre los ambientes, por lo cual los efectos están presentes especialmente en sistemas productivos con bajo o mediano control ambiental (Geay y Robelin, 1979; Molinuevo *et al.*, 1982; Oldham, Simm y Marsden, 1996). Todo sistema abierto recibe entradas a las que procesa y genera salidas. En el caso de los sistemas productivos, el concepto de eficiencia hace referencia a la manera más adecuada de utilizar los recursos, con la tecnología y los productos existentes.

Como resultado de este posicionamiento se considera que un proceso de producción es eficiente si se obtiene el máximo de salidas con las menores entradas posibles (Coelli *et al.*, 2005). En producción lechera, la expresión “maximizar las salidas” pue-

de presentar diferentes connotaciones: maximizar la producción individual por lactancia o maximizar la producción considerando la totalidad de la vida de la vaca lo que implica incluir en el análisis el éxito reproductivo. Los asesores de los establecimientos lecheros requieren de información actualizada y constante que les permita monitorear la actividad y planificar acciones que contribuyan a procesar las entradas de manera tal que impacten positivamente en las salidas del sistema.

Esta información, volcada en la forma de indicadores, debería reflejar adecuadamente lo que ocurre en el predio y servir de referencia para saber dónde se ubica cada establecimiento en cada momento. Los indicadores pretenden mostrar en forma simple y didáctica los logros derivados de la consecución de los objetivos asociados a las diferentes acciones que se proponen en un tambo, para que éstas puedan ser fácilmente entendibles y evaluadas. Los valores asociados a esos indicadores deben decir en qué medida se está cumpliendo con los objetivos planteados para la empresa (Piccardi, 2014; Carstensen, 2013) en tanto ayudan a comprender dónde se encuentra, hacia dónde va y cuán lejos está de las metas propuestas.

En tal sentido, son elementos de información que resumen las características de un sistema e “indican” lo que ocurre en el mismo. De acuerdo con el International Institute for Sustainable Development (IISD), un indicador permite cuantificar y simplificar fenómenos complejos mejorando nuestra comprensión de la realidad. Entre los indicadores más comunes en las explotaciones lecheras, se encuentran atributos de la producción de leche que pueden derivarse de las curvas de lactancia. Los parámetros que caracterizan a estas curvas y que, por tanto, se usan como elementos a evaluar son: la duración de la lactancia en días, los días en lactancia al pico de lactancia y los litros de leche al pico de lactancia (Keown *et al.*, 1986; Ludwick y Petersen, 1943). Los litros de leche ajustados a 305 días de lactancia, representan también un indicador productivo de uso frecuente que refiere a los litros de leche acumulados en una lactancia con esa duración teórica promedio (Piccardi, 2014).

Si bien los litros de leche producidos por una vaca pueden considerarse el indicador más trascendente en el marco de sistemas intensivos, no representan por sí solos el referente más apropiado para tornar operativa una variable compleja como la eficiencia productiva cuando se pretende aprove-

char las ventajas de los sistemas a pastoreo. En estos casos, se lo debería complementar, o incluso reemplazar, por otros indicadores más agregados que se constituyan en alternativas como medida más integral para valorar el comportamiento de la producción en aquellos sistemas en los que la pastura representa el componente básico de la dieta. Disponer de indicadores de esta naturaleza contribuiría a evitar la sobrevaloración de uno de los caracteres involucrados en la valoración de una buena vaca lechera por sobre otros también trascendentes y permitiría identificar los biotipos más adaptados a los distintos ambientes existentes en el lugar de la evaluación. El objetivo de este trabajo fue evaluar la eficiencia biológica de dos poblaciones de vacas lecheras, en un sistema a pastoreo, mediante el uso de dos indicadores productivos registrados a lo largo de 21 años.

## 2 Materiales y Métodos

Se utilizaron datos retrospectivos correspondientes a 300 vacas primíparas y multíparas de raza Holstein biotipo Americano-Canadiense con registros de toda su vida productiva, desde su incorporación al sistema hasta su venta o muerte, recolectados entre los años 1992 y 2012 en el tambo-cabaña Holando Argentino perteneciente a la Escuela Agrotécnica Gral. José de San Martín dependiente de la Universidad Nacional de Rosario. El mismo se encuentra ubicado en la localidad de Casilda, departamento Caseros, provincia de Santa Fe, Argentina (33° 02' 39" de latitud sur, 61° 10' 05" de longitud oeste).

El establecimiento cuenta con control lechero oficial de la Sociedad Rural de Totoras, Entidad Oficial N° 13 y presenta las siguientes características: (1) utiliza exclusivamente vacas de la raza Holstein; (2) la alimentación es básicamente a pastoreo (praderas de alfalfa) con suplementación (grano de maíz, silo de maíz y rollos) suministrada en diferentes proporciones de acuerdo a la disponibilidad estacional de las praderas de alfalfa; (3) se cumple con un control ginecológico periódico; (4) se realiza control lechero oficial; (5) se encuentra libre de brucelosis, tuberculosis, campilobacteriosis y tricomoniasis; con control de leptospirosis, rinotraqueitis infecciosa bovina y diarrea viral bovina; (7) los datos informados son confiables y (8) la inseminación artificial utiliza semen de origen americano y canadiense.

Estas características garantizan pautas mínimas de manejo en sanidad, alimentación y asistencia técnica que lo ubica por encima de la media general del Departamento citado, en estos aspectos. En el lapso relevado, todas las vacas se manejaron en las mismas instalaciones de ordeño. Los animales se dividieron en dos grupos: vacas puras (VP, n=120) y vacas con registro de cría (VRC, n=180). La diferencia entre ambas se basa en que las primeras se inseminan siempre con semen de toros probados mientras que dicha práctica no se mantiene de manera constante en el caso de las segundas. Para alcanzar la condición de vaca pura se requieren siete generaciones con padres probados, lo que implica que las integrantes del grupo de vacas con registro de cría están en distintos momentos de ese camino para lograrlo. Durante el período objeto de esta evaluación las vacas consumieron forrajes bajo pastoreo directo (pasturas polifíticas y verdes anuales de invierno y de verano) o conservados (silo de planta entera de maíz y de sorgo, henos de praderas) y concentrados (granos de maíz y de sorgo). En el mismo lapso, el ambiente climático fue muy variable, tanto en precipitaciones como en la combinación de temperatura y humedad relativa.

Se registraron las siguientes variables:

Producción de leche (PL) en litros: litros de leche producidos por vaca, ajustados a 305 días de lactancia.

Fecha de nacimiento (FN) en días.

Edad al primer parto (EPP) en días.

Producción total de leche (LT) en litros [ $LT = \sum pli$ ], donde pli son los litros producidos en el i-ésima lactancia.

Índice de leche (producción de leche por día de vida) il:  $LT/e$ , donde e es la edad en días al finalizar la última lactancia (Marini y Oyarzabal, 2002a,b).

Tanto las vacas puras como aquellas con registro de cría se clasificaron, a su vez, en tercios de acuerdo al valor de su producción total de leche (LT) quedando así definidas tres categorías para cada grupo: CB –vacas de baja producción, CM –vacas de producción media y CA –vacas de alta producción.

Para ambos grupos de vacas, por separado, se procedió a confeccionar, en primer término, los diagramas de dispersión resultantes de representar en forma conjunta los valores del índice de leche (Y) y la producción total de leche (X), correspondientes a cada individuo. En segunda instancia se realizaron

diagramas de dispersión vinculando los mismos indicadores, pero restringiendo la asociación a las vacas puras y con registro de cría, dentro de cada categoría (baja, media y alta) de producción.

## 2.1 Análisis estadísticos

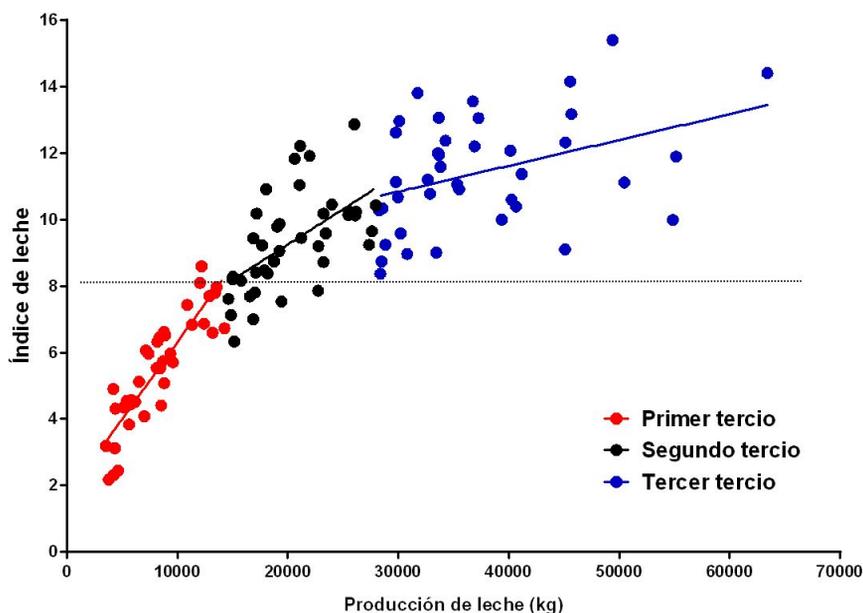
El grado de asociación entre ambos indicadores –producción total de leche e índice de leche– para las vacas puras y con registro de cría de cada tercio –baja, media y alta producción– se cuantificó a partir del cálculo del coeficiente de correlación producto-momento de Pearson.

Los datos –índice de leche versus producción de leche– para cada categoría productiva, tanto de las vacas puras como de las vacas con registro de cría, se ajustaron por regresión lineal simple, previa constatación del comportamiento lineal mediante un test de rachas o ciclos (Sheskin, 2011). Los estimadores de los parámetros de las rectas de regresión se compararon mediante un análisis de la covariancia. Las comparaciones entre tercios de producción para cada tipo de vaca (pura y con registro de cría) se limitaron a las respectivas pendientes, mientras que las correspondientes al tipo de vaca para cada nivel de producción (baja, media y alta) incluyeron también a las alturas (ordenada al origen) de las mismas.

## 3 Resultados

### 3.1 Comparación del comportamiento de las vacas pertenecientes a las categorías de baja, media y alta producción, en cada uno de los dos grupos: vacas puras y vacas con registro de cría

La Figura 1 resume la relación entre el índice de leche y la producción total de leche para las tres categorías productivas, en las vacas puras (VP). Se observa que a mayor producción de leche acumulada corresponde un mayor valor del índice de leche. Si bien se trata de una asociación esperada en tanto el valor de la producción forma parte del cálculo del IL, al considerar la totalidad de los datos, la asociación no es lineal, sino que muestra una tendencia a estabilizarse, lo que traduce en una disminución en el valor del coeficiente de correlación al pasar de las vacas menos productivas a las más productivas, de acuerdo con el siguiente detalle: Primer tercio (vacas de baja producción):  $r = 0,883$ ;  $P < 0,0001$ ; Segundo tercio (vacas de producción intermedia):  $r = 0,577$ ;  $P < 0,0001$  y Tercer tercio (vacas de alta producción):  $r = 0,391$ ;  $P = 0,0139$ .



**Figura 1.** Relación entre el índice de leche y la producción de leche acumulada de vacas Holstein biotipo Americano-Canadiense puras discriminadas por tercios según su producción

La Tabla 1 presenta los resultados derivados del ajuste lineal de cada uno de los tres tramos mencionados. Para ninguno de ellos se rechazó la hipótesis de linealidad (test de ciclos o rachas no significativo,  $P > 0,05$ ). Todas las pendientes fueron positivas

y significativamente diferentes de cero ( $P < 0,05$ ). Se observó una disminución del valor de la pendiente (diferencia entre pendientes estadísticamente significativa:  $F = 17,13$ ;  $P < 0,0001$ ) junto con un aumento de la variancia residual ( $Sy.x$ ).

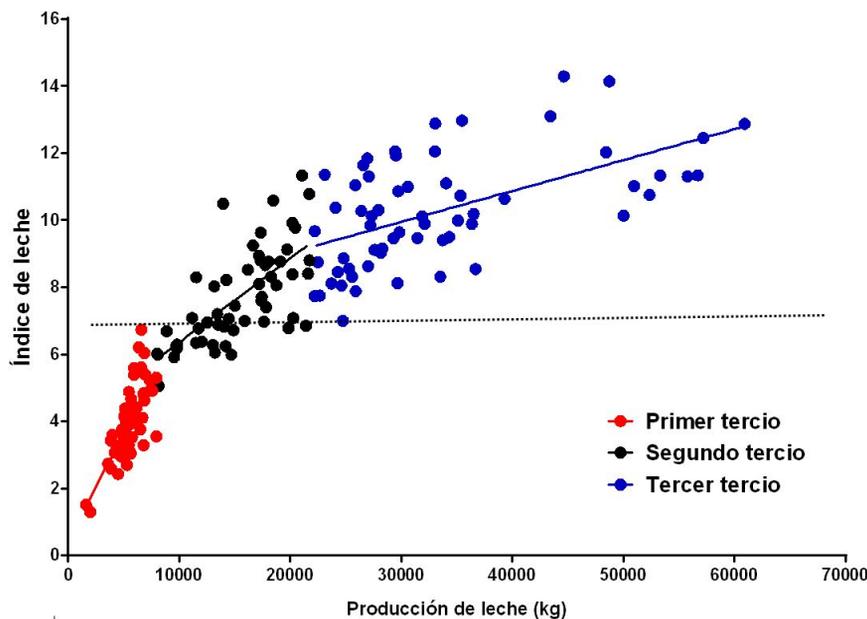
**Tabla 1.** Valor de la pendiente de regresión, test de linealidad y variancia residual de la relación entre el índice de leche y la producción total de leche en vacas Holstein biotipo Americano-Canadiense puras discriminadas en tercios por su producción acumulada de leche

	Primer tercio	Segundo tercio	Tercer tercio
$b \pm Sb$	0,000462 $\pm 0,000040$	0,000213 $\pm 0,000049$	0,000078 $\pm 0,000030$
$H_0) \beta = 0$	$F = 131$ $P < 0,0001$	$F = 18,9$ $P < 0,0001$	$F = 6,68$ $P = 0,0139$
$Sy.x$	0,785	1,233	1,589

$b \pm Sb$ : pendiente de la recta y error estándar de la estimación  
 $Sy.x$ : variancia residual

La Figura 2 resume la relación entre el índice de leche y la producción total de leche para las tres categorías productivas, en las vacas con registro de cría (VRC). Como era de esperar también en este caso se reitera que a mayor producción de leche acumulada corresponde un mayor valor del índice de leche. Nuevamente, si se consideran los datos en su

totalidad, la asociación no es lineal, sino que tiende a estabilizarse a juzgar por los valores de los respectivos coeficientes de correlación: Primer tercio (vacas de baja producción):  $r = 0,739$ ;  $P < 0,0001$ ; Segundo tercio (vacas de producción intermedia):  $r = 0,691$ ;  $P < 0,0001$  y Tercer tercio (vacas de alta producción):  $r = 0,568$ ;  $P < 0,0001$ .



