



# REVISTA DE INVESTIGACIONES

DE LA UNIVERSIDAD LE CORDON BLEU

ISSN: 2409-1537

VOLUMEN 4 / **NÚMERO 01**. ENERO-JULIO 2017

latindex

PERÚ

“Una receta no tiene alma.  
Es el cocinero quien debe  
darle alma a la receta”.

Thomas Keller



Revista de  
investigaciones de la  
UNIVERSIDAD  
LE CORDON BLEU

Av. Salaverry 3180.  
Magdalena del Mar.  
Teléfono: (511) 617-8300  
Apartado postal: Lima 17

ISSN: 2409-1537  
Perú

Periodicidad:  
Semestral

Áreas:  
Ciencia, tecnología e  
innovación

[www.revistas.ulcb.edu.pe](http://www.revistas.ulcb.edu.pe)  
Esta publicación ha sido  
creada con el propósito de  
contribuir al desarrollo de la  
investigación, la ciencia y la  
innovación científica en el Perú.

## CONTENIDO

ARTÍCULO ORIGINAL:  
**Aceptabilidad de yogurt probiótico de mango  
(Mangifera indica) enriquecido con albúmina  
pasteurizada deshidratada**

**05**

ARTÍCULO ORIGINAL:  
**Influencia de la temperatura ambiente sobre  
la producción de biogas**

**15**

ARTÍCULO ORIGINAL:  
**La macrolocalización de plantas derivados  
de la caña de azúcar considerando la  
incertidumbre financiera, en la demanda  
y la disponibilidad de materias primas. su  
importancia en el diseño de procesos.**

**27**

ARTÍCULO ORIGINAL:  
**Evaluación de las concentraciones de  
metales pesados en los ríos Auqui y  
Paría en la región Ancash, Perú**

**41**

ARTÍCULO ORIGINAL:  
**Evaluación del rendimiento de ecotipos  
de maíz en diferentes localidades y  
épocas en la región Ancash, Perú**

**53**

NOTA CIENTÍFICA:  
**Rol de la biodiversidad: importancia  
alimenticia para el desarrollo del Perú**

**63**

GUÍA DE PUBLICACIONES:  
**Instrucciones a los autores de  
publicaciones en la Revista de  
Investigaciones de la  
Universidad Le Cordon Bleu.**

**72**



## REVISTA DE INVESTIGACIONES DE LA UNIVERSIDAD LE CORDON BLEU

### AUTORIDADES

#### Rector:

Dr. Esteban Vicente Horna Bances

#### Vicerrector:

Dr. Augusto Enrique Dalmau García - Bedoya

#### Gerente General:

Lic. Patricia Dalmau de Galfré

#### EDITOR CIENTÍFICO:

Dr. Luis Alberto Taramona Ruiz / luis.taramona@ulcb.edu.pe  
Universidad Le Cordon Bleu. Perú.

#### COMITÉ EDITORIAL INTERNO:

Dr. Augusto Enrique Dalmau García-Bedoya / agosto.dalmau@ulcb.edu.pe  
Facultad de administración de negocios - Universidad Le Cordon Bleu. Perú.

Dra. Bettit Karim Salvá Ruiz / bettit.salva@ulcb.edu.pe  
Facultad de ciencias de los alimentos - Universidad Le Cordon Bleu. Perú.

Dr. Damián Manayay Sánchez / damian.manayay@ulcb.edu.pe  
Facultad de ciencias de los alimentos - Universidad Le Cordon Bleu. Perú.

Dr. Filiberto Fernando Ochoa Paredes / fernando.ochoa@ulcb.edu.pe  
Facultad de administración de negocios - Universidad Le Cordon Bleu. Perú.

#### COMITÉ CONSULTIVO EXTERNO:

Dr. Ángel Cobo Ortega / angel.cobo@unican.es  
Universidad de Cantabria. España.

Dra. Hilda Mercedes Oquendo Ferrer / hilda.oquendo@reduc.edu.cu  
Universidad de Camagüey. Cuba.

Dr. Pedro José García Mendoza / pejogam@gmail.com  
Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidad de Sao Paulo. Brasil.

Dr. José Mostacero León / jobryl990@yahoo.com  
Universidad Nacional de Trujillo. Perú.

Dr. Oscar Andrés Gamarra Torres / osgat77@yahoo.com  
Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza. Perú.

Dr. Jesús Edilberto Espinola Gonzáles / espinolj@gmail.com  
Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo. Perú.

#### Diseño y diagramación:

Oficina de Relaciones Públicas e Imagen Institucional  
Douglas Bejarano Cárdenas

Nuestra revista publica artículos originales e inéditos, si usted está interesado en publicar con nosotros puede escribirnos al correo electrónico: [investigacion@ulcb.edu.pe](mailto:investigacion@ulcb.edu.pe)

# EDITORIAL

## Desarrollo de la innovación y la internacionalización

La investigación es una de las funciones esenciales de la universidad, es el proceso mediante el cual se conciben o se generan conocimientos, productos, servicios, procedimientos, métodos y sistemas nuevos en áreas científicas, tecnológicas y de la innovación.

La investigación en la universidad se concibe como un sistema que integre todos los procesos que de la actividad investigativa se deriva, así mismo, se interrelaciona internamente con los procesos de la docencia, la responsabilidad social y la labor extensionista. De igual manera, se evidencia la articulación del mismo con las políticas nacionales en ciencia, tecnología e innovación del país y con proyección a las tendencias internacionales sobre la investigación universitaria.

Todo el proceso de desarrollo de la investigación en la universidad logra un aumento de sus potencialidades para ubicarse en la internacionalización del conocimiento en forma concreta. Ahora estamos en un proceso donde autoridades, docentes, tesis, investigadores individuales o en grupos y sus proyectos de investigación, programas de extensión y de responsabilidad social, se orientan o contribuyen a la cultura, gastronomía, turismo, salud, medio ambiente y sostenibilidad, es decir, a la ampliación de nuestras áreas de conocimiento y al fortalecimiento de nuestras carreras.

Nuestros docentes y estudiantes publican y exponen sus trabajos ante un público exigente como lo es el lector de revistas especializadas y también los participantes de congresos y eventos académicos en general, están proyectando su propia imagen como investigadores, como profesionales, además de representar a nuestra institución. Por lo anterior, se recomienda que la universidad realice programas de capacitación en temas relacionados con la divulgación científica: escribir para publicar, elaboración de posters, presentación de ponencias, etc., para tal fin es necesario las buenas prácticas en capacitación para el mejoramiento continuo de los docentes investigadores y de los estudiantes vinculados a los procesos investigativos. La universidad tiene programas de capacitación permanente, que permiten mejorar las capacidades investigativas y metodológicas de las personas que participan activamente en esta función sustantiva.

Este proceso de transformación de la innovación al conocimiento es dirigido en función a las líneas de investigación, que valoran las necesidades propias de las disciplinas que imparte y acorde a la sociedad. Para ello, desarrollan la interdisciplinariedad, para que sean dinámicas y aplicadas a las necesidades de la región y del país, con el único propósito de mejorar la calidad de vida de nuestra población.

EL EDITOR



# Aceptabilidad de yogurt probiótico de mango (Mangifera indica) enriquecido con albúmina pasteurizada deshidratada

“Sensory acceptability of probiotic mango (mangifera indica) yogurt enriched with dehydrated pasteurized egg albumin”

<sup>1</sup>Jordan-Suarez, Oscar<sup>a</sup>; Silva Puente-Arno, <sup>1</sup> María Angélica<sup>b</sup>

Recibido, mayo 2017

Aceptado, julio 2017

## RESUMEN

Se elaboraron yogures probióticos de mango (*Mangifera indica*) enriquecidos con 1, 2 y 3% de albúmina pasteurizada deshidratada (APD), los cuales fueron sometidos a un análisis de aceptabilidad (Apariencia, textura y sabor) empleando treinta jueces consumidores.

Se seleccionó la muestra enriquecida al 2% por presentar mayor aceptabilidad en cuanto al sabor, y un contenido proteico de 5.32 g/100 g, representando un incremento de 80% en comparación con el promedio de cinco marcas comerciales. La cantidad de microorganismos probióticos encontrados en el yogurt fue 1.5x10<sup>9</sup> ufc/g, de los cuales 18x10<sup>4</sup> ufc/g fueron exclusivamente bifidobacterias

Palabras clave: Yogurt, probióticos, albúmina, enriquecimiento, alimentos funcionales

## ABSTRACT

Samples of a probiotic mango (*Mangifera indica*) yogurt were prepared with three percentages of dehydrated pasteurized egg albumin (1, 2 and 3%), which were assessed by thirty different consumers (by triplicate) in terms of Appearance, Texture and Flavor. Yogurt enriched with 2% of albumin showed the greatest acceptance for Flavor, and a protein

<sup>1</sup> Universidad Le Cordon Bleu

<sup>a</sup> Ingeniero de alimentos

<sup>b</sup> Ingeniero en industrias alimentarias

content of 5.32 g/100 g; this amount represents an increase of 80% in comparison with the average protein content of five commercial yogurts.

The amount of probiotic microorganisms found in the yogurt was  $1.5 \times 10^9$  cfu/g, wherein the amount of  $18 \times 10^4$  cfu/g were exclusively bifidobacterias.

Keywords: yogurt, probiotics, pasteurized dehydrated albumin, enrichment, functional foods

## INTRODUCCIÓN

En los últimos años se ha observado un incremento en la demanda de los consumidores por alimentos más saludables, lo que ha propiciado la adaptación y diversificación de la oferta hacia objetivos específicos, traducándose en alimentos reducidos en grasa, sin gluten, sin lactosa, con probióticos, entre otros; sin embargo en ciertos casos estos productos no siempre resultan sensorialmente aceptables, por lo que debe procurarse que sus atributos sensoriales sean comparables a los de los productos tradicionales; puesto que el sabor así como aspectos de salud y la conveniencia, constituyen factores determinantes en la frecuencia de consumo de un alimento (Bayarri et al., 2011; Gutjar et al., 2014; Gomez et al., 2015).

Estos alimentos que cumplen una función en beneficio de la salud, más allá de su aporte nutricional se conocen como alimentos funcionales; "Alimentos funcionales" es un término relativamente nuevo usado para referirse a alimentos que han sido enriquecidos con sustancias/componentes naturales con un efecto específico fisiológico preventivo y/o promotor de la salud.

Se han hecho populares por sus efectos comprobados, sin embargo a pesar de su creciente interés, algunos consumidores más que otros los prefieren (Vukasović, 2017), en especial aquellos que no tienen otra elección para su dieta.

Cada vez más se está reconociendo los efectos beneficiosos de los probióticos sobre la nutrición/salud humana, comprobados en estudios recientes sobre las propiedades y funcionalidad que ofrecen microorganismos vivos en los alimentos (Savard et al., 2011; Ejtahed et al., 2012); se menciona que los probióticos desempeñan un papel importante en las funciones inmunitarias, digestivas y respiratorias, lo que ha aumentado considerablemente el número y tipo de alimentos y bebidas probióticas disponibles en el mercado.

Asimismo, existe un sector que demanda alimentos ricos en proteínas, ya sea para el desarrollo muscular asociado a la actividad física; de igual modo porque se recomienda una mayor ingesta de estas en la dieta con el incremento de la edad (Best y Appleton, 2013).

Es típico utilizar alimentos de consumo habitual como vehículos para llegar a los consumidores; siendo el yogurt el alimento saludable y nutritivo más consumido alrededor del mundo, superior a la leche misma (Hashemi et al., 2015); cuyas propiedades pueden mejorarse diseñando yogures que contengan prebióticos, probióticos o simbióticos (Gonzalez et al., 2011).

Ante este contexto, se planteó determinar una formulación de yogurt probiótico con sabor a mango enriquecido con albúmina de huevo en polvo, en función a su aceptabilidad sensorial

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Elaboración del yogurt

Se mezcló leche entera (UHT) con leche en polvo y azúcar blanca (90, 5.4 y 3.6% respectivamente), y se homogenizó mediante agitación manual, luego esta mezcla se calentó hasta  $44\text{ }^{\circ}\text{C}$  y se adicionó el cultivo madre (DriSet Bioflora ABY-1, Vivolac) (10 ml para obtener 1 L de yogurt).

Luego se incubó a  $44\text{ }^{\circ}\text{C}$  por 5 horas hasta que el yogurt alcanzó un pH de 4.5, inmediatamente se enfrió en refrigeración y después de 4 horas se batió para romper el coágulo y lograr homogeneidad. El yogurt base se conservó a  $5 \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$  hasta su utilización.

Paralelamente, para el saborizado del yogurt base, se preparó una mermelada a partir de la mezcla de 80% de pulpa de mango (var. Haden) y 20% de azúcar blanca; luego se procedió a concentrar con calor hasta  $59\text{ }^{\circ}\text{Brix}$ ; después se enfrió con un baño maría invertido en hielo hasta  $5 \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Se mezcló el yogurt probiótico base con la mermelada de mango (85.5 y 14.5%) y se añadió la APD (Frutarom Perú), esta última variando su porcentaje de acuerdo a la formulación (1, 2 y 3%); luego se envasó en frascos de vidrio (320 g) y se conservó en refrigeración a  $5 \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$  hasta su análisis. El proceso se resume en la Figura 1.

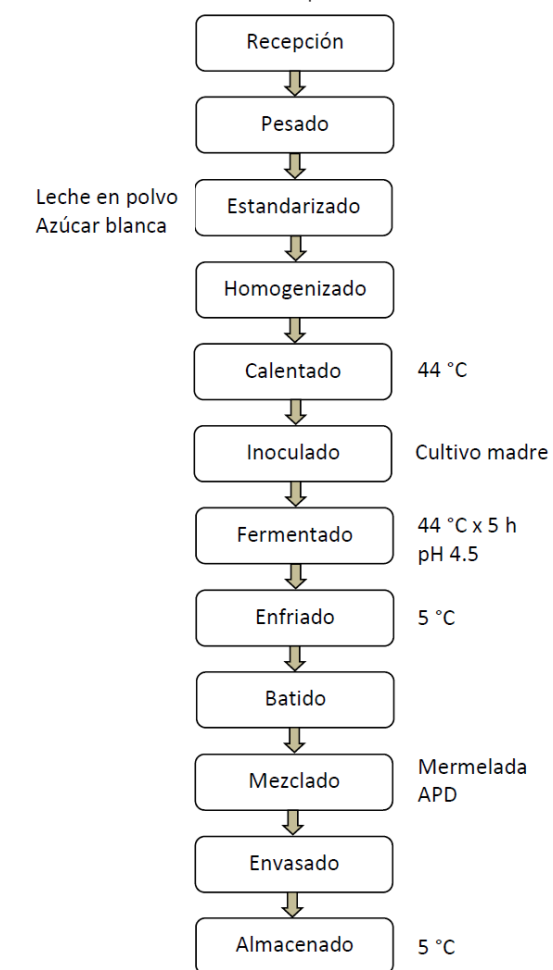


Figura 1. Etapas de elaboración del yogurt probiótico de mango enriquecido con APD

### Selección de la mejor formulación

Las formulaciones de yogurt probiótico de mango con 1, 2 y 3% de APD, fueron sometidas a un Análisis de Aceptabilidad dividido en tres atributos (Apariencia, textura y sabor) empleando treinta jueces (hombres y mujeres) con edades entre 18 y 35 años mediante una escala estructurada

de 10 cm (Jordán, 2011), las muestras fueron servidas (25 - 30 ml) en vasos de 3 oz codificados con números de tres cifras y presentadas todas a la vez (a 10 °C); el análisis se llevó a cabo por triplicado empleando tres grupos diferentes de jueces (Ormeño, 2004) mediante la ficha de análisis mostrada en la Figura 2.

NOMBRE: \_\_\_\_\_ CÓDIGO: [ ][ ][ ]  
 EDAD: \_\_\_\_\_ SEXO: (M) (F) FECHA: / /  
 HORA: \_\_\_\_\_  
 POR FAVOR, DEGUSTE EL YOGURT QUE SE LE OFRECE, Y MARQUE CON UN ASPA "X" SOBRE LA LÍNEA SEGÚN SU APRECIACIÓN EN CUANTO A:

**APARIENCIA GENERAL**  
 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10  
 Me desagrada mucho Ni me agrada, ni me desagrada Me agrada mucho

**TEXTURA**  
 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10  
 Me desagrada mucho Ni me agrada, ni me desagrada Me agrada mucho

**SABOR**  
 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10  
 Me desagrada mucho Ni me agrada, ni me desagrada Me agrada mucho

**COMENTARIOS**  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Figura 2. Ficha empleada para el análisis sensorial

Para identificar diferencias entre las formulaciones según cada atributo, las sumatorias de las valoraciones otorgadas por los jueces a cada tratamiento fueron analizadas mediante un diseño de bloques completamente al azar (DBCA) empleando el programa Statgraphics Centurion XVI.I.

### Caracterización Proximal, Físicoquímica y Microbiológica

El tratamiento seleccionado fue caracterizado físicoquímicamente (pH, densidad y acidez) en el Laboratorio Multipropósito de la

Universidad Le Cordon Bleu; así como química y microbiológicamente por la Sociedad de Asesoramiento Técnico S.A.C. (SAT). Para la medición del pH se empleó un potenciómetro (SCHOTT® handylab), la densidad se calculó según Hernández (2004), y la acidez titulable se determinó de acuerdo a Soukolis et al. (2007).

### Comparación del contenido proteico

Se escogieron cinco marcas comerciales de la categoría en estudio y se promedió el contenido proteico declarado en la etiqueta, equivalente a 100 g de producto

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Selección de la mejor formulación

TABLA 1: Resumen de calificaciones del análisis sensorial

Ensayos	APD (%)	Apariencia	Textura	Sabor
1	1	182.5	221.0	227.0
	2	189.0	227.0	256.5
	3	202.5	227.0	224.0
2	1	201.0	219.0	243.0
	2	212.5	224.0	231.5
	3	208.5	211.2	208.0
3	1	204.5	216.5	238.5
	2	215.5	237.5	248.5
	3	213.5	222.5	216.0

No se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos en la Apariencia y la Textura ( $p > 0.05$ ); respecto al Sabor se evidenció diferencia para los tratamientos con 1 y 2% de APD, versus la muestra al 3% (Figura 3). Considerando que para el sabor no existió diferencia

entre las muestras con APD al 1 y 2%, se seleccionó la formulación con 2% debido a que obtuvo mayor puntaje acumulado (245.5), tomando en cuenta además que se vea incrementado el contenido proteico, ya que ésta última ofrecía un mayor enriquecimiento.

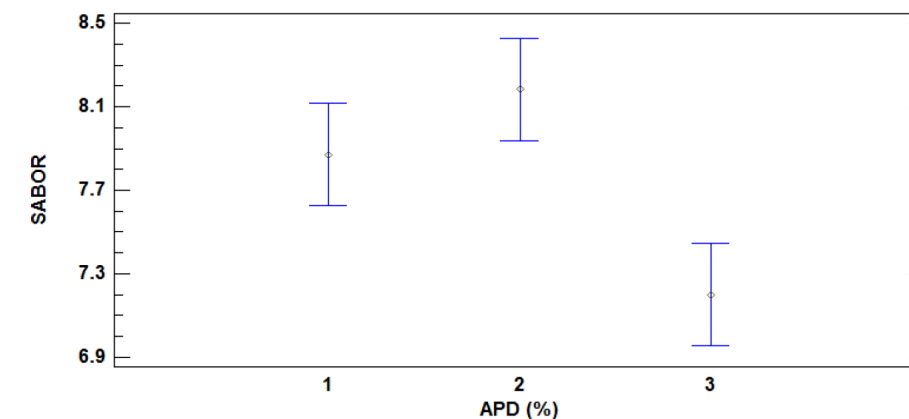


Figura 3. Medias de las calificaciones para el Sabor

En este, y cómo en otros estudios empleando consumidores, se instruyó a los panelistas a grandes rasgos sobre el significado de cada atributo (Fleming et al., 2015), a fin de mantener su condición de juez "no entrenado".

La Apariencia fue analizada visualmente, en este atributo prima el color y la textura visual (Morell et al., 2015); la similitud entre las muestras radicaría en el nivel de experticia y la manera inherente al panelista de evaluarla.

La cercanía de los porcentajes de APD utilizados para el enriquecimiento entre una muestra y otra, explicaría en parte la dificultad para identificar desigualdad entre las muestras en términos de Apariencia y Textura al tratarse de 90 jueces no entrenados; al respecto, Bazán (2010) evaluó yogures firmes de mango utilizando tres edulcorantes no calóricos y dos porcentajes de fruta, encontrando que los panelistas (no entrenados) aceptaron de igual manera todos los tratamientos, gustándoles las características de apariencia y textura sin que influyera la combinación de edulcorantes o la cantidad de fruta.

Cabe señalar que la APD se adicionó al yogurt al finalizar, estando a  $5 \pm 2$  °C, por lo que no habría exhibido un cambio de estado producto de la desnaturalización por calor, además la influencia en la textura -como agente de volumen- sería mínima a los niveles evaluados (1 - 3 %). A diferencia de la textura visual involucrada en la Apariencia, la medida de la textura propiamente dicha fue a través del sentido del tacto en boca.

### Caracterización de la mejor formulación

De acuerdo a la caracterización de la muestra elegida con 2% APD (Tabla 2), la acidez del yogurt, expresada en ácido láctico, fue de 0.9%; porcentaje inferior al reportado por otros autores (Gonzalez et al., 2011); sin embargo, Ruíz y Ramírez (2009) observaron que la obtención de yogures menos ácidos está relacionado al empleo de microorganismos probióticos, reportando un valor de 1.02%; por otro lado, la densidad para el yogurt base fue de 1040 kg/m<sup>3</sup>, valor ubicado dentro del rango de 1000 a 1050 kg/m<sup>3</sup> reportado por Hernández (2004).

En relación a la caracterización microbiológica, el contenido total de microorganismos probióticos fue de  $1.5 \times 10^9$  ufc/g (Tabla 2), cantidad superior a la concentración mínima de 107 ufc/g indicada por Rodríguez y Guerrero (2010) para conseguir un efecto probiótico, dentro de las cuales figuran las bacterias ácido lácticas, bifidobacterias y algunas levaduras.

### Comparación del contenido proteico

TABLA 2: Caracterización del yogurt probiótico de mango con 2% de APD

Características	Valor
<b>Químico - nutricionales</b>	
Humedad (g/100 g)	75.67
Carbohidratos (g/100 g)	14.06
Proteínas ((Nx6.38)/100 g)	5.32
Grasa (g/100 g)	3.92
Ceniza (g/100 g)	1.03
Energía (Kcal/100 g)	112.80
<b>Fisicoquímicas*</b>	
Acidez titulable (g Ácido láctico/100 g)	0.9
Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	1040
pH	4.5
<b>Microbiológicas</b>	
<i>Lactobacillus bulgaricus</i> (ufc/g)	$64 \times 10^4$
<i>Streptococcus thermophilus</i> (ufc/g)	$15 \times 10^8$
<i>Bifido Bacteria</i> (ufc/g)	$18 \times 10^4$
<b>Total</b> (ufc/g)	$1.5 \times 10^9$

\*yogurt base

La formulación seleccionada presentó un contenido proteico de 5.32% (Tabla 2), superior al promedio (2.9%) de cinco yogures comerciales, observándose un incremento de 2.4 g de proteínas en 100 g de yogurt, equivalente a un enriquecimiento proteico de 80%.

### CONCLUSIONES

Se consiguió formular un yogurt probiótico con sabor a mango enriquecido con 2% de albúmina de huevo en polvo, en función a su aceptabilidad (sabor). No se encontraron diferencias significativas ( $p$ -valor $>0.05$ ) entre las muestras (1, 2 y 3% de APD) con relación a la Apariencia y Textura, a pesar que las muestras al 1 y 2% resultaron estadísticamente iguales ( $p$ -valor $>0.05$ ) en el atributo de Sabor, se escogió la muestra con 2% de APD por aportar mayor enriquecimiento proteico.

Este enriquecimiento permitió un incremento del 80% del contenido proteico en comparación al promedio de cinco yogures comerciales; asimismo, el yogurt elaborado se puede considerar probiótico por contener  $1.5 \times 10^9$  ufc/g de microorganismos probióticos, cantidad que supera la concentración establecida de 107 ufc/g. Los resultados sugieren que la albúmina de huevo es un ingrediente que puede ser incorporado al yogurt como fuente de proteínas; además este estudio es un punto de partida para una posterior optimización de la formulación con fines comerciales, previa evaluación durante almacenamiento.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bazán, C. (2010). Desarrollo y evaluación de un yogurt firme utilizando tres edulcorantes no calóricos y dos porcentajes de mango. Tesis de Licenciatura. Escuela Agrícola

Panamericana Zamorano. Tegucigalpa, Honduras.

Bayarri, S.; Carbonell, I.; Barrios, E.X.; Costell, E. (2011). Impact of sensory differences on consumer acceptability of yoghurt and yoghurt-like products. *International Dairy Journal* 21: 111-118.

Best, R.L.; Appleton, K.M. (2013). The Consumption of Protein-Rich Foods in Older Adults: An Exploratory Focus Group Study. *Journal of Nutrition Education and Behavior* 45(6): 751-755.

Ejtahed, H.; Mohtadi-Nia, J.; Homayouni-Rad, A.; Niafar, M.; Asghari-Jafarabadi, M.; Mofid, V. (2012). Probiotic yogurt improves antioxidant status in type 2 diabetic patients. *Nutrition* 28: 539-543.

Fleming, E.E.; Ziegler, G.R.; Hayes, J.E. (2015). Check-all-that-apply (CATA), sorting, and polarized sensory positioning (PSP) with astringent stimuli. *Food Quality and Preference* 45: 41-49.

Gomez, P.; Schneid, N.; Delaere, F. (2015). How often should I eat it? Product correlates and accuracy of estimation of appropriate food consumption frequency. *Food Quality and Preference* 40: 1-7.

Gonzalez, N.J.; Adhikari, K.; Sancho-Madriz, M.F. (2011). Sensory characteristics of peach-flavored yogurt drinks containing prebiotics and synbiotics. *LWT - Food Science and Technology* 44: 158-163.

Gutjar, S.; De Graaf, C.; Palascha, A.; Jager, G. (2014). Food choice: The battle between package, taste and consumption situation. *Appetite* 80: 109-113.

- Hashemi, H.; Eskandari M.H.; Mesbahi, G.; Hanifpour, M.A. (2015) Scientific and technical aspects of yogurt fortification: A review. *Food Science and Human Wellness* 4: 1–8.
- Hernández, P. (2004) Evaluación de las propiedades fisicoquímicas y reológicas de yogurt bajo en grasa enriquecido con fibra y calcio de yogurt. Tesis de Maestría en Ciencia de Alimentos. Universidad de las Américas. Puebla, México.
- Jordán, O. (2011). Elaboración de mazamorra morada baja en calorías mediante sustitución de azúcar y almidón por sucralosa y carragenina iota. Tesis para optar el grado de Magister Scientiae en Tecnología de Alimentos. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.
- Morell, P.; Piqueras-Fiszman, B.; Hernando, I.; Fiszman, S. (2015) How is an ideal satiating yogurt described? A case study with added-protein yogurts. *Food Research International* 78: 141–147.
- Ormeño, R. (2004). Optimización de la formulación de helados light aplicando los métodos Taguchi y superficie de respuesta. Tesis para optar el título de Ingeniero en Industrias Alimentarias. UNALM. Lima, Perú.
- Rodríguez, V.; Guerrero, J. (2010). Probióticos: Resistencia Gastrointestinal y Microencapsulación. *Revista Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos* 4(2): 48-57.
- Ruiz, J.; Ramírez, A. (2009). Elaboración de yogurt con probióticos (*Bifidobacterium* spp. y *Lactobacillus acidophilus*) e inulina. *Revista de la Facultad de Agronomía* 26: 223-242.
- Savard, P.; Lamarche, B.; Paradis, ME.; Thiboutot, H.; Laurin, É.; Roy, D. (2011). Impact of *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* BB-12 and, *Lactobacillus acidophilus* LA-5-containing yoghurt, on fecal bacterial counts of healthy adults. *International Journal of Food Microbiology* 149: 50–57
- Soukolis, C.; Panaglotidis, P.; Kourelis, R.; & Tzia, C. (2007). Industrial yogurt manufacture: monitoring of fermentation process and improvement of final product quality. *Journal of Dairy Science* 90: 2641-2654.
- Vukasović, T. (2017). Functional foods in line with young consumers: challenges in the marketplace in Slovenia. *Developing New Functional Food and Nutraceutical Products*. Chapter 20: 391-405 (ISBN: 978-0-12-802780-6).

**CORRESPONDENCIA**

Mag. Oscar Jordán Suarez  
oscar.jordan@ulcb.edu.pe





# Influencia de la temperatura ambiente sobre la producción de biogas

“Influence of ambient temperature on the production of biogas”

<sup>1</sup>Miguel Barrena G.<sup>a</sup>, <sup>1</sup>Victor Olivares M.<sup>b</sup>, <sup>2</sup>Luis Taramona R.<sup>c</sup>,  
<sup>1</sup>Nemecio Chauca R.<sup>b</sup>

Recibido, enero 2017  
Aceptado, abril 2017

## RESUMEN

En la presente investigación se determinó la influencia de la temperatura ambiente sobre la producción de biogas. Esta relación es necesaria para establecer, en función de la temperatura ambiente de cada localidad, en que tiempo un biodigestor recién instalado y cargado estará lleno de biogas.

Para ello se emplearon biodigestores tubulares de geomembrana de PVC, de 8 y 12 m<sup>3</sup> de volumen total (1,27 m de diámetro y 6,7 a 10 m de longitud), con 6 y 9 m<sup>3</sup> de volumen de trabajo, respectivamente, ocupado por la mezcla estiércol de ganado vacuno: agua en la proporción 1:5. Se instaló biodigestores en siete localidades de las regiones Amazonas, San Martín y La Libertad – Perú; de distinta temperatura ambiente y altura sobre el nivel del mar.

En cada localidad se determinó el tiempo de retención hidráulico (TRH), en días, necesario para que la campana del biodigestor y el balón adicional de almacenamiento estén llenos de biogas. En base a los resultados obtenidos, la altura sobre el nivel del mar y el volumen del biodigestor no influyen sobre el TRH; únicamente la temperatura ambiente (T) influye directamente sobre el TRH, cuya relación se representa con la ecuación:  $TRH = -44,705 \ln(T) + 160,394$ .

Palabras clave: biodigestor tubular, tiempo de retención hidráulico, estiércol: agua.

## ABSTRACT

In the present investigation the influence of the ambient temperature on biogas production was determined. This relationship is necessary to establish, depending on the ambient

<sup>1</sup> Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas.

<sup>2</sup> Universidad Le Cordon Bleu . Lima

<sup>a</sup> Ingeniero Químico

<sup>b</sup> Ingeniero Agroindustrial.

<sup>c</sup> Biólogo

temperature of each locality in which time and just installed a biodigester charged will be full of biogas.

This tubular biodigesters PVC geomembrane, 8 and 12 m<sup>3</sup> total volume (1.27 m diameter and 6.7 to 10 m in length) were used, with 6 and 9 m<sup>3</sup> working volume, respectively, occupied by the mixture of cattle manure: water in the ratio 1: 5. Biodigesters were installed at seven locations of Amazonas, San Martín and La Libertad regions - Peru; different temperature and height above sea level. At each site the hydraulic retention time (HRT), in days, required for the biodigester bell ball and extra storage are full of biogas was determined.

Based on the results obtained, the height above sea level and the volume of the digester does not influence the HRT; only the ambient temperature (T) directly influences the HRT, whose relationship is represented by the equation:  $HRT = -44.705 \ln(T) + 160.394$ .

Key words: tubular digester, hydraulic retention time, manure: water.

## INTRODUCCIÓN

El cambio climático ha dejado de ser una teoría para convertirse en una realidad que está afectando sensiblemente al planeta tierra, siendo los gases de efecto invernadero (GEI) que se acumulan en la atmósfera los causantes del incremento de la temperatura terrestre.

Entre los GEI están el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y el metano (CH<sub>4</sub>), el primero producido principalmente por la combustión de combustibles fósiles y leña y el segundo por la descomposición del estiércol.

La agricultura y la ganadería contribuyen ampliamente a las emisiones de metano, dióxido de carbono y óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) a la atmósfera. Estos gases provocan un calentamiento de la superficie terrestre y la destrucción de la capa de ozono en la estratosfera (Primavesi et al., 2004).

Las concentraciones de metano son inferiores a las de CO<sub>2</sub>, sin embargo el metano, se está incrementando rápidamente y atrapa 30 veces más calor que el CO<sub>2</sub> (McCaughey, 1997).

Para atenuar el impacto ambiental del metano, el estiércol debe descomponerse en recipientes cerrados y en ausencia de oxígeno (biodigestores anaeróbicos) que retengan en su cúpula el metano y otros gases producidos (como CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S y vapor de agua) que en conjunto se denomina biogas, el cual es un combustible que arde con llama azul, no tizna ni genera humos irritantes.

El biogas sirve como combustible para cocina, lámpara de camiseta o motores de combustión interna; caso contrario, se lo debe quemar en una antorcha para atenuar su efecto negativo para el medio ambiente. La combustión de una molécula de metano produce una sola molécula de dióxido de carbono, con esto se reduce en 30 veces su poder como GEI.

Las plantas absorben, por medio de sus raíces, agua y nutrientes del suelo; con su follaje captan el CO<sub>2</sub> del aire y con su clorofila la luz solar para realizar la fotosíntesis, cuyo producto es la glucosa que luego polimerizan para producir celulosa que es el componente estructural de las plantas.

En el caso de los pastizales, cuando tienen el tamaño adecuado sirven como alimento del ganado, que después de la digestión es excretado como estiércol que se recoge y procesa en un biodigestor anaeróbico para producir biogas, el que puede ser transportado por tubería a la vivienda donde se emplea como combustible para la cocina en cuyas hornillas arde con llama azul, generando CO<sub>2</sub> y vapor de agua que van a la atmósfera, de donde el CO<sub>2</sub> es captado por las plantas para la fotosíntesis; con esto se cierra el ciclo del CO<sub>2</sub>, en consecuencia, el biogas es un combustible ecológico y una fuente de energía renovable.

La investigación en producción de biogas y bioabonos se realizó a nivel de laboratorio el año 2007, con biodigestores de 1750 mL, en la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza (UNTRM) de Amazonas - Perú (Barrena et al., 2010). En los años siguientes, se brindó asistencia técnica para instalar biodigestores en diversas regiones del Perú.

El objetivo fue establecer la relación entre las condiciones ambientales, las dimensiones del biodigestor y el tiempo de retención hidráulico (TRH) que es el tiempo necesario para que la cúpula del biodigestor y el balón adicional para almacenamiento estén completamente llenos de biogas; que permita determinar, para cualquier localidad, la fecha probable en que el usuario iniciará el empleo del biogas a partir del día en que el biodigestor fue cargado con la mezcla estiércol:agua a su volumen de trabajo; para brindar la orientación técnica eficaz y se tenga confiabilidad en la tecnología de producción del biogas.

Junto con el biogas se producen dos abonos orgánicos: biol y biosol. Un biodigestor tubular de 12 m<sup>3</sup> tiene un volumen de

trabajo de 9 m<sup>3</sup>, se opera con 45 días de TRH, se alimenta con 200 L de mezcla estiércol:agua/día en la proporción de 1:5, con lo que produce 200 L de biol/día y un promedio de 2 m<sup>3</sup> de biogas/día, suficiente para preparar los alimentos diarios de una familia de cinco integrantes, permitiéndoles un ahorro mensual de 30 soles en leña (6 cargas de 50 kg cada una) o de 35 soles que es el costo de un balón de gas propano que dura un mes. Además, cada seis meses se puede extraer 200 L de biosol a manera de purgas de lodos de fondo del biodigestor.

El biol y el biosol tienen un valor entre 1,0 a 1,5 soles/litro. Ambos bioabonos se aplican a las plantas o al suelo directamente o diluidos con agua, para incrementar la productividad de los cultivos y permiten un reciclaje de nutrientes.

Por lo expuesto, la difusión, empleo y empoderamiento de la tecnología de producción del biogas, sobre todo por los pobladores rurales, permitirá: a) reducir la emisión de metano a la atmósfera; b) disminuir la tala de árboles para leña; c) tener la cocina y sus utensilios libres de tizne y humos tóxicos e irritantes; d) disponer fácilmente de un combustible ecológico para la preparación de los alimentos de la familia y para iluminación con una lámpara de camiseta; e) disponer de abonos orgánicos (biol y biosol) para incrementar la producción de sus cultivos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se emplearon biodigestores tubulares de geomembrana de PVC, de 8 y 12 m<sup>3</sup> de volumen total (1,27 m de diámetro y 6,7 a 10 m de longitud), con 6 y 9 m<sup>3</sup> de volumen de trabajo, respectivamente, ocupado por la mezcla estiércol de ganado vacuno:agua en la proporción 1:5.

La propuesta inicial de instalación del sistema de producción de biogás y bioabonos (Barrena et al., 2010) fue mejorada y se muestra en la Figura 1.

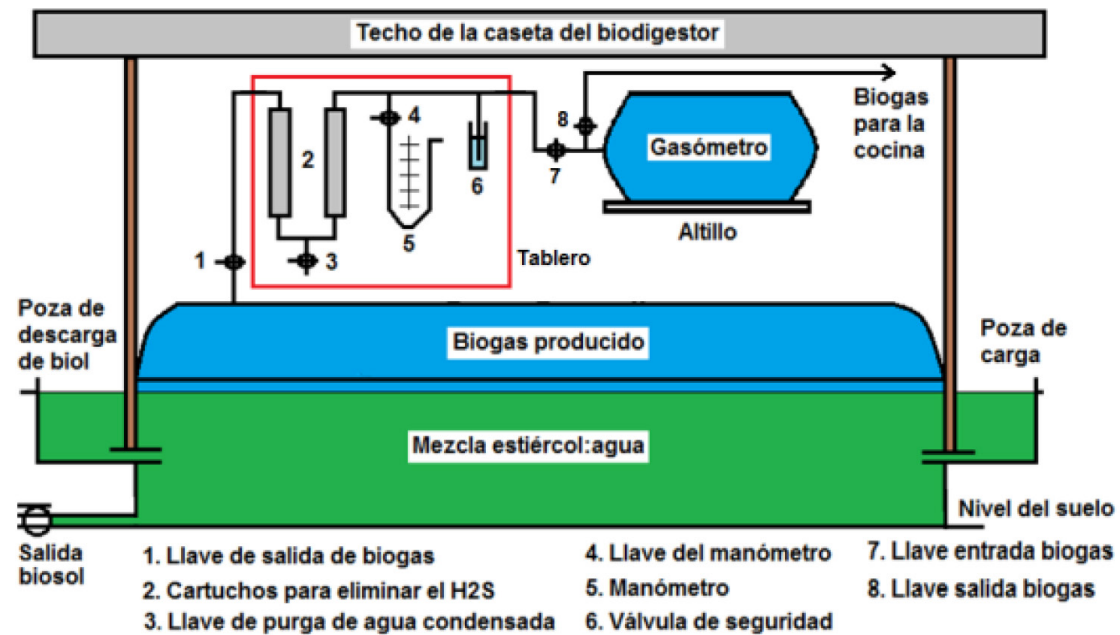


Figura 1. Esquema de instalación del sistema de producción de biogás y bioabonos.

Se instaló biodigestores de diferentes capacidades en siete localidades de las regiones Amazonas, San Martín y La Libertad – Perú, de distinta altura sobre el nivel del mar y temperatura ambiente.

Con estas variables independientes, en cada localidad se determinó, como variable dependiente, el tiempo de retención hidráulico (TRH), en días; lo que se muestra en la Tabla 1.

El esquema de la Figura 1 considera una poza de ladrillo y cemento sobre el nivel del suelo, cuyo largo fue igual al del biodigestor, de 1 m de alto y 1 m de ancho, reforzada con dos columnas equidistantes de concreto armado sobre las que se hizo el altillo para soportar el gasómetro.

Las pozas de carga y descarga son de ladrillo y cemento con sus bordes e interior tarrajados, de 50x50x50 cm.

Este tipo de infraestructura se empleó en las instalaciones en Pomacochas, Chachapoyas y Calzada.

En Santo Tomás, Trujillo, Tocache y Cumba; las instalaciones se hicieron siguiendo el mismo esquema, con la única diferencia que el biodigestor se instaló en una poza de sección trapezoidal de 90 cm de profundidad, con 70 cm en el fondo y 90 cm en la boca a nivel del suelo, cuyo largo fue igual al del biodigestor.

Los sistemas instalados en Pomacochas, Chachapoyas y Santo Tomás estuvieron en un ambiente cerrado, sin ventanas, solo con una puerta de acceso; para protegerlos de las bajas temperaturas que se producen en la noche.

En las otras localidades, debido a la mayor temperatura ambiente, solo fue necesario que el sistema esté bajo techo para protegerlo de la luz solar directa.

Cada biodigestor se conectó con tubería de PVC de ½" a un tablero de purificación y control del biogás, ensamblado sobre un panel de triplay de 1,2 m x 1,2 m x 1 cm de espesor, compuesto por dos cartuchos de tubo de PVC de 2" x 50 cm que contenían 2,5 kg de clavos de hierro de 2" cada uno, cerrados con reducciones de 2" a ½", para eliminar el ácido sulfhídrico (H<sub>2</sub>S) causante del olor a desagüe del biogás, ambos cartuchos se acoplaron en su base con un accesorio en forma de U con una rama en su parte central cerrada por una llave de paso de ½" para drenar el vapor de agua que condense.

Después de los cartuchos, en la tubería de conducción del biogás se instaló un manómetro en U de manguera transparente de PVC de ¼" con agua debido a la baja presión del biogás y finalmente una válvula de seguridad constituida por una botella de plástico de 1,5 L con 2/3 de su volumen con agua en la que se sumergió 10 cm de la rama de tubería de conducción de biogás, de manera que cuando la presión del biogás supere los 10 cm de agua, máxima presión de operación recomendada para biodigestores de geomembrana de PVC (Barrena et al., 2013), el biogás saldrá por esta rama de la tubería y burbujeará en el agua para salir enseguida al medio ambiente. A continuación del tablero se instaló

el gasómetro o balón adicional de almacenamiento de biogás de 2 m<sup>3</sup> de capacidad, de geomembrana de PVC.

Del gasómetro se condujo el biogás con tubería de PVC de ½" al artefacto donde se empleará como combustible.

La carga de los biodigestores se preparó en cilindros de 200 L que requirieron 35 kg de estiércol fresco (máximo de 4 días) que ocupó poco menos de 1/3 del volumen del cilindro, se completó su volumen con agua libre de cloro, se agitó bien con un palo para eliminar grumos y luego se trasvasó al biodigestor. Un biodigestor de 9 m<sup>3</sup> requiere 45 cilindros de 200 L de carga.

## RESULTADOS

En las siguientes figuras se muestran los sistemas de producción de biogás y bioabonos instalados y en producción en cada una de las siete localidades mencionadas.

Puede observarse que tanto la cúpula del biodigestor como su gasómetro están completamente llenos de biogás disponible principalmente como combustible para la cocina que contribuye a mejorar las condiciones de vida de sus usuarios.



Figura 2. Sistema de producción de biogás y bioabonos instalado en Pomacochas.



Figura 3. Sistema de producción de biogas y bioabonos instalado en Chachapoyas



Figura 4. Sistema de producción de biogas y bioabonos instalado en Calzada



Figura 5. Antes y después de aplicar la tecnología del biogas en Calzada.



Figura 6. Sistema de producción de biogas y bioabonos instalado en Santo Tomás.



Figura 7. Sistema de producción de biogas y bioabonos instalado en Trujillo y Cumba



Figura 8. Sistema de producción de biogas y bioabonos instalado en Tocache.

En la Tabla 1 se muestran los TRH medidos en cada una de las siete localidades donde se instalaron los biodigestores. Se aprecia que no hay una relación entre el TRH con la altitud de la localidad ni con el volumen

del biodigestor; pero si hay una relación inversamente proporcional entre la temperatura ambiente de la localidad con su TRH. A menor temperatura ambiente, mayor TRH; a mayor temperatura ambiente, menor TRH.

TABLA 1: Tiempo de retención hidráulico para la producción de biogas en biodigestores tubulares alimentados con mezcla estiércol:agua en la proporción 1:5.

Localidad	Región	Altitud (msnm)	Temperatura ambiente promedio (°C)	Volumen del biodigestor (m <sup>3</sup> )	Tiempo de retención hidráulico (días)
Santo Tomás	Amazonas	2700	14	10	42
Pomacochas	Amazonas	2300	16	12	40
Chachapoyas	Amazonas	2350	17	12	35
Trujillo	La Libertad	33	20	6	19
Calzada	San Martín	800	24	12	18
Tocache	San Martín	600	26	36	18
Cumba	Amazonas	400	31	10	7

A partir del TRH se inicia la alimentación diaria del biodigestor para mantener la producción diaria de biogas y bioabonos (biol y biosol). Un biodigestor tubular de 12 m<sup>3</sup> (10 m de largo x 1,27 m de diámetro) tiene un volumen de trabajo de 9 m<sup>3</sup>, se opera con 45 días de TRH para producir un biol de calidad, por ello necesita una alimentación de 200 L de mezcla estiércol:agua/día en la proporción de 1:5, con lo que produce 200 L de biol/día y un promedio de 2 m<sup>3</sup> de biogas/día, suficiente para preparar los alimentos diarios de una familia de cinco integrantes, permitiéndoles un ahorro mensual de 30 soles en leña (6 cargas de 50 kg cada una) o de 35 soles que es el costo de un balón de gas propano que dura un mes.

Además, cada seis meses se puede extraer 200 L de biosol a manera de purgas de lodos de fondo del biodigestor. El biol y el biosol tienen un valor entre 1,0 a 1,5 soles/litro.

Ambos bioabonos se aplican a las plantas o al suelo directamente o diluidos con

agua, para incrementar la productividad de los cultivos y permiten un reciclaje de nutrientes.

Un sistema de producción de biogas y bioabonos requiere una inversión promedio de cinco mil soles y tendrá una vida útil de 10 años, que se puede recuperar en pocos meses en base al ahorro en consumo de leña o gas propano y en fertilizantes; con esto se propicia una actividad agropecuaria sostenible, debido a que se reduce la dependencia de insumos externos.

Con el software Statistical Package for Social Science (SPSS) se procesaron los datos de la Tabla 1 de tiempo de retención hidráulico expresado en días en función de la temperatura ambiente promedio en grados centígrados de la localidad (Figura 9) y se obtuvo la ecuación logarítmica  $TRH = -44,705 \ln(T) + 160,394$ ; que modela el tiempo de retención hidráulico (TRH: días) para la producción de biogas en función de la temperatura (T: °C) ambiente, con un ajuste  $R^2 = 0,924$ .

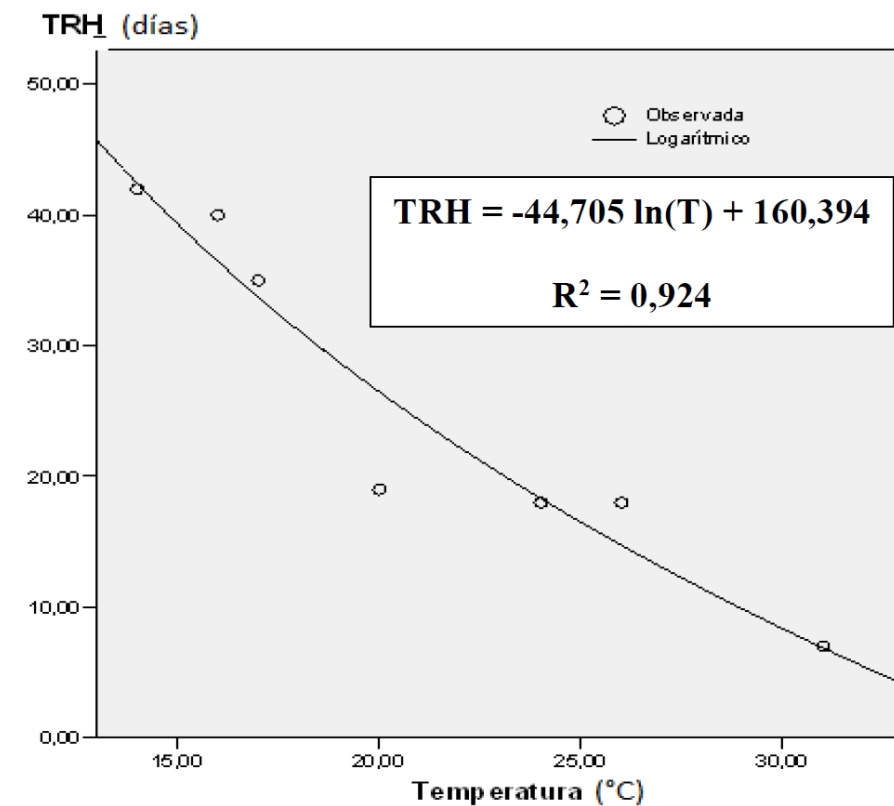


Figura 9. Gráfica del tiempo de retención hidráulico (TRH) en días en función a la temperatura ambiente en °C.

## DISCUSIÓN

El biogas contiene entre 40 a 70%(v/v) de metano y 0,1 %(v/v) de H<sub>2</sub>S (Blanco et al., 2011, citado por Cepero et al., 2013), por lo que es un excelente combustible principalmente para cocinas en zonas rurales, después de eliminar el H<sub>2</sub>S del biogas haciéndolo pasar por un cartucho relleno de clavos de hierro como se ha trabajado en la presente investigación.

El estiércol es una materia prima disponible en zonas rurales que se puede aprovechar para producir biogas y bioabonos en biodigestores anaeróbicos.

La aplicación de esta tecnología permitirá obtener un promedio de 2 m<sup>3</sup> de biogas/

día para uso en la cocina para preparar los alimentos diarios de una familia de cinco integrantes, con lo que se contribuirá a la reducción de la tala para leña (6 cargas por mes de 50 kg cada una).

El biogas también se puede emplear como combustible para lámparas de camiseta tipo petromax o para motores de combustión interna, habiéndose realizado evaluaciones durante una hora como máximo porque se priorizó el uso de biogas para cocina.

Todo esto contribuirá a mejorar la calidad de vida de sus usuarios como se ha evidenciado en la presente investigación.

El tiempo de retención hidráulico para llenar completamente la cúpula del biodigestor y su gasómetro con biogas, está en función de la temperatura ambiente promedio de manera inversamente proporcional; observándose que la mayor temperatura ambiente favorece la producción de biogas en menor tiempo, lo que coincide con lo mencionado por Martí (2008) en Bolivia y Varnero (2011) en Chile. Asimismo, no influye la altitud de la localidad ni el volumen del biodigestor.

Con la ecuación  $TRH = -44,705\ln(T) + 160,394$ , se puede determinar a partir de la temperatura ambiente (T: °C) del lugar donde se instale un biodigestor, el tiempo de retención hidráulico en días, para que el biodigestor y el gasómetro estén llenos de biogas, con un ajuste  $R^2 = 0,924$ , de manera que se brindará al usuario una fecha probable a partir de la cual empezará a emplear el biogas y los bioabonos de su sistema de producción.

### CONCLUSIONES

- La ecuación logarítmica  $TRH = -44,705\ln(T) + 160,394$  modela el tiempo de retención hidráulico (TRH: días) para la producción de biogas en función de la temperatura (T: °C) ambiente, con un ajuste  $R^2 = 0,924$ .
- La producción de biogas sólo es influenciada por la temperatura ambiente, entre los que hay una relación inversamente proporcional. A mayor temperatura ambiente, menor tiempo de producción de biogas y viceversa. Es decir, en climas calurosos la producción de biogas es más eficiente.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Barrena Gurbillón, Miguel A., Oscar A. Gamarra Torres y Jorge L. Maicelo Quintana. 2010.

Producción de biogas en laboratorio a partir de residuos domésticos y ganaderos y su escalamiento. "Aporte Santiaguino", Revista Oficial de la UNASAM 2010; 3(1): 86-92. ISSN 2070-836X. Huaraz-Perú.

Barrena Gurbillón, Miguel A., Luis A. Taramona Ruiz, Oscar A. Gamarra Torres y Maximiliano Choy Wong. 2013. Biodigestores tubulares para la producción de biogas. Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú 2013-07776. GRAFICA DAVISA E.I.R.L. Lima, Perú.

Cepero, L.; Savran, Valentina; Blanco, D.; Díaz Piñón, M.R.; Suárez, J. y Palacios, A. 2012.

Producción de biogás y bioabonos a partir de efluentes de biodigestores. Pastos y Forrajes vol. 35 no. 2 Matanzas abr.-jun. 2012. Versión ISSN 0864-0394. Disponible en [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0864-03942012000200009&lng=es&nrm=iso](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942012000200009&lng=es&nrm=iso). accedido en 05 marzo 2016.

Martí Herrero, Jaime. 2008. Guía de diseño y manual de instalación de biodigestores familiares. Bolivia. GTZ PROAGRO.

McCaughey W, Wittenberg K, Corrigan D. 1997. Methane production by steers on pasture. Can J An Sc, 1997; 76 (3): 519-524.

Primavesi O., Shiraishi R.T., Dos Santos M., Aparecida M., Teresinha T., Franklin P. 2004. Metano entérico de bovinos leiteiros em condições tropicais brasileiras. Pesq agropec bras, 2004 39 (3): 277-283.

Varnero Moreno, María Teresa. 2011. Manual de biogás. Ministerio de Energía del Gobierno de Chile, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación

y Agricultura (FAO) y Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). Santiago de Chile.

### CORRESPONDENCIA

Dr. Miguel Ángel Barrena Gurbillón  
mabg\_98@hotmail.com



# La macrolocalización de plantas derivados de la caña de azúcar considerando la incertidumbre financiera, en la demanda y la disponibilidad de materias primas. Su importancia en el diseño de procesos.

“Location of plants derived from sugar cane considering the financial uncertainty in demand and availability of raw materials. It’s importance in the design process”

<sup>1</sup>Amaury Pérez Martínez<sup>a</sup>, <sup>2</sup>Hilda Oquendo Ferrer<sup>b</sup>, <sup>3</sup>Erenio González Suárez<sup>a</sup>,  
<sup>2</sup>Luisa Matos Mosquedaa, <sup>2</sup>Lourdes Crespo Zafra<sup>a</sup> y <sup>2</sup>Pablo Galindo Llanes<sup>a</sup>

Recibido, abril 2017  
Aceptado, julio 2017

## RESUMEN

Se presentan los métodos más utilizados para la macrolocalización de plantas, la concepción metodológica y su importancia en el diseño de procesos, aplicables a las plantas de derivados de la industria azucarera.

Se considera la incertidumbre en la disponibilidad de las materias primas y el mercado. De los métodos se propone para la macrolocalización de las plantas el de transporte por su amplia utilización y su sencillez, como herramienta el SOLVER del Microsoft EXCEL por ser

<sup>1</sup> Universidad Estatal Amazónica. Ecuador.

<sup>2</sup> Universidad de Camagüey. Camagüey, Cuba.

<sup>3</sup> Universidad Central “Martha Abreu” Villa Clara, Cuba. <sup>a</sup>

Ingeniero químico

<sup>b</sup> Ingeniero industrial

asequible a todos los usuarios. Se presenta la formulación del problema de programación lineal mezclado con enteros aplicado a la localización de plantas de derivados de la industria de la caña de azúcar, listo para ser utilizado en la evaluación de múltiples alternativas en el diseño de procesos.

Palabras clave: macrolocalización, diseño de procesos, método de transporte, incertidumbre.

### ABSTRACT

The methods most frequently used in the localization of plants are presented; the methodological concept and its importance in the design of process, applicable to plants derived from the sugar industry. These considering the financial uncertainty in demand and availability of raw materials.

Of the methods proposed for the plant localization of plants, the transport method is proposed for its wide use and simplicity, such as the EXCEL SOLVER tool be accessible all users.

The algorithms of problem of lineal programming mixed with integer is presented, applied to the localization of plants of derivate of sugar cane industry, ready to use in the evaluation of multiples alternatives in the process design.

Keywords: Localization, process design, carriage method, uncertainting

### INTRODUCCIÓN.

En la actualidad para el diseño de nuevas plantas de la industria química, así como para su consecuente proceso inversionista, resultan de gran importancia los estudios de macrolocalización ya que estos permiten determinar la ubicación óptima al menor costo de transporte, considerando las fuentes de materias primas o el destino del producto terminado (si el problema es el clásico de transporte) o para la variante más eficiente, atendiendo a otros criterios de decisión como el Valor Actual Neto (VAN), la Tasa Interna de Retorno (TIR), el Período de Recuperación al Descuento (PRD) (Pérez-Martínez et al., 2012) o la ganancia anual. La diversificación azucarera, en los últimos años, ha necesitado de la realización de estos estudios, que deben considerar el comportamiento del dinero en el tiempo y

la incertidumbre a la que están sujetas las variables, la financiera, la disponibilidad de las materias primas, la demanda del mercado, la disponibilidad de las tecnologías y la fiabilidad de las instalaciones, entre las más importantes.

Se brindarán algunas consideraciones de los estudios de macrolocalización, atendiendo a la importancia de considerar la incertidumbre en los criterios técnicos y económicos.

Se hará hincapié en un procedimiento metodológico que contempla la macrolocalización como un paso intermedio en el diseño de nuevas alternativas tecnológicas sostenibles y por último se ofrecerán los modelos matemáticos

generales asociados a este algoritmo (Pérez-Martínez et al., 2012; Pérez, Oquendo, & González, 2008).

Las etapas de localización están condicionadas para su resolución por factores que pueden ser cuantificables en términos económicos y otros cuya

incidencia puede solo ser medida considerando factores subjetivos. En la figura 1, se muestran algunos de los factores a considerar en la localización de una planta química (García, 2004). Pero además de estos nueve factores se deben considerar las características propias de cada proyecto (García, 2004).

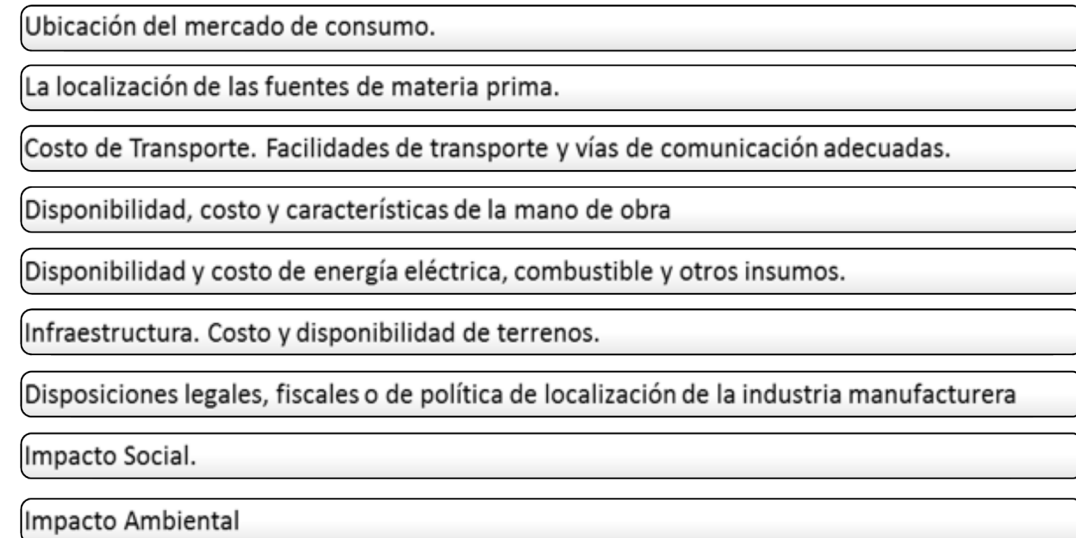


Figura 1. Factores a considerar en la localización de una planta química según (García, 2004).

Los estudios de macrolocalización constituyen una primera etapa en los estudios de localización de plantas, a su vez incluye la etapa posterior denominada microlocalización.

De los factores anteriores resulta de gran importancia para la macrolocalización la ubicación del mercado de consumo y la localización de las fuentes de materias primas.

Debe destacarse que los factores a tener en cuenta en la etapa de macrolocalización difieren de los que deben seguirse para una microlocalización. En general son

decisiones estratégicas muy importantes, de las cuales depende la eficiencia del proceso productivo y que cualquier error no es de fácil recuperación.

La finalidad de los estudios de macrolocalización es medir económicamente la conveniencia de unas frente a otras ubicaciones; es decir, elegir aquella que permita las mayores ganancias o los menores costos, entre las alternativas que se consideren factibles y se genere por tanto mayor rentabilidad.

Se han descrito varios métodos de evaluación para la localización como: el



método de cribado y el método cualitativo por puntos, método de Brown Gibson y el denominado de maximización del valor actual neto, entre otros (Figura 2). Son muy utilizados el método de transporte y el método del análisis de los costos.

El método del análisis de los costos se basa en la suma de los costos o ganancias de cada localización. Se deben seleccionar los factores para los cuales es posible determinar un costo o ganancia y se debe seleccionar aquella alternativa que presente menor costo o mayor beneficio.

El método de transporte es el método cuantitativo más comúnmente usado. Es una técnica matemática derivada de la Investigación de Operaciones cuyo objetivo fundamental es el de optimizar las actividades de localización y distribución. Este método es importante ya que puede solucionar casos en los cuales los costos de transporte de materias primas y la distribución de los productos son un problema para la localización de instalaciones de producción.

Independientemente del método seleccionado, cuando se trata de un análisis que tiene en cuenta la disponibilidad de materias primas, los niveles de las capacidades iniciales de acuerdo a las demandas del mercado, de su evolución y los parámetros financieros, deben considerarse las posibles fluctuaciones de estos factores. Por lo que para su mejor comprensión y obtener un resultado preciso se deben analizar teniendo en cuenta la incertidumbre que ellos generan (Y. Catá, González, González, & Pérez, 2006; Y. Catá, Pedraza, Rosa, & Castellanos, 2006; Oquendo & González, 2005; Pérez et al., 2008).

Esta tendencia está acorde al enfoque de los problemas de incertidumbre en la ingeniería de procesos, así como los principios metodológicos para su consideración en el diseño de nuevas instalaciones, los cuales se muestran en cuatro direcciones (Rudd & Watson, 1968) los cambios en la relación capacidad de producción instalada y demanda de productos, 2) el entorno, tanto económico como ambiental, 3) los parámetros tecnológicos, 4) la disponibilidad de los equipos.

En adición a estos aspectos se debe mencionar los estudios de la incertidumbre financiera (González et al., 2005; Oquendo & González, 2005), y en particular una visión novedosa de la consideración de la incertidumbre a los cambios futuros combinando los estudios de demanda de los productos, con los de disponibilidad de las materias primas considerando la incertidumbre financiera (Oquendo & González, 2005).

El objetivo del presente trabajo es demostrar conceptualmente la influencia de la macrolocalización en el diseño de procesos químicos y bioquímicos y su integración metodológica.

**MATERIALES Y MÉTODOS**

Los estudios de macrolocalización permiten de forma general tomar decisiones para estudios posteriores más profundos, siendo de gran utilidad en el campo de la planificación de la producción y la localización final de plantas.

Desde el punto de vista matemático estos se han derivado del problema clásico del transporte que constituyen una variante del problema lineal de optimización, en el que concurren variables enteras y continuas (Mayo, 1998; Pérez et al., 2008).

Existen situaciones en el diseño de nuevas plantas químicas donde es factible trabajar con funciones objetivos y restricciones, como por ejemplo en los problemas relacionados con la diversificación azucarera, y por tanto estos se pueden resolver con los métodos de programación lineal y los programas (software) existentes, los cuales cada día son más sencillos y asequibles.

En sentido general, se puede plantear el hecho de que varios autores han desarrollado algoritmos de cálculo para aplicar la programación lineal a problemas prácticos en el campo de la ingeniería

de procesos y todos coinciden en las ventajas de este método y sus amplias posibilidades, unido al desarrollo de programas de computación que facilitan considerablemente la utilización del mismo.

Otros se refieren también, a su utilización en problemas clásicos, como lo es, el de transporte, y en problemas de macrolocalización de plantas industriales, así como su empleo en problemas combinados, donde se utiliza la programación con enteros (Mayo, 1998; Oquendo & et al, 2001).

Dentro de los métodos más empleados están:

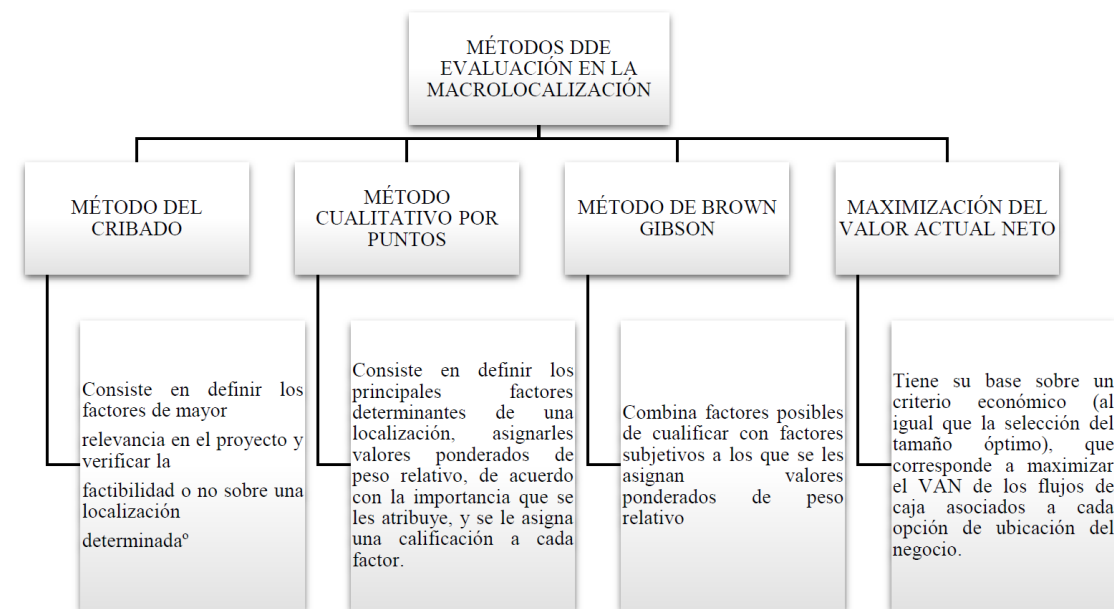


Figura 2. Métodos para determinar la localización de una planta.

Entre los programas de cómputo especializados se debe mencionar el GAMS, el MINUS, el el STORM, el MATLAB, el MILP y el SOLVER del EXCEL (Mayo, 1998). Algunos de ellos en determinados contextos pueden no ser asequibles, para estos casos el uso del EXCEL y el SOLVER pueden ser empleados en estudios macrolocalización de nuevas plantas de derivados y de

selección de alternativas de producción y propuestas de nuevos proyectos, para la solución de problemas de programación lineal mezclada con enteros a los problemas de ya sea por el criterio tradicional de costo mínimo de transporte o ampliando su utilización, cuando se emplean indicadores dinámicos de eficiencia de las inversiones (Oquendo & et al, 2001).

Consideraciones metodológicas de la macrolocalización en el diseño de proceso El diseño de proceso requiere seleccionar, a partir de un conjunto de posibilidades, aquellas alternativas que en base a un criterio predeterminado, cumplan con los objetivos deseados.

Constituye un reto el abordaje desde el punto de vista metodológico, ya que es complejo, dada la limitación práctica de implementar una herramienta efectiva, o un algoritmo de cálculo o procedimiento secuencial, que contemple simultáneamente todas las etapas y variables que intervienen en el diseño (Scenna, 1999).

Resulta aún más complejo el diseño de procesos químicos sostenibles debido a la complejidad y a lo multidimensional de la sostenibilidad.

En este sentido, a pesar de que han sido diseñadas diferentes metodologías en el mundo, para llevar a cabo el diseño de procesos (Biegler, Grossmann, & Westerberg, 1997; Cross, 1984; Douglas, 1988; Peters & Timmerhaus, 1991; Rudd & Watson, 1968; Ulrich, 1984), se necesita de su adecuación a diferentes contextos.

Por su parte, los estudios realizados sobre nuevos procesos químicos de la agroindustria en Cuba (Y.; Catá, 2006; Galindo, 2008; Ley Chong, 2006; Oquendo, 2002; Rosa, 1996; Santos, 1999) presentan soluciones metodológicas que abordan algunos aspectos del diseño de procesos químicos, como son la estimación de capacidad, la macrolocalización, la disponibilidad del equipamiento y más recientemente el estudio de otros elementos que contribuyan a la sostenibilidad, como la dimensión social y ambiental, aspectos

técnicos como el control automático de procesos y un conjunto de indicadores de naturaleza cuantitativa que faciliten la evaluación.

El abordaje investigativo referente a las tareas que están involucradas en el diseño de proceso, puede seguir varios enfoques. Sin embargo, nos referiremos al planteado por Pérez y col (2012), que considera el hecho de un diseño con un carácter sostenible, fácil de adecuar a diferentes contextos y con un mínimo de recursos computacionales para llevarlo a cabo (Pérez-Martínez et al., 2012)

Se propone utilizar la metodología planteada en la figura 3. En el rango de estudios que incluyen estos cuatro pasos del algoritmo, antes de la macrolocalización los diseñadores cuentan con:

- a. el producto que se demanda, su cantidad y sus criterios de calidad, así como la tecnología, las materias primas (fuente y calidad), la energía (fuente).
- b. la tecnología asociada al producto demandado, el esquema tecnológico utilizando el diagrama de flujo como simbolismo esquemático para visualizar la topología (esquema estructural del proceso),
- c. la capacidad de la planta a partir de la demanda del mercado y la disponibilidad de materias primas y su incertidumbre financiera, a partir del método propuesto por (Mayo, 1998; Rudd & Watson, 1968). Además de los valores asociados a los indicadores sociales (nivel de satisfacción de la demanda y el número de trabajadores) mediante el método propuesto por (Peters & Timmerhaus, 1991).

La realización del estudio de macrolocalización tiene como objetivo determinar el costo de transporte mínimo, garantizando una distribución óptima de

materias primas y productos terminados. El método y la herramienta informática (Altern v3.0) que se sugiere es el propuesto por (Pérez et al., 2008) (Figura 4).

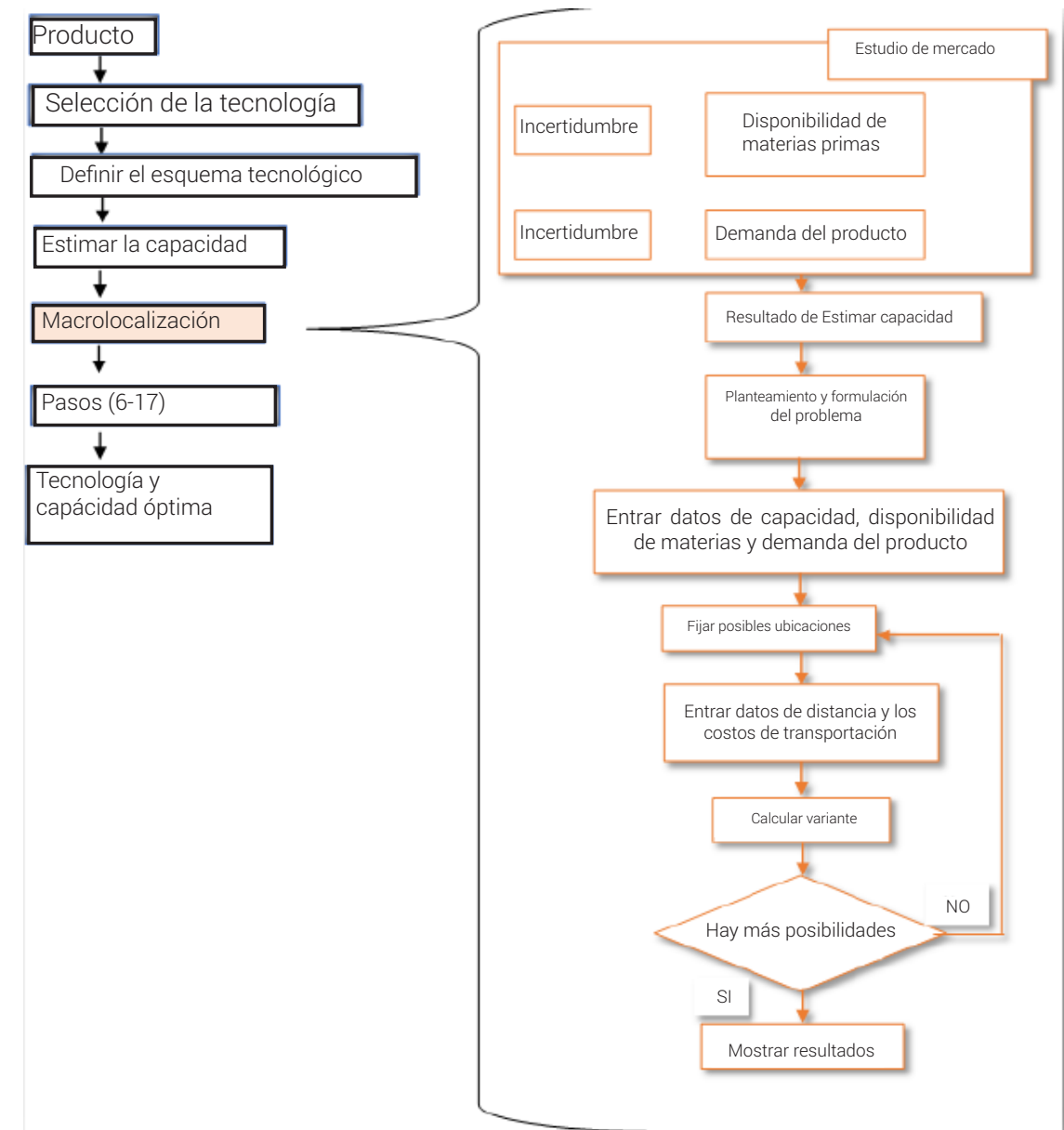


Figura 3. Procedimiento general para el diseño de alternativas tecnológicas y algoritmo detallado del estudio de macrolocalización (Pérez et al., 2008)

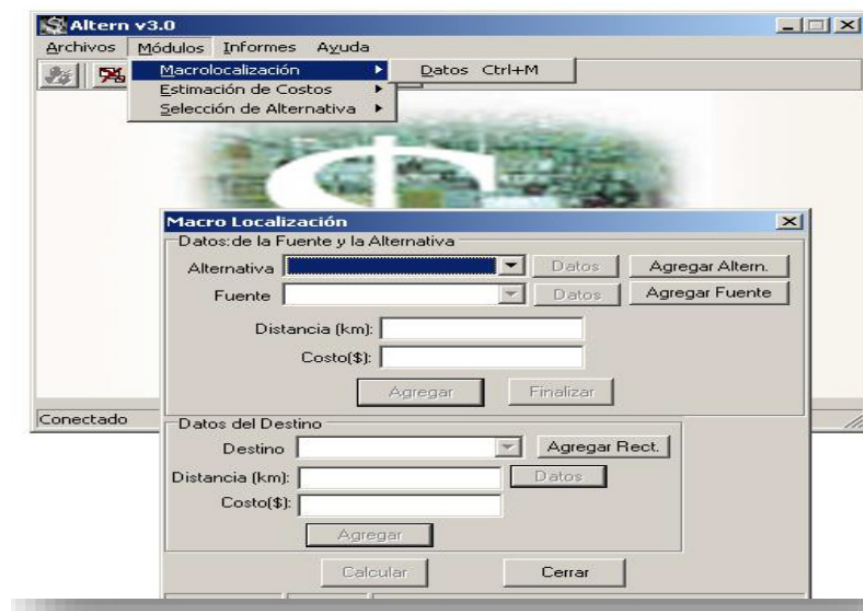


Figura 4. Interfaz para los estudios de macrolocalización del software Altern v3.0

Se propone tener en cuenta, para un estudio de este tipo, los factores que más influyen como son: a) la demanda del mercado y sus cambios en el futuro, b) la incertidumbre en las disponibilidades de materias primas, c) las disponibilidades de tecnologías para diferentes procesos, d) los costos de transportación de las materias primas y los productos terminados.

Estos factores pueden cuantificarse a través de la formulación de un problema lineal de optimización, donde la función objetivo es el costo de transportación y las variables a determinar son la cantidad de materia prima y el producto líder a distribuir propuesto por (Pérez et al., 2008).

Descripción de los pasos a seguir en la macrolocalización:

En la Figura 3 los pasos específicos para llevar a cabo la macrolocalización se han detallado y se derivan del procedimiento general.

Del conjunto de acciones que deben realizarse, el planteamiento y formulación del

problema, tienen un gran peso porque inciden directamente en un buen resultado. Este paso consta de dos momentos que se describen a continuación:

El planteamiento del problema se debe realizar de forma sencilla y debe estar explícitamente cuál es su objetivo.

La formulación del problema se realiza con el objetivo de minimizar el costo de transportación, se ha de determinar las posibles restricciones que acoten a la función objetivo.

Por lo tanto la función objetivo consta de elementos como: el costo de transportación de la materia prima y los productos, las cantidades de materia prima que se van a transportar desde la fuente hasta la alternativa de macrolocalización que se está analizando y la cantidad de producto que se va a transportar desde la alternativa hasta los destinos.

La función objetivo no es más que la sumatoria de los costos de transporte tanto de las materias primas como la de los productos

terminados por las cantidades de cada una. Las restricciones de disponibilidad de la materia prima, demanda de materia prima y producto terminado.

Después de obtener la función objetivo y las restricciones para el caso objeto de análisis, el siguiente paso es la entrada de los datos de capacidad de la planta que se quiere macrolocalizar, y los datos de disponibilidad de materias primas y la demanda de los productos por los puntos de almacenamiento.

Este es el primer paso del ciclo que se va a repetir hasta que se hayan calculados todos las posibles alternativas de macrolocalización que se encuentren bajo estudio y es donde se fija la capacidad de la planta.

El próximo paso dentro del ciclo es la entrada de los datos de costo de transportación que se esté analizando. Después de tener toda la información necesaria se procede a calcular la variante.

Es en este paso donde se obtiene el valor de la función objetivo y que no es más que el costo mínimo de transportación para este caso, como se define en el paso de formulación del problema.

El último paso del ciclo es donde se plantea la condición si hay más posibilidades de ubicación para la planta en dependencia de la respuesta a esa condición se retornará a fijar la nueva posición de la planta y se repetirán los mismos pasos que se han analizado.

En caso de que las posibilidades se haya agotado se pasara a mostrar los resultados e identificar cual es la mejor ubicación de la planta obtenido durante el proceso de macrolocalización.

Una vez analizada la variante óptima de macrolocalización, el diseño de la alternativa tecnológica puede continuar hace nuevas etapas definidas en el procedimiento general (diagrama de bloques de la izquierda de la Figura 3). En la Tabla 1 se puede observar el flujo de información del procedimiento.

Nótese que el estudio de macrolocalización resulta vital conocer la capacidad de la planta y una vez concluido, se aporta al diseño la variante óptima de la cantidad de materias primas disponibles y su costo de transportación, bajo condiciones de incertidumbre.

TABLA 1: Variables de entrada y salida en cada de cada uno de pasos de la metodología propuesta por Perez y col (2012) antes de la macrolocalización (Pérez-Martínez et al., 2012).

<b>Entrada</b>	<b>Pasos</b>	<b>Salida</b>
Cantidad de demanda	Producto seleccionado	Cantidad de demanda
Materias primas		Materias primas
Tecnologías		Tecnologías
Tecnologías	Selección de tecnología	Tecnología
Tecnología	Definir esquema tecnológico	Diagrama de procesos
Cantidad de demanda	Estimación de Capacidad	Capacidad de la planta
		Nivel de satisfacción de la demanda
		Número de trabajadores
Capacidad de la planta	Macrolocalización	Cantidad de materias primas disponible
		Costo de Transportación materias primas

**RESULTADOS**

Se presenta cómo queda formulado el problema de macrolocalización para el diseño de la planta en cuestión.

La macrolocalización es tratada como un problema de programación lineal mezclada con enteros, donde la función objetivo queda expresada como (Oquendo, 2002; Pérez et al., 2008).

Se puede formular el problema de macrolocalización atendiendo al costo mínimo de transportación.

El esquema representado en la Figura 5 puede servir de guía para plantear las ecuaciones correspondientes.

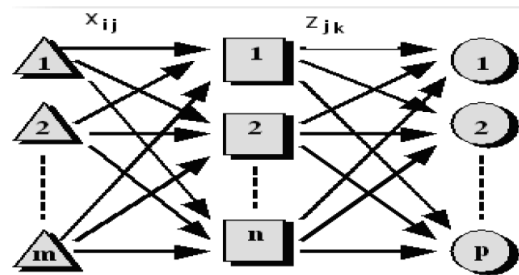


Figura 5. Esquema de un problema de macrolocalización(Mayo, 1998).

La función objetivo puede expresarse por la siguiente ecuación:

$$FO = \sum_I \sum_J X_{IJ} * CT_{IJ} + \sum_J \sum_K Z_{JK} * CT_{JK} \quad (1)$$

Donde:

XIJ es la cantidad de materia prima transportada desde la fuente de materia prima hasta la alternativa que se analizando

CTIJ es el costo de transportación de la materia prima transportada desde la fuente de materia prima hasta la alternativa que se analizando en \$ /Kg\*m

ZJK es la cantidad de producto transportado desde la alternativa hasta la fuente de almacenamiento CTJK es el costo de transportación del de producto transportado desde la alternativa hasta la fuente de almacenamiento, en \$/Kg\*m.

Las restricciones que acotan la función objetivo se pueden agrupar en: disponibilidad de materias primas, demanda de materias primas, distribución de producto, capacidad de almacenamiento de los destinos y las variables enteras.

Las expresiones matemáticas para determinar la disponibilidad de materia prima se pueden obtener al utilizar la siguiente expresión:

$$\sum_I \sum_J X_{IJ} \leq DMP_I \quad (2)$$

Donde:

DMPI es la cantidad de materia prima disponible en la fuente I XIJ es la cantidad de materia prima transportada desde la fuente de materia prima hasta la alternativa que se analizando.

Para las de demanda de materia prima puede emplearse la fórmula:

$$\sum_J \sum_I X_{IJ} = CPA_J * Y_J \quad (3)$$

Donde:

CPAJ es la capacidad de producción de la planta J XIJ es la cantidad de materia prima transportada desde la fuente de materia prima hasta la alternativa que se analizando

YJ es la variable entera que significa la posible ubicación de la planta que este siendo macrolocalizada.

Para las de distribución puede emplearse la fórmula:

$$CPA_J \leq \sum_J \sum_K Z_{JK} \quad (4)$$

Donde:

CPAJ es la capacidad de producción de la planta J

ZJK es la cantidad de producto transportado desde la alternativa que se analizando hasta el destino de almacenamiento.

Para las de Capacidad de Almacenamiento puede emplearse la fórmula:

$$\sum_K \sum_J Z_{KJ} \leq CA_K \quad (5)$$

Dónde: CAk es la capacidad de almacenamiento del destino K

ZKJ es la cantidad de producto transportado desde la alternativa que se analizando hasta el destino de almacenamiento.

Para las variables enteras se emplea la fórmula:

$$\sum Y_J = 1 \quad (6)$$

Dónde: YJ es la variable entera que significa la posible ubicación de la planta que este siendo macrolocalizada.

Como resultados se obtiene la mejor variante de localización para la planta y la distribución óptima de materias primas (mieles, bagazo...) y la distribución de los productos derivados obtenidos.

**CONCLUSIONES**

1. En los estudios previos inversionistas relacionados con la diversificación azucarera, la macrolocalización de las plantas es muy importante, así como

el considerar los factores que inciden directamente en el análisis de las mejores alternativas: el mercado, la materia prima, el costo de transporte, la disponibilidad de mano de obra, la disponibilidad de la energía y otros insumos, el impacto social, el ambiental y la incertidumbre concerniente a todos estos factores.

2. Existen métodos cualitativos y cuantitativos para determinar la localización de una planta y todos son importantes, se recomienda utilizarlos como sistema, de forma tal que se realice el análisis cuantitativo, que siempre aporta el elemento matemático, y los cualitativos, no menos importantes pues permiten involucrar elementos objetivos y subjetivos imprescindibles para completar un análisis de alternativas.

3. De los métodos cuantitativos se sugiere el método de transporte, la programación lineal mezclada con enteros por ser una poderosa herramienta y el SOLVER del EXCEL por su sencillez y ser asequible a todos los usuarios. Se brinda un procedimiento general para el diseño de alternativas tecnológicas y algoritmo detallado del estudio de macrolocalización de las plantas de derivados de la caña de azúcar.

4. Se presenta la formulación del problema de programación lineal mezclado con enteros para un estudio de macrolocalización de plantas de derivados de la caña de azúcar, que puede ser empleado en el estudio de múltiples alternativas.

**REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS**

Biegler, L., Grossmann, I., & Westerberg, A. W. (1997). Systematic Methods of Chemical Process Design. Upper Saddle River, NJ, USA: Prentice Hall.

Catá, Y. (2006). Consideración de la incertidumbre en la integración de procesos en la industria de la caña de azúcar y sus derivados. (Tesis presentada en opción al Grado Científico de Doctor en Ciencias Técnicas), Universidad Central "Martha Abreu" de las Villas, Santa Clara.

Catá, Y., González, E., González, M., & Pérez, P. (2006). Consideración de la incertidumbre en los balances de masa y energía en un complejo integrado. *Revista Cubana de Química*, 18, 185.

Catá, Y., Pedraza, J., Rosa, E., & Castellanos, J. (2006). Metodología para la integración de la incertidumbre en la integración de procesos para la producción de biocombustibles. In E. González (Ed.), *La integración de procesos en la producción de biocombustibles* (pp. 67-94). Buenos Aires: CYTED.

Cross, N. (1984). *Developments in Design Methodology*. Chichester: John Wiley & Sons.

Douglas, J. M. (1988). *Conceptual Design of Chemical Process*. New York: McGraw-Hill.

Galindo, P. (2008). El Análisis de Procesos en la búsqueda de tecnologías más limpias. (Tesis para la obtención del Grado Científico de Doctor en Ciencias Técnicas (PhD), Universidad de Camagüey, Cuba.

García, F. A. (2004). Apuntes sobre localización de instalaciones. 2007, from <http://webdelprofesor.ula.ve/economia/>

González, E., Pedraza, J., Rosa, E., García, A., Rodríguez, I., & Gallardo, I. (2005). Vías para el diseño de nuevas instalaciones de la industria de procesos químicos fermentativos y farmacéuticos. *La Habana: Científico-Técnica*.

Ley Chong, N. (2006). Contribución a los métodos de asimilar tecnologías aplicado a un proceso de producción de biocombustibles. (Tesis presentada en opción al Grado Científico de Doctor en Ciencias Técnicas), UCLV, Santa Clara.

Mayo, O. (1998). *Técnicas básicas de optimización*. La Habana.

Oquendo, H. (2002). Consideración de la incertidumbre de la demanda y la disponibilidad de las materias primas en la determinación de las nuevas capacidades de producción de derivados de la caña de azúcar. (Tesis para la obtención del Grado Científico de Doctor en Ciencias Técnicas), Universidad de Camagüey, Cuba.

Oquendo, H., & et al. (2001). Aplicación de la programación lineal para determinar la macrolocalización de una planta de alcohol en la provincia de Camagüey. *Revista Centro Azúcar*, 2, 23-26.

Oquendo, H., & González, E. (2005). Consideración de la incertidumbre en el desarrollo de un proceso inversionista. In E. González (Ed.), *Vías para el diseño de nuevas instalaciones de la industria de procesos químicos fermentativos y farmacéuticos* (pp. 245-262). La Habana: Científico-Técnica.

Pérez-Martínez, A., Cervantes, E., Julian, M. C., González, E., Gómez, A., Oquendo, H., Ramos, L. (2012). Procedimiento para enfrentar tareas de diseño de procesos de la industria azucarera y sus derivados. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 12(2), 333-349.

Pérez, A., Oquendo, H., & González, E. (2008). Metodología para la macrolocalización de plantas de la industria de procesos,

considerando la incertidumbre y la integración de estos. *Revista Centro Azúcar*, Volumen-2008(3).

Peters, S., & Timmerhaus, K. (1991). *Plant Design and Economics for Chemical Engineers*. (5ta ed. Vol. Fourth Edition). Singapore: McGraw-Hill Chemical Engineering Series.

Rosa, E. (1996). Análisis de alternativas de inversión en la industria química considerando la fiabilidad de los equipos. (Tesis presentada en opción al Grado Científico de Doctor en Ciencias Técnicas), Universidad Central "Martha Abreu" de las Villas, Santa Clara, Cuba.

Rudd, D., & Watson, C. (1968). *Strategy of Process Engineering*. New York: Wiley.

Santos, R. (1999). Análisis de alternativas para reactivación de las plantas de Torula. (Tesis para la obtención del Grado Científico de Doctor en Ciencias Técnicas), UCLV.

Scenna, N. J. (1999). *Modelado, simulación y optimización de procesos químicos* (2da Edición ed.).

Ulrich, G. D. (1984). *A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics*. New York: John Wiley and Sons, Inc.

#### **CORRESPONDENCIA**

Dra. Hilda Oquendo Ferrer  
hilda.oquendo@reduc.edu.cu



# Evaluación de las concentraciones de metales pesados en los ríos Auqui y Paria en la región Ancash, Perú

“Evaluation of heavy metal concentrations in rivers Auqui and Paria in the Ancash region, Peru”

<sup>1</sup>Alejandro Napoleón Barba Regalado<sup>a</sup>, <sup>1</sup>Edgar Pedro Olivera De La Cruz<sup>a</sup>,

<sup>2</sup>Manuel Emilio Milla Pino<sup>b</sup>, <sup>1</sup>Ernesto Filomeno Narváez Pomiano<sup>c</sup>,

<sup>1</sup>Walter Percy Giraldo Ramírez<sup>a</sup>, <sup>1</sup>José Alejandro Narváez Soto<sup>b</sup>,

<sup>1</sup>Edgar Reinaldo Mena Sánchez<sup>d</sup>.

Recibido, abril 2017

Aceptado, junio 2017

## RESUMEN

El presente trabajo tiene como propósito determinar las concentraciones de metales pesados, específicamente, Arsénico, Cadmio, Cobre, Cromo, Manganeso, Mercurio, Níquel, Plomo y Zinc; en los ríos Auqui y Paria, en la región Ancash, Perú y compararlo con los límites máximos permisibles, establecidos, por la Organización Mundial de la Salud (OMS).

A objeto de obtener muestras representativas, se diseñó un plan de muestreo en espacio y tiempo, esto es, en cada una de las cuatro (4) estaciones (invierno, primavera, verano y otoño) se tomaron muestras en cinco (5) puntos (1000 m y 500 m aguas arriba del punto de captación, en el punto de captación, a la entrada y a la salida de la planta de tratamiento) en tres (3) momentos (inicio, intermedio y fin de la estación).

La respuesta obtenida indica que en el Río Auqui la concentración de Manganeso está por encima del límite máximo permitido (0,5 mg/L) y en el Río Paria existen evidencias que conducen a pensar que las concentraciones de metales pesados obtenidas son inferiores a los límites máximos permitidos, lo que indica que el agua es apta para el consumo humano.

<sup>1</sup> Universidad Nacional “Santiago Antúnez de Mayolo”, Huaraz, Perú

<sup>2</sup> Universidad Nacional Especializada de Yaracuy, San Felipe, Venezuela

<sup>a</sup> Ing. químico

<sup>b</sup> Ing. Agrícola

<sup>c</sup> Lic. Comunicación

<sup>d</sup> Lic. Sociología

Palabras clave: Metales pesados, límites máximos permitidos, intoxicación.

## ABSTRACT

This paper aims to determine the concentrations of heavy metals, specifically, arsenic, cadmium, copper, chromium, manganese, mercury, nickel, lead and zinc; in Auqui and Paria rivers in Ancash, Peru and compare it with the permissible maximum established limits by the World Health Organization (WHO) region.

In order to obtain representative samples, a sampling plan in time and space was designed, that is, in each of the four (4) seasons (winter, spring, summer and fall) samples points were taken at five (5) (1000 m and 500 m upstream of the point of collection, the collection point at the entrance and exit of the treatment plant) in three (3) times (beginning, middle and end of the season). The response indicates that the Auqui River manganese concentration is above the maximum allowed limit (0,5 mg/L) and the Paria River

there is evidence that lead to think that heavy metal concentrations obtained are below the maximum limits allowed, indicating that water is suitable for human consumption.

Key Words: heavy metals, maximum permissible limits, intoxication.

## INTRODUCCION

La contaminación de los ríos tiene lugar, ya sea por la presencia de compuestos o elementos que por lo general no estarían presentes sin la actividad humana, o por un aumento o disminución de la concentración de las sustancias debido a la actividad del hombre.

Entre las sustancias químicas potencialmente más tóxicas tenemos a los metales pesados, entre ellos, arsénico, cadmio, cobre, cromo, manganeso, mercurio, níquel, plomo, zinc.

El aporte de estos metales al ciclo hidrológico procede de diversas fuentes, siendo una de ellas de origen litogénico o geoquímico a partir de los minerales que por causas de erosión provocada por vientos, lluvias, etc., son arrastrados al agua.

Sin embargo, en la actualidad la mayor concentración de contaminantes en las

aguas, es por causas de origen antropogénico o debido a la actividad del hombre.

Los procesos industriales, la explotación minera, el desarrollo de la agricultura y los desechos domésticos, constituyen fuentes importantes de contaminación, que fundamentalmente aportan metales pesados al aire, agua y suelo (Sotelo, 2013).

Sobre este tema existen antecedentes muy interesantes como el de Blanco, Ángel y otros, que estudiaron los niveles de Pb, Cd, As, y Zinc en aguas de consumo humano en Salamanca-España, en el año 1998.

Asimismo el estudio sobre la evaluación de As, Cd, Pb y Hg en aguas destinados al consumo humano realizado en Cuba por el Comité Estatal de Normalización en el año 1996.

Los ríos Auqui y Paria están ubicados en la región Ancash, muy cerca de la ciudad de

Huaraz, la cual, tiene estaciones climáticas muy diferenciadas durante el año.

Las estaciones de otoño e invierno son épocas de estiaje o sequía, caracterizadas por la ausencia de lluvias, y comprende los meses de abril a agosto. Las estaciones de primavera y verano época de lluvias, entre los meses

de setiembre a octubre las lluvias son escasas y los meses de enero a marzo son lluvias intensas.

Recibe de 500 a 1000 mm o L/m<sup>2</sup> de lluvia anual, siendo mayor en la zona de Cordillera Blanca. A continuación se presenta un gráfico que muestra la ubicación de las cuencas de ambos ríos:

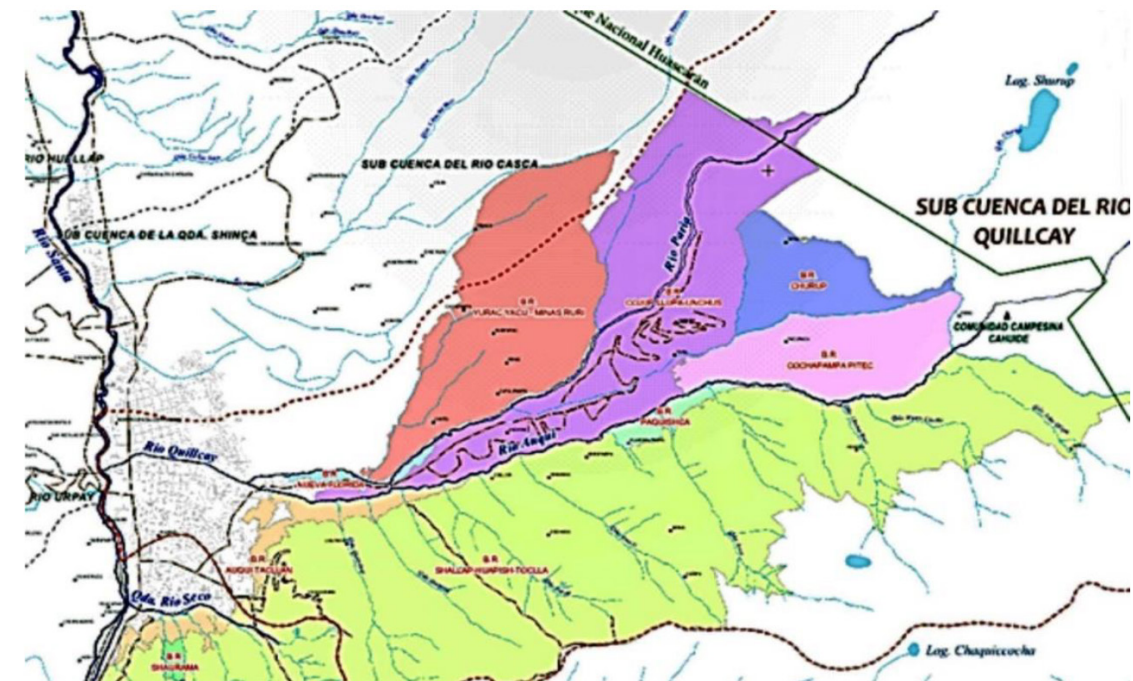


Figura 1. Cuencas de los Ríos Auqui y Paria

## MATERIALES Y MÉTODOS

Esta investigación es de tipo experimental y en ella se desarrolló un plan de muestreo en espacio y tiempo, en aras de garantizar la representatividad de las muestras, lo que en consecuencia, incide en la confiabilidad de los resultados. Este plan consideró además de los dos ríos en estudio, que en cada una de las cuatro

estaciones (invierno, primavera, verano y otoño) se tomaron muestras en cinco puntos (a 1000 m y 500 m aguas arriba del punto de captación, en el punto de captación, a la entrada y a la salida de la planta de tratamiento) en tres momentos (inicio, intermedio y fin de la estación) y se presenta a continuación:

TABLA 1: Plan de muestreo

PUNTOS DE MUESTREO	ESTACIÓN	MOMENTO DEL MUESTREO			SUBTOTAL	TOTAL
		INICIO	MEDIO	FINAL		
1 (1000 m aguas arriba del punto de captación)	1	3	3	3	9	36
	2	3	3	3	9	
	3	3	3	3	9	
	4	3	3	3	9	
2 (500 m aguas arriba del punto de captación)	1	3	3	3	9	36
	2	3	3	3	9	
	3	3	3	3	9	
	4	3	3	3	9	
3 (punto de captación)	1	3	3	3	9	36
	2	3	3	3	9	
	3	3	3	3	9	
4 (entrada a la planta de tratamiento)	1	3	3	3	9	36
	2	3	3	3	9	
	3	3	3	3	9	
	4	3	3	3	9	
5 (salida de la planta de tratamiento)	1	3	3	3	9	36
	2	3	3	3	9	
	3	3	3	3	9	
	4	3	3	3	9	
<b>TOTAL</b>		<b>60</b>	<b>60</b>	<b>60</b>	<b>180</b>	<b>180</b>

Fuente: Propia

Para evitar la contaminación de las muestras de agua durante el período experimental, se tomaron todo tipo de precauciones para garantizar que las mismas mantuvieran las mismas características que tenían en su lugar de origen.

Para ello, se utilizaron recipientes de polietileno y se siguió un adecuado procedimiento para evitar cualquier contaminación accidental, transportando correctamente las muestras al laboratorio y conservándolas satisfactoriamente (Tebbut, 1999).

El muestreo se realizó en una zona de máxima corriente de agua, evitando en todo momento remover el fondo o provocar agitación del agua (Vega y Reynaga, 1990).

La toma de la muestra de agua se realizó en recipientes de polietileno de

alta densidad, lavados previamente con ácido nítrico diluido y tres veces con el agua de río a muestrear (Batley y Gardiner, 1977).

Las muestras se trasladaron al laboratorio en nevera a una temperatura de 4°C, para evitar alteraciones químicas hasta su análisis en el laboratorio (Kennedy et al, 1974).

Luego de la filtración, se acidifica a un pH 2 con ácido nítrico concentrado para determinar metales pesados, la acidificación permite evitar el intercambio de iones y la precipitación de hidróxidos (Taylor, 1989 y Jarvis et al; 1992). Las muestras se mantienen refrigeradas a 4°C.

En el proyecto de investigación se consideró el estudio de nueve metales pesados: Arsénico, cadmio, cobre, cromo,

manganeso, mercurio, níquel, plomo y zinc.

Sin embargo, es preciso aclarar que el arsénico no es un metal pesado sino un metaloide, pero con la finalidad de simplificar la terminología, a todos los elementos analizados, les denominamos metales pesados.

Los nueve elementos químicos que indicaron antes, son considerados de

mayor interés por su elevado grado de toxicidad según la Organización Mundial de la Salud (OMS) y los límites máximos permisibles se presentan en la Tabla 2.

Las determinaciones de las concentraciones de los metales pesados se realizaron en el laboratorio de calidad ambiental de la UNASAM.

TABLA 2: Límites máximos permisibles (LMP) de metales pesados en aguas de consumo humano según la OMS

Elemento	Símbolo	LMP (mg/L)
Arsénico	As	0,010
Cadmio	Cd	0,003
Cromo	Cr	0,050
Cobre	Cu	2,000
Manganeso	Mn	0,500
Mercurio	Hg	0,001
Níquel	Ni	0,020
Plomo	Pb	0,010
Zinc	Zn	3,000

Fuente: Boletín OMS (Génova, 1993)

## RESULTADOS

Una vez obtenidos los resultados de las determinaciones de las concentraciones de metales pesados, se efectuaron un conjunto de pruebas estadísticas, orientadas hacia la comparación entre ríos, estaciones, puntos de muestreo y momento del muestreo, con respecto a las concentraciones de metales pesados,

con énfasis en la comparación de las concentraciones de metales pesados obtenidas con respecto a los límites máximos permitidos establecidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS). Los siguientes cuadros resumen los valores obtenidos para cada una de las pruebas estadísticas realizadas:



TABLA 3: Resultados de comparación de la concentración de metales pesados con los límites establecidos por la OMS

Metal Pesado	OMS (Límites máximos permitidos)	Río Auqui			Río Paria				
		Media	Desviación Típica	T	P	Media	Desviación Típica	T	P
Arsénico	0.0100	0.0010	0.0000	**	0.000	0.0010	0.0000	-	0.0000
								2558.6	
								**	
Cadmio	0.0030	0.0004	0.0000	**	0.000	0.0004	0.0000	**	0.0000
Cobre	2.0000	0.0047	0.0018	-	0.000	0.0010	0.0000	-	0.0000
				11353				79748	
				**				**	
Cromo	0.0500	0.0005	0.00005	-	0.000	0.0013	0.0002	-	0.0000
				934.28				254.54	
				**				**	
Manganeso	0.5000	0.5690	0.0191	3.60	0.0002	0.0595	0.0048	-91.77	0.0000
				**				**	
Mercurio	0.0010	0.0009	0.00002	-	0.000	0.0009	0.0000	-5.06	0.0000
				3.43**				**	
Níquel	0.0200	0.0153	0.0023	-	0.021	0.0004	0.0000	-3110	0.0000
				2.06ns				**	
Plomo	0.0100	0.0024	0.0004	-	0.000	0.0011	0.0001	-	0.0000
				20.7**				152.29	
				**				**	
Zinc	3.0000	0.2259	0.0072	-	0.000	0.0116	0.0004	-	0.0000
				385.83				6741.5	
				**				**	

Fuente: Propia

TABLA 4: Resultados de la comparación de los ríos con respecto a la concentración de metales pesados

Parámetro	Río Auqui		Río Paria		Estadístico T	Probabilidad P
	Media	Desviación Típica	Media	Desviación Típica		
Arsénico	0.0010	0.0000	0.0010	0.0000	0.0000 ns	0.9999
Cadmio	0.0004	0.0000	0.0004	0.0000	0.0000 ns	0.9999
Cobre	0.0047	0.0018	0.0010	0.0000	20.87 **	0.0000
Cromo	0.0005	0.00005	0.0013	0.0002	-4.18 **	0.0000
Manganeso	0.5690	0.0191	0.0595	0.0048	25.81 **	0.0000
Mercurio	0.0009	0.00002	0.0009	0.0000	1.17 ns	0.2416
Níquel	0.0153	0.0023	0.0004	0.0000	6.59 **	0.0000
Plomo	0.0024	0.0004	0.0011	0.0001	3.21 **	0.0017
Zinc	0.2259	0.0072	0.0116	0.0004	29.75 **	0.0000

Fuente: Propia

TABLA 5: Resultados de la comparación de las estaciones en cada río con respecto a la concentración de metales pesados

Parámetros	Río Auqui			Río Paria		
	T	P	Estación (valor mayor)	T	P	Estación (valor mayor)
Arsénico	0.00 ns	0.9999	Igual	1.00 ns	0.3942	Igual
Cadmio	0.00 ns	0.9999	Igual	0.00 ns	0.9999	Igual
Cobre	**	0.0080	1.2	ns	0.0242	Igual
	3.21			3.22		
Cromo	ns	0.0261	Igual	ns	0.0035	1.2
	185			4.71		
Magnesio	**	0.0000	1.2	**	0.0000	1
	6.76			18.6		
Mercurio	**	0.0003	1.2	**	0.0000	1
	9.78			9.78		
Níquel	**	0.0000	1.2	**	0.0000	1.2
	13.0			13.0		
Plomo	**	0.0000	1.2	**	0.4961	Igual
	12.4			0.80		
Zinc	**	0.0000	1.2	ns	0.0000	1.2
	30.7			26.4		
	**			**		

Fuente: Propia

TABLA 6: Resultados de la comparación de los puntos de muestreo en cada río con respecto a la concentración de metales pesados

Parámetros	Río Auqui			Río Paria		
	T	P	Punto de muestreo (valor mayor)	T	P	Punto de muestreo (valor mayor)
Arsénico	0.00 ns	1.0000	Igual	1.00 ns	0.4091	Igual
Cadmio	0.00 ns	1.0000	Igual	0.00 ns	1.0000	Igual
Cobre	43.1 **	0.0000	1	46.6 **	0.0000	1, 2
Cromo	3.34 ns	0.0391	Igual	51.3 **	0.0000	3
Manganeso	1.30 ns	0.2770	Igual	15.1 **	0.0000	1, 2
Mercurio	0.70 ns	0.4991	Igual	1.07 ns	0.3744	Igual
Níquel	0.81 ns	0.4481	Igual	4.10 **	0.0034	2
Plomo	0.50 ns	0.6068	Igual	124 **	0.0000	1
Zinc	8.15 **	0.0015	1	26.2 **	0.0000	1, 2, 4, 5

Fuente: Propia

TABLA 7: Resultados de la comparación de los momentos de muestreo en cada río con respecto a la concentración de metales pesados

Parámetros	Río Auqui			Río Paria		
	T	P	Momento de muestreo (valor mayor)	T	P	Momento de muestreo (valor mayor)
Arsénico	0.00 ns	1.0000	Igual	1.00 ns	0.3699	Igual
Cadmio	0.00 ns	1.0000	Igual	0.00 ns	1.0000	Igual
Cobre	0.79 ns	0.4558	Igual	0.28 ns	0.7573	Igual
Cromo	1.48 ns	0.2317	Igual	0.25 ns	0.7822	Igual
Manganeso	0.41 ns	0.6658	Igual	0.76 ns	0.4703	Igual
Mercurio	5.49 **	0.0054	3	35.4 **	0.0000	2, 3
Níquel	1.94 ns	0.1483	Igual	3.68 ns	0.0271	Igual
Plomo	0.22 ns	0.8068	Igual	1.31 ns	0.2728	Igual
Zinc	1.19 ns	0.1901	Igual	1.32 ns	0.2696	Igual

Fuente: Propia

## DISCUSIÓN

En virtud de estar trabajando con agua para el consumo humano los contrastes de hipótesis se realizaron tomando en consideración un nivel de significancia ( $\alpha$ ) de 0,01, lo que se traduce en un nivel de confiabilidad de 0,99; en tal sentido se usa la siguiente nomenclatura, ns: no significativo ( $P > 0,01$ ; se acepta la hipótesis nula) y \*\*: significativo ( $P < 0,01$ ; se rechaza la hipótesis nula). Bajo estas premisas el análisis e interpretación de resultados se presenta a continuación:

**a)** Resultados de comparación de la concentración de metales pesados con los límites establecidos por la OMS (Tabla 3):

Se realizó una prueba estadística de contraste de hipótesis para una muestra, cuyos resultados se muestran en la Tabla 3, en la cual la hipótesis nula ( $H_0$ ) fue el límite máximo permitido por la Organización Mundial de la Salud (OMS) para cada

una de las concentraciones de metales pesados y la hipótesis alterna ( $H_a$ ) fue que la concentración del metal pesado presente es inferior al límite máximo permitido, salvo en el caso del Manganeso en el Río Auqui que la  $H_a$  fue que la concentración del metal pesado presente es superior al límite máximo permitido.

La respuesta obtenida indica que en el Río Auqui las concentraciones de metales pesados medidas son inferiores a los límites establecidos por la OMS, aunque en el caso del níquel (Ni) se observa un ligero acercamiento al límite permitido, pero aún se mantiene por debajo, exceptuando al manganeso cuya concentración está por encima del límite máximo permitido.

Es oportuno hacer notar, que las altas concentraciones de manganeso presentes en el ser humano pueden afectar grave e irreversiblemente al sistema nervioso

central, conduciendo a patologías, tales como, demencia senil, alzheimer y párkinson.

El ser humano tiene un constante suministro de manganeso a través de la ingesta diaria de alimentos, de donde obtiene las concentraciones requeridas para suplir sus exigencias metabólicas.

Con respecto al Río Paria podemos decir que existen evidencias que conducen a pensar que las concentraciones de metales pesados obtenidas son inferiores a los límites máximos permitidos, lo que indica que no hay problemas con las concentraciones de metales pesados y que el agua es apta para el consumo humano.

**b)** Resultados de la comparación de los ríos con respecto a la concentración de metales pesados, determinaciones "in situ" y de laboratorio (Tabla 4):

A objeto de comparar los Ríos Auqui y Paria con respecto a los niveles de concentración de metales pesados, se procedió a aplicar una prueba de hipótesis para dos muestras independientes, obteniéndose los resultados que se presentan en el Tabla 50 (Trabajo completo), siendo la hipótesis nula ( $H_0$ ) que las concentraciones medidas son iguales y la hipótesis alterna ( $H_a$ ) que las concentraciones son diferentes para los dos ríos en estudio.

En la Tabla 40 (Trabajo completo), se puede observar que en cuanto a As, Cd y Hg no existen diferencias estadísticamente significativas entre los dos ríos, mientras que con respecto a los otros metales pesados evaluados existen diferencias altamente significativas, siendo que en el Río Auqui se presentan mayores concentraciones

de Cu, Mn, Ni, Pb y Zn, y en el Río Paria se evidencian mayor concentración de Cr, aunque la misma es menor que el límite máximo permitido.

**c)** Resultados de la comparación de las estaciones en cada río con respecto a la concentración de metales pesados, determinaciones "in situ" y de laboratorio (Tabla 5):

Al revisar el comportamiento de las concentraciones de metales pesados en cada una de las estaciones evaluadas, se procedió a ejecutar una prueba de hipótesis para dos o más muestras independientes, obteniéndose los resultados que se muestran en la Tabla 5, en esta prueba la hipótesis nula ( $H_0$ ) es que las concentraciones medidas en cada una de las estaciones son iguales y la hipótesis alterna ( $H_a$ ) es que al menos dos son diferentes.

En el Río Auqui se observa que las concentraciones de As, Cd y Cr son iguales en todas las estaciones, mientras que las concentraciones de Cu, Mn, Hg, Ni, Pb y Zn son diferentes en cada una de las estaciones, siendo las estaciones de invierno y primavera donde se presentan las mayores concentraciones.

En el Río Paria se evidencia que las estaciones presentan iguales concentraciones de As, Cd, Cu y Pb, y diferentes concentraciones de Cr, Mn, Hg, Ni y Zn, siendo las estaciones con mayores concentraciones invierno y primavera.

Lo antes expuesto refleja que las concentraciones de Mn, Hg, Ni y Zn, son mayores en las estaciones de invierno y primavera, tanto en el Río Auqui como en el Río Paria, esto puede ser debido a que

en la estación de verano, las continuas precipitaciones hacen que se disuelvan estos componentes, disminuyendo así sus concentraciones.

**d)** Resultados de la comparación de los puntos de muestreos en cada río con respecto a la concentración de metales pesados, determinaciones "in situ" y laboratorio (Tabla 6):

En cuanto al comportamiento de las concentraciones de metales pesados en cada uno de los puntos de muestreo, se realizó una prueba de hipótesis para dos o más muestras independientes, obteniéndose los resultados que se muestran en la Tabla 6, en esta prueba la hipótesis nula ( $H_0$ ) es que las concentraciones medidas en cada uno de los puntos de muestreo son iguales y la hipótesis alterna ( $H_a$ ) es que al menos dos son diferentes.

En el río Auqui se evidencia uniformidad de los puntos de muestreo con respecto a las concentraciones de metales pesados, exceptuando Cu y Zn, en los cuales se aprecia mayores niveles de concentración de estos metales en el punto ubicado a 1000 m aguas arriba del punto de captación.

En lo referente al Río Paria, los resultados indican homogeneidad en cuanto a As, Cd y Hg, mientras que para Cu, Cr, Mn, Ni, Pb y Zn, hay heterogeneidad en las concentraciones observadas para cada uno de los puntos muestreados, siendo los puntos ubicados aguas arriba del punto de captación, los que presentan mayores concentraciones de metales pesados.

Esto pareciera indicar que cuanto más lejos del punto de captación este el sitio de muestreo, es decir, cuanto más cercano a

la naciente del río este el sitio de muestreo, mayores son las concentraciones de metales pesados.

**e)** Resultados de la comparación de los momentos de muestreo en cada río con respecto a la concentración de metales pesados, determinaciones "in situ" y laboratorio (Tabla 7):

En lo que respecta a los momentos de muestreo, al inicio, intermedio y final de cada una de las estaciones evaluadas, se efectuó una prueba de hipótesis para dos o más muestras independientes, obteniéndose los resultados que se muestran en la Tabla 7, en esta prueba la hipótesis nula ( $H_0$ ) es que las concentraciones medidas en cada uno de los momentos son iguales y la hipótesis alterna ( $H_a$ ) es que al menos dos son diferentes.

En ambos ríos se evidencia un comportamiento similar, esto es, que en cuanto a la mayoría de las concentraciones de metales pesados en estudio, los momentos de muestreo no tienen diferencias estadísticamente significativas, excepto en el caso del Hg que sí presenta diferencias altamente significativas, siendo el momento final el de mayor concentración en el río Auqui, y los momentos intermedio y final los de superior concentración en el Río Paria.

Estos resultados conducen a pensar que la concentración de los metales pesados mantiene su comportamiento a lo largo de toda la estación, es decir, que el muestreo puede hacerse en cualquier momento.

### CONCLUSIONES

Se demuestra que en las aguas del Río Paria las concentraciones de metales pesados

son inferiores a los límites máximos permisibles establecidos por la OMS, lo cual, la hace apta para el consumo humano.

En tanto en el Río Auqui se evidencia concentraciones de manganeso superiores a los límites máximos permisibles establecidos por la OMS, lo que indica que su consumo es nocivo para la salud.

Es necesario desarrollar una evaluación exhaustiva en el recorrido del río Auqui, para profundizar en la evaluación de manganeso, ya que la presencia de altas concentraciones de este metal en el ser humano tiende a causar alteraciones en el sistema nervioso central.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Batley, G. T. y Gardiner, D. (1977). Sampling and storage of natural water for trace metal analysis. *Water Res.* 11, 745-756.

Blanco, A. (1998). Estudio de los niveles de Pb, Cd, Zn y As en las aguas de la provincia de Salamanca. Salamanca.

Comité Estatal de Normalización. (1996) «Agua potable, requisitos sanitarios y muestra». N C-93-02/85.Cuba.

Jarvis, K. E. Gray, A. L y Houk, R. S (1992). Handbook of inductively coupled plasma mass spectrometry. Blackie, Glasgow and London. New York, 380.

Kennedy V.C., Zellweger G.W. y Blair F. J. (1974). Filter pore size effects on the analysis of Al, Fe, Mn, Ti in water. *Water research* 10, 785-790.

Organización Mundial de la Salud-OMS. (1993). Boletín informativo. Génova.

Sotero Solís, V., & Alva Astudillo, M. (2013). Contenido de metales pesados en agua y sedimento en el bajo Nanay. Universidad Científica del Perú.

Tebbut, T. H. (1999). Fundamentos de control de la calidad del agua. Limusa Noriega editores. México, 239.

Taylor. (1989). Zinc In: Guidelines for Surface Water Quality». Vol. 1 Inorganic Chemical Substances, Inland Waters Directorate, Water Quality Branch, Ottawa, 92-99.

Vega, S. y Reynaga, J. (1990). Evaluación epidemiológica de riesgos causados por agentes químicos ambientales. Ed. Noriega Limusa. México, 727.

### CORRESPONDENCIA

Barba Regalado, Alejandro  
alejonap11@gmail.com



# Evaluación del rendimiento de ecotipos de maíz en diferentes localidades y épocas en la región Ancash, Perú

“Evaluation of the efficiency of maize ecotypes in different localities and times in the Ancash region, Peru”

† <sup>1</sup>Huaytalla-Torresa, Gelar Isaias <sup>a</sup>, <sup>1</sup>Barreto Rodríguez Juan <sup>a</sup>,  
<sup>1</sup>Figuroa Tauquino Rafael <sup>b</sup> y <sup>1</sup>Milla Pino Manuel <sup>c</sup>

Recibido, abril 2017  
Aceptado, junio 2017

## RESUMEN

La presente investigación tiene como propósito evaluar el rendimiento del cultivo de maíz frente a la variabilidad climática actual. En tal sentido se instalaron parcelas en cada una de las localidades, Canyonbamba, Huaraz y Tingua durante el inicio de cada campaña agrícola (octubre, noviembre y diciembre), con dos densidades, una a densidad comercial 80 x 60 cm y tres plantas por golpe y a una baja densidad de siembra por híbrido 3 plantas/m<sup>2</sup>, con una superficie experimental por parcela (surcos, 4 para cada densidad) a objeto de disponer del material necesario para los muestreos a realizar durante el ciclo del cultivo; las evaluaciones, observaciones y mediciones se realizaron sobre los dos surcos centrales.

Las parcelas fueron regadas y fertilizadas de manera que no existiera deficiencia hídrica ni nutricional. Los ecotipos estudiados fueron Huaraz, Yungay, Chingas y Marcará, resultando que los ecotipos que presentaron mayor rendimiento (kgrs) fueron, en la localidad de Canyonbamba los ecotipos Huaraz, Chingas y Marcará, en la localidad de Huaraz el ecotipo Chingas y en la localidad de Tingua el mejor comportamiento lo generó el ecotipo Marcará.

<sup>1</sup>Universidad Nacional "Santiago Antúnez de Mayolo". Huaraz, Perú  
<sup>2</sup>Universidad Nacional Especializada de Yaracuy. San Felipe, Venezuela  
<sup>a</sup>Ing. agrónomo  
<sup>b</sup>Ing. meteorólogo  
<sup>c</sup>Ing. Agrícola

Palabras clave: Rendimiento agronómico, fenología, maíz, ecotipo, variabilidad climática.

### ABSTRACT

The objective of the present investigation is to evaluate the yield of the maize crop against the current climatic variability. In this sense, plots were installed in each locality at the beginning of each agricultural season (October, November and December), with two densities, one at commercial density 80 x 60 cm and three plants per plot and at a low density of sowing per hybrid 3 Plants / m<sup>2</sup>, with an experimental area per plot (furrows, 4 for each density) in order to have the necessary material for the sampling to be carried out during the crop cycle; Evaluations, observations and measurements were made on the two central rows. The plots were irrigated and fertilized so that there was no water or nutritional deficiency.

The ecotypes studied were Huaraz, Yungay, Chingas and Marcará, with the result that the ecotypes with the highest yield (kgrs) were, in the town of Canyasbamba, the ecotypes Huaraz, Chingas and Marcará, in the locality of Huaraz the ecotype Chingas and in the locality of Tingua the best behavior was generated by the ecotype Marcará.

Keywords: Agronomic yield, phenology, maize, ecotype, climatic variability.

### INTRODUCCIÓN

En los últimos decenios, las preocupaciones ambientales sobre nuestro planeta se han ampliado dramáticamente y figuran entre los desafíos más importantes para el bienestar de la humanidad en todo el globo. Todas las naciones se ven afectadas, pero con frecuencia son los países más pobres y menos desarrollados quienes soportan la mayor parte de la carga, pues además de sufrir los efectos de la destrucción ambiental y el cambio climático, son los que tienen menos recursos económicos disponibles para adaptarse a situaciones cambiantes (Banco Mundial, 2008).

En las regiones andinas del Perú donde la producción agrícola depende en gran medida de los factores climáticos y meteorológicos, el impacto del cambio climático sobre la misma es alto y si a esto se suma el alto grado de dependencia de la agricultura por parte de la población de estas regiones, aumenta su vulnerabilidad frente al cambio climático (Vargas, 2009).

Particularmente en el caso de los campesinos dedicados a la agricultura de subsistencia quienes se verán directamente afectados por la disminución en los rendimientos, aunque esta sea mínima (InfoResources, 2008).

Esta realidad, destaca la necesidad de evaluar la vulnerabilidad por medio del dimensionamiento de los impactos de los escenarios futuros de cambios climáticos globales sobre la agricultura, definiendo así escenarios agrícolas futuros sujetos a condiciones de riesgos climáticos diferentes de las actuales (Queiroz, G. et al 2009).

Por lo que la vulnerabilidad de nuestro país ante variaciones climáticas drásticas queda demostrada y entre los cultivos que reportaron mayores pérdidas asociadas a eventos climáticos adversos durante las doce últimas campañas agrícolas (según superficie perdida y número de campañas con pérdidas), figuran la papa, el maíz

amiláceo, maíz amarillo duro, la cebada grano, el arroz y el plátano (Vargas, 2009).

En general, el MINAG resalta que tenemos una gran vulnerabilidad ante las variaciones climáticas; perdiendo más de 15 mil hectáreas en cada campaña agrícola por efectos climáticos asociados.

Se observa también que cada dos años el sector agrario enfrenta picos en cuanto a estas pérdidas; con un costo promedio calculado en 390 millones de soles.

Las mayores pérdidas se observan en campañas afectadas por los eventos climáticos extremos como en el caso de El Niño y La Niña (Ministerio del Ambiente, 2010).

Aunque en las últimas décadas el IPCC y otras instituciones han documentado bien el cambio climático y como éste afecta el crecimiento y desarrollo de los cultivos, los recursos hídricos y la producción agrícola en amplias regiones del mundo, en el caso del Perú la toma de acciones de prevención ante estos riesgos es aun deficiente (IPCC, 2007).

En el Callejón de Huaylas particularmente en el caso de la producción del maíz se tiene dos zonas bien definidas que son la zona baja y la zona media; en la zona media se tiene el maíz canchero que es para autoconsumo principalmente y el remanente es comercializado en las ferias de la región como en el caso de las ferias de Huaraz y Carhuaz, mientras que en la zona baja se siembra el maíz chochero y el maíz para chala durante todo el año, haciéndose un monocultivo con el consiguiente problema de sobre explotación de suelos, disminución de la fertilidad e incremento del ataque de plagas y enfermedades.

Es de este modo que en los últimos cinco años los problemas de sanidad se han incrementado en forma alarmante esto relacionado al cambio climático debido al incremento de la temperatura durante el día mientras que durante las primeras horas de la mañana hay una fuerte baja de la misma, lluvias ligeras y fuertes lluvias, presentándose también periodos de sequías prolongadas, fuertes heladas como la de los últimos 15 días del mes de octubre del presente año las cuales han afectado los cultivos causando heladas en los maizales de todo el Callejón de Huaylas.

El presente trabajo pretende dar a conocer los impactos del cambio climático en los cultivos y en la seguridad alimentaria e identificar y recuperar tecnologías ancestrales a fin de desarrollar nuevas estrategias de manejo eco-fisiológico para la mitigación y adaptación al cambio climático del cultivo de maíz en el Callejón de Huaylas.

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### Delimitación del Proyecto:

La Cuenca del Río Santa, posee una superficie total de 11910 Km<sup>2</sup> hasta la estación Hidrológica "Puente Carretera" ubicada en la parte más baja de la Cuenca, y es la cuenca más extensa de la vertiente Occidental (o Pacífico) de la Cordillera en el Perú. Su forma extraña se debe a que en la cuenca alta, el Río Santa corre entre dos cordilleras: la Cordillera Negra al Oeste y la Cordillera Blanca al Este (Lavado, W. et al. 2005).

A la salida del Cañón del Pato, que marca la delimitación entre cuenca alta y cuenca baja, el río Santa da la vuelta al Oeste y atraviesa perpendicularmente la banda de costa árida, para desembocar finalmente

en el Pacífico a la altura de la ciudad de Chimbote.

Se nota la abundancia de glaciares en la Cordillera Blanca y su ausencia en la Cordillera Negra (Lavado, W. et al. 2005).

En el proyecto se considera la zona media con la localidad de Huaraz y la zona baja con las localidades de Tingua y Canyasbamba, en estas tres localidades estarán ubicados los experimentos.



Figura 1. Estaciones ubicadas en la zona de estudio. (Lavado, W. et al. 2005)

Para evaluar el rendimiento del cultivo de maíz frente a la variabilidad climática actual, se procederá de la siguiente manera.

#### Aspecto metodológico

Tipo de Investigación: Experimental, aplicada, correlacional y explicativo.

Diseño de la Investigación:

#### a) Parcelas de Calibración

Para cada localidad se instalarán parcelas durante el inicio de cada campaña agrícola

(octubre, noviembre y diciembre), con dos densidades, una a densidad comercial 80 x 60 cm y tres plantas por golpe y a una baja densidad de siembra por híbrido 3 pl/m<sup>2</sup>, con una superficie experimental por parcela (8 surcos, 4 para cada densidad) de manera que se disponga del material necesario para los muestreos a realizar durante el ciclo del cultivo, las evaluaciones, observaciones y mediciones se realizarán sobre los dos surcos centrales.

Las parcelas deberán ser regadas y fertilizadas de manera que no haya deficiencia hídrica ni nutricional y se medirá la altura de planta.

#### b) Criterios o Parámetros de Evaluación

Se realizarán análisis de crecimiento destructivo cada 20 días donde se muestrearán 3 plantas por cada tratamiento y repetición. Con las plantas extraídas se muestreará número de hojas, altura de planta, área foliar, peso fresco y seco total; así como peso fresco y seco de hojas, tallos, raíces, flores, mazorca (grano/mazorca), número de granos y peso de 100 granos. También se evaluará la fecha de floración femenina así como fecha de madurez fisiológica. Para esto se usará el mismo procedimiento seguido en la calibración. También se contabilizará cosecha total e índice de cosecha.

Para la cosecha se procederá a hacer un análisis de crecimiento destructivo completo.

#### c) Características de la Parcela Experimental:

Distanciamiento entre surco: 0.8m, Longitud del surco: 10 m, Número de surco de alta densidad/ecotipo = 4, Número de surco de baja densidad/ecotipo = 4, Área de la parcela experimental: 192 m<sup>2</sup>. Ecotipo 1: Huaraz, Ecotipo 2: Yungay, Ecotipo 3: Chingas, Ecotipo 4: Marcará.

Diseño experimental

Bloques Completos al Azar con Número de repeticiones: 4, Número de Unidades Experimentales: 12, Número de surcos por unidad experimental: 6, Distanciamiento entre surco: 0.80 m, Área de la unidad experimental: 48 m<sup>2</sup> y Área del experimento: 1324.8 m<sup>2</sup>. Aprox. El Modelo aditivo lineal sería el siguiente para cada ensayo:

$$Y_{ijkl} = \mu + \beta_i + \gamma_j + \delta_k + \lambda_l + (\gamma*\delta)_{jk} + (\gamma*\lambda)_{jl} + (\delta*\lambda)_{kl} + (\lambda*\delta*\gamma)_{jkl} + \epsilon_{ijkl}$$

Dónde:

$Y_{ijkl}$  = Observaciones

$\mu$  = media poblacional

$\beta_i$  = efecto de bloques

$\gamma_j$  = efecto de evaluación

$\delta_k$  = efecto de ecotipo

$\lambda_l$  = efecto época

$(\gamma*\delta)_{jk}$  = interacción evaluación\*ecotipo

$(\gamma*\lambda)_{jl}$  = interacción evaluación \*época

$(\delta*\lambda)_{kl}$  = interacción ecotipo\*época

$(\lambda*\delta*\gamma)_{jkl}$  = interacción

evaluación\*ecotipo\*época

$\epsilon_{ijkl}$  = error experimental.

#### RESULTADOS

Rendimiento (Localidad: Canyasbamba)

En la localidad de Canyasbamba los resultados obtenidos fueron:

TABLA 1: Análisis de varianza para evaluaciones, ecotipos y épocas.

(Variable Rendimiento / Localidad Canyasbamba)

FUENTE VARIACIÓN	DE ANÁLISIS DE VARIANZA		OBSERVACIÓN
	Valor F	Probabilidad	
Bloques	6.55**	0.002	Se justifica el uso de DBCA
Evaluación	116.89**	0.000	1
Ecotipo	12.23**	0.000	Mejores ecotipos: 4,1,3
Época	5.44**	0.009	Mejor época:3
Evaluación*Ecotipo	1.49ns	0.789	Evaluación y Ecotipo son factores independientes
Evaluación*Época	15.23**	0.000	Evaluación y Época son factores dependientes
Ecotipo*Época	1.94ns	0.542	Ecotipo y Época son factores independientes
Evaluación*Ecotipo*Época	2.01ns	0.674	Evaluación Ecotipo y Época son factores dependientes

ns: no significativo, \*= significativo, \*\*= altamente significativo

Ecotipo 1: Huaraz, Ecotipo 2: Yungay, Ecotipo 3: Chingas, Ecotipo 4: Marcará.

Época: 1, 2, 3.

Evaluación: 1, 2, 3, 4, 5 y 6.

Rendimiento (Localidad: Huaraz)

En la localidad de Huaraz una vez realizado el análisis de varianza considerando los factores evaluaciones, ecotipos y épocas como fuente de variación, los resultados obtenidos fueron los siguientes:

TABLA 2: Análisis de varianza para evaluaciones, ecotipos y épocas

(Variable: Rendimiento / Localidad: Huaraz)

FUENTE VARIACIÓN	DE ANÁLISIS DE VARIANZA		OBSERVACIÓN
	Valor F	Probabilidad	
Bloques	18.54 **	0.000	Hay efecto de bloque
Evaluación	379.03 **	0.000	1
Ecotipo	3.51 *	0.016	3
Época	75.26 **	0.000	2
Evaluación*Ecotipo	0.93 ns	0.841	Evaluación y Ecotipo son factores independientes
Evaluación*Época	7.28 **	0.000	Evaluación y Época son factores dependientes
Ecotipo*Época	2.49 *	0.028	Ecotipo y Época son factores dependientes
Evaluación*Ecotipo*Época	1.09 ns	0.411	Evaluación, Ecotipo y Época son factores independientes

ns: no significativo, \*= significativo, \*\*= altamente significativo

Ecotipo 1: Huaraz, Ecotipo 2: Yungay, Ecotipo 3: Chingas, Ecotipo 4: Marcará.

Época: 1, 2, 3.

Evaluación: 1, 2, 3, 4, 5 y 6.

Rendimiento (Localidad: Tingua)

Una vez realizado el análisis de varianza considerando los factores evaluaciones, ecotipos y épocas como fuente de variación, los resultados obtenidos fueron los siguientes:

TABLA 3: Análisis de varianza para evaluaciones, ecotipos y épocas

(Variable: Rendimiento / Localidad: Tingua)

FUENTE DE VARIACIÓN	ANÁLISIS DE VARIANZA		OBSERVACIÓN
	Valor de F	Probabilidad	
Bloques	3.39 *	0.036	No hay efecto de bloque
Evaluación	2818.37 **	0.000	1
Ecotipo	15.50 **	0.000	4
Época	27.39 **	0.000	3
Evaluación*Ecotipo	1.66 ns	0.066	Evaluación y Ecotipo son factores independientes
Evaluación*Época	3.88 **	0.000	Evaluación y Época son factores dependientes
Ecotipo*Época	2.37 **	0.033	Ecotipo y Época son factores dependientes
Evaluación*Ecotipo*Época	0.58 ns	0.959	Evaluación, Ecotipo y Época son factores independientes

ns: no significativo, \*= significativo, \*\*= altamente significativo

Ecotipo 1: Huaraz, Ecotipo 2: Yungay, Ecotipo 3: Chingas, Ecotipo 4: Marcará

Época: 1, 2, 3.

Evaluación: 1, 2, 3, 4, 5 y 6.

## DISCUSIÓN

### Localidad Canyasbamba:

En virtud de lo antes expuesto, que corresponde al análisis del comportamiento de los ecotipos en cada época, se consideró oportuno incorporar el análisis del comportamiento entre épocas, es decir, agregar en el análisis las épocas como fuente de variación, de allí que en la Tabla N° 1 se muestran los resultados del respectivo análisis de varianza, donde se evidencia que la interacción ecotipo\*época en no significativa, lo que se traduce en que los factores ecotipos y época son estadísticamente independientes. Además, se observa la existencia de diferencia

altamente significativas, entre los ecotipos y las épocas, y al aplicar la prueba de comparaciones múltiples de Tukey, se obtiene que los ecotipos Marcará, Huaraz y Chingas los que mejor se comportan, y la tercera época es la que favorece el rendimiento del cultivo, al resentar rendimientos superiores a los observados en las otras épocas en estudio.

Es importante resaltar que la interacción Evaluación\*Época resultó altamente significativa, lo que indica que la evaluación y la época están íntimamente relacionadas, es decir, son independientes.

**Localidad Huaraz:**

En la Tabla N° 2 se presentan los resultados obtenidos a partir del análisis de varianza en el espacio y en el tiempo, es decir, considerando además de ecotipos y épocas al factor evaluación como fuente de variación.

En estos resultados se observa que hay alta significancia en los factores evaluación, ecotipos y época, y es en la primera evaluación, el ecotipo Chingas y en la segunda época donde se observan los mayores rendimientos. Las interacciones evaluación\*época y ecotipo\*época resultaron significativas, lo que en consecuencia conduce a pensar que estos factores son dependientes entre sí, es decir, la evaluación y el ecotipo están asociados a la época.

**Localidad Tingua:**

En la Tabla N° 3 se presentan los resultados obtenidos a partir del análisis de varianza en el espacio y en el tiempo, es decir, considerando además de ecotipos y épocas, al factor evaluación como fuente de variación.

En dichos resultados se observa que hay alta significancia en los tres factores estudiados, siendo la primera evaluación, el ecotipo Marcará y la tercera época donde se presentan los mayores rendimientos del cultivo.

Es oportuno resaltar que la interacción evaluación\*ecotipo\*época resultó no significativa, lo que es una evidencia de que estos factores son independientes.

**CONCLUSIONES**

- Las localidades presentan un efecto significativo, esto es, que los ecotipos

se comportan de manera distinta en las localidades, razón por la que en Canyabamba hay tres ecotipos que se comportan de la misma manera, como son, Huaraz, Chingas y Marcará, mientras que en las localidades de Huaraz y Tingua, los ecotipos con mejor comportamiento son Chingas y Marcará, respectivamente.

- Los ecotipos arrojan un efecto significativo, por ello se observa distinto comportamiento en las diversas localidades en estudio.
- El factor evaluación tiene efecto significativo, esto indica, que al realizarse la evaluación número uno se obtuvieron mayores valores de rendimiento del cultivo que en las restantes evaluaciones realizadas.
- El factor época resultó significativo, lo que conduce a pensar, que en las localidades de Canyabamba y Tingua los mayores rendimientos del cultivo se evidenciaron en la época 3 y en la localidad de Huaraz, los mayores rendimientos del cultivo se observaron en la época 2.

**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

Banco Mundial. (2008). Sostenibilidad Ambiental. Resumen de Evaluación. Eds. Banco Mundial. Washington D.C., USA. 27 pp.

InfoResourses. (2008). Cambio Climático y la Papa. InfoResourses Focus N° 1/08. Zollikofen, Suiza. 16 pp

IPCC. (2007a). Climate change 2007: Impacts, adaptation and vulnerability. Cambridge University Press. Cambridge, UK. PP (273-313)

IPCC. (2007b). Climate change 2007: The physical science basis. Summary for policymakers. Paris WMO/UNEP.

Ministerio del Ambiente. (2010). Segunda comunicación nacional del Perú. Resumen Ejecutivo. Eds. MINAM. Lima, Perú. 36 pp.

Queiroz, G. et al. (2009). Simulação de cenários agrícolas futuros: em busca do imprevisível cenário futuro real. Em. XVI Congresso Brasileiro de Agrometeorologia. 2009. Bello Horizonte, Brazil.

Vargas, P. (2009). El Cambio Climático y sus efectos en Perú. Working Papers Series to Central Reserve Bank of Perú. DT. N° 2009-14.

**CORRESPONDENCIA**

Mag. Huaytalla-Torres, Gelar Isaías  
huaytallat@gmail.com





# Rol de la biodiversidad: Importancia alimenticia para el desarrollo del Perú

“Role Of biodiversity: Importance of food for  
the development of Peru”

---

<sup>1</sup>José Mostacero León<sup>a</sup>

---

Recibido, mayo 2017  
Aceptado, julio 2017

## RESUMEN

EL Perú es considerado País Megadiverso, porque posee: el 70% de la biodiversidad del planeta. Se estima que posee 25 000 especies de plantas (10% del total mundial), donde tenemos el primer lugar en variedades de papa (3000 var.), maíz (55 razas), tomate (15 especies silvestres y 2 domesticadas), ajíes, granos andinos (quinua, kiwicha, cañigua), frutas tropicales, etc.; así mismo una variada geografía, edafología, geología, ecología, lo que a su vez determina una amplia división Biogeográfica, muchas Zonas Ecológicas, gran diversidad de hábitats, rica diversidad de plantas y animales con un alto porcentaje de endemismos de flora y fauna; distribuidos con 8 Regiones Naturales: Costa o Chala, Yunga, Quechua, Suni o Jalca, Puna, Janca o Cordillera, Rupa Rupa o Selva Alta y Omagua o Selva Baja, con 84 de las 117 ZONAS DE VIDA del mundo (71.8 % del total mundial).

También hay que considerar que, el 40 % de los alimentos del mundo han sido domesticados en Perú, constituyéndose en el mayor Centro Genético del mundo.

## ABSTRACT

Perú is considered a Megadiverse Country, because it has: 70% of the planet's biodiversity. It is estimated that it has 25,000 species of plants (10% of the world total), where we have the first place in potato varieties (3000 var.), Corn (55 breeds), tomato (15 wild species and 2 domesticated), peppers, Andean grains (quinoa, kiwicha, cañigua), tropical fruits, etc.; likewise a varied geography, soil science, geology, ecology, which in turn determines a broad biogeographical division, many ecological zones, great diversity of habitats, rich diversity of plants and animals with a high percentage of endemic flora and fauna; distributed with 8 Natural Regions: Costa or Chala, Yunga, Quechua, Suni or

<sup>1</sup>Universidad Nacional de Trujillo  
<sup>a</sup>Biólogo

Jalca, Puna, Janca or Cordillera, Rupa Rupa or Selva Alta and Omagua or Selva Baja, with 84 of the 117 LIFE ZONES of the world (71.8% of the total world).

We must also consider that 40% of the world's food has been domesticated in Peru, becoming the largest Genetic Center in the world.

### PERU Y SUS RECURSOS BIOLÓGICOS

El Perú ubicado en el Hemisferio Sur, parte Central y Occidental de Sudamérica, es una Zona Tropical al que le correspondería un clima cálido y húmedo.

Sin embargo la presencia del Cordillera Andina tropical más grande del mundo (con 1,800 de los 7,250 km de la Cordillera de los Andes, es decir, 24.8 % del total) y 12,000 lagos Altoandinos, que lo determinan como una de las 20 grandes áreas glaciales del mundo (3,044 nevados - 50 con más de 6,000 m. 1,700 glaciares) y con Acceso a 3 Macrocuencas:

Amazonas, Titicaca y Pacífico; además de La Corriente Peruana de Humboldt y Los Vientos Alisios, determinan que nuestro país tenga hasta 28 de los 32 tipos de clima del mundo (87.5 % del total mundial), 186 Zonas geotérmicas (39 % en Sudamérica), una variada geografía, edafología, geología, ecología, lo que a su vez determina una amplia división Biogeográfica, muchas Zonas Ecológicas, gran diversidad de hábitats, rica diversidad de plantas y animales y un alto porcentaje de endemismos de flora y fauna (Brack, 1986; Brako y Zarucchi, 1993; Mostacero et al., 2007; Mostacero, 2009; Ginocchio y Acero, 2012; Ostolaza, C. 2014).

El Perú posee 1'285,215.60 km<sup>2</sup> (0,87% del área del planeta), constituyéndose en el 19no país más grande del mundo, 6to del continente americano y el 3er país más

grande de América del Sur. Además comparativamente, se afirma que es 31 veces más grande que Suiza, 4,3 veces más que Italia, 3,5 veces más que Japón y 7,2 veces más pequeño que los EE. UU (Mostacero et al., 2007).

Igualmente el Perú está dividido tradicionalmente en COSTA, con 136,768 Km<sup>2</sup> (10,64 % del área Nacional), SIERRA 404,929 Km<sup>2</sup> (31.51% del área Nacional) y SELVA 743,518 Km<sup>2</sup> (57.85% del área Nacional); con punto más alto en el Huascarán con 6768 m.s.n.m. y el más bajo en Bayobar con 18 m.b.n.m (Mostacero et al., 2007).

Según Pulgar Vidal (1967), también el Perú cuenta con 8 REGIONES NATURALES: Costa o Chala, Yunga, Quechua, Suni o Jalca, Puna, Janca o Cordillera, Rupa Rupa o Selva Alta y Omagua o Selva Baja.

Según Tosi (1960) y ONERN (1976), Perú cuenta con 84 de las 117 ZONAS DE VIDA del mundo (71.8 % del total mundial).

Según Brack (2000), Perú cuenta con 11 ECORREGIONES: Mar Frío, Mar Tropical, Desierto Costero, Bosque Seco Ecuatorial, Bosque Tropical del Pacífico, Serranía Esteparia, Puna, Páramo, Selva Alta o Bosque de Lluvias, Selva Baja o Bosque Tropical y Sabana de Palmeras.

Según Mostacero (2007), tenemos representatividad en Tres Regiones

Biogeográficas: Oceánica, Neotropical y Antártica.

En la OCEÁNICA 2 provincias: Nerítica y Oceánica con sus respectivas comunidades Bióticas.

En la NEOTROPICAL 2 Dominios: ANDINO y AMAZÓNICO.

En el ANDINO, 4 Provincias: Desértica (Comunidades Lomales, Macrotérmicas, De Suelos Salinos, Rivereñas o fluviales y de Agua Dulce), Provincia de las Vertientes Occidentales (divida en Piso: Inferior Medio y Superior); Provincia Andina (Con las comunidades: Pajonales, Césped de Puna, Turberas de Distichlia, Rocas y Pedregales, Quinuales, lagunas, ruderales y Rodales de Puya) Provincia de los Valles Interandinos (divida en Piso: Inferior Medio y Superior). En el AMAZÓNICO, 2 Provincias: Montana e Hylaea.

Teniendo en cuenta lo dicho en los párrafos anteriores, y a pesar de que el Perú es sólo el 0,87% del área total del planeta, se constituye en un País Megadiverso, porque posee el 70% de la biodiversidad del planeta. Se estima que posee 25 000 especies de plantas (10% del total mundial).

Ocupa el primer lugar en variedades de papa (2300 var.), maíz (55 razas), tomate (15 especies silvestres y 2 domesticadas), ajíes, granos andinos (quinua, kiwicha, cañigua) y de frutas tropicales, etc (Busmann, 2001; Mostacero et al., 2009; Arteaga et al., 2014).

### CRECIMIENTO Y NECESIDAD ALIMENTARIA

Por otro lado, debemos conocer que según cálculos estadísticos la población humana en el mundo aumenta a razón de: 200 000 personas cada día (150 nacen/minuto), En

el año 1º de la Era Cristiana (hace 2 018 años), la población mundial ascendía a 500 millones de habitantes.

En el año 1800 éramos ya 1000 millones. En 1996 éramos más de 6000 millones. 2030 alcanzaremos los 10 000 millones o quizá más (INEI. 2008).

En el Perú la población crece aproximadamente en 500,000 personas por año (cada día nacen 1 500 niños).

En el 1940 éramos 7 millones. En el 1981, 17 millones. En el 1996, 23 millones. En el 2000, 24 millones. En el 2008, 27 millones. En el 2012, 29 millones. En el 2018, aproximadamente somos 32 millones y En el 2030, sobrepasaremos los 40 millones (INEI. 2008).

De lo enunciado se desprende: que el aumento de la población, trae más necesidades, de espacio.

Nos expandimos a costa de la naturaleza y sus recursos, cometiendo una serie de crímenes contra ella con una cadena de problemas peligrosa y preocupante: Destrucción de los recursos naturales (flora, fauna, suelos, agua, aire, etc.), Falta de alimentos, Enfermedades y plagas, Crisis económica, Problemas sociales y Países pobres y débiles (Brack, 1986; Brack, 1993; Brack, 2002; Mostacero et al., 2007).

De esto se deduce que el precio del proceder del hombre para alcanzar el desarrollo es una larga lista de peligros y de desastres, tales como: La erosión de los suelos, La desertificación, Pérdida de tierras de cultivo, La contaminación ambiental, La deforestación, Desgaste de la capa de ozono, Degradación de los ecosistemas y

La extinción de especies y variedades tanto de plantas y animales (Paoletti y Pimentel 2000; Foley et al. 2005; Mostacero et al., 2007).

También se conoce que el hombre como especie, es quizás el más dependiente o el que más necesita del equilibrio de la naturaleza, y en particular de las plantas (Mostacero et al., 2007).

Cada persona necesita en término medio, los siguientes recursos: 80 litros de aire/día, 3 Kg. de alimento/día, 4.5 litros de agua/día (Mostacero et al., 2007).

O expresado de otra manera, sólo puede soportar como máximo: 5 semanas sin alimento, 5 días sin agua, 5 minutos sin aire (Mostacero et al., 2007).

#### **APORTE DE LA BIODIVERSIDAD PERUANA**

Frente a esta posible problemática, el Perú ocupa el 4º lugar de los doce países albergan el 70 % de la biodiversidad del mundo.

El 9º lugar de endemismos, 25,000 especies de flora (10 % del total mundial) y de ellas 7,500 plantas endémicas (5º lugar en el mundo) (Marinelli, 2006).

Igualmente 4,400 plantas nativas utilizadas por la población (Ocupando el 1º lugar en el mundo). 128 plantas nativas domesticadas (1º en el mundo). Y 3,000 especies de orquídeas (10 % del total mundial) (Vavilov, 1927; Brack, 1986; Gentry, A.H. 1992; Brack, 1993; Brack, 2002; Mostacero et al., 2009).

Respecto a la fauna: 2,000 especies de peces entre: marinos y continentales (1º en el mundo).

Más de 1,806 especies de aves (2º en el mundo), de las cuales 109 endémicas (7º en el mundo). 3,532 especies de mariposas (1º en el mundo). 350 endémicas (3º en el mundo) (Brack, 1986; Pacheco et al. 1995).

333 especies de anfibios (3º en el mundo). 89 endémicos (12º en el mundo). 462 especies de mamíferos (3º en el mundo). 46 endémicos (11º en el mundo). 298 especies de reptiles (12º en el mundo). 98 endémicos (10º en el mundo) (Brack, 1986; Padial y De la Riva, 2009; Padial et al. 2009; Angulo y Icochea, 2010; Funk et al. 2012).

También hay que considerar que: el 40 % de los alimentos del mundo han sido domesticados en Perú, constituyéndose en el mayor Centro Genético del mundo. Contamos con más de 3,000 variedades de papa (1º en el mundo), más de 50 ecotipos de maíz. 4 tipos de cereales: quinua, kiwicha, kañiwa y maíz (40 % del total mundial). 2,016 variedades de camote: 65.1 % del total mundial. Cucurbitáceas: Zapallos y caiguas. Leguminosas: Frijol, pallar, ñuña, tarwi.

Tuberosas: Arracacha, yacón, maca, yuca, olluco, oca, etc. Condimenticias: Ajíes y Rocotos. Algodón: Algodón de colores. Cacao: 3 variedades. Vainilla (Brack, 1986; Ochoa, 1999; INIA, 2005; Mostacero, 2009).

Nuestra riqueza biológica también abarca: 15 especies de tomate. 650 especies de frutas: Chirimoya, aguaymanto, lúcuma, sauco, etc.

1,408 especies de plantas medicinales: Uña de gato, sangre de grado, hercampuri, etc. 1,608 ornamentales: Orquídeas, cantuta, etc. 618 especies para madera y construcción: Cedro, caoba, tornillo, etc. 483 especies forrajeras: Ichu, totora, junco,

etc. 134 para tintes y colorantes: Aliso, chilca, tara, etc.

179 tóxicas y venenosas: Barbasco, etc. 132 para leña y carbón: Algarrobo, huarango, etc. 123 para agroforestería: Queuña, quishuar, molle, etc. 4 camélidos sudamericanos: Llama, vicuña, alpaca y guanaco y otros animales domesticados: Pato criollo, cuy y cochinita (León, 1968; Gentry y Ortiz, 1993; Mostacero et al., 2017a; Mostacero et al., 2017b).

En suma, la importancia de la Biodiversidad radica primordialmente porque contribuye a la: Seguridad alimentaria de la humanidad y del Perú (el 80% de los agricultores del país hacen agricultura familiar o de subsistencia).

Fuente de variabilidad genética para programas de mejoramiento genético. Fuente de metabolitos secundarios o moléculas de aplicación diversa en la industria (p.e. colorantes naturales, sustancias biocidas) o en la farmacia (p.e. revitalizante para la función reproductiva), propiedades nutraceuticos (ayuda a mantener la salud) (Weberbauer, 1945; Mostacero et al., 2011; FAO, 2013; Parikh et al., 2014; Bravo et al., 2016).

De la misma manera como: Fuente de genes que gracias a la biotecnología pueden ser aislados y transferidos de una especie a otra, confiriendo cualidades de gran Interés económico. Así como forma parte del paisaje y de las costumbres de los pueblos y comunidades (aspecto de gran interés para el desarrollo del eco y agroturismo) (INIA, 2005; Goldschmidt, 2013).

Considerando la gran importancia de la biodiversidad el mundo está creando e

instalando Bancos de Germoplasma para conservar para el presente y las futuras generaciones, estos importantes recursos de la Biodiversidad.

Actualmente existen 1,470 bancos genéticos repartidos en diferentes países del Mundo Asia 34 %, Europa 34%, Norteamérica 14%, Latinoamérica 12% y África 6%, Todos con 6 millones de accesiones (Watson y Holt, 2001; FAO, 2010).

De ellos 12 bancos genéticos son internacionales con 0.6 millones de accesiones (FAO, 2010).

De los cuales destaca El Arca de Noé (Bóveda del día final, cripta del día del juicio), ubicado en Noruega, con una capacidad de 4.5 millones de semillas de todo el mundo, para Combatir el hambre.

Tiene muestras de más de 100 países. Se encuentra excavada a 130 m bajo profundidad En una montaña a base de piedra arenisca impermeable a la actividad volcánica, los terremotos, radiación y crecida del nivel del mar (FAO, 2010).

Esta realidad e importancia de la biodiversidad, fue resaltada de manera preponderante por Ph.D. David Bellamy, en respuesta a un periodista que le preguntó por qué escogería al Perú si sólo tuviera la oportunidad para salvar a un lugar en el planeta. A lo que él contestó: "El Perú es un país con una diversidad sorprendente en términos humanos y biológicos.

Es un hecho que posee entre el 82 y 84% del mundo biológico. Si pudiéramos salvar al Perú, podríamos rehabilitar el resto del mundo a partir de este país".

#### **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- Angulo, A.; Icochea, J. 2010. Cryptic species complexes, widespread species and conservation: lessons from Amazonian frogs of the *Leptodactylus marmoratus* group (Anura: Leptodactylidae). *Systematics and Biodiversity* 8: 357–370.
- Arteaga, A.; Delgado, J.; Eca, J.; Florián, J. 2014. Comercialización de fruta deshidratada. Tesis para optar el grado de Maestro en Dirección de Marketing y Gestión Comercial. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Perú.
- Brack, A. 1986. Las Ecorregiones del Perú. *Boletín de Lima*. 44: 57-70.
- Brack, A. 1986. Ecología de un país complejo. En *Gran Geografía del Perú*. Vol. II. Edit. Manfer Juan Mejía Baca. Barcelona- España.
- Brack, A. 1993. Plantas Nativas Utilizadas en el Perú en relación con la Salud Humana. En: *Salud y Población Indígena de la Amazonía* (Estrella, E., y Crespo, A. Eds.) Quito: Impretee II: 61- 175.
- Brack, A. 2002. Biodiversidad y Biocomercio: Situación actual y Potencial. Edit. CONAM-UNCTAD.
- Brako, L.; Zarucchi, J. 1993. Catalogue of the Flowering Plants and Gymnosperms in Peru. *Bot. Gard.* 45. Missouri.
- Bravo, K.; Alzate, F.; Osorio, E. 2016. Fruits of selected wild and cultivated Andean plants as sources of potential compounds with antioxidant and anti-aging activity *Original*. *Ind. Crops and Products* 85: 341-352.
- Bussmann, R.W. 2001. The montane forests of Reserva Biológica San Francisco (Zamora-Chinchipec, Ecuador) vegetation zonation and natural regeneration. *Die Erde* 132:9-25.
- FAO. Roma, 2010. Segundo informe sobre el estado de los recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura en el mundo. Comisión de recursos genéticos para la alimentación y la agricultura. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
- FAO. 2013. Estado de inseguridad alimentaria en el mundo 2013. Las múltiples dimensiones de la seguridad alimentaria. Roma, Italia.
- Foley, J.; Defries, R; Asner, G; Barford, C; Bonan, G. 2005. Global consequences of land use. *Science* 309:570-574.
- Funk, W.; Caminer, C.; Ron, S. 2012. High levels of cryptic species diversity uncovered in Amazonian frogs. *Proceedings of the Royal Society, B*. doi: 10.1098/rspb.2011.1653.
- Gentry, A.H. 1992. Diversity and floristic composition of Andean forest of Peru and adjacent countries: implications of their conservation. In: Young, K.R. & Valencia, N. (eds.). *Biogeografía, ecología y conservación del bosque montano en el Perú*. Memorias del Museo de Historia Natural 21. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima. Pp. 11-29.
- Gentry, A.; Ortiz, R. 1993. Patrones de composición florística en la Amazonía peruana. Kalliola, R.; Puhakka, M. & Danyoy, W. (eds.). *Amazonia peruana vegetación húmeda subtropical en el llano subandino*. Proyecto Amazonia Universidad de Turku (PAUT) and Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales (ONERN), Jyväskylä. Pp. 155-166.
- Goldschmidt, E. 2013. The Evolution of Fruit

- Tree Productivity: A Review. *Econ Bot. Mar* 67(1): 51–62.
- Ginocchio, L.; Acero, R. 2012. Nueva Ley Forestal y de Fauna Silvestre: Por un aprovechamiento sostenible, equitativo y competitivo de los bosques en el Perú. Dirección General Forestal y de Fauna Silvestre, Ministerio de Agricultura. 122 pp.
- INEI. 2008. Perfil Sociodemográfico del Perú. Censos Nacionales: XI de Población y VI de Vivienda. Lima.
- Instituto Nacional de Investigación Agraria-INIA. 2005. Informe Final de cierre del Proyecto Conservación in situ de cultivos nativos y sus parientes silvestres 2005. SUDIRRGG-Estación Experimental Andenes. Cusco, Perú.
- Marinelli, J. 2006. Planta. In *La Referencia Visual más Actual de Plantas y Flores del Mundo*; Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México y Royal Botanic Gardens Kew: Mexico City, Mexico; p. 512. (In Spanish).
- León, J. 1968. Plantas Alimenticias Andinas. *Boletín Técnico N° 6* del Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA: II CA. Colección Libros y Materiales. SAN JOSÉ- COSTA RICA.
- Mostacero, J.; Mejía, F.; Zelada, W.; Medina, C. 2007. *Biogeografía del Perú*. Asamblea Nacional de Rectores. Trujillo - Perú.
- Mostacero, J.; Mejía, F.; Gamarra, O. 2009. *Fanerógamas del Perú: Taxonomía, utilidad y ecogeografía*. CONCYTEC. Trujillo - Perú.
- Mostacero, J.; Castillo, F.; Mejía, F.; Gamarra, O.; Charcape, J.; Ramírez, R. 2011. *Plantas Medicinales del Perú: Taxonomía, Ecogeografía, Fenología y Etnobotánica*. Trujillo - Perú: Asamblea Nacional de Rectores Fondo Editorial.
- Mostacero, J.; Mejía, F.; Gastañadui, D.; De La Cruz Castillo, J. 2017a. Inventario taxonómico, fitogeográfico y etnobotánico de frutales nativos del norte del Perú. *Scientia Agropecuaria*. 8 (3): 215 – 224.
- Mostacero, J.; López, S.; Yabar, H.; De La Cruz, J. 2017b. Preserving Traditional Botanical Knowledge: The Importance of Phytogeographic and Ethnobotanical Inventory of Peruvian Dye Plants *Plants*. 6 (63); doi:10.3390/plants6040063.
- Ochoa C M. 1999. *Las Papas de Sudamérica: Perú*. CIP. 1999. Kansas (USA). Allen Press. 1036 p.
- ONERN 1976. *Mapa ecológico del Perú*. Guía explicativa y mapa. Lima.
- Ostolaza, C. 2014. *Todos los cactus del Perú*. Editorial Franco E.I.R.L. Lima. Perú.
- Pacheco V., H. de Macedo, E. Vivar, et al. 1995. Lista anotada de los mamíferos peruanos. *Occasional Papers in Conservation Biology* 2: 1-35.
- Padial, J.; De la Riva, I. 2009. Integrative taxonomy reveals cryptic Amazonian species of *Pristimantis* (Anura: Strabomantidae). *Zoological Journal of the Linnean Society* 155: 97-122.
- Padial, J.; Castroviejo-Fisher, S.; Köhler, J.; Vila, C.; Chaparro, J.; de la Riva, I. 2009. Deciphering the products of evolution at the species level: the need for an integrative

taxonomy. *Zoologica Scripta* 38(4): 431-447.

Paoletti, M.; Pimentel, D. 2000. Environmental risks of pesticides versus genetic engineering for agricultural pest control. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics* 12:279-303.

Parikh, N.; Parikh, P.; Kothari, Ch. 2014. Indigenous plant medicines for health care: treatment of Diabetes mellitus and hyperlipidemia. *Chinese Journal of Natural Medicines* 12(5): 335-344.

Pulgar Vidal, J. 1967. *Geografía del Perú: Las ocho Regiones Naturales del Perú*. Edit. Universo S.A. Lima- Perú.

Tosi, J. 1960. Zonas de vida Natural en el Perú. Memoria explicativa sobre el Mapa Ecológico del Perú. Bol. Técnico N° 5. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la O.E.A. Whashington D.C.

Vavilov, N. I. 1927. *Origin and Geography of Cultivated Plants*. Cambridge University Press, Cambridge, 1992.

Watson, P., Holt, W. 2001. *Cryobanking the genetic resource: wildlife conservation for the future*. Taylor and Francis, Londres. 463 p.

Weberbauer, A. 1945. *El mundo vegetal de los Andes Peruanos*. Estación experimental Agraria La Molina. Ministerio de Agricultura. Lima. Perú.

#### **CORRESPONDENCIA**

Dr. José Mostacero León  
Jobryl990@yahoo.com

# Instrucciones a los autores de publicaciones en la Revista de Investigaciones de la Universidad Le Cordon Bleu

La Revista de investigaciones de la Universidad Le Cordon Bleu, es una publicación científica arbitrada, editada por el Centro de Investigación la Universidad Le Cordon Bleu. La revista se publica con una periodicidad semestral y está orientada a la publicación de artículos científicos y originales en las áreas de ingeniería, nutrición, ciencias de los alimentos, gastronomía, administración, ciencias sociales y ciencias experimentales. La revista publica trabajos realizado por investigadores nacionales y extranjeros, en idioma inglés o español.

## CONTENIDO DE LA REVISTA

El contenido de la revista se ordena en las siguientes secciones:

1. Editoriales. Versan sobre la revista misma y sobre artículos particulares publicados en ella. Los editoriales reflejan las opiniones y posturas personales de quienes los escriben, que pueden ser miembros de la redacción o autores independientes.
2. Artículos. Son informes de investigaciones originales, revisiones bibliográficas o informes especiales sobre temas de interés en el ámbito regional. En ocasiones se publican comunicaciones breves con objeto de dar a conocer técnicas o metodologías

novedosas o promisorias o resultados preliminares que revisten singular interés.

## PRESENTACIÓN DE LOS TRABAJOS

El trabajo debe ser escrito en papel tamaño A-4, redactado en una sola cara, a espacio y medio, en caracteres de 12 puntos, en estilo Times New Roman. Los artículos serán enviados al editor de la revista al correo electrónico: [investigacion@ulcb.edu.pe](mailto:investigacion@ulcb.edu.pe). Los trabajos pueden ser presentados en idioma inglés o castellano. El trabajo debe tener tres partes básicas:

- a) Identificación del artículo: título (en inglés y castellano), nombre y apellido de los autores, nombre completo de la institución de los autores, correo electrónico de cada uno de los autores, y una dirección postal para remitirles correspondencia. El título no debe de exceder de 20 palabras y debe expresar el contenido real del trabajo.
- b) Resumen no mayor de 200 palabras (en inglés y castellano), de 3 a 5 palabras clave (en inglés y castellano).
- c) Cuerpo del artículo: el texto de los artículos deben contener la siguiente estructura: Introducción, materiales y métodos, resultados,

discusión y conclusiones. Todas las páginas deben ser numeradas, empezando por la página del título. El artículo no lleva pie de página para aclarar conceptos del contenido, debe tener una extensión total de 12 páginas, incluyendo las referencias bibliográficas. Para datos numéricos y medidas, emplear el sistema Internacional de Unidades (SI).

- d) Referencias bibliográficas. La norma que se utilizará para las citas en el texto y referencias bibliográficas es APA.

## ILUSTRACIONES

Las Figuras (mapas, esquemas, diagramas, dibujos, gráficos, fotos, etc.) serán numeradas correlativamente con números arábigos; de igual manera las tablas. Las leyendas de las figuras y tablas deben presentarse a continuación del texto y ser suficientemente explicativas.

## UNIDADES DE MEDIDA

Se utilizarán las unidades del Sistema Internacional (SI), que se basa en el sistema métrico decimal.

## PROCESO DE SELECCIÓN

La revista se reserva el derecho de hacer modificaciones de forma al texto original y los trabajos que cumplan con

los requisitos formales, serán sometidos a arbitraje por expertos externos según criterios internacionales de calidad.

En una primera revisión, el equipo editorial de la revista determina si el manuscrito cumple con los criterios generales descritos anteriormente.

En una segunda revisión se examinan el valor científico del documento y la utilidad de su publicación; esta parte está a cargo de árbitros externos expertos en el tema. Cada manuscrito se somete a la revisión de dos árbitros.

En una tercera revisión, basada en los criterios generales, el valor científico del artículo y la utilidad de su publicación, y la opinión de los árbitros, se toma una decisión que puede ser: rechazo; aceptación a condición de que el autor incorpore al texto los comentarios y recomendaciones de los expertos; o aceptación definitiva.

Tras la aceptación condicional, los textos revisados se someten a una cuarta revisión para verificar que se hayan cumplido las condiciones señaladas en dicha aceptación; si es así, se aceptan de forma definitiva; de lo contrario, se rechazan. El artículo aceptado será editado y una prueba será enviada al autor para la aceptación y consentimiento de publicación.



*Contribuyendo al desarrollo de la investigación,  
la ciencia y la innovación científica en el Perú.*

Av. Salaverry 3180. Magdalena del Mar  
Lima – Perú