

ISSN: 2590-7174

Journal of Research in Engineering Sciences

Facultad de Ingeniería



UNIAGRARIA

Fundación Universitaria Agraria de Colombia

LA U VERDE
DE COLOMBIA

Volumen

02

Enero-Diciembre 2017

Journal of Research in Engineering Sciences

Facultad de Ingeniería



UNIAGRARIA
Fundación Universitaria Agraria de Colombia

LA U VERDE
DE COLOMBIA

Volumen

02

Enero – Diciembre de 2017

Journal of Research in Engineering Sciences

Vol. 2 – Núm. 1

Enero – Diciembre de 2017

Facultad de Ingeniería

© Fundación Universitaria Agraria de Colombia – Uniagraria

Bogotá D.C. 2017

DIRECTOR

Adriana L. Mejía Terán
Decana Facultad de Ingeniería

EDITOR

Deivis Suárez Rivero
Coordinador de Investigación
Facultad de Ingeniería

COORDINACIÓN EDITORIAL

Facultad de Ingeniería
Fundación Universitaria Agraria de Colombia
Uniagraria

Rector

Luis Fernando Rodríguez Naranjo

Vicerrector de Formación

Jorge Arturo Torres Escobar

Vicerrector Financiero

Fabio Arturo Fajardo García

Vicerrector de Investigación

Álvaro Mauricio Zúñiga Morales

Vicerrector de Extensión

Claudia Patricia Toro Ramírez

Secretario General

John Jairo Guarín Rivera

Asamblea General

Jorge Orlando Gaitán Arciniegas
(*Presidente*)

Consejo Superior

Álvaro Zúñiga García
(*Presidente*)

Teresa Escobar de Torres

Teresa Arévalo Ramírez

Emiro Martínez Jiménez

Jorge Orlando Gaitán Arciniegas

Héctor Jairo Guarín Avellaneda

Álvaro Ramírez Rubiano



Los textos de los artículos de esta publicación pueden ser reproducidos, citando la fuente. Los juicios emitidos por los autores son de su responsabilidad. Por tanto, no comprometen a la Fundación Universitaria Agraria de Colombia – Uniagraria, a la Facultad de Ingeniería ni al Comité Editorial.

Journal of Research in Engineering Sciences by Universidad Agraria de Colombia – Uniagraria is licensed under a Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Unported License.

La publicación 'Journal of Research in Engineering Sciences' es producto de de la Universidad Agraria de Colombia -Uniagraria bajo el ISSN versión impresa: 2590-7174 – ISSN versión digital: 2590-6429, en idioma español. Es un producto editorial protegido por el Copyright © y cuenta con una política de acceso abierto para su consulta, sus condiciones de uso y distribución están definidas por el licenciamiento Creative Commons (CC).

COMITÉ EDITORIAL

Adriana L. Mejía Terán
Ingeniera Agroindustrial
Maestría en Diseño y Gestión de Procesos

Mauricio A. Sierra Sarmiento
Ingeniero Químico
Maestría en Ingeniería Química

Deivis Suárez Rivero
Ingeniero Agrónomo.
Maestría en Biología Vegetal.

Olga Marín Mahecha
Bióloga
Maestría en Bioética

COMITÉ CIENTÍFICO

Juana Luz Galindo Blanco
Ingeniera Agrónoma
PhD en Medicina Veterinaria
Instituto de Ciencia Animal – ICA, Cuba

Arabel Elías Iglesias
Ingeniero Agrónomo
PhD en Medicina Veterinaria
Instituto de Ciencia Animal – ICA, Cuba

Yoannis Domínguez Rodríguez
Biólogo, Máster en Biología Vegetal
PhD en Biotecnología
Universidade Estadual Paulista Júlio De Mesquita
Filho, Brasil

Carlos Mario Zuluaga
Ingeniero Químico
Especialización y Maestría en Ciencia y Tecnología
de Alimentos.
Doctor en Ingeniería Química, Colombia

Juan José Reyes Pérez

Ingeniero Agrónomo
Doctor en Ciencias en el Uso, Manejo y
Preservación de los Recursos Naturales, Universidad
de Cotopaxi, Ecuador

COMITÉ CIENTÍFICO ASESOR

Maikel Suárez Rivero
Jannet Ortiz Aguilar
Addy Esperanza Puentes
María Fernanda Sanabria Cepero
Luz Dary Agudelo Gutiérrez
Sergio L. Bermúdez Quintero
César A. Gómez Suárez
Flor A. Morales Rivera
Patricia Miranda Villa

Corrección de textos

Diana Carolina Sánchez

Concepto Gráfico

Diseño, Composición e Impresión

Entrelibros e-book solutions
www.entrelibros.co
Laura García Tovar

Bogotá - Colombia
2017

ISSN versión impresa: 2590-7174

ISSN versión digital: 2590-6429

Contenido

Editorial	7
Ing. Gloria González Blair	
Área de Tecnología y Civil	9
Diseño y Construcción de un Sistema de Sujeción Bioinspirado para el Aumento del Área de Contacto en Manipuladores Robóticos.	11
Cruz, G. W.; Cháves, G. C.; Bulla, C. B.; Yepes, R. C.	
Adquisición Electrónica de la Señal Electromiográfica - Fase 1	21
Olarte, L. N.; Orrego, M. C.; Serna, G. S.; Villabón, P. X.	
Comparación de un Curado Adecuado del Concreto Normal entre Antisol, Humedecimiento Constante y Especímenes sin Curar	31
Ruiz, O. V.; Burgos, D.	
Área Agroindustrial y de Alimentos	43
Obtención de Pellets Absorbentes a Base de Aserrín de Raque (<i>Vallea stipularis</i> L.), Especie Presente en el Municipio de Tenjo, Cundinamarca	45
Pineda, A.; Zuluaga, C.	
Evaluación del Proceso de Deshidratación Osmótica de Dos Variedades de Mango (<i>Mangifera indica</i> L.)	57
Martínez, E. A.; Castañeda, D.; Puello, N.; Torregroza, A. C.	
Efecto de la fermentación Láctica sobre las Características Físicoquímicas de un Complemento Nutricional para Aves, Elaborado a partir de Polen Apícola	65
Bautista, J.; Zuluaga, C. M.	

Diseño de un Producto Balanceado en Pellets para Alimentación de Cerdos en Fase de Engorde a base de Subproductos de la Quínoa (<i>Chenopodium quínoa</i>)	75
Patiño, P. A.; Zuluaga, C. M.	
Área Agrícola	85
Evaluación del Efecto de un Extracto de Vermicompost en el Cultivo de Lechuga (<i>Lactuca sativa</i> L.)	87
Suárez, M.; Hernández, O. L.; Ortiz, J.; Puentes, A. E.; Marín, O. Suárez, D.	
Propuesta para el Manejo Nutricional en <i>Cedrela montana</i> Moritz ex Turcz.	101
Suárez, D.; Marín, O.; Agudelo, L. D.; Suárez, M.	
Propuesta para la Transformación de Residuos Orgánicos a través de Compostaje y Lombricompost en Huertas y Jardines Agroecológicos en Poblaciones Vulnerables	117
Agudelo, L. D.	
Instrucciones para los autores	127

Editorial

El Journal of Research in Engineering Science, es una publicación científica anual, de la Facultad de Ingeniería de la Fundación Universitaria Agraria de Colombia-UNIAGRARIA, orientada a divulgar estudios relacionados con la investigación en ingeniería.

Esta revista incluye trabajos originales e inéditos en español, inglés o portugués; reduce la brecha existente entre el factor de información y conocimiento, con el fin de fortalecer la investigación en ingeniería. Además, apoya la innovación por parte de la academia, para impulsar el desarrollo y el crecimiento económico del país o de la región.

Los trabajos que integran este segundo volumen, se caracterizan por tener criterio abierto y aportar soluciones diferentes, innovadoras y relevantes al área de ingeniería como proyecto de desarrollo de las regiones. Eso, gracias a que los autores de los artículos, comparten su interés por proteger el medio ambiente y lograr el bienestar de la comunidad, aplican técnicas apropiadas para resolver problemas específicos y generan información útil y confiable para la toma de decisiones y la evaluación de alternativas de ingeniería.

Esta edición presenta valiosos aportes técnico-científicos de investigadores

The Journal of Research in Engineering Science is an annual, scientific publication of the Faculty of Engineering of University Foundation Agrarian of Colombia-UNIAGRARIA, aimed at disseminating studies related to research in Engineering.

This journal includes original and unpublished works in Spanish, English or Portuguese; reduces the existing gap between the information and knowledge factor, in order to strengthen engineering research; and it supports innovation on the part of the academy, to promote the development and economic growth of the country or of the region.

Works that make up this second volume, are characterized by having one open criteria and providing different, innovative and relevant solutions to engineering, in the regions development; thanks to than the authors of these articles, share their interest protecting the environment and to achieve community well-being; they apply appropriate techniques to solve specific problems; and they generate useful and reliable information for decision making and evaluation of engineering alternatives.

This edition presents valuable technical-scientific contributions from national and

nacionales e internacionales, que dan respuesta a necesidades sociales, en temas de interés para la biomedicina, la agronomía, los materiales y la agroindustria.

international researchers, which respond to social needs, in topics of interest for biomedicine, agronomy, materials and agro-industry.

Gloria González Blair
Líder del Grupo de Investigación
Biología- Uniagraria
Programa de Ingeniería de Alimentos -
UNIAGRARIA

Área de Tecnología y Civil

Diseño y Construcción de un Sistema de Sujeción Bioinspirado para el Aumento del Área de Contacto en Manipuladores Robóticos

Design and Development of a Bioinspired Subjection System to Increase the Contact Area of a Robotics Manipulator

Cruz, G. W.^a; Cháves, G.C.^a; Bulla, C. B.^a; Yepes, R. C.^a

^a Fundación Universitaria Agraria de Colombia – Uniagraria, Colombia. cruz.wilmer@uniagraria.edu.co

Fecha de recepción: mayo de 2016 / Fecha de aceptación: noviembre de 2016

Resumen

Este artículo expone el diseño y construcción de un sistema de sujeción bioinspirado para aumentar del área de contacto entre el efector final y el elemento manipulado, con el objetivo de disminuir la presión aplicada por unidad de área. El diseño se realizó analizando y parametrizando los elementos funcionales que constituyen la teoría adaptativa, denominada 'Fin Ray', la cual describe el comportamiento de las aletas de los peces, concentrándose especialmente en la aleta pectoral. Esta teoría fue la base para elaborar el modelo matemático que caracteriza la condición forzada y el comportamiento natural del sistema, para luego encontrar los valores de los vectores que describen el comportamiento de las capas de las aletas, conocidos como rayo, y que permitió calcular los eslabones de la pinza. Asignando valores entre 0 y 0,01 a la variable dependiente, se pudo determinar que el rayo sufre una deformación directamente proporcional al valor asignado que simula la activación muscular, comprobando los efectos que tiene en el sistema, el aumento de los valores de los parámetros principales del rayo y las cargas aplicadas al sistema. Se determinó que un aumento en el módulo de corte del material interno tiene como consecuencia la concentración de esfuerzo producido por un gran cambio en una pequeña zona cercana a la base, que en condiciones reales puede ocasionar fallas en el material. Gracias a la capacidad adaptativa del prototipo construido se aumentó el área de contacto entre los dedos y el objeto sujetado, lo que disminuye la presión ejercida por unidad de área, también el consumo de energía es menor, debido al mecanismo de la espiral aritmética, ya que el sistema se activa únicamente al sujetar o soltar el objeto.

Palabras clave: sensor, teoría adaptativa, deformación, espiral aritmética.

Abstract

This article exposes the design and construction of a bio-inspired fastening system to increase the contact area between the end effector and the manipulated element, with the aim of decreasing the applied pressure per air unit. The design was carried out analyzing and parametrizing the functional elements that constitute the adaptive theory 'Fin Ray'; which describes the behavior of fins of fish, concentrating especially on the pectoral fin. This theory was the basis to elaborate the mathematical model that characterizes the forced condition and the natural behavior of the system to then find the values of the vectors that describe the behavior of the fin layers, known as lightning, and that allowed to calculate the links of the clamp. Assigning values between 0 and 0.01 to the dependent variable it was possible to determine that the ray undergoes a deformation directly proportional to the assigned value, which simulates muscle activation by checking the effects on the system of the increase of the values of the main parameters of the beam and the charges applied to the system. It was determined that an increase in the cutting modulus of the internal material results in the concentration of stress produced by a large change in a small area near the base that in real conditions can cause material failure. Thanks to the adaptive capacity of the constructed prototype, the contact area between the fingers and the held object is increased, which decreases the pressure exerted per unit area, also the energy consumption is lower due to the mechanism of the arithmetic spiral, since the system is activated only when holding or releasing the object.

Keywords: sensor, adaptive theory, deformation, arithmetic spiral.

Introducción

La naturaleza ha sido fuente de inspiración para el desarrollo y mejoramiento de procesos, materiales, teorías, herramientas y productos. Todo esto, gracias al planteamiento de soluciones, a partir de la observación del comportamiento en la naturaleza, metodología conocida como bioinspiración. Es por ello que esta investigación se enfoca en el desarrollo de un sistema de sujeción, capaz de adaptarse a la geometría del elemento manipulado, inspirado en una estructura natural, conocida como la teoría de 'Fin Ray', que permite distribuir la fuerza aplicada al objeto y reducir la presión ejercida, para prevenir daños, lesiones o pérdidas durante el proceso de manipulación de un objeto.

La teoría 'Fin Ray' planteada por Videler J. et al. (1987) establece los principios mecánicos del movimiento de los peces y fue patentada por la compañía [®] (Cirovic y Stano Simeonov, 2011). Videler explica que las aletas de los peces son dos capas de piel apoyados en lepidotrichias o rayos óseos que pueden ser espinosos, rígidos y flexibles, no segmentados y segmentados. Los radios espinosos de la aleta se endurecen y se usan comúnmente para la defensa, mientras que los flexibles juegan un papel importante en el ajuste del área y la rigidez de la aleta pectoral. Cada rayo consta de dos *hemitrich*, uno a cada lado de la aleta. Un *hemitrich* tiene un esqueleto óseo acelular de perfil curvado o semilunar que contiene fibrillas de colágeno orientado perpendicular al eje longitudinal de los rayos.

Más adelante Silas, A. (2010) plantea la optimización del componente estructural principal en la aleta flexible de un pez, bajo una carga constante y da como resultado un modelo matemático que explica el comportamiento natural de la aleta caudal del pez. Es en esta ecuación en la que se basa el modelo matemático del proyecto y permite el desarrollo del mismo.

Modelo Matemático

Para el modelo matemático del sistema se tomó como base la estructura 'Fin Ray', la cual centra sus principios en las aletas radiadas de los peces, principalmente en la aleta pectoral que tiene la capacidad de adaptar su forma y rigidez a las circunstancias del medio. De esta manera, cumple con las características principales que debe tener el sistema; una estructura capaz de adaptarse a la forma del objeto que se desea sujetar, aumentando de esta forma el área de contacto, que sea flexible y a su vez rígida, que pueda resistir la carga que se ejerce en ella.

Alben (2010) en su trabajo estableció una Eq (1) diferencial de segundo orden que caracteriza el comportamiento y trayectoria de la línea central imaginaria del rayo, basándose en la fisionomía de la estructura 'Fin Ray'. Cada rayo está formado por dos vigas idénticas e inextensibles de material óseo, llamados *hemitrich*, los cuales se encuentran unidos por tejido elástico incomprensible (gel de colágeno). En la ecuación del modelo elástico, B es el

módulo de resistencia al dobléz, G es el módulo de corte del material interno y

M_{ext} es el momento resultante de aplicar una carga sobre la estructura.

$$-2\partial_s \left(\frac{B\partial_s\varphi}{d^2} \right) + \left(\frac{G\varphi}{d^2} \right) + \partial_s \left(\frac{M_{ext}}{d} \right) = 0 \quad (1)$$

Para el diseño del Sistema de Sujeción Bioinspirado se deben establecer los valores

óptimos para (d, B, G, s) . Reorganizando la Eq (2) se tiene:

$$\partial_s^2 \varphi + \frac{d^2}{B} \left(\partial_s \frac{B}{d^2} \right) \partial_s \varphi - \left(\frac{G\varphi}{2B} \right) = - \left(\frac{Pd}{2B} \right) (1 - s) \quad (2)$$

Donde la respuesta natural está en términos de la variable dependiente φ . Su valor indica la trayectoria y la forma que toma la estructura a lo largo de la longitud s . Teniendo en cuenta que en el momento de sujetar un elemento se genera una carga sobre la estructura, se evalúa la ecuación con condiciones reales. Por simplicidad

se evalúa como una carga uniformemente distribuida que genera un momento en la estructura que (Silas, 2010) determina como el momento externo producido por la carga (p) que se relacionan de esta forma: [$M_{ext} = p(1-s)^2/2$] y posteriormente se reemplaza en la ecuación original, donde se obtiene la expresión Eq (3).

$$\partial_s^2 \varphi + \left(\partial_s \frac{B}{d^2} \right) \partial_s \varphi - \left(\frac{G}{2B} \varphi \right) = - \left(\frac{Pd}{2B} \right) (1 - s) \quad (3)$$

El diferencial de los parámetros d y B tienen un valor de 0, puesto que son constantes para toda la longitud s . Las condiciones iniciales en la base, equivale a en $(s = 0)$ y toma el valor de cero en $(s = 1)$, siempre y cuando

se encuentran fusionadas las puntas al final de la estructura son tenidas en cuenta para determinar el comportamiento real del rayo, dando lugar a la Eq (4).

$$\partial_s^2 \varphi - \left(\frac{G}{2B} \varphi \right) = - \left(\frac{Pd}{2B} \right) (1 - s) \quad (4)$$

Obteniendo el parámetro φ

$$\varphi = \left(\varphi_0 - \frac{Pd}{G} \right) \frac{\sinh\left((1-s)\sqrt{\frac{G}{2B}}\right)}{\sinh\sqrt{\frac{G}{2B}}} + \frac{Pd}{G}(1-s) \tag{5}$$

Para encontrar la trayectoria o forma que adquiere la estructura al aplicar una carga (p) distribuida sobre ella, se emplea la

función de curvatura κ que fue determinada de la Eq (6).

$$k = -\frac{1}{d} \left(\frac{\partial \varphi}{\partial s} \right) \tag{6}$$

En donde (κ) es la curvatura del rayo, d es la distancia entre los *hermitrichs*, es el término dependiente de la ecuación elástica y s la línea central a lo largo del rayo.

Se emplea el término *teta* que está definido por:

$$\theta = \int_0^s k ds \tag{7}$$

Para calcular los vectores X y Y (Eq 8 y 9) se emplea el método de interpolación, por medio de Spline. Es por ello que se crea un programa en Matlab que permite encontrar los valores intermedios posibles y así calcular los vectores. Primero son definidas las constantes globales, B corresponde al módulo de resistencia a la flexión, G es el módulo de resistencia al cizallamiento del material interno del rayo y d es la distancia entre *hermitrichy*(φ_0) el parámetro de deposición inicial de la base del rayo. A continuación,

se declara la variable independiente s como un vector de mil espacios entre los valores 0 y 1. Posteriormente, se ingresa la solución correspondiente al parámetro (κ) en forma de función y se realiza el proceso de integración numérica de (κ), utilizando el método de cuadratura de Gauss Conrod 2 para almacenar el resultado en un nuevo vector del mismo tamaño de (s). Con estos resultados se obtienen los vectores X y Y con los cuales se grafica el comportamiento del rayo.

$$X = \int_0^s \cos(\theta) ds \quad (8)$$

$$Y = \int_0^s \sin(\theta) ds \quad (9)$$

Diseño. El sistema de sujeción bioinspirado se desarrolló a partir de un diseño conceptual que definió los componentes

principales del sistema, con la finalidad de aumentar el área de contacto entre el manipulador y objeto.

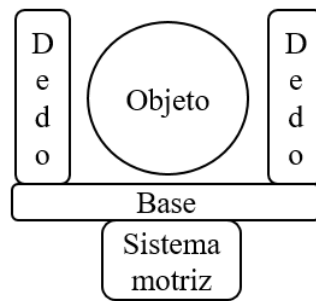


Figura 1. Diseño conceptual del sistema de sujeción.

El objeto a sujetar tiene una geometría esférica con diámetro de 45 mm y está construido en poliuretano.

Dedos. La estructura interna de los dedos es inextensible e incompresible para garantizar su volumen constante y de esta manera

obtener un funcionamiento acorde con el modelo matemático. El diseño implementa el sistema de eslabones internos articulados para generar movimiento en cada *hemitrich* y simultáneamente conservar siempre la misma distancia entre ellos.

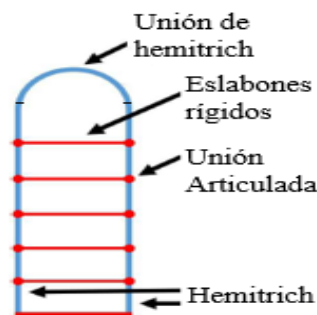


Figura 2. Estructura y componentes internos de los dedos.

Base. La función principal de la base es convertir el movimiento circular que describe el sistema motriz en movimiento lineal para abrir y cerrar los dedos de forma paralela, y así sujetar el objeto. Siguiendo la metodología propuesta por Jiménez I. (2013) para la construcción de espirales aritméticas se diseñó la base del prototipo.

Sistema motriz. Los elementos adyacentes que soportan y permiten el desplazamiento de los dedos a lo largo de la base se diseñaron en función del objeto a manipular. Adicionalmente, para simular la activación muscular, se diseñó una pieza que admite la elevación a más de 45° en la base de los dedos. La activación de todo el sistema se realiza con un servomotor MG90S para control de posición, el cual proporciona un torque de 2,2 kg/cm.

Resultados

Prototipo. Para elaborar el prototipo del sistema de sujeción bioinspirado se llevaron a cabo tres fases: el modelado 3D de cada componente, mediante el *software* Autodesk Inventor®, la impresión de los componentes modelados y el ensamble general de acuerdo con el cumplimiento de parámetros tales como dimensión, calidad, acabado y funcionamiento. Los dedos se imprimen con un material flexible termoplástico y el resto de componentes en plástico ABS.

La Figura 3 presenta el prototipo del sistema de sujeción bioinspirado.



Figura 3. Sistema de sujeción bioinspirado.

Simulación del comportamiento de los dedos. El comportamiento individual de los dedos se analizó bajo cuatro condiciones de carga diferente y se comparó con el comportamiento obtenido, mediante el modelo matemático y los resultados

reportados en la literatura. La primera condición de carga es en estado de reposo, la segunda es en activación muscular, la tercera es con una carga aplicada y la cuarta es en activación muscular con carga aplicada.

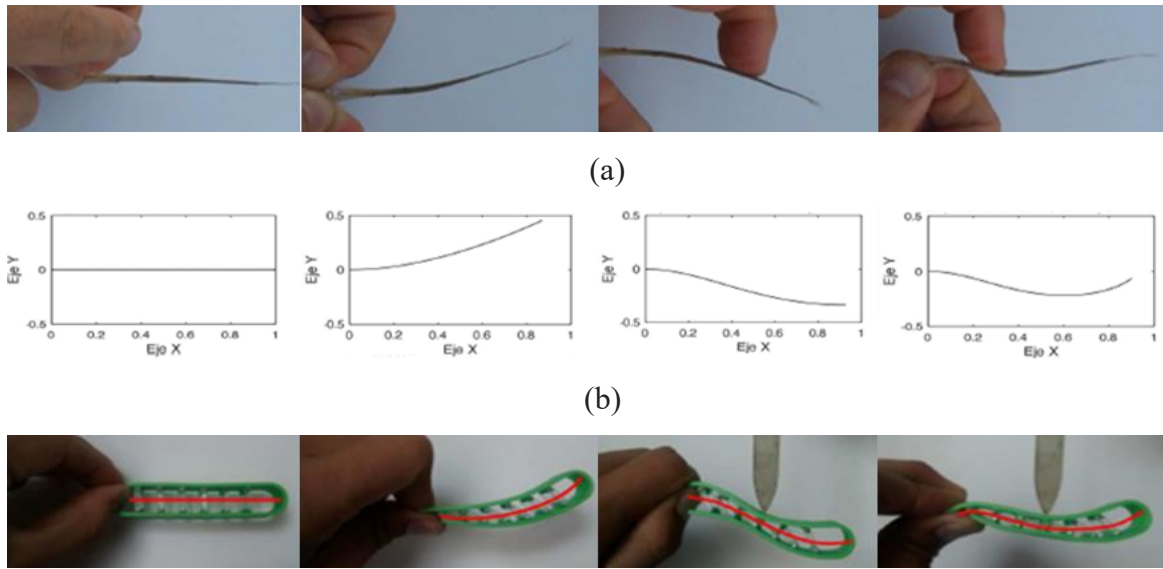


Figura 4. Comportamiento del dedo bajo cuatro condiciones de carga. (a) Rayo de la aleta de un pez (Bas-Goris, 2011), (b) Simulación basada en el modelo matemático, (c) Prototipo.

Se puede observar en la Figura 4 que tanto la simulación (b) como el comportamiento del prototipo (c), concuerdan con la forma que toma el rayo de la aleta del pez (a) en diferentes situaciones, demostrando que el proceso de diseño y construcción es exitoso. La capacidad del prototipo de adaptarse a diferentes cargas, permite aumentar el área de contacto ente el dedo y el elemento a sujetar.

Adaptación de la estructura de los dedos. Para validar la capacidad que tiene el dedo de adaptar la forma de su superficie cuando entra en contacto con un objeto, se realizó la siguiente prueba experimental: presionar contra la superficie del dedo un objeto con geometría curva y un objeto con superficie plana.

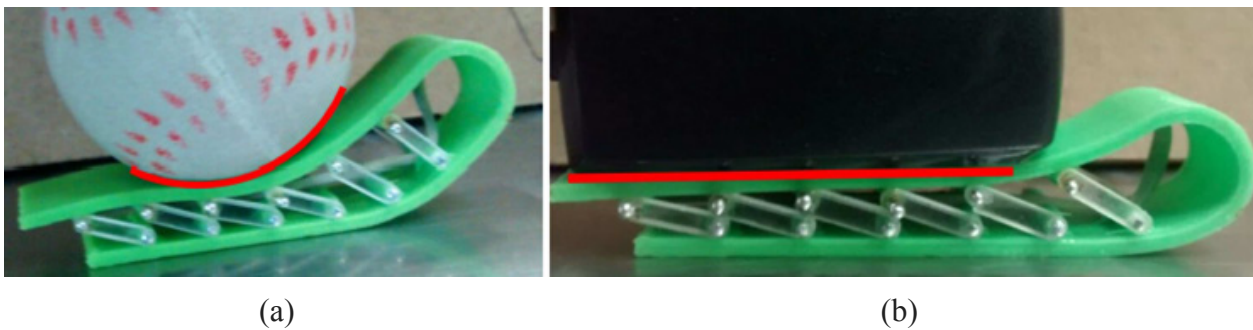


Figura 5. Prueba de adaptación de la estructura de los dedos, (a) Superficie curva, (b) Superficie plana.

Cuando la superficie del dedo entra en contacto con una superficie curva, se adapta de tal forma que el objeto no presenta ninguna deformación visible en su

contorno. Así mismo, la superficie del dedo presenta una respuesta favorable cuando entra en contacto con la superficie plana.

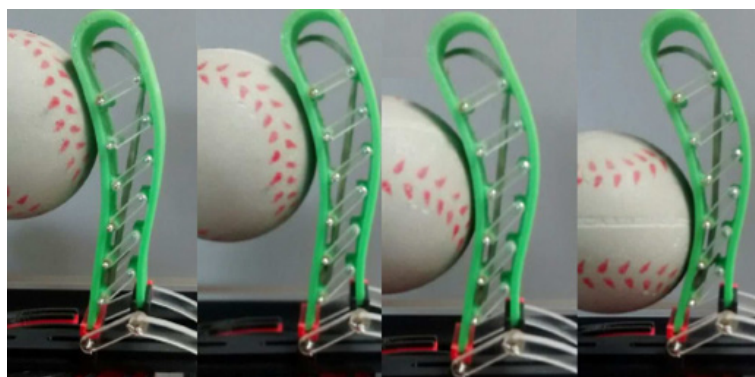


Figura 6. Prueba de adaptación al objeto en diferentes puntos de contacto.

Adicionalmente, se verificó la adaptación de los dedos montados sobre la base y el sistema motriz para diferentes posiciones del objeto, obteniendo un comportamiento similar al que presentan las aletas radiadas de los peces.

la pinza comercial Peg1602, desarrollada por la empresa Festo (Disponible en www.festo.com/net) y utilizada en la plataforma Robotino del Laboratorio de Procesos Automáticos de la Fundación Universitaria Agraria de Colombia- Uniagraria. El resultado de las mediciones realizadas para encontrar el consumo de corriente y otras características relevantes de los manipuladores se describen en la Tabla 1.

Valoración de la eficiencia energética y prueba de sujeción. Para valorar la eficiencia energética del prototipo, se comparó con

Tabla 1. Características de los manipuladores.

Manipulador	Parámetro					
	Voltaje	Corriente	Potencia	Movimiento de la pinza	Material de los dedos	Estructura de los dedos
Peg1602	24V	120 mA	2,88 W	Paralelo	Aluminio	Rígida
Prototipo	5V	110 mA	0,55 W	Paralelo/ inclinado	Polímero	Flexible

Para la operación adecuada del prototipo es necesaria una potencia de 0,55 W, mientras que para el manipulador comercial es de 2,88 W. Así mismo, al sujetar el objeto esférico con la pinza comercial Peg1602, se evidenció una deformación en la superficie del objeto, lo cual representa una desventaja cuando se pretende conservar intactas las características físicas del elemento.

Conclusiones

Aumentar el parámetro G tiene como consecuencia la concentración de esfuerzo producido por un gran cambio en una pequeña zona cercana a la base que en el modelo real puede ocasionar fallas en el material. Esto se debe a que el resto de la estructura no se deforma para adaptarse a la carga o al accionamiento muscular aplicado, porque el rayo es demasiado rígido. Es necesario tener en cuenta que los parámetros G, B, d, y s son parámetros determinados por la construcción física de la estructura, por tanto tienen valores fijos. En este orden de ideas, los únicos parámetros controlables del modelo son la carga p y el accionamiento. El prototipo que se implementó disminuye la presión ejercida por unidad de área, gracias a su capacidad de adaptación al objeto que sujeta, permitiendo un aumento en el área

de contacto entre los dedos y el objeto sujetado. El sistema a su vez, consume menos energía, gracias al mecanismo de espiral aritmética, ya que se activa únicamente al sujetar o soltar el objeto.

Referencias Bibliográficas

- Cirovic & Stano Simeonov, Simeonov (2011). *Application of fin ray effect approach for production process automation*. DAAAM.
- Bas-Goris (2011). *Fish fin ray*. Recuperado de www.vimeo.com
- Festo (2014). *Multichoice gripper*. Recuperado de www.festo.com
- Jiménez, I. & Calavera, C. (2013). *Dibujo Técnico*. España: Ediciones Paraninfo S.A.
- Videler, J.J. & Geerlink P.J. (1987). The relation between structure and bending properties of teleost fin rays. *Netherlands Journal of zoology*. Netherlands.
- Silas, A. (2010). Optimizing a fin ray stiffness. *Journal of the Mechanical and Physics of solids*, 656–654.

Adquisición Electrónica de la Señal Electromiográfica - Fase 1

Electronic Acquisition of the Electromyographic Signal - Phase 1

Olarte, L. N.^{a*}; Orrego, M. C.^b; Serna, G. S.^c; Villabón, P. X.^d

^{a.*} Magíster en Tecnologías de la Información Aplicadas a la Educación – ETIAE, Universidad Pedagógica Nacional – UPN, Especialista en Tecnologías de la información Aplicadas a la Educación – ETIAE, Universidad Pedagógica Nacional – UPN. Ingeniero en Telecomunicaciones, Universidad Militar Nueva Granada. Docente de planta, Programa Tecnología en Electrónica y Comunicaciones. Líder semillero Faraday, Facultad de Ingeniería, Universidad Militar Nueva Granada, 2017. Cr 11 # 101-80 (Bogotá - Colombia).

^b Doctorando en Ingeniería, Máster en Ingeniería de Sistemas Electrónicos, Máster de Ingeniería Biomédica, Universidad Politécnica de Madrid, Especialista en Gerencia Integral de las Telecomunicaciones, Escuela de Comunicaciones Militares. Especialista tecnológico en interventoría de proyectos de telecomunicaciones, Sena. Licenciado en Electrónica, Universidad Pedagógica Nacional, Tecnólogo en Telecomunicaciones, Sena. Certificado en el área de electrónica y telecomunicaciones. Docente de planta, Programa Tecnología en Electrónica y Comunicaciones, semillero Faraday, Facultad de Ingeniería, Programa Tecnología en Electrónica y Comunicaciones, Universidad Militar Nueva Granada, 2017. Cr 11 # 101-80 (Bogotá - Colombia).

^c Semillero Faraday, Facultad de Ingeniería, Programa Tecnología en Electrónica y Comunicaciones, Universidad Militar Nueva Granada, 2017. Cr 11 # 101-80 (Bogotá - Colombia).

^d Semillero Faraday, Facultad de Ingeniería, Programa Tecnología en Electrónica y Comunicaciones, Universidad Militar Nueva Granada, 2017. Cr 11 # 101-80 (Bogotá - Colombia). nancy.olarte@unimilitar.edu.co

Fecha de recepción: junio de 2016 / **Fecha de aceptación:** noviembre de 2016

Resumen

El presente documento evidencia la propuesta de investigación enfocada al diseño electrónico para la adquisición y acondicionamiento de la señal electromiográfica, a partir de métodos no invasivos para su posterior análisis en amplitud y tiempo, variables que permitieron evaluar la actividad eléctrica de nervios y músculos. Hoy en día, en el área de biomedicina, la obtención y acondicionamiento de datos electrofisiológicos de individuos es de gran importancia. En primer lugar, el adecuado procesamiento y visualización del patrón esperado de señal puede

brindar al especialista la lectura óptima de datos, proporcionando diagnósticos correctos, y en segundo lugar, la incidencia favorable en el tiempo mediante el tratamiento médico óptimo hacia el paciente que mejore sus condiciones de vida. Por otro lado, debido al posconflicto en nuestro país, existen individuos que tienen marcas ocasionadas por la violencia y que implican tratamientos físicos, algunos de ellos consisten en rehabilitaciones que comprometen la evaluación en el tiempo de la respuesta muscular en algunos lugares del cuerpo. Esta es la justificación social de la investigación, cuya fase inicial comprende el acondicionamiento, bajo componentes electrónicos y la señal electromiográfica para su posterior análisis en el tiempo. Para cumplir con la fase propuesta, se ha venido realizando una metodología secuencial, la cual comprende la revisión del estado del arte relacionada al diseño, implementación y análisis de circuitos, para acondicionar, mediante métodos no invasivos, la señal electromiográfica de patrón básico, seguido de la simulación y visualización de la señal en *software* libre, luego, la identificación de cambios en la amplitud y frecuencia y perturbaciones en la señal, las cuales pueden ser mitigadas por medio del diseño de filtros. Los resultados iniciales indican que el tipo de sensor, el contacto con la piel y el movimiento del paciente ocasionan la perturbación del resultado de la señal acondicionada por métodos electrónicos. Así mismo, la correcta lectura digital del patrón de señal en el formato adecuado proporcionaría en fases posteriores, el almacenamiento y acceso remoto de diferentes respuestas musculares de pacientes en el tiempo para consulta del especialista de forma remota, disminuyendo costos de traslados de los pacientes, al realizar seguimientos en línea.

Palabras clave: simulación, visualización, acceso remoto, respuesta muscular.

Abstract

This document evidences the research proposal, focused on the electronic design for the acquisition and conditioning of the electromyographic signal, from non-invasive methods for subsequent analysis in amplitude and time, variables that will allow evaluating the electrical activity of nerves and muscles. Nowadays in the area of biomedicine, the obtaining and conditioning of electrophysiological data of individuals is of great importance. Firstly, the adequate processing and visualization of the expected signal pattern can provide the specialist with optimal reading of data by providing correct diagnoses, and second, the favorable incidence over time through optimal medical treatment to the patient that improves their conditions of life. On the other hand, due to the post-conflict in our country, there are individuals who have marks caused by violence that involve physical treatments, some of them, rehabilitations that compromise the evaluation over time of the muscular response of some parts of the body. This is the social justification of the investigation, whose initial phase includes the conditioning under electronic components of the electromyographic signal for its subsequent analysis over time. In order to comply with the proposed phase, a sequential methodology has been carried out which includes the review of the state of the art related to the design, implementation and analysis of circuits, to condition the basic pattern electromyographic signal by means of non-invasive methods, followed by the simulation and visualization of the signal in free software, then the identification of changes in the amplitude and frequency and disturbances in the signal, which can be mitigated by the design of filters. The initial results indicate that the type of sensor, the contact with the skin and the movement of the patient cause the disturbance of the result of the signal conditioned by electronic methods. Likewise, the correct digital reading of the signal pattern in the appropriate format would provide, in later phases, the storage and remote access of different muscle responses of patients over time to consult the specialist remotely, decreasing patient transfer costs when performing follow-ups On-line.

Palabras clave: simulación, visualización, acceso remoto, respuesta muscular.

Introducción

A través de las actividades cotidianas de la vida diaria, los movimientos que el ser humano realiza se llevan a cabo gracias a los músculos, lo que contribuyen a generar señales posibles de registrar a través de la piel mediante el correcto posicionamiento de sensores (Díaz, 2014). Este registro aporta al especialista información para conocer de forma detallada su dinámica, enfocando sus estudios hacia la rehabilitación de pacientes en el uso clínico (Díaz, 2014).

Para el tratamiento de señales fisiológicas, específicamente del área de Neurología en Electromiografía (EMG) se busca de forma permanente el uso de la electrónica análoga y digital, compatibles entre sí, a fin de tener a disposición la señal mioeléctrica pura y libre de ruido, dependiendo del músculo del miembro estudio del cuerpo humano a analizar (Alva, 2012).

Aunque han existido investigaciones que involucran desarrollos en el área de acondicionamiento electrónico de señales para su posterior almacenamiento digital, se han presentado inconvenientes como: escoger el sensor adecuado, las técnicas para capturar la señal en lo posible no invasivas y la lectura de datos con la menor perturbación posible en la visualización, junto con parámetros de seguridad de la información del paciente (Olarte y Cowans, 2017).

Un ejemplo claro para la adquisición de señales en animales y humanos ha sido el uso de transductores, los cuales convierten señales eléctricas en

voltaje. En el caso particular para este proyecto, ha sido el electroquímico o electrodo, también empleado para adquirir señales en electrocardiogramas, electroencefalogramas y electromiogramas, entre otros (Marí y Tur, sf.).

Ahora bien, estudios realizados en el Hospital Militar Central, en la última década, evidencian que los soldados que han ingresado a causa de un evento estresante (estresor físico o psicológico), específicamente violento en combate, evidencian frente al evento una respuesta que busque la adaptación y equilibrio (homeostasis) y la respuesta puede ser adaptativa o patológica (Corzo y Bohórquez, 2009).

El evento traumático provoca una demanda para el organismo y dependiendo del contexto biopsicosocial del individuo, los mecanismos de recuperación y adaptación serán suficientes o no para su estabilidad en el tiempo (Corzo y Bohórquez, 2009). Particularmente en su recuperación física es importante evaluar la respuesta muscular, incluso para aquellos pacientes que se encuentran en terapia para la recuperación e incremento de su calidad de vida.

El presente documento se divide en: introducción, en la cual se aborda la necesidad del proyecto, seguido del referente teórico, en el que se involucran conceptos indispensables para la comprensión de la señal básica a acondicionar, luego está la metodología por fases para su ejecución, seguida de los resultados que se tienen hasta el momento con sus conclusiones y por último, las referencias bibliográficas.

Este artículo se deriva del proyecto de iniciación científica (PIC-ING-2524) titulado “Adquisición y Acondicionamiento electrónico de la señal electromiográfica - Fase I”, del Grupo de Investigación e innovación Tecnológica en Electrónica y Comunicaciones (GI-iTEC), semillero Faraday del programa de la Tecnología en Electrónica y Comunicaciones de la Universidad Militar Nueva Granada.

Referente Teórico

Partiendo del concepto que una señal electrofisiológica es aquella que tiene una forma o patrón específico continuo en el tiempo, adquirida mediante transductores, y cuyo origen es la actividad eléctrica de órganos o fibras musculares (Cherniz, et al., 2002), se tiene a continuación la definición de la señal electromiográfica, la cual es de gran importancia en este estudio y puede ser adquirida mediante electrodos de superficie:

Señal Electromiográfica o EMG. Las señales eléctricas asociadas con la contracción del músculo se denominan electromiográficas (EMG). El estudio de las EMG es llamado electromiografía, la cual puede ser intramuscular o superficial y la electrofisiología de la contracción del músculo, se denomina al registro de los datos en un electromiograma y su procesamiento (Winter, 2009).

La señal EMG de superficie se denomina SEMG y representa la suma de potenciales de acción de unidades motoras (PUM) individuales, que se generan por las descargas continuas e irregulares de las unidades motoras activas en el músculo; ello se evidencia en su trazado de forma irregular (Ver Figura 1), la cual puede variar en amplitud y frecuencia, dependiendo de la zona muscular de estudio (Fernández, et al., 2007). La primera contracción se denomina ráfaga de contracción activa, seguido por un periodo valle entre contracciones o periodo real y finalizando con picos de amplitud no reproducibles.

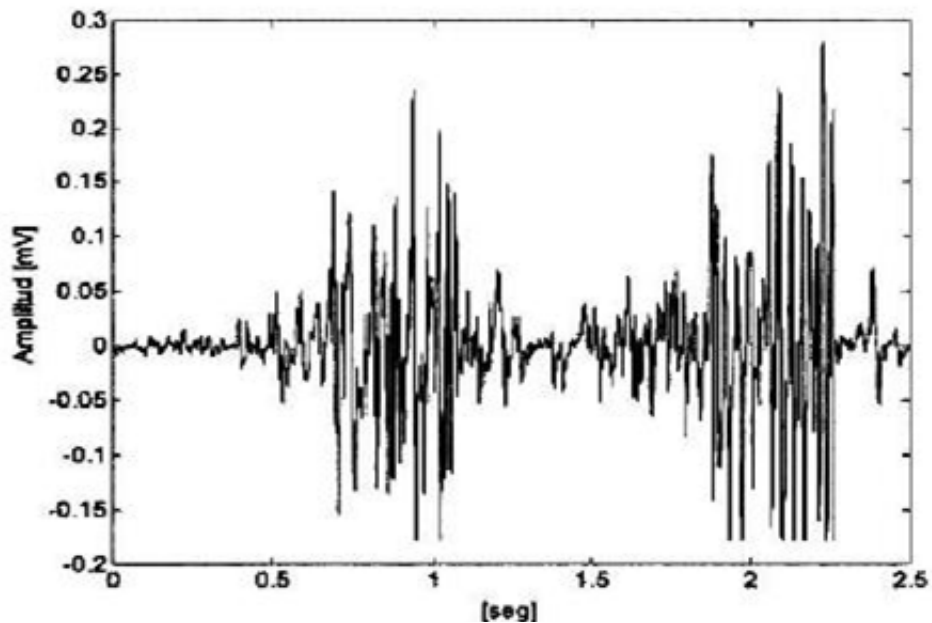


Figura 1. SEMG durante contracciones intermitentes del músculo extensor de la muñeca. Fuente: Fernández, et al., 2007.

Asímismo, para observar el comportamiento muscular, los patrones de actividad temporal y la fatiga de un músculo, es necesario caracterizar la señal SEMG, a partir de la diferenciación de las propiedades del tejido al separar las fuentes generadoras de señal de los electrodos superficiales, identificar también la frecuencia de trabajo de la señal o los ciclos por segundo, las detecciones propias y óptimas de la señal y la adecuada posición de los electrodos para que el tejido biológico actúe como filtro pasa bajos (Merletty y Farina, 2006).

Electrodo Superficial. Son electrodos de contacto con hidrogel para mejor adherencia a la piel, con película de carbono de alta conductividad y baja impedancia, para conseguir una mejor calidad de la estimulación (lonclinicshop, 2017). Se utilizan para medir o causar actividad eléctrica en el tejido, con el fin de identificar problemas con los músculos y los nervios (NIH, 2017). Algunos de los electrodos desechables se pueden apreciar en la Figura 2.



Figura 2. Electrodo adhesivo de botón.
Fuente: Neuroline, 2017.

Metodología

En esta investigación, la metodología se desarrolla de manera secuencial

por fases, las cuales se aprecian en la Figura 3.

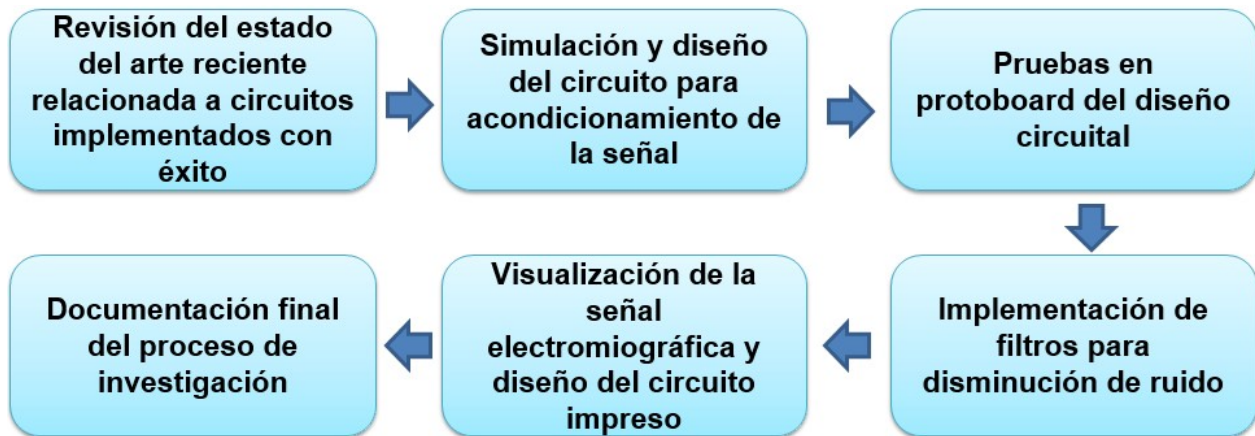


Figura 3. Fases del proyecto.

Para la revisión del estado del arte se realizó una búsqueda exhaustiva reciente sobre artículos y libros en bases de datos reconocidas, las cuales evidenciaron las técnicas invasivas y superficiales para la adquisición de la señal.

Así mismo, antes de realizar montaje en protoboard se realizó la simulación del circuito en el *software* libre Proteus, teniendo en cuenta una frecuencia de 30Hz y amplitud de 2,5mV amplificada a partir del operacional de instrumentación AD620.

Las pruebas iniciales con protoboard mostraron bastante perturbación o ruido de la señal, cambiando extensiones resortadas para electrodos por cables rectos, con el objetivo de no tener pérdidas de amplitud.

Así mismo, se cambiaron los electrodos comunes por los desechables de botón, marca 3M, los cuales permitieron mejorar la visualización de la señal, aunque el movimiento del antebrazo del sujeto de prueba hacía que se alterara la señal respuesta.

En las últimas etapas se mejoró el registro de la visualización de la señal en protoboard, se solicitó la adquisición de una nueva tarjeta de adquisición Olimex SHIELD – EKG – EMG Arduino para trabajar en paralelo a la adquisición de la respuesta muscular de forma electrónica.

Resultados

En esta sección, los resultados se dividen en resultados parciales y resultados esperados.

Resultados parciales. Se realizó la revisión del estado del arte reciente de circuitos diseñados e implementados con éxito, para el acondicionamiento de la señal electromiográfica, mediante técnicas no invasivas, encontrando que existen desarrollos que involucran diferentes tipos de electrodos húmedos para la adquisición de la señal y que estos deben estar distribuidos preferiblemente en una zona específica del cuerpo humano para su estudio, por ejemplo brazo, antebrazo o piernas. Así mismo, se adelantó la simulación del circuito en el *software* libre proteus, incluyendo el amplificador de instrumentación AD620.

A su vez se viene adelantando la simulación y diseño circuital de la señal bajo respuesta muscular base, mediante la tarjeta de adquisición Olimex SHIELD – EKG – EMG Arduino Electrocardiography EKG Electromiography EMG shield (Figura 4a), pero para mejores resultados es necesario otra tarjeta de la misma marca en paralelo, junto con dos cables cada uno, resortados de entrada tipo *plug* para tres derivaciones de electrodos tipo botón (Figura 4b).



Figura 4a. Tarjeta de adquisición Olimex Shield EKG-EMG Arduino.
Fuente: Olimex, 2017.



Figura 4b. Cable con tres derivaciones para electrodos tipo botón.
Fuente: Chou, 2016.

Resultados Esperados. Se esperaba identificar cambios de amplitud, tiempo y frecuencia de la señal para evidenciar posibles perturbaciones, en comparación con las señales ya tratadas en otros estudios. Esto con el fin de ayudar a parametrizar y caracterizar un voltaje de entrada adecuado mínimo para cada estudio.

También se esperaba diseñar filtros para mejorar la lectura de la señal en el tiempo, así como realizar pruebas con electrodos secos de superficie y comparar la respuesta muscular con los electrodos húmedos.

Al determinar con exactitud cambios en amplitud y frecuencia, comparados con el patrón típico de la señal electromiográfica, se esperaba obtener un patrón definido para entrenamiento de redes neuronales, ingresando datos típicos y atípicos de pacientes reales.

Por otro lado, se consideró escoger el formato asociado para almacenar en el tiempo, las señales almacenadas de diferentes sujetos estudio. Lo anterior para que en el mediano plazo se lograra el acceso remoto a diferentes respuestas musculares en el tiempo para consulta del especialista de forma remota, disminuyendo costos de traslados de los pacientes, al realizar seguimientos en línea.

Conclusiones

Aunque se realizaron simulaciones de circuitos esquemáticos en el *software* Proteus y también pruebas con una mínima población de personas en perfecto estado de salud, paralelamente en *hardware* se viene adquiriendo la señal con la tarjeta electrónica Olimex SHIELD – EKG – EMG Arduino Electrocardiography EKG Electromiography EMG Shield, mientras se

identificaba la población objeto de estudio, la cual debía contar con los permisos pertinentes del comité de ética.

A su vez, el tipo de sensor, el contacto con la piel y el movimiento de los sujetos estudio ocasionaron la perturbación del resultado de la señal acondicionada por métodos electrónicos.

Se ha considerado para la población objetivo, posibles casos ya identificados de salud ocupacional de personal docente y administrativo, reportado en la Universidad