**Figura 2.** Relación entre el índice de leche y la producción de leche acumulada de vacas Holstein biotipo Americano-Canadiense puras discriminadas por tercios según su producción

Al igual que en el caso de las vacas puras cada uno de los tres tramos se ajustó con una función lineal (Tabla 2). Para ninguno de dichos tramos se rechazó la hipótesis de linealidad (test de ciclos o rachas no significativo). Todas las pendientes fue-

ron positivas y significativas. También en esta categoría de animales se observó una disminución del valor de la pendiente (diferencia entre pendientes estadísticamente significativa:  $F = 18,82$ ;  $P < 0,0001$ ) junto con un aumento de la variancia residual ( $Sy.x$ ).

**Tabla 2.** Valor de la pendiente de regresión, test de linealidad y variancia residual de la relación entre el índice de leche y la producción total de leche en vacas Holstein biotipo Americano-Canadiense con registro de cría discriminadas en tercios por su producción acumulada de leche

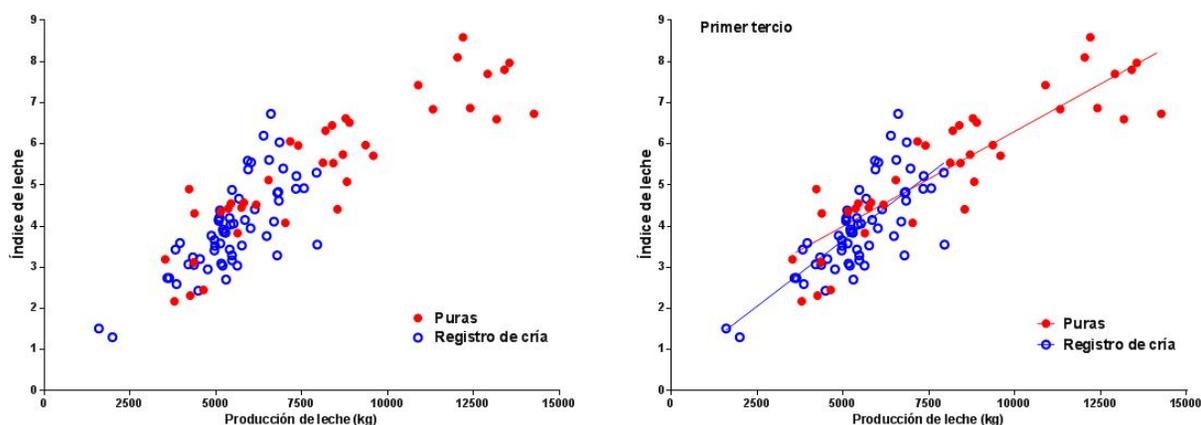
	Primer tercio	Segundo tercio	Tercer tercio
$b \pm Sb$	0,000641 $\pm 0,000077$	0,000250 $\pm 0,000036$	0,000092 $\pm 0,000017$
$H_0) \beta = 0$	$F = 70,0$ $P < 0,0001$	$F = 49,2$ $P < 0,0001$	$F = 28,2$ $P = 0,0001$
$Sy.x$	0,737	1,058	1,378

$b \pm Sb$ : pendiente de la recta y error estándar de la estimación  
 $Sy.x$ : variancia residual

### 3.2 Comparación del comportamiento de las tres categorías -baja, media y alta producción- entre vacas puras y vacas con registro de cría

La Figura 3 presenta la comparación del comportamiento del índice de leche en función de la produc-

ción total de leche entre VP y VRC pertenecientes al primer tercio (baja producción). La diferencia entre las pendientes fue estadísticamente significativa ( $F = 4,162$ ;  $P = 0,044$ ) correspondiendo mayor valor a las vacas con registro de cría (VRC:  $b = 0,00064$ ; VP:  $b = 0,00046$ ).



**Figura 3.** Comparación entre vacas puras y vacas con registro de cría de baja producción (a la izquierda: valores experimentales; a la derecha: ajustes lineales)

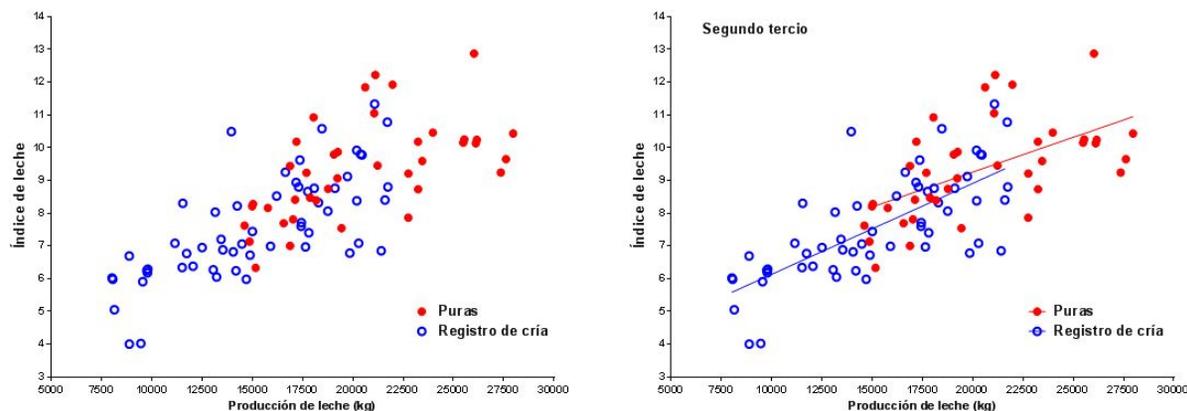
La Tabla 3 muestra que en el grupo de vacas con registro de cría hay un mayor porcentaje de animales que sólo permanecen en el sistema una única lactancia.

**Tabla 3.** Valores absolutos y relativos de vacas puras y registro de cría de baja producción discriminadas según el número de partos durante su vida productiva

N° de partos	Puras		Registro de Cría	
	N° de vacas	%	N° de vacas	%
1	21	54	37	62,7
2	11	28	11	18,6
3	5	12,8	8	13,6
4	1	2,6	2	3,4
5	1	2,6	1	1,7
<b>Total</b>	39	100	59	100

La Figura 4 presenta la comparación del comportamiento del índice de leche en función de la producción total de leche entre VP y VRC pertenecientes al segundo tercio (producción intermedia). La diferencia entre pendientes no fue estadísticamente significativa ( $F = 1,191$ ;  $P = 0,278$ ) lo que permitió calcular una pendiente común (0,00025)

y comparar las alturas de las rectas de regresión. Si bien la recta correspondiente a las vacas puras muestra una tendencia a ubicarse en el plano cartesiano por encima de la correspondiente a las vacas no puras, la diferencia no fue estadísticamente significativa ( $F = 2,493$ ;  $P = 0,118$ ) con una altura común igual a 3,94.



**Figura 4.** Comparación entre vacas puras y vacas con registro de cría de producción media (a la izquierda: valores experimentales; a la derecha: ajustes lineales)

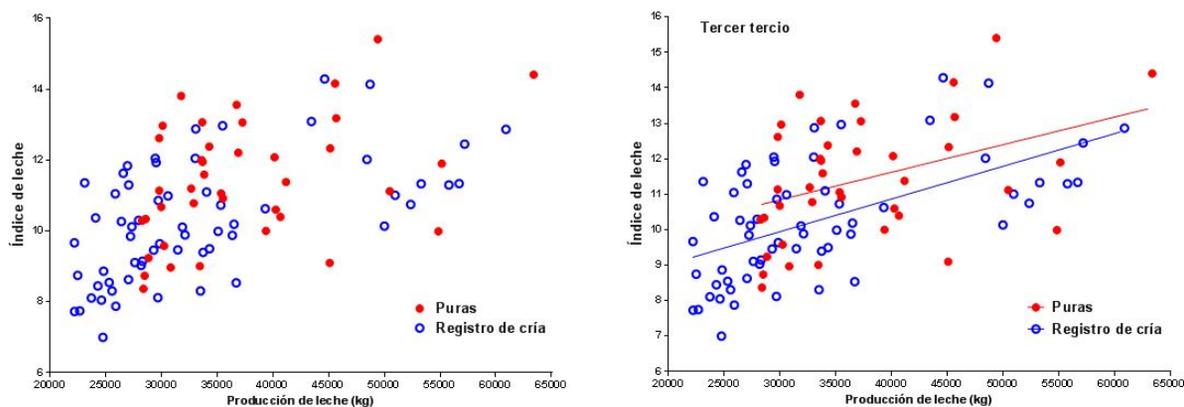
La Tabla 4 muestra que ambos grupos -vacas puras y vacas con registro de cría- poseen una similar distribución porcentual de animales con diferentes números de lactancias.

**Tabla 4.** Valores absolutos y relativos de vacas puras y registro de cría de la categoría de producción media discriminadas según el número de partos durante su vida productiva

N° de partos	Puras		Registro de Cría	
	N° de vacas	%	N° de vacas	%
1	2	5,0	9	15,0
2	14	35,0	12	20,0
3	9	22,5	20	33,3
4	8	20,0	5	8,3
5	1	2,5	10	16,7
6	4	10,0	3	5,0
7	1	2,5	0	0,0
8	1	2,5	1	1,7
<b>Total</b>	<b>40</b>	<b>100</b>	<b>60</b>	<b>100</b>

En la Figura 5, al igual que lo observado al comparar las vacas del segundo tercio, la diferencia entre pendientes no fue estadísticamente significativa ( $F = 1,185$ ;  $P = 0,668$ ) lo que permitió calcular una pendiente común (0,000088) y comparar las alturas. A diferencia de lo observado con las vacas del se-

gundo tercio, la recta correspondiente a las vacas puras del tercer tercio se ubica en el plano cartesiano por encima de la correspondiente a las vacas no puras con una diferencia estadísticamente significativa entre ambas ( $F = 7,023$ ;  $P = 0,009$ ).

**Figura 5.** Comparación entre vacas puras y vacas con registro de cría de alta producción (a la izquierda: valores experimentales; a la derecha: ajustes lineales)

En la Tabla 5 se observa que si se consideran vacas con hasta cinco partos la proporción de las mismas es mayor en las vacas puras [VP = 81,6% (32/38); VRC = 67,8% (40/59)] mientras que, si se

considera la proporción de vacas con más de cinco partos, la relación se invierte [VP = 18,4% (7/38); VRC = 32,2% (19/59)].

**Tabla 5.** Valores absolutos y relativos de vacas puras y registro de cría de la categoría de alta producción discriminadas según el número de partos durante su vida productiva

N° de partos	Puras		Registro de Cría	
	N° de vacas	%	N° de vacas	%
1	0	0	1	1,7
2	5	13,2	10	17
3	5	13,2	7	11,8
4	11	28,9	10	16,9
5	10	26,3	12	20,3
6	3	7,9	6	10,2
7	2	5,3	5	8,5
8	1	2,6	2	3,4
9	1	2,6	5	8,5
10	0	0	1	1,7
<b>Total</b>	38	100	59	100

## 4 Discusión

La discriminación de las vacas basada en la producción total de leche durante toda la vida (LT) permitió contar con tres categorías dentro de cada grupo (VP y VRC). Los límites de las categorías de producción baja, media y alta no se fijaron a priori, sino que se determinaron dentro del propio sistema, tratando de valorar las potencialidades y limitaciones que posee el mismo. En las Figuras 1 y 2, independientemente de si se trata del grupo de VP o de VRC, los menores valores de IL de la categoría de baja producción (vacas del primer tercio) podrían atribuirse directamente a dicha baja producción de leche por lactancia, que determina un menor valor del índice de leche, asociado también en parte a una menor longitud de su vida productiva-como se comprueba en la Tabla 3-indicando en el caso de las primeras una mayor relación entre el IL y la producción o, lo que es equivalente, un mayor impacto de otros componentes del IL sobre la relación estudiada aún con bajos niveles de producción.

La producción de leche y la eficiencia en la recría intervendrían solamente en la conformación del IL. Es por ello que la pendiente es mayor, porque habría más vacas de baja producción e IL. Mientras que en el caso de las vacas puras si hay una mayor participación de la reproducción. Las vacas que pertenecen al grupo de categoría de producción media son las de LT intermedia de leche, sin embargo, en este grupo existe vacas que poseen un mayor IL que algunas vacas que pertenecen al tercer tercio de producción. Este último resultado coincide con lo observado por Marini y Oyarzabal (2002a,b) que den-

tro del grupo de producción media aparecen tambos con los valores más altos o similares de IL, demostrando una mayor eficiencia de estas vacas de producción intermedia cuando se las compara con las de las otras dos categorías (Tabla 4).

Las vacas de la categoría de alta producción son las que poseen la mayor producción total y en general el mayor índice de leche. Este grupo representaría el tipo de vaca esperable si se aumentara el nivel productivo de las vacas de la categoría de baja producción, considerando a estas últimas el tipo de vaca con niveles productivos habituales en los tambos de la región, sin afectar su desempeño reproductivo (5000 a 15000 litros totales en su vida). Las vacas de la categoría de alta producción serían las vacas de mayor producción durante toda su vida la que, si bien presentan en parte el mismo índice de leche promedio que las vacas pertenecientes a la categoría de producción intermedia, lo logran aumentando la producción a expensas de un deterioro en los valores reproductivos, VP:498±78; VRC:452±41 intervalo parto-parto en días (Marini *et al.*, 2017).

A medida que aumenta la producción de leche acumulada, además de disminuir el valor de la asociación, se constató un aumento de la variancia de los datos. Para producciones acumuladas de más de 30.000 kg, correspondientes a vacas de alta producción, se constatan valores de IL = 14 tanto en vacas con producciones de 30.000 como en aquellas con 65.000 kg de leche. Lo mismo ocurre si se toma como referencia un valor de IL = 9. Ello indica que a medida que aumenta el valor de la producción acumulada adquieren importancia otros componentes que forman parte del índice de leche y que contri-

buyen a su variancia (Figuras 1 y 2).

Como ocurre con las vacas puras en las vacas con registro de cría también se observó una disminución de la asociación entre producción de leche acumulada e índice de leche a medida que aumenta la primera de ellas, si bien las asociaciones correspondientes a las vacas de producción intermedia y alta tendieron a ser mayores en el caso de las vacas con registro de cría. Además de disminuir el valor de la asociación se constató un aumento de la variancia de los datos, aumento que en este caso fue menor, tal vez vinculado a un menor impacto de los aspectos reproductivos sobre los valores del IL en este tipo de animal.

Camargo (2011) planteó que, a la vaca lechera de alto rendimiento, mediante una presión selectiva, continua, desbalanceada y descuidada se la ha venido adaptando mecánicamente a las necesidades del mercado y simultáneamente acercando al límite de su potencial vital. Cada vez se hace más difícil acondicionarle un medioambiente no-limitante, siendo casi imposible lograrlo durante la fase inicial de su lactancia ((Lucy, 2001, 2003; Mackey *et al.*, 2007). Esto se profundiza en los sistemas a pastoreo, en donde en casi todo el año el ambiente es limitante.

Con los criterios de evaluación actuales que priorizan los aspectos productivos, las vacas que pertenecen a la categoría de alta producción en primer término, y luego las vacas de la categoría de media producción, serían las mejores al presentar tanto las mejores producciones de leche diaria como promedio por lactancia. Pero, cuando se las evalúan en función de sus índices de leche, las vacas pertenecientes a la categoría de alta producción ya dejan de ser mejores a las de la categoría de media producción, en tanto estas últimas, con menores valores productivos poseen mejores índices reproductivos exhibiendo el mismo índice de leche.

Un índice de leche para vacas Puras de 8,5 litros/día se puede obtener con vacas de 12000 (CB), 22000 (CM) y 29000 litros (CA) (Figura 1, indicándolo la línea horizontal), y un índice de leche para vacas Registro de Cría de 6,5 litros/día se puede obtener con vacas de 9000 (CB), 15000 (CM) y 21000 litros (CA) (Figura 2, indicándolo la línea horizontal) y su valor pone en evidencia el deterioro reproductivo y de longevidad concomitante al mejor desempeño productivo (Figura 1 y 2, Tabla 3, 4 y 5) más allá de las diferencias entre ambos grupos de vacas (VP y VRC).

La diferencia está dada por el número de partos, un indicador de la longevidad de cada grupo. Independientemente que ambos presentan medianas iguales 1 y el también igual rango (1-5), la distribución porcentual del número de partos no es igual para cada grupo. La razón de porqué las vacas puras tienen mayor IL, es que aun perteneciendo al mismo tercio tienen mayor producción y eso impacta positivamente en el valor promedio del IL. La producción acumulada (media aritmética  $\pm$  error estándar) de las VP de la categoría de alta producción es de  $37.471 \pm 1.372$  kg, significativamente mayor que el valor ( $33.516 \pm 1.313$  kg) correspondiente a las vacas no puras de la categoría de alta producción.

Esta información confirma resultados anteriores que indican que una mayor producción individual al finalizar la vida productiva de la vaca (LT) no siempre garantiza una mejor eficiencia productiva (Marini y Oyarzabal, 2002a,b; Marini *et al.*, 2017). En los sistemas productivos basados en el pastoreo directo existiría un límite en la producción esperable de una vaca por encima del cual se resiente su reproducción y por ende su permanencia en el rodeo. Dado que para producir leche la vaca debe reproducirse se está en presencia de un claro antagonismo que debe tenerse en cuenta al momento de decidir los criterios de mejoramiento a aplicar en este tipo de sistemas.

Según Mancuso (2017) una buena vaca para los sistemas a pastoreo podría considerarse aquella que produzca las mayores cantidades de sólidos, a partir de las menores cantidades de insumos financieros y físicos, con habilidad para caminar, pastorear, con aptitud para ser ordeñada con un mínimo de trabajo y mayor eficiencia reproductiva (Nauta *et al.*, 2006; Kolver *et al.*, 2002; Roderick, 2008). Este tipo de animal posibilitaría el crecimiento genuino de los rodeos lecheros, con mayor incorporación de vaquillonas al rodeo (aumento del rodeo) que descarte involuntario, aspecto esencial para la sustentabilidad de este tipo de establecimientos (Madalena, 2002, 2011; Laborde, 2004; Molinuevo, 2005).

El contar con información sobre las implicancias de la selección direccional por producciones de interés, por un lado, para definir criterios de selección que no deprimen otros caracteres como los reproductivos y, por otro, para contribuir a la discusión sobre cómo determinar cuáles son los biotipos más adaptados y redituables en sistemas a pastoreo que conduzcan a una mayor sustentabilidad de dichos

sistemas. En las Figuras 1 y 2 se pone de manifiesto una clara dispersión del potencial expresado por parte de las vacas, independientemente del grupo (VP y VRC), en los 21 años de análisis en donde a pesar de una búsqueda de mayor producción la misma no solo no puede alcanzarse para todas, sino que además las vacas más productoras no terminan siendo las más eficientes en el sistema.

En la Argentina, desde que en el año 1992 comenzó la masiva importación de semen de origen americano y canadiense, invirtiendo los valores de exportación e importación (Etcheverry, 2012; Musi, 2008; Casanova *et al.*, 2011), la búsqueda de una mayor producción individual se impuso masivamente como un criterio general para todos los establecimientos lecheros. La vaca que pertenece a la categoría de producción media parece ser la que mejor mantiene un equilibrio entre lo que produce y el ambiente en que vive, y esto le permite tener estabilidad a lo largo de su vida productiva y mayor predictibilidad en su comportamiento.

Aunque no es la vaca que más produce por lactancia, en muchos casos llega a ser la vaca más eficiente: produce más litros por día al finalizar su vida productiva (IL), con mejores indicadores reproductivos. Las vacas de producción media para los sistemas de producción a pastoreo en regiones templadas serían las más adaptadas, ya que no expresarían un desequilibrio significativo entre su potencial genético para producción de leche y los niveles de alimentación que puede garantizar el sistema.

## 5 Conclusiones

Si bien la producción total por vaca expresada como litros de leche puede ser un indicador de eficiencia en sistemas intensivos con alto control medioambiental que priorizan el desempeño individual, en los sistemas a pastoreo debería contemplarse la contribución de otras variables incluidas en el índice de leche -longevidad, eficiencia en la recria y comportamiento reproductivo-en la búsqueda de un indicador agregado tendiente a lograr una mayor eficiencia productiva.

## Referencias

Bertalanffy, Ludwig von. 1976. *Teoría general de los sistemas: fundamentos, desarrollo, aplicaciones*. Fon-

do de Cultura Económica, p. 311, México D. F. Online: <https://goo.gl/9vg2wD>.

Boettcher, P.J. 2001. "2020 vision? The future of dairy cattle breeding from an academic perspective." *Journal of Dairy Science* 84:E62-E68.

Camargo, Omar. 2011. "La vaca lechera: Entre la eficiencia económica y la ineficiencia biológica." *Archivos de Zootecnia* 61(237):13-29. Online: <https://goo.gl/pi7YpQ>.

Carstensen, Kelli Ann. 2013. "A Comparison of the Efficiency and Profitability of Holsteins and Jerseys." Online: <https://goo.gl/p1Yt46>.

Casanova, D, M.P., Schneider, C.I. Andere, N.E. Rodríguez, E.M. Rubio, M. Juliarena, C. Díaz y M.J. Carabaño. 2011. "Análisis de la longevidad funcional de la raza Holando Argentina." *Sitio Argentino de Producción Animal*. Online: <https://goo.gl/EbyHBU>.

Coelli, Timothy J, Dodla Sai Prasada Rao, Christopher J O'Donnell y George Edward Battese. 2005. *An introduction to efficiency and productivity analysis*. Springer Science & Business Media. Online: <https://goo.gl/BvPK6n>.

Etcheverry, Mariano. 2012. "Situación y evolución del mercado de la genética bovina en la Argentina y el mercado internacional." Cámara Argentina de Biotecnología de la Reproducción e Inseminación Artificial. Jornada CABIA 40 años.

Geay, Y y J Robelin. 1979. "Variation of meat production capacity in cattle due to genotype and level of feeding: Genotype-nutrition interaction." *Livestock Production Science* 6(3):263-276. Online: [https://doi.org/10.1016/0301-6226\(79\)90044-7](https://doi.org/10.1016/0301-6226(79)90044-7).

Keown, J.F., R.W. Everett, N.B. Empet y L.H. Wadell. 1986. "Lactation Curves." *Journal of Dairy Science* 69(3):769-781. Online: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(86\)80466-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(86)80466-0).

Kolver, ES, JR Roche, MJ de Veth, PL Thorne y AR Napper. 2002. Total mixed rations versus pasture diets: Evidence for a genotype x diet on the concentration of amino acid-derived volatiles in milk. In *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production*. Vol. 62 New Zealand Society of Animal Production Palmerston North: New Zealand Society of Animal Production pp. 246-251. Online: <https://goo.gl/Cit5T2>.

- Laborde, D. 2004. Las estrategias de mejoramiento genético del Ganado lechero en Uruguay: Coincidencias y Contradicciones. In *XXXII Jornadas Uruguayas de Buiatría*.
- Lucy, M.C. 2001. "Reproductive Loss in High-Producing Dairy Cattle: Where Will It End?" *Journal of Dairy Science* 84(6):1277–1293. Online: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(01\)70158-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(01)70158-0).
- Lucy, MC. 2003. "Mechanisms linking nutrition and reproduction in postpartum cows." *Reproduction (Cambridge, England) Supplement* 61:415–427. Online: <https://goo.gl/CcVVB8>.
- Ludwick, T.M. y W.E. Petersen. 1943. "A Measure of Persistency of Lactation in Dairy Cattle1." *Journal of Dairy Science* 26(5):439–445. Online: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(43\)92739-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(43)92739-0).
- Mackey, D. R., A. W. Gordon, M. A. McCoy, M. Verner y C. S. Mayne. 2007. "Associations between genetic merit for milk production and animal parameters and the fertility performance of dairy cows." *animal* 1(1):29–43.
- Madalena, FE. 2002. Cruces entre razas bovinas para producción económica de leche. III Curso internacional de ganadería de doble propósito. In *XI Congreso Venezolano de producción e industria animal. Valera del*. Vol. 22 pp. 1–17. Online: <https://goo.gl/efSkn2>.
- Madalena, FE. 2011. "Manejo de los recursos genéticos para el desarrollo de sistemas de producción de leche sostenibles." *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal* 19(1–2):8–10. Online: <https://goo.gl/juz7JF>.
- Mancuso, Walter Alberto. 2017. "Evaluación y comparación de grupos genéticos lecheros en un sistema a pastoreo de la comarca lechera de Entre Ríos, Argentina." Online: <https://goo.gl/qbXa6Z>.
- Marini, PR, R Castro, E Frana y RJ Di Masso. 2017. "Multivariate Characterization of Biological Efficiency in Dairy Cows in Grazing Systems." *Sustainable Agriculture Research* 6(4):83. Online: <https://goo.gl/PqsLnZ>.
- Marini, PR y MI Oyarzabal. 2002a. "Patrones de producción en vacas lecheras. 1 Componentes de la producción y sus características según nivel de producción." *Rev. Arg. Prod. Anim* 22(1):29–46.
- Marini, PR y MI Oyarzabal. 2002b. "Patrones de producción en vacas lecheras. 2 Componentes de la producción y sus características según nivel de producción." *Rev. Arg. Prod. Anim* 22(1):47–60.
- Molinuevo, Héctor A. 2005. *Genética bovina y producción en pastoreo*. Buenos aires :. inta,. 2005. 347 p. : 21 cm. ed. INTA,. Online: <https://goo.gl/S1wvJA>.
- Molinuevo, Héctor Ariel, Lilia Magdalena Melucci, JL Bustamante y María Cristina Miquel. 1982. "Interacción genético-ambiental en crecimiento de novillos cruza en condiciones de pastoreo." *World*. Online: <https://goo.gl/XYQP9J>.
- Musi, Daniel. 2008. Genética y producción. In *XI Congreso Nacional de Lechería*. Online: <https://goo.gl/JSg265>.
- Nauta, W.J., R.F. Veerkamp, E.W. Brascamp y H. Bovenhuis. 2006. "Genotype by Environment Interaction for Milk Production Traits Between Organic and Conventional Dairy Cattle Production in The Netherlands." *Journal of Dairy Science* 89(7):2729–2737. Online: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72349-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72349-9).
- Oldham, J.D, G Simm y S. Marsden. 1996. "Nutrition-genotype interactions in dairy cattle.".
- Piccardi, Mónica Belén. 2014. Indicadores de eficiencia productiva y reproductiva en rodeos lecheros PhD thesis Facultad de Ciencias Agropecuarias. Online: <https://goo.gl/V1vtCi>.
- Rabasa, S. 1980. "Importancia relativa de los componentes de la producción." *Jornadas de Genética Aplicada. Famaillá (INTA)* 18. Online: <https://goo.gl/5w5TDk>.
- Roderick, Stephen. 2008. "Dairy cow breeding for organic farming." Online: <https://goo.gl/5B8ETs>.
- Sheskin, D.J. 2011. *Handbook of Parametric and Non-parametric Statistical Procedures: 5th Edition*. CRC Press. Online: <https://goo.gl/ERLkcn>.
- Viglizzo, Ernesto F. 1989. La interacción sistema - ambiente en condiciones extensivas de producción. In *14 Congreso Argentino de Producción Animal; Mendoza, AR. 7 al 9 de junio de 1989*. Online: <https://goo.gl/22Vpd8>.



## MEJORAMIENTO DE LA EFICIENCIA DE LA PROTEÍNA DE LOS PASTOS EN BOVINOS DE LECHE UTILIZANDO CUATRO FORMULACIONES DE BALANCEADOS

### IMPROVEMENT OF THE EFFICIENCY OF THE GRASS PROTEIN IN DAIRY CATTLE USING FOUR DIFFERENT FEED FORMULATIONS

Francisco Gutiérrez<sup>1\*</sup>, Alex Estrella<sup>1</sup>, Eduardo Irazábal<sup>1</sup>, Víctor Quimiz<sup>1</sup>,  
Arnulfo Portilla<sup>1</sup>, Nancy Bonifaz<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Agrícolas, Carrera de Ingeniería Agronómica de la Universidad Central del Ecuador

<sup>2</sup>Grupo de Investigación NUNKUI WAKAN, Universidad Politécnica Salesiana del Ecuador, Campus Girón: Av. Isabel la Católica N. 23-52 y Madrid.

\*Autores para correspondencia: [fgutierrez@uce.edu.ec](mailto:fgutierrez@uce.edu.ec), [nbonifaz@ups.edu.ec](mailto:nbonifaz@ups.edu.ec)

Artículo recibido el 13 de febrero de 2017. Aceptado, tras revisión, el 9 de agosto de 2018. Publicado el 1 de septiembre de 2018.

#### Resumen

La ganadería es la actividad agropecuaria más difundida en el mundo, siendo la principal fuente de alimento el pasto. En esta investigación se evaluó la eficiencia del uso de la proteína bruta (PB) en pastos, utilizando cuatro formulaciones diferentes de balanceados en la alimentación de bovinos. Cuando los pastos tuvieron >18% de PB, los mejores resultados se obtuvieron con un balanceado 12% de (PB), y los elementos no nitrogenados (ENN) en un 68% aumentó la producción de leche, disminuyendo el contenido de proteína ( $p < 0,05$ ) y el nivel de nitrógeno ureico en leche (MUN). Por otro lado, cuando los pastos se encuentran entre 14 -18% de PB, se obtuvieron los mejores resultados con balanceados que contienen una (PB)  $\leq 14\%$  y los (ENN)  $\geq 61\%$ , mejoró la producción de leche y el contenido de proteína ( $p < 0,05$ ) y el nivel de MUN disminuye; mientras que si la (PB) en los pastos  $< 14\%$  requiere una cantidad adicional de (PB) proveniente del balanceado, se obtuvieron los mejores resultados con balanceados de (PB)  $> 16\%$  y un (ENN)  $< 57\%$ , aumentando la producción de leche y el contenido de proteína ( $p < 0,05$ ), mejorando el contenido de MUN en leche.

**Palabras claves:** producción bovina, suplementación, mezcla forrajera, nitrógeno ureico en leche.

### Abstract

Cattle raising is the most difused activity in the world. The main source of feeding is the grass. In this research, the efficiency of the crude protein (CP) in grass was evaluated using four different feed formulations in the cattle feeding. When the grass had >18% of CP, the best results were obtained with cattle feed of 12% of CP and non-nitrogenous elements (NNE) in a 68%. It increased the milk production and the protein content, and the milk urea nitrogen(MUN) decreased. On the other hand, if the grass had between 14-18% of CP, the best results were obtained with cattle feed containing CP  $\leq$  of 14% and the NNE  $\geq$  of 61%. It also improved the milk production and the protein content, and the MUN level decreased. Whereas, if the CP in the grass was <14%, it required an additional quantity of CP coming from the cattle feed. The best results were obtained with cattle feed with CP>16% and NNE <57%, increasing the milk production and the protein content, improving the content of MUN in milk.

**Keywords:** bovine production, supplementation, fodder mix, milk urea nitrogen.

---

Forma sugerida de citar: Gutiérrez, F., Estrella, A., Irazábal, E., Quimiz, V., Portilla, A. y Bonifaz, N. 2018. Mejoramiento de la eficiencia de la proteína de los pastos en bovinos de leche utilizando cuatro formulaciones de balanceados. *La Granja: Revista de Ciencias de la Vida*. Vol. 28(2):116-123. <http://doi.org/10.17163/lgr.n28.2018.09>.

---

## 1 Introducción

La demanda de productos pecuarios en el mundo aumenta progresivamente según (FAO, 2009), esto se debe a dos factores principalmente: al incremento de la población a nivel mundial, y al poder adquisitivo logrando que las personas puedan consumir productos con un mayor valor; esto presenta un desafío ya que esta actividad tiene que integrarse en un contexto de recursos naturales finitos, debe contribuir a los medios de subsistencia, seguridad alimentaria a largo plazo y dar respuesta al cambio climático (FAO, 2017a). El sector ganadero es el mayor consumidor mundial de tierras agrícolas a través del pastoreo y el uso de cultivos forrajeros. La ganadería es responsable de la mayor parte del uso mundial de tierras; los pastizales y tierras de cultivo dedicadas a la producción de alimentos para el ganado representan casi el 80 por ciento de todas las tierras agrícolas (Batallas, 2009).

El ganado vacuno aporta un 40% del valor de la producción agrícola mundial y sostiene los medios de vida y la seguridad alimentaria de casi 1 300 millones de personas. El sector ganadero es uno de los sectores que más rápido crece en la economía agrícola. El crecimiento y la transformación del sector ofrecen oportunidades para el desarrollo agrícola, la reducción de la pobreza y la mejora de la seguridad alimentaria (FAO, 2017b).

La intensificación de los sistemas ganaderos actualmente evalúa las pérdidas de nitrógeno que se producen mediante la emisión de gases a la atmósfera (amoníaco, óxido nítrico, y óxido nítrico), y la escorrentía de nitratos a aguas superficiales y subterráneas. Las pérdidas de nitrógeno se pueden reducir mediante la mejora de la eficiencia por el animal

para usar la proteína alimentaria, disminuyendo la pérdida durante el almacenamiento y el manejo de las excretas (Díaz, 2016b). Cuando un vacuno se alimenta solo de pastos y forrajes su pérdida de nitrógeno a la atmósfera es menor comparado a cuando recibe una dieta compuesta de pastos y concentrados (Rua, 2016).

En Ecuador las ganaderías utilizan un sistema pastoril para su producción, por lo tanto, es necesario analizar a los sistemas como un todo, es decir la relación entre suelo-planta-animal, ya que el crecimiento del pasto obedece a los nutrientes del suelo, y los nutrientes del pasto tienen incidencia sobre la producción de los animales (Batallas, 2009).

La presente investigación relaciona el contenido de proteína que tienen las pasturas y la interacción que tienen con el contenido de proteína del balanceado, y cómo influyen estos sobre la producción de leche, contenido de proteína y urea en leche.

## 2 Materiales y Métodos

Esta investigación se realizó en el Campus Académico Docente Experimental "La Tola" de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Central del Ecuador, ubicada en la parroquia Tumbaco del cantón Quito, provincia de Pichincha, a 2 465 msnm latitud 00° 14'46" S, longitud 78°22'00" O, con una temperatura anual de 16,3 °C, precipitación anual 870,3 mm, y una humedad relativa anual 71,75%. Para el estudio se eligieron 12 vacas raza Holstein Friesan con más de un parto, las mismas que fueron distribuidas en tres grupos de 4 animales de acuerdo a tercio de lactancia; en el primer tercio (0 a 100 días), segundo tercio de (100 a 200 días) y en el tercer tercio (>a 200 días)

**Tabla 1.** Composición bromatológica de los balanceados.

Tratamientos	(PB) %	(EE) %	(FB) %	Cenizas %	(ENN) %
T1	12	4	8	8	68
T2	14	3	13	9	61
T3	16	4	13	10	57
T4	18	4	13	10	55

(PB)=Proteína Bruta; FB=Fibra Bruta; EE=Extracto Etéreo;  
(ENN)=Elementos no Nitrogenados

En la investigación se evaluaron cuatro tratamientos que fueron balanceados con diferentes formulaciones, en las cuales se consideró el nivel de (PB) iniciando con 12% y aumentando hasta el 18%; también se consideró la cantidad de (FB) y (ENN) (Tabla 1). Se utilizó el diseño experimental cuadrado latino, usando cuatro unidades experimentales con cuatro tratamientos, el tercio de lactación fue considerado como una covariable para las variables que tuvieron una diferencia estadística ( $p < 0,05$ ) se

realizó la prueba de Tukey. Los animales fueron sometidos a los tratamientos con un periodo de transición entre las dietas de dos semanas, las dos raciones diarias del balanceado fueron proporcionadas a las 3:00 a.m. y 3:00 p.m. en el momento de la rutina de ordeño. La cantidad de la ración diaria se calculó de acuerdo al tratamiento y a la producción de leche de los animales, por cada 5 litros de leche recibían 1 Kg de balanceado, tal como se muestra en la Tabla 2.

**Tabla 2.** Distribución de los tratamientos en los animales en los tercios de lactación.

Animales	Tratamientos			
Animal 1	T1	T2	T3	T4
Animal 2	T4	T1	T2	T3
Animal 3	T3	T4	T1	T2
Animal 4	T2	T3	T4	T1

El registro de producción de leche se tomó a diario con ayuda de un decalitro. En los días 7 y 21 de cada uno de los tratamientos contados luego de la fase de transición se tomó una muestra de leche de 40 ml en frascos estériles, para ser enviados en un envase refrigerado al laboratorio de calidad de leche de la Universidad Politécnica Salesiana, ubicada en la ciudad de Cayambe. Las muestras fueron sometidas al análisis composicional (proteína, grasa, lactosa, sólidos totales y sólidos no grasos) y de Nitrógeno Ureico en leche (MUN), el método utilizado en el laboratorio es de espectrofotometría por infrarrojo, en el equipo MILKOSCAN FT 6200, protocolo PEE02.

El segundo análisis dentro de la investigación fue determinar la proteína bruta de las pasturas que consumían los animales al momento del estudio. Se tomó la muestra de la mezcla forrajera con la ayuda de un cuadrante de 50 cm de largo por 50 cm de ancho, la cual fue tomada por medio de un corte rasante a nivel del suelo, luego se pesó para determinar la materia verde. La muestra de la pastura se transportó al laboratorio de Nutrición y Salud Animal de la Facultad de Ciencias Agrícolas, de la Universidad Central del Ecuador. Para determinar el contenido de materia seca de la muestra se analizaron 200 g de la misma en una estufa a 68 °C por 24 horas. La muestra de materia seca obtenida de cada uno de los tratamientos y repeticiones se molió en una malla 750 micras para ser utilizada en los

análisis de proteína ((PB)), extracto etéreo (EE), fibra bruta (FB) y cenizas, los métodos utilizados fueron los que determina la AOAC (2010). Para el análisis de proteína ((PB)) se utilizó el método semimicro Kjeldahl, que consiste en una digestión caliente con H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentrado y catalizador, el nitrógeno amínico, imínico y de otros tipos; la muestra se convierte en (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, que posteriormente por acción de un álcali (NaOH) se descompone liberando amoníaco (NH<sub>3</sub>) que se destila y se recoge en ácido bórico. Finalmente el ácido proporcional a la cantidad de nitrógeno es valorado por retroceso con un ácido normalizado y a partir de la cantidad de ácido que ha reaccionado con el amoníaco.

## 3 Resultados

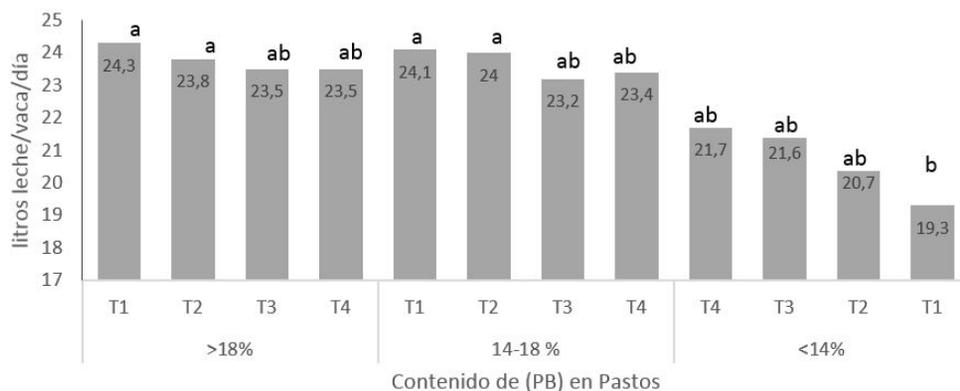
### 3.1 Producción de leche

Las mejores producciones de leche se obtuvieron con el T1 y T2 (ver Figura 1), cuando los pastos tenían >18% de (PB) y entre 14 - 18% (PB), mientras que el T3 y T4 registraron producciones menores; los mejores tratamientos fueron el T3 y T4 con la (PB) en pastos <14%. Gagliostro (2012) interpreta el contenido de proteína en las pasturas y concluyen que un contenido mayor al 20% es muy alto y provoca excesos de NH<sub>3</sub> a nivel ruminal, y su eliminación es costosa y se debe suplementar con granos de alta degradabilidad ruminal. Contenidos en

tre 16 y 20% provoca leves excesos de  $\text{NH}_3$  a nivel ruminal y asegura un adecuado funcionamiento ruminal, mientras que contenidos menores al 12% son inadecuados para la producción de leche y para las buenas ganancias de peso vivo, excepto para la terminación.

Una dieta deficiente en proteína hace que se vacíen los depósitos corporales en la sangre, hígado y músculos. Como consecuencia, disminuye la producción de la leche y el contenido de proteína de la misma, y a la vez aumenta la deposición de grasa corporal (Velez, 2015). Una dieta deficiente en proteína hace que se vacíen los depósitos corporales en la sangre, hígado y músculos. Como consecuencia baja la producción de leche y el contenido de proteína de la misma y a la vez aumenta la deposición de grasa corporal (Velez, 2015). Los requerimientos de proteína cruda depende de la etapa de lactación para una etapa temprana es de 18 – 17%, para una etapa media es de 17 y 16%, y tardía entre 16 y 15% (Ishler, Heinrichs y Varga, 2013). Para vacas produciendo 20 a 25 l/día, 16% de PB en la dieta aparece como adecuado, siendo factible proveerla con

la mayoría de los forrajes (INTA, 2014). Existe una clara relación entre el nivel creciente de proteína en la ración y la producción de leche, existiendo una disparidad de criterios que van desde el 14 hasta el 18% de proteína bruta (Zaragoza, Seguí y Sanz, 1998). La suplementación de las vacas permite balancear a la pradera, la proteína de la pradera debe ser corregido a través del aporte de concentrados con buen aporte de carbohidratos no estructurales fermentables en el rumen para aumentar la síntesis de proteína microbiana y disminuir los altos niveles de amonio y la excreción de urea en leche y orina, una vacas podría producir hasta 26 litros de leche al día solo con forrajes (Klein, s.f.). Las pasturas en los sistemas de producción reales presentan limitantes físicas y de calidad que hacen que los consumos logrados sean menores a los valores potenciales en producción de leche, lo que hace necesario introducir la suplementación (Cangiano, 2011). La base de la alimentación de las vacas debe ser el forraje que debe complementarse con un concentrado cuyas características de composición varían para completar al forraje (Shimada Miyasaka, 2003).

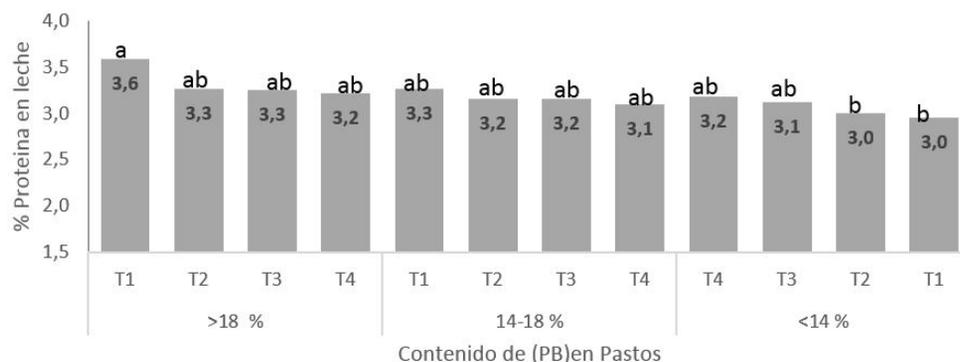


**Figura 1.** Influencia del contenido de proteína bruta en pastos y balanceado sobre la producción de leche/vaca/día. (PB)=proteína bruta

### 3.2 Contenido de proteína en leche

Para la variable proteína en leche, el tratamiento que mejor se comportó fue el T1 con pasturas de >18%, alcanzando un 3,6% (ver Figura 2). Los demás tratamientos con diferentes contenidos de (PB) de los pastos tuvieron valores de proteína en leche entre 3,3% y 3,1%; a excepción del tratamiento T2

Y T1 con un contenido de (PB) en pastos <14%. Esto demuestra que a este nivel los animales tuvieron deficiencias de (PB) en la dieta. El promedio de proteína en leche para la raza Holstein Friesian es 3,3% (Hazard, 2015), y el contenido mínimo de proteína en leche cruda para ser comercializado en Ecuador según la norma (INEN, 2015) es de 2,9%.



**Figura 2.** Influencia del contenido de proteína bruta en pastos y los tratamientos sobre el contenido de proteína en leche. (PB)=proteína bruta

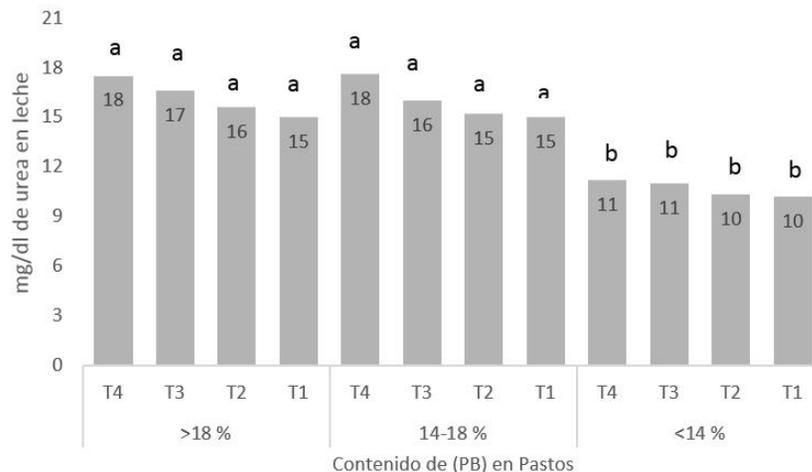
Los sistemas pastoriles de zonas templadas presentan un desbalance entre energía y proteína, esto se debe a que las pasturas tienen alta calidad (elevada digestibilidad y alta proteína); cuanto mayor sea la calidad de la pastura mayor deberá ser la degradabilidad efectiva del almidón (Santini, 2014). Si la relación energía y proteína es la adecuada entonces las bacterias del rumen pueden sintetizar el  $\text{NH}_3$  y transformarlo a proteína bacteriana; la calidad de la proteína bacteriana es elevada para los rumiantes, esto se refleja en una mayor síntesis de proteína láctea en la ubre. Aproximadamente el 95% del nitrógeno en leche se encuentra en forma de proteína; el resto se encuentra en sustancias como la urea, creatina, glucosamina y amoníaco, que pasan de la sangre a la leche (McDonald, 1999). El objetivo de la proteína en los rumiantes es proporcionar la adecuada cantidad de proteína degradada en rumen para optimizar la eficiencia del rumen y obtener el deseada producción animal con la mínima cantidad de proteína cruda (Dairy Cattle Nutrition, 2001).

Actualmente se mide la eficiencia de uso del nitrógeno (EUN), esta se calcula como la proporción de nitrógeno excretado en leche o carne sobre el nitrógeno consumido. En rumiantes la (EUN) promedio es del 25%, esta se puede mejorar limitando el contenido de proteína en las dietas, y se ha demostrado que dietas con un contenido de 16,5% son suficientes para obtener producciones máximas en vacunos lecheros de alta producción (Díaz, 2016a). La eficiencia media de la utilización del nitrógeno en bovino lechero es del 26% (Calsamiglia, 2014). Ganar eficiencia en los nutrientes consumidos por parte de los animales es un reto permanente de la producción lechera y desarrollar una tecnológica

que desarrolle sistemas dinámicos de alimentación. (Martínez del Olmo, 2015). La inclusión de suplementos concentrados modifica la composición de la leche, en general con una disminución en la concentración de grasa y un aumento de contenido de proteína de la leche (Bargo, 2003).

### 3.3 Contenido de urea en la leche (MUN)

En MUN no se encontró diferencia ( $p < 0,05$ ) para los valores comprendidos entre el >18% y entre 14 y 18% de (PB); sin embargo, el T4 registró un valor elevado, 18 mg/dl de MUN como se muestra en la Figura 3; mientras que el contenido de (PB) <14% presentó diferencias con los dos niveles anteriores, registrando valores menores a los aceptables entre 11 y 10 mg/dl de MUN. Los valores más adecuados de urea en leche en trabajos realizados en Ecuador están entre 12 y 15 mg/dL, valores superiores a 18 mg/dL implican alto riesgo en el manejo productivo y reproductivo de los bovinos de leche (Bonifaz y Gutiérrez, 2013). Los valores por tratamiento oscilan entre 9 y 18,3 mg/dL los menores valores de MUN se encontraron en vacas de alta producción y fueron aumentado a medida que avanza la lactancia y la producción de leche disminuye (Peña, 2002). Los valores de urea en sangre o leche inferiores a 2,5 mmol/L (7,0 mg/dL MUN o PUN), indica bajos contenido de proteína degradable en la dieta en relación a la disponibilidad ruminal de energía, mientras que valores superiores a 7,0 mmol/L (19,6 mg/dL MUN o PUN) indica una situación inversa (Scandolo, 2007). El nivel de MUN puede variar entre razas de vacas de leche el MUN en vacas de raza Holstein es de 14.18 mg/dL (Doska *et al.*, 2012).



**Figura 3.** Influencia del contenido de proteína bruta en pastos y balanceado sobre el contenido de Urea en leche (MUN). mg= miligramos; dl=decilitro; (PB)=proteína bruta

El exceso de proteína hace que el animal produzca secreciones de urea sintetizadas a partir del amoníaco del rumen; el nitrógeno excretado en leche y heces está relacionado positivamente y de forma lineal con el nitrógeno consumido, mientras que el nitrógeno excretado en orina está relacionado exponencialmente con el consumo de nitrógeno, esto demuestra la importancia de no suministrar proteína por encima de las necesidades del animal (Díaz, 2016b).

Un exceso de proteína (más de 18% de PC) aumenta el nivel de urea en la sangre y la leche, en especial si es fácilmente degradable, también afecta el hígado puesto que tiene que transformar el  $\text{NH}_3$  en urea.

Esta transformación es un proceso paulatino, y mientras tanto el exceso de  $\text{NH}_3$  que circula en la sangre afecta la reproducción por un cambio en el pH del útero después de la ovulación y por el efecto tóxico del amoníaco y de sus metabolitos sobre los gametos y el embrión (Elrod y Butler, 1993).

Los excesos de urea pueden afectar los procesos reproductivos a través de los efectos tóxicos sobre el óvulo, los espermatozoides y el embrión (Melendez, 2011).

La transformación de amoníaco en urea demanda una cantidad considerable de energía, por lo que disminuye la disponibilidad de energía para procesos productivos y además requiere del aminoácido arginina; si la cantidad de amoníaco es alta puede presentarse una deficiencia de arginina que afecta la producción (Zinn y Owens, 1993).

## 4 Conclusiones y Recomendaciones

La (PB) de los pastos tienen una influencia directa sobre la producción de leche, contenido de proteína en leche y MUN; dependiendo de la (PB) en pastos se debe completar la dieta de los bovinos con un balanceado específico que potencialice el metabolismo ruminal y la síntesis de productos finales, como la producción de leche y su contenido de nutrientes. Esto se evidenció cuando los pastos tuvieron un contenido de (PB) >18%, utilizando balanceados con 12% de (PB) y (ENN) superior al 60%, lo cual aumentó la producción de leche y el contenido proteína, y disminuyó los niveles de MUN; cuando el contenido de (PB) en el pasto se encuentra entre 14 - 18%, la (PB) en el balanceado debe ser  $\leq 14\%$  para que la producción de leche y contenido de proteína se incremente y disminuya el nivel de MUN; cuando el contenido de (PB) <14% en el pasto implica que es deficiente para la producción de leche, por lo que se debe utilizar balanceados con una (PB) >16%, esto mejora la producción, el contenido de proteína y los niveles MUN.

## Referencias

- AOAC. 2010. "Official Methods of Analysis. En: USA: W. Horwitz & G. Latimer."
- Bargo, F., Muller L. Delahoy J. E. & Cassidy T. W. 2003. "Production and Digestion of Supplemented

- Dairy Cows on Pasture." *Journal of Dairy Science*, 2(86) .
- Batallas, C. 2009. "Introducción a los sistemas de producción Ganaderos. Sangolquí-Ecuador: Centro de Posgrados de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE."
- Bonifaz, Nancy y Francisco Gutiérrez. 2013. "Correlación de niveles de urea en leche con características físico-químicas y composición nutricional de dietas bovinas en ganaderías de la provincia de Pichincha." *La Granja* 18(2):33-42.
- Calsamiglia, S. 2014. "Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal (FEDNA)."
- Cangiano, C. & Brizuela, M. 2011. "Producción Animal en Pastoreo." *segunda ed. Bueno Aires - Argentina: Ediciones INTA.* .
- Dairy Cattle Nutrition. 2001. "Nutrient Requirements of Dairy Cattle." *septima ed. Washington D.C.: National Academy Sciences.* .
- Díaz, F. 2016a. "Reduciendo emisiones de nitrógeno." *Infortambo Andina* 4(90).
- Díaz, F. 2016b. "Revisando la Dieta." *Infortambo Andina* 6(92).
- Doska, Maria Cecília, Delma Fabíola Ferreira da Silva, José Augusto Horst, Altair Antônio Valloto, Paulo Rossi Junior y Rodrigo de Almeida. 2012. "Sources of variation in milk urea nitrogen in Paraná dairy cows." *Revista Brasileira de Zootecnia* 41(3):692-697.
- Elrod, CC y WR Butler. 1993. "Reduction of fertility and alteration of uterine pH in heifers fed excess ruminally degradable protein." *Journal of animal science* 71(3):694-701.
- FAO. 2009. "La larga sombra del ganado problemas ambientales y opciones." *FAO ed. Roma-Italia: FAO.* .
- FAO. 2017a. "La ganadería y el medio ambiente." *FAO ed. Roma-Italia: FAO.* .
- FAO. 2017b. "Producción Animal." *FAO ed, Roma-Italia: FAO.* .
- Gagliostro, G. 2012. "Principios de nutrición y suplementación de bovinos en pastoreo." *Balcarce-Argentina, INTA.* .
- Hazard, S. 2015. "Variación de la composición de la leche." *INIA Chile* 2(22).
- INEN. 2015. "Leche Cruda, Requisitos." *novena ed. Quito-Ecuador: Intitituto Ecuatoriano de Normalización.* .
- INTA. 2014. "Nutrición animal aplicada." *Balcarce - Argentina: INTA, EEA Balcarce.* .
- Ishler, V, J Heinrichs y G. Varga. 2013. "From feed to milk: understanding rumen function. Extension circular penn state university." *Issue* 422 .
- Klein, F. s.f. "Utilización de Praderas y Nutrición de Vacas en Pastoreo."
- Martinez del Olmo, D. 2015. "Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal (FEDNA)."
- McDonald, E. & Greenhalgh, M. 1999. "Nutrición Animal." *quinta ed. Zaragoza- España: Acribia S.A.*
- Melendez, P. & Wainstein, A. 2011. "No siempre más es mejor." *Mundo Agro* 5(18).
- Peña, C. 2002. "Importancia del nitrógeno ureico de la leche como Índice para evaluar la eficiencia productiva." *Revista Acovez* 1(27).
- Rua, M. 2016. "¿Qué huella dejar?" *Infortambo Andina* 1(87).
- Santini, F. 2014. "Conceptos básicos de la nutrición de rumiantes." *INTA, ed. Nutrición Animal Aplicada. Balcarce-Argentina.* .
- Scandolo, D. 2007. "Sitio Argentino de Producción animal."
- Shimada Miyasaka, Armando. 2003. Nutrición animal. Technical report México, MX: Trillas.
- Velez, M. 2015. "Nutrición del Ganado Lechero." *primera ed. Francisco Morazan-Honduras: Universidad Zamorano.* .
- Zaragoza, C, A Seguí y E Sanz. 1998. "Relaciones entre la producción y el contenido de proteína con los factores de la producción de leche."
- Zinn, RA y FN Owens. 1993. "Ruminal escape protein for lightweight feedlot calves." *Journal of animal science* 71(7):1677-1687.



## EFECTO DE LA INCLUSIÓN ALIMENTICIA DE BETAÍNA EN CERDOS EN FASE DE FINALIZACIÓN

### EFFECT OF DIETARY INCLUSION OF BETAINE IN FINISHING PIGS

Romel Joaquín Páez Bustillos, Jorge Eduardo Grijalva Olmedo,

Jimmy Rolando Quisirumbay-Gaibor\*

*Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Central del Ecuador, Av. Universitaria, Quito 170129, Ecuador.*

\*Autor para correspondencia: [jrquisirumbay@uce.edu.ec](mailto:jrquisirumbay@uce.edu.ec)

Artículo recibido el 27 de noviembre de 2017. Aceptado, tras revisión, el 9 de agosto de 2018. Publicado el 1 de septiembre de 2018.

#### Resumen

El consumidor de carne porcina demanda de un producto de calidad y con menor contenido de grasa, exigiendo que el nutricionista busque nuevas alternativas en la alimentación del cerdo. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la inclusión dietaria de betaína. Los parámetros productivos y rendimiento a la canal fueron evaluados, un total de 30 de cerdos machos castrados en fase de finalización (Landrace × Yorkshire) fueron alimentadas con una dieta control o con la dieta experimental adicionada con 0.1% de betaína durante 29 días. El consumo diario promedio de alimento (CDPA) fue similar en ambos grupos ( $P > 0.05$ ). La ganancia diaria promedio de peso (GDP), conversión alimenticia (CA) y rendimiento a la canal (RC) para los cerdos alimentados con la dieta de betaína fue significativamente mayor ( $p < 0.05$ ) en comparación con la dieta no suplementada. El espesor de grasa dorsal (EGD) fue menor en el grupo experimental ( $p < 0.05$ ). La inclusión alimenticia de betaína al 0.1% en fase de finalización mejora la ganancia diaria de peso, conversión alimenticia y disminuye el contenido de grasa de la canal

**Palabras clave:** betaína, cerdos, grasa, canal, nutrición.

**Abstract**

The pork consumer demands a quality product with a lower fat content, requiring the nutritionist to look for new alternatives in the feeding of pigs. The objective of this study was to evaluate the effect of dietary betaine. The performance and dressing proportion were evaluated, a total of 30 finishing barrows (Landrace × Yorkshire) were fed a control diet or with the experimental diet added with 0.1% betaine for 29 days. The average daily feed intake (CD-PA) was similar in both groups ( $P>0.05$ ). The average daily weight gain (GDP), feed conversion (CA) and dressing proportion (RC) in betaine group was significantly higher ( $p<0.05$ ) compared to the non-supplemented diet. Backfat thickness (EGD) was lower in the experimental group ( $p<0.05$ ). The dietary betaine inclusion of 0.1% in barrows improves daily weight gain, feed conversion and reduces carcass fat content.

**Keywords:** betaine, pigs, fat, dressing proportion, nutrition.

---

Forma sugerida de citar: Páez Bustillos, J. E., Grijalva Olmedo, J. E. y Quisirumbay-Gaibor, J. R. 2018. Efecto de la Inclusión Alimenticia de Betaína en Cerdos en Fase de Finalización. *La Granja: Revista de Ciencias de la Vida*. Vol. 28(2):124-131. <http://doi.org/10.17163/lgr.n28.2018.10>.

---

## 1 Introducción

La betaína, conocida también como trimetilglicina, es un derivado del aminoácido glicina que se encuentra normalmente en una gran variedad de plantas y animales (Saarinen *et al.*, 2001). Su principal función es actuar como donador de grupos metilo (Craig, 2004), favorece la síntesis de creatina y carnitina y disminuye los requerimientos de otras moléculas donadoras de metilo como la metionina y la colina (Eklund *et al.*, 2005; Ratriyanto *et al.*, 2009; Simon, 1999).

Se ha demostrado su papel como osmo-protector (Kidd, Ferket y Garlich, 1997) de manera especial en ambientes de alta osmolaridad en algunos microorganismos (Boch, Kempf y Bremer, 1994) y cultivos celulares (Horio *et al.*, 2001). Tiene un bajo costo y mucha seguridad en su uso alimenticio (Day y Kempson, 2016).

En los últimos años se ha descubierto que la betaína participa en la regulación de los genes de transporte y oxidación de ácidos grasos (Cai *et al.*, 2016), así como en los genes para la síntesis de lípidos y colesterol (Albuquerque *et al.*, 2017). Existe evidencia de un papel ahorrador de energía de la betaína en el metabolismo de los cerdos en crecimiento, en especial bajo condiciones específicas como por ejemplo la limitación de la ingesta de alimento y de energía en la dieta (Siljander-Rasi *et al.*, 2003; Wray-Cahen *et al.*, 2004). Demostrando así que la suplementación con betaína afecta la partición de energía (Fernández-Figares *et al.*, 2002) y podría mejorar el valor energético de las dietas (Schrama *et al.*, 2003).

Es importante mencionar que los primeros resultados en cuanto al uso de la betaína en la alimentación de cerdos en finalización ha sido inconsistente, reportándose una ausencia de efecto o un efecto mínimo sobre el crecimiento, consumo de alimento, ganancia diaria de peso y depósito de tejido adiposo (Matthews *et al.*, 1998; Overland, Rørvik y Skrede, 1999).

Sin embargo, en otros trabajos se ha determinado que la inclusión de betaína en cerdos en crecimiento-finalización favorece el desempeño productivo (Yang *et al.*, 2009) disminuye el contenido de grasa en la carcasa (Huang *et al.*, 2006; Nakev *et al.*, 2009; Sales, 2011) y el espesor de grasa dorsal beneficiando a la industria porcina (Feng *et al.*, 2006; Lawrence *et al.*, 2002; Ribeiro *et al.*, 2011).

De igual forma, se ha encontrado que la inclusión de betaína favorece la formación de ácidos grasos saturados al utilizar DDGs (30%) en la alimentación de cerdos, disminuyendo así la proporción de ácidos grasos insaturados (Wang *et al.*, 2015) y mejora el color de la carne (Su *et al.*, 2013). También se ha demostrado que la betaína reduce la producción total de calor corporal (Schrama *et al.*, 2003) y favorece el desempeño reproductivo en épocas calurosas (Cabezón *et al.*, 2016; Lugar *et al.*, 2018; van Wettere, Herde y Hughes, 2012).

Con lo señalado anteriormente, el objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la inclusión dietaria de 1 mg/kg de betaína sobre parámetros productivos, rendimiento a la canal y espesor de grasa dorsal en cerdos, cuando se les ofreció alimento ad libitum entre los 66 a 100 kg de peso vivo.

## 2 Materiales y métodos

Este trabajo se desarrolló en la granja porcina "La Maresca", ubicada en Cayambe, Pichincha-Ecuador. Se utilizó un total de 30 cerdos machos castrados F1 (Landrace X Yorkshire) con un peso medio inicial de  $66 \pm 4$  kg y 110 días de edad distribuidos de manera aleatoria en dos grupos: control y experimental (0.1 % de betaína), 15 cerdos por tratamiento. Los cerdos fueron alojados en corrales individuales ( $3.75 \text{ m}^2$ ) considerándose cada cerdo como una unidad experimental, el alimento y el agua fueron administrados ad libitum.

Las dietas se elaboraron a partir de maíz y soya para cubrir los requerimientos nutricionales del National Research Council (2012). La composición de los ingredientes y el contenido nutricional de las dietas usadas en el experimento se muestran en la Tabla 1. El experimento tuvo una duración de 29 días, 24 horas antes del sacrificio el alimento fue retirado aunque los cerdos tuvieron acceso al agua de bebida hasta el faenamiento (139 días de edad).

Las variables evaluadas fueron: consumo diario promedio de alimento (CDPA), ganancia diaria de peso (GDP), conversión alimenticia (CA), rendimiento a la canal (RC) y espesor de grasa dorsal (EGD). El rendimiento a la canal se calculó como el peso de la carcasa como porcentaje del peso vivo antes del sacrificio. El espesor de grasa dorsal se midió con un calibrador manual en la última costilla una vez que la canal fue dividida por la mitad.

**Tabla 1.** Composición y contenido nutricional de las dietas

Ingrediente	Control	Experimental
Maíz (%)	77,86	77,76
Pasta de soya (%)	19	19
Carbonato de Calcio (%)	1,1	1,1
Aceite de soya (%)	1	1
Sal (%)	0,3	0,3
Fosfato dicálcico (%)	0,23	0,23
L-Lisina HCl (%)	0,01	0,01
Premezcla vitamínica-mineral <sup>a</sup> (%)	0,5	0,5
Betaína (%)	-	0,1
Composición de la dieta		
Energía Metabolizable (kcal/kg)	3300	3300
Proteína Cruda (%)	14,5	14,5
Calcio total (%)	0,5	0,5
Fósforo total (%)	0,45	0,45
Lisina Total (%)	0,8	0,8

<sup>a</sup>La premezcla aporta la siguiente cantidad de micronutrientes por kilogramo de dieta: vitamina A, 7600 IU; vitamina D, 1500 IU; vitamina E, 10 mg; vitamina K3, 2.0 mg; vitamina B1, 1.0 mg; vitamina B6, 1.0 mg; vitamina B2, 3.0 mg; vitamina B12, 12 µg; ácido pantoténico, 7 mg; niacina, 12 mg; Zn, 105 mg; Fe, 100 mg; Cu, 20 mg; Mn, 45 mg; I, 0.3 mg; Se, 0.3 mg.

### 3 Análisis estadístico

Para el experimento se utilizó un diseño completamente aleatorizado (DCA), cada cerdo fue considerado como una unidad experimental. Para la diferencia entre medias se utilizó la prueba de t de student para muestras independientes, con un nivel de significancia de 0.05.

## 4 Resultados y discusión

### 4.1 Consumo diario promedio de alimento (CDPA)

No hubo diferencia significativa ( $P > 0.05$ ) (Tabla 2) siendo el consumo de  $2,64 \pm 0,001$  kg para el testigo y  $2,63 \pm 0,004$  kg para el grupo experimental. La información obtenida concuerda con los resultados encontrados por Feng *et al.* (2006), estudio en el cual el grupo que recibió betaína (1.25 mg/kg) pre-

sentó un consumo de 2,39 *vs.* 2,34 en el grupo control ( $P > 0.05$ ). Similar a estos resultados fueron los encontrados por Wang *et al.* (2015) en el que cerdos alimentados con DDGs al 30% que recibieron betaína (0.1%) presentaron un consumo de 2,65 *vs.* 2,71 kg/día del grupo control (sin DDGs ni betaína).

Así también coinciden con los encontrados en el estudio realizado por Schrama *et al.* (2003), donde se evaluó la inclusión de betaína a un nivel de 1,29 g/kg de alimento (0,129%), donde no hubo diferencia significativa ( $P > 0.10$ ) 1 548 kg *vs.* 1 558 kg para el grupo control y experimental, respectivamente, durante un periodo de tres semanas de experimentación; aunque este estudio se realizó en cerdos entre los 35 a 46 kg de peso vivo. Sin embargo estos resultados no concuerdan con los obtenidos por Yang *et al.* (2009) en el que hubo de manera significativa ( $P < 0,05$ ) un menor consumo de alimento en cerdos que recibieron betaína a un nivel de inclusión de 0,2% frente al grupo control y a los niveles de 0,4 y 0,6% de betaína.

**Tabla 2.** Efecto de la inclusión dietaria de betaína (0.1 %) en cerdos en finalización

Variable	Control	Experimental
Peso final (kg)	94,75 ± 1,01 a	103,99 ± 1,78 b
Ganancia diaria de peso (kg/d)	0,99 ± 0,02 a	1,31 ± 0,03 b
Consumo diario de alimento (kg/d)	2,64 ± 0,001 a	2,63 ± 0,004 a
Conversión alimenticia	2,68 ± 0,04 a	2,02 ± 0,04 b
Rendimiento a la canal (%)	80,9 ± 0,38 a	82,07 ± 0,27 b
Espesor de grasa dorsal (mm)	17,27 ± 0,21 a	13,93 ± 0,37 b

Los valores presentados son la media ± error estándar. Las medias dentro de una misma fila con letras distintas difieren significativamente ( $p < 0.05$ ).

## 4.2 Ganancia Diaria de Peso (GDP)

Se encontró una diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) con mayor ganancia en el grupo experimental 1,31 ± 0,03 kg/d frente al grupo control 0,99 ± 0,02 kg/d. Estas observaciones están en acuerdo con las encontradas en el estudio realizado por Yang *et al.* (2009) en el que cerdos entre 65-100 kg alimentados con betaína al 0,2; 0,4 y 0,6% difieren significativamente ( $P < 0,05$ ) del grupo control, 0,94; 1,16; 1,07 y 0,91 kg/d, respectivamente. De igual manera, en el estudio realizado por Ribeiro *et al.* (2011) se encontró que el grupo que recibió betaína al 0,2% presentó la mayor GDP (1 055 kg/d) frente al grupo testigo (0,967 kg/d).

Sin embargo estos datos difieren de los obtenidos en cerdos entre los 62,5 a 92,5 kg de peso vivo, que no presentaron diferencias significativas ( $P > 0,05$ ) 0,715 kg/d y 0,748 kg/d para el grupo control y betaína (1,25 mg/kg), respectivamente (Feng *et al.*, 2006). De manera similar en el estudio realizado por Wang *et al.* (2015) en cerdos entre los 58 a 94 kg no existió diferencia significativa ( $P > 0,05$ ) entre el grupo que recibió betaína (0,1%) y el control 0,85 vs. 0,87, respectivamente. Una tendencia similar a los estudios de Feng *et al.* (2006); Wang *et al.* (2015) se encontró cuando la betaína fue utilizada a un nivel de inclusión de 0,129% en cerdos entre 35 a 46 kg siendo la GDP de 0,651 para el grupo experimental y 0,648 para el grupo testigo (Schrama *et al.*, 2003).

## 4.3 Conversión Alimenticia (CA)

Se encontró diferencia significativa ( $P < 0,05$ ) entre los dos tratamientos grupo experimental 2,02 ± 0,04, mientras que el grupo testigo fue de 2,67 ± 0,04. Esta

información concuerda con lo encontrado por Yang *et al.* (2009) en el que los cerdos que recibieron betaína al 0,2; 0,4 y 0,6% presentaron una menor conversión alimenticia ( $P < 0,05$ ) frente al grupo control 3; 2,8; 3,01 y 3,45, respectivamente. Así también lo demostró Ribeiro *et al.* (2011) en el que la CA fue menor en el grupo que recibió betaína al 0,2% (3,038) al compararlo con el grupo control (3,470).

Sin embargo estos resultados no concuerdan con los encontrados por Feng *et al.* (2006) en los cuales no hubo diferencia significativa ( $P > 0,05$ ) 3,27 para el grupo control y 3,22 para los cerdos que recibieron betaína (1,25 mg/kg). De igual manera no se encontró diferencia significativa en el estudio realizado por Wang *et al.* (2015), en el que se obtuvo una conversión alimenticia similar de 3,11 para ambos grupos control y betaína (0,1%). Además en cerdos entre los 35 a 46 kg no se encontró diferencia significativa ( $P > 0,10$ ) presentando ambos grupos una CA de 2,39 (Schrama *et al.*, 2003).

## 4.4 Rendimiento a la canal

Los resultados obtenidos para el grupo testigo fueron 80,90 ± 0,38% y para el grupo experimental 82,07 ± 0,27% encontrándose una diferencia significativa ( $P < 0,05$ ) a favor del grupo experimental. Estos resultados no concuerdan con los reportados por Feng *et al.* (2006) en los cuales no se encontró diferencia significativa ( $P > 0,05$ ) para cerdos faenados a los 92,5 kg de peso vivo que consumieron betaína (1,25 mg/kg) frente al grupo control. Tampoco se encontró diferencia significativa en el estudio realizado por Wang *et al.* (2015) en el que el rendimiento fue de 77,05% para el grupo control y 75,64% para el grupo de betaína en cerdos faenados a los 94 kg.

#### 4.5 Espesor de grasa dorsal

Se encontró diferencia significativa ( $P < 0,05$ ), siendo mayor el depósito de grasa en el grupo testigo  $17,27 \pm 0,21$  mm vs el grupo experimental  $13,93 \pm 0,37$  mm. Los datos coinciden con los encontrados por Feng *et al.* (2006) a pesar que la medición se realizó a nivel de la décima costilla  $24,9$  mm vs.  $22,7$  mm obteniéndose una reducción de un  $8,84\%$  ( $p < 0,05$ ) a favor del grupo que consumió betaína ( $0,125\%$ ).

Así también se encontró que en cerdos faenados a los 150 días de edad, aquellos que recibieron betaína al nivel de  $0,2\%$  presentaron menor espesor de grasa dorsal  $14,7$  mm vs. el grupo testigo  $15,4$  mm (Ribeiro *et al.*, 2011). Además en un experimento realizado por Schrama *et al.* (2003) en el cual se incluyó betaína al  $0,129\%$  se favoreció un mayor depósito de proteína 3 semanas después de iniciado el experimento. Sin embargo estos resultados no coinciden con los reportados por Wang *et al.* (2015) donde no se encontró diferencia significativa ( $P > 0,05$ ) entre los cerdos del grupo control  $28$  mm vs. cerdos del grupo que recibió betaína  $27$  mm.

### 5 Conclusiones y recomendaciones

La inclusión alimenticia de betaína al  $0,1\%$  en la dieta de cerdos en fase de finalización mejora los parámetros productivos de ganancia diaria de peso y conversión alimenticia. Además, favorece la formación de masa muscular disminuyendo el depósito de grasa dorsal. Se recomienda realizar más estudios en los que se evalúe mayores niveles de inclusión de betaína y se desafíe a los cerdos con menores niveles de energía.

### Referencias

- Albuquerque, A, José A Neves, M Redondeiro, Marta Laranjo, MR Felix, Amadeu Freitas, José L Tirapicos y José M Martins. 2017. "Long term betaine supplementation regulates genes involved in lipid and cholesterol metabolism of two muscles from an obese pig breed." *Meat science* 124:25–33.
- Boch, Jens, Bettina Kempf y Erhard Bremer. 1994. "Osmoregulation in *Bacillus subtilis*: synthesis of the osmoprotectant glycine betaine from exogenously provided choline." *Journal of Bacteriology* 176(17):5364–5371.
- Cabezón, FA, AP Schinckel, BT Richert, KR Stewart, M Gandarillas, M Pasache y WA Peralta. 2016. "Effect of betaine supplementation during summer on sow lactation and subsequent farrowing performance." *The Professional Animal Scientist* 32(5):698–706.
- Cai, Demin, Junjian Wang, Yimin Jia, Haoyu Liu, Mengjie Yuan, Haibo Dong y Ruqian Zhao. 2016. "Gestational dietary betaine supplementation suppresses hepatic expression of lipogenic genes in neonatal piglets through epigenetic and glucocorticoid receptor-dependent mechanisms." *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Molecular and Cell Biology of Lipids* 1861(1):41–50.
- Craig, Stuart AS. 2004. "Betaine in human nutrition." *The American Journal of Clinical Nutrition* 80(3):539–549. Online: <http://dx.doi.org/10.1093/ajcn/80.3.539>.
- Day, Christopher R y Stephen A Kempson. 2016. "Betaine chemistry, roles, and potential use in liver disease." *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-General Subjects* 1860(6):1098–1106.
- Eklund, M, E Bauer, J Wamatu y R Mosenthin. 2005. "Potential nutritional and physiological functions of betaine in livestock." *Nutrition research reviews* 18(1):31–48.
- Feng, J, X Liu, YZ Wang y ZR Xu. 2006. "Effects of betaine on performance, carcass characteristics and hepatic betaine-homocysteine methyltransferase activity in finishing barrows." *Asian Australasian Journal of animal sciences* 19(3):402.
- Fernández-Figares, Ignacio, Diane Wray-Cahen, NC Steele, RG Campbell, DD Hall, E Virtanen y TJ Caperna. 2002. "Effect of dietary betaine on nutrient utilization and partitioning in the young growing feed-restricted pig." *Journal of Animal Science* 80(2):421–428.
- Horio, Masaru, Akiko Ito, Yasuko Matsuoka, Toshiaki Moriyama, Yoshimasa Orita, Masaru Takenaka y Enyu Imai. 2001. "Apoptosis induced by hypertonicity in Madin Darley canine kidney cells: protective effect of betaine." *Nephrology Dialysis Transplantation* 16(3):483–490.
- Huang, Qi-Chun, Zi-Rong Xu, Xin-Yan Han y Wei-Fen Li. 2006. "Changes in hormones, growth factor and lipid metabolism in finishing pigs fed betaine." *Livestock Science* 105(1-3):78–85.

- Kidd, MT, PR Ferket y JD Garlich. 1997. "Nutritional and osmoregulatory functions of betaine." *World's Poultry Science Journal* 53(2):125-139.
- Lawrence, BV, AP Schinckel, O Adeola y K Cera. 2002. "Impact of betaine on pig finishing performance and carcass composition." *Journal of animal science* 80(2):475-482.
- Lugar, DW, T Gellert, J Proctor, P Wilcock, B Richert y KR Stewart. 2018. "Effects of supplementation with betaine and superdosed phytase on semen characteristics of boars during and after mild heat stress." *The Professional Animal Scientist* 34(4):326-338.
- Matthews, JO, LL Southern, JE Pontif, AD Higbie y TD Bidner. 1998. "Interactive effects of betaine, crude protein, and net energy in finishing pigs." *Journal of animal science* 76(9):2444-2455.
- Nakev, J, T Popova, V Vasileva *et al.* 2009. "Influence of dietary betaine supplementation on the growth performance and carcass characteristics in male and female growing-finishing pigs." *Bulg J Agric Sci* 15(3):263-8.
- National Research Council. 2012. *Nutrient requirements of swine*. National Academies Press.
- Overland, M, KA Rørvik y A Skrede. 1999. "Effect of trimethylamine oxide and betaine in swine diets on growth performance, carcass characteristics, nutrient digestibility, and sensory quality of pork." *Journal of Animal Science* 77(8):2143-2153.
- Ratriyanto, A, R Mosenthin, E Bauer, M Eklund *et al.* 2009. "Metabolic, osmoregulatory and nutritional functions of betaine in monogastric animals." *Asian-Austral J Animal Sci* 22:1461-1476.
- Ribeiro, Paulo Roberto, Rodolfo Nascimento Kronka, Maria Cristina Thomaz, Melissa Izabel Hannas, Fernanda Marcussi Tucci, Antônio João Scandolera y Fábio Enrique Lemos Budiño. 2011. "Diferentes níveis de betaína sobre incidência de diarreia, desempenho, características de carcaça e parâmetros sanguíneos de suínos." *Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science* 48(4):299-306.
- Saarinen, Markku T, Hannele Kettunen, Katriina Pulliainen, Seppo Peuranen, Kirsti Tiihonen y Janet Remus. 2001. "A novel method to analyze betaine in chicken liver: effect of dietary betaine and choline supplementation on the hepatic betaine concentration in broiler chicks." *Journal of agricultural and food chemistry* 49(2):559-563.
- Sales, J. 2011. "A meta-analysis of the effects of dietary betaine supplementation on finishing performance and carcass characteristics of pigs." *Animal feed science and technology* 165(1-2):68-78.
- Schrama, JW, MJW Heetkamp, PH Simmins y WJJ Gerrits. 2003. "Dietary betaine supplementation affects energy metabolism of pigs." *Journal of Animal Science* 81(5):1202-1209.
- Siljander-Rasi, Hilkka, Seppo Peuranen, Kirsti Tiihonen, Erkki Virtanen, Hannele Kettunen, T Alaviuhkola y PH Simmins. 2003. "Effect of equimolar dietary betaine and choline addition on performance, carcass quality and physiological parameters of pigs." *Animal Science* 76(1):55-62.
- Simon, Jean. 1999. "Choline, betaine and methionine interactions in chickens, pigs and fish (including crustaceans)." *World's Poultry Science Journal* 55(4):353-374.
- Su, Binchao, Liansheng Wang, Hong Wang, Baoming Shi, Anshan Shan y Yuzhi Li. 2013. "Conjugated linoleic acid and betain prevent pork quality issues from diets containing distillers dried grains with solubles." *Canadian Journal of Animal Science* 93(4):477-485.
- van Wettere, Whej, P Herde y PE Hughes. 2012. "Supplementing sow gestation diets with betaine during summer increases litter size of sows with greater numbers of parities." *Animal reproduction science* 132(1-2):44-49.
- Wang, LS, Z Shi, R Gao, BC Su, H Wang, BM Shi y AS Shan. 2015. "Effects of conjugated linoleic acid or betaine on the growth performance and fatty acid composition in backfat and belly fat of finishing pigs fed dried distillers grains with solubles." *animal* 9(4):569-575.
- Wray-Cahen, Diane, Ignacio Fernandez-Figares, Erkki Virtanen, Norman C Steele y Thomas J Caperna. 2004. "Betaine improves growth, but does not induce whole body or hepatic palmitate oxidation in swine (*Sus scrofa domestica*)." *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology* 137(1):131-140.

- Yang, Han Sul, Jeong Ill Lee, Seon Tea Joo, Gu Boo Park *et al.* 2009. "Effects of dietary glycine betaine on growth and pork quality of finishing pigs." *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 22(5):706–711.

## NORMAS PARA AUTORES

El presente manual describe los pasos que deberá tener en cuenta para realizar un envío satisfactorio de su manuscrito. Tómese el tiempo necesario para leer cuidadosamente el presente documento.

### 1 Información general

«La Revista de Ciencias de la Vida, La Granja» es una publicación científica bilingüe de la Universidad Politécnica Salesiana de Ecuador, editada desde enero de 2002 de forma ininterrumpida, con periodicidad fija semestral, especializada en Ciencias de la Vida, Ambientales y sus líneas transdisciplinarias como Ciencias de la Tierra, Biotecnología y Ciencias Agropecuarias, y Desarrollo Local Sostenible, entre otras.

Es una revista científica arbitrada, que utiliza el sistema de evaluación externa por expertos (*peer-review*), bajo metodología de pares ciegos (*double-blind review*), conforme a las normas de citación del estilo Harvard. El cumplimiento de este sistema permite garantizar a los autores un proceso de revisión objetivo, imparcial y transparente, lo que facilita a la publicación su inclusión en bases de datos, repositorios e indexaciones internacionales de referencia.

«La Revista de Ciencias de la Vida, La Granja» se encuentra indexada en SCOPUS, en el Emerging Source Citation Index ESCI de la Web of Science, en el directorio y catálogo selectivo del Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal (Latindex), en el Sistema de Información Científica REDALYC, en el Directorio de Revistas de Acceso Abierto DOAJ en el sistema de Clasificación Integrada de Revistas Científicas CIRC, en BaseSearch, la Máquina de Búsqueda Académica de *Bielefeld*, y en más de 42 repositorios, bibliotecas y catálogos especializados de Iberoamérica.

La revista se edita en doble versión: impresa (ISSN: 1390-3799) y electrónica (e-ISSN: 1390-8596), en español e inglés, siendo identificado además cada trabajo con un DOI (Digital Object Identifier System).

Todos los artículos son publicados para poder

acceder a su contenido de manera abierta sin restricciones económicas, tanto en las fases de envío, revisión y publicación de los manuscritos.

### 2 Alcance y política

#### 2.1 Temática

Contribuciones originales en materia de Ciencias de la Vida, Ambientales y sus líneas transdisciplinarias como Ciencias de la Tierra, Biotecnología y Ciencias Agropecuarias, y Desarrollo Local Sostenible y todas aquellas disciplinas conexas interdisciplinariamente con la línea temática central.

#### 2.2 Aportaciones

«La Revista de Ciencias de la Vida, La Granja» edita preferentemente resultados de investigación empírica, teórica o experimental (*Scientific Articles*), redactados en español y/o inglés, siendo también admisibles puntos de vista (*Point of View*), así como selectas revisiones bibliográficas (*Reviews*).

Todos los trabajos deben ser originales, no haber sido publicados en ningún medio ni estar en proceso de arbitraje o publicación.

De esta manera, las aportaciones en la revista pueden ser:

##### a. Investigaciones Científicas (*Scientific Articles*):

5.000 a 6.500 palabras de texto, incluyendo título, resúmenes, introducción, materiales y métodos, resultados, conclusiones, tablas, figuras y referencias. Las referencias deberán estar citadas, ser actuales y selectivas de alrededor de unas 40 obras.

##### b. Puntos de Vista (*Point of View*):

Máximo 6.500 palabras de texto, incluyendo título, resúmenes, introducción, conclusiones, tablas y referencias. Se valorarán puntos de vista actuales, justificados, con suficientes referencias y sobre temas que requieran discusión a un nivel científico

y/o técnico. Las referencias deberán estar citadas, ser actuales y selectivas de alrededor de unas 30 obras.

### c. Revisiones (Reviews):

Máximo 7.000 palabras de texto, incluidas tablas y referencias. Se valorará especialmente las referencias justificadas, actuales y selectivas de alrededor de unas 50 obras.

«La Revista de Ciencias de la Vida, La Granja» tiene periodicidad semestral (20 artículos por año), publicada en los meses de marzo y septiembre.

## 2.3 Política económica abierta

«La Revista de Ciencias de la Vida, La Granja», es una revista abierta, donde todos los artículos son publicados para poder acceder a su contenido de manera abierta sin restricciones de contenido o económicas, tanto en el proceso de revisión como de publicación de los manuscritos. La revista es publicada por el Editorial Abya-Yala, en Quito, Ecuador.

## 2.4 Copyright

Las obras que se publican en «La Revista de Ciencias de la Vida, La Granja» están sujetas a los siguientes términos:

1. La Universidad Politécnica Salesiana (RUC: 0190151530001) conserva los derechos patrimoniales (copyright) de las obras publicadas, y favorece y permite la reutilización de las mismas bajo la licencia *Creative Commons Reconocimiento-No-Comercial-Sin Obra Derivada 3.0 Ecuador*, por lo cual se pueden copiar, usar, difundir, transmitir y exponer públicamente, siempre que:
  - Se cite la autoría y fuente original de su publicación (revista, editorial, URL y DOI de la obra).
  - No se usen para fines comerciales u onerosos.
  - Se mencione la existencia y especificaciones de esta licencia de uso.
2. La publicación otorgará a cada artículo un *Digital Object Identifier* (DOI). Ejemplo: Navarrete, Bernardo, Oswaldo Valarezo, Ernesto Cañarte y Ramón Solórzano. 2017. Efec-

to del nim (*Azadirachta indica* Juss.) sobre *Bemisia tabaci* Gennadius (*Hemiptera: Aleyrodidae*) y controladores biológicos en el cultivo del melón *Cucumis melo* L. La Granja: Revista de Ciencias de la Vida. Vol. 25(1):33-4. <https://doi.org/10.17163/ret.n12.2016.05>

## 3 Presentación, estructura y envío de los manuscritos

Todos los autores han registrarse con sus créditos, en la plataforma OJS, si bien uno solo de ellos será el responsable de correspondencia. Ningún autor podrá enviar o tener en revisión dos manuscritos de forma simultánea, estimándose una carencia de dos números consecutivos (1 años).

Cuando presente el artículo, usted no debe intentar diseñar el manuscrito, no justifique el documento, o centre los títulos, ni utilice el formato de doble columna. El único formato requerido es que los nombres en latín de los organismos deben estar en itálicas.

Los trabajos se presentarán en tipo de letra Arial número 10, interlineado doble (excepto para los títulos de tablas y figuras), justificado completo y sin tabuladores ni espacios en blanco entre párrafos. Todas las líneas deberán estar enumeradas de forma automática (Word>Diseño de pagina>Números de línea>continuo). Solo se separarán con un espacio en blanco los grandes bloques (título, autores, resumen, introducción, materiales y métodos, resultados, conclusiones y referencias). La página debe tener 2 centímetros en todos sus márgenes (descargar “manuscrito anonimizado”).

Los trabajos deben presentarse en documento de Microsoft Word (.doc o .docx) o LateX (.tex) que incluya las referencias en formato (.bib), siendo necesario que el archivo esté anonimizado en Propiedades de Archivo, de forma que no aparezca la identificación de autor/es.

Los manuscritos deben ser enviados única y exclusivamente a través del OJS (Open Journal System), en el cual todos los autores deben darse de alta previamente. No se aceptan originales enviados a través de correo electrónico u otra interfaz.

Por motivos de mejoramiento de la visibilidad e impacto de las publicaciones, se sugiere que todos los autores o al menos el de correspondencia cuente con un número ORCID <<https://orcid.org/>>y una cuenta en Research Gate <<https://www.researchgate.net/home>>.

### 3.1 Estructura del manuscrito

Para aquellos trabajos que se traten de investigaciones científicas, los manuscritos seguirán la estructura IMRDC (Introducción, Materiales y Métodos, Resultados, Discusión y Conclusiones), cualquier uso de anexos se enviará como un documento aparte en Word o Latex y será catalogada como información complementaria (descargar “manuscrito anonimizado”).

Aquellos trabajos que por el contrario se traten de Puntos de Vista y Revisiones Bibliográficas, podrán ser más flexibles en sus epígrafes, especialmente en Materiales y Métodos, Resultados y Discusión. En todas las tipologías de trabajos son obligatorias las Referencias. En cualquier caso los documentos constarán de las siguientes secciones:

#### a. Título (español) / Title (inglés):

Conciso pero informativo, en castellano en primera línea y en inglés en segunda. Se aceptan como máximo 25 palabras con espacios incluidos. El título no solo es responsabilidad de los autores, pudiéndose proponer cambios por parte del Consejo Editorial.

Es necesario escribirlo en mayúsculas y minúsculas, centrado; si contiene nombres científicos de taxa, destacarlos con cursivas, sin el autor del taxón.

#### b. Nombres y filiación de los autores:

Nombre(s) y Apellido(s) de cada uno de los autores, organizados por orden de prelación. Junto a los nombres ha de seguir centro de trabajo, dirección, ciudad, país, correo electrónico de cada autor y número de ORCID. Adicionalmente se debe incluir qué autor será el responsable del manuscrito o autor por correspondencia, señalándolo con un asterisco (\*). Dicha información será únicamente presentada en el archivo modelo denominado “presentación-portada” (descargar “presentación-portada”)

#### c. Resumen (español) / Abstract (inglés):

Tendrá como extensión máxima 250 palabras, primero en español y después en inglés. En el resumen se describirá de forma concisa implícita o explícitamente y en este orden: Justificación del tema; Objetivos; Metodología y muestra; Principales resultados; Principales conclusiones. Ha de estar escrito de manera impersonal “El presente trabajo

analiza...”. En el caso del abstract no emplee traductores automáticos, tome el debido cuidado al traducir su resumen, es la primera impresión que tendrá el revisor.

#### d. Palabras clave (español) / Keywords (inglés):

Se deben exponer de 4 a 6 descriptores por cada versión idiomática relacionados directamente con el tema del trabajo. Trate de no repetir las mismas palabras del título. Deben colocarse tanto en español, como en inglés.

#### e. Introducción:

Se sugiere utilizar el sistema SPPR Situación (Estado del Arte), Problema, Pregunta (Hipótesis del Estudio) y Respuesta (Objetivo del Estudio). De esta manera, se debe exponer de manera clara y con suficientes referencias bibliográficas el estado del arte actualizado de su estudio, el planteamiento del problema, el contexto de la problemática, la justificación, fundamentos y propósito del estudio, utilizando la literatura más significativa y actual del tema.

#### f. Materiales y métodos:

Deben ser redactados de forma que el lector pueda comprender con facilidad el desarrollo de la investigación. Describirá cronológicamente la metodología, la muestra y la forma de muestreo, así como se hará referencia al tipo de análisis estadístico empleado. Asegurando en todo momento la replicabilidad de su experimento explicando el diseño experimental, equipos de laboratorio utilizados y programas computacionales, entre otros. En toda metodología utilizada, es necesario exponer las razones que han conducido a su empleo y describir sus posibles limitaciones.

#### g. Resultados y Discusión:

Se procurará resaltar las observaciones más importantes. Debe incluir la información cuantitativa o cualitativa que sustentará las conclusiones finales. Aparecerán en una secuencia lógica en el texto y las Tablas, Figuras y ecuaciones imprescindibles evitando la duplicidad de datos. Toda tabla, figura o ecuación deberá estar citada en el texto y enumerada secuencialmente.

Para el caso de las ecuaciones, emplee el editor de ecuaciones de Word o mediante programación en Latex, coloque de manera consecutiva las ecuaciones ordenándolas mediante un número encerrado entre paréntesis (1), para mejor comprensión vea el documento “manuscrito anonimizado”.

Las fotos, ilustraciones y gráficas únicamente se presentan como figuras, y éstas, al igual que las tablas, deben incluir una descripción explicativa para cada una, ver manuscrito anonimizado.

En el texto, toda tabla y figura debe analizarse y discutirse resaltando los hallazgos más representativos y/o limitaciones del estudio. Cite dentro del texto figura 6 o tabla 1, por ejemplo. No abrevie la palabra figura o tabla.

Las figuras pueden ser dibujos lineales, mapas, o fotografías de medios tonos en blanco y negro o a color en resolución de 300 dpi, es decir el tamaño de la figura debe ser grande, apropiado para la publicación en formato de calidad. Si el artículo es aceptado tenga en cuenta que la revista le pedirá las figuras en elevada resolución y en formato TIFF, JPG.

Diseñe las figuras para que se ajusten eventualmente al tamaño final de la revista 19,2 × 26,2 cm. Asegúrese de que las inscripciones o detalles, así como las líneas, tengan tamaños y grosores adecuados de tal manera que no queden ilegibles cuando sean reducidos a su tamaño final (números, letras y símbolos deben ser reducidos al menos a 2,5 mm de altura después que las ilustraciones han sido reducidas para ajustarse a la página impresa). Idealmente, las ilustraciones lineales deben ser preparadas a aproximadamente a un cuarto de su tamaño final de publicación, ejemplo: 4,7 × 6,5 cm.

Diferentes elementos en la misma figura deben ser deletreados a, b, c, d, etcétera. Las fotografías deben gravarse con alto contraste y en alta resolución. Recuerde que las fotografías frecuentemente pierden contraste en el proceso de impresión. Si las figuras han sido previamente usadas, es de responsabilidad única del autor el obtener el/los permisos correspondientes. Evite problemas posteriores relacionados con los derechos de autor.

## h. Conclusiones y Discusión:

El apartado de Discusiones puede aparecer en los Resultados o en las Conclusiones, a preferencia del autor. Las Conclusiones resumirán los hallazgos más importantes, relacionando las propias observaciones con estudios de interés, señalando

aportaciones y limitaciones, sin redundar datos ya comentados en otros apartados. Asimismo, el apartado de discusión y conclusiones debe incluir las implicaciones y líneas para futuras investigaciones.

## i. Agradecimientos (opcionales):

El *Council Science Editors* recomienda a los autor/es especificar la fuente de financiación de la investigación. Se considerarán prioritarios los trabajos con aval de proyectos competitivos nacionales e internacionales. En todo caso, para la valoración científica del manuscrito, este debe ir anonimizado con XXXX solo para su evaluación inicial, a fin de no identificar autores y equipos de investigación, que deben ser explicitados en la Carta de Presentación y posteriormente en el manuscrito final.

## j. Referencias:

Las citas bibliográficas deben reseñarse en forma de referencias al texto. Bajo ningún caso deben incluirse referencias no citadas en el texto. Su número debe ser suficiente para contextualizar el marco teórico con criterios de actualidad e importancia. Se presentarán alfabéticamente por el primer apellido del autor, siguiendo el estilo Harvard, que se describe a continuación y/o que se puede presentar con el gestor de citas del procesador de texto utilizado.

## 3.2 Normas para las referencias

### 3.2.1 Como se cita en el texto

Harvard es un estilo de citación que permite colocar los dos apellidos del autor (muchas veces éstos aparecen separados con un guión), si es que los presenta. Caso contrario se utiliza un solo apellido, como es usual en la tradición anglosajona.

**Un autor:** Samaniego (2012); (Samaniego, 2012); Valdés-Pérez (2016); (Valdés-Pérez, 2016); (Valdés Pérez, 2016); Valdés Pérez (2016).

**Hasta tres autores:** Samaniego, Vásquez y Torres (2010); (Samaniego, Vásquez y Torres, 2010).

**Más de tres autores:** Samaniego *et al.* (2010); (Samaniego *et al.*, 2010)

### 3.2.2 Referencias

#### a. Artículo de revista (incluir siempre el DOI del artículo o en lo posible la dirección electrónica URL del artículo):

Arnold, M. y Osorio, F. (1998) Introducción a los Conceptos Básicos de la Teoría General del Sistemas. Revista Cinta de Moebio [en línea], (3). Universidad de Chile. Disponible en <<https://goo.gl/FwjAqo>>[consulta: 20 enero 2005].

Dhillon, B. (2004) Should Doctors Wear Ties? Medical Monthly [en línea], 3 (1), 55-88. Disponible en <<https://goo.gl/pHzUxJ>>[consulta: 20 abril 2006].

#### b. Libros completos:

Un Autor:

Holt, DH 1997, Management principles and practices, Prentice Hall, Sydney.

Dos Autores:

McCarthy, EJ, William, DP & Pascale, GQ 1997, Basic marketing, Irwin, Sydney.

Tres o más autores:

Bond, WR, Smith, JT, Brown, KL & George, M 1996, Management of small firms, McGraw-Hill, Sydney.

#### c. Medios electrónicos:

Reed, S 2015, 'Shift to lower-carbon energy is too slow, report warns', New York Times, 9 November. Available from: <https://goo.gl/iczP53>. [10 November 2015].

Es prescriptivo que todas las citas que cuenten con DOI (Digital Object Identifier System) estén reflejadas en las Referencias (pueden obtenerse en <http://goo.gl/gfruh1>). Todas las revistas y libros que no tengan DOI deben aparecer con su link (en su versión online, en caso de que la tengan, acortada, mediante Google Shortener: <http://goo.gl>)

Los artículos de revistas deben ser expuestos en idioma inglés, a excepción de aquellos que se encuentren en su idioma de origen, caso en el que se expondrá en ambos idiomas utilizando corchetes. Todas las direcciones web que se presenten tienen que ser acortadas en el manuscrito, a excepción

de los DOI que deben ir en el formato indicado (<https://doi.org/XXX>).

### 3.3 Epígrafes

Los epígrafes del cuerpo del artículo se numerarán en arábigo. Irán sin caja completa de mayúsculas, ni subrayados, ni negritas. La numeración ha de ser como máximo de tres niveles: 1. / 1.1. / 1.1.1.

Al final de cada epígrafe numerado se establecerá un espacio.

## 4 Proceso de envío

Deben remitirse a través del sistema OJS previo registro en la dirección <<http://revistas.ups.edu.ec/index.php/granja/user/register>>de la revista, los siguientes archivos:

**Archivo N°1:** Cover Letter, Cesión de derechos y declaración de conflictos de interés: Descargue el modelo "cover letter".

**Archivo N°2:** Presentación-portada: Este archivo (Word o Latex), contendrá tres apartados claramente identificables:

- a) Título en español e inglés, nombres y apellidos de los autores de forma estandarizada con número de ORCID, filiación y grado académico.
- b) Resumen, abstract, palabras claves y keywords.
- c) Una declaración de que el manuscrito se trata de una aportación original, no enviada ni en proceso de evaluación en otra revista, confirmación de las autorías firmantes, aceptación (si procede) de cambios formales en el manuscrito conforme a las normas y cesión parcial de derechos a la editorial (descargar "presentación-portada").

**Archivo N°3:** Manuscrito totalmente anonimizado, conforme a las normas referidas en precedencia.

**Archivo N°4:** El autor de correspondencia deberá presentar una lista de 5 potenciales revisores del artículo que cumplan los siguientes criterios (descargar modelo "evaluadores sugeridos"):

- No ser del mismo país del autor de correspondencia. Si el autor de correspondencia trabaja en Brasil, el revisor propuesto NO puede estar vinculado a instituciones del mismo país del autor de correspondencia, es decir, "Brasil").
- Nombres y Apellidos
- Filiación
- Grado académico

El formato de este archivo podrá realizarse en cualquier procesador de texto Word / LateX y se deberá aportar de cada potencial revisor la siguiente información:

- Correo electrónico

Indicar brevemente la pertinencia de dicho revisor para la evaluación del manuscrito

El no cumplimiento de algunas de los requisitos de la presente normativa podrá ser causal de rechazo AUTOMÁTICO del manuscrito.  
Tome el debido tiempo para completar de manera correcta el proceso de envío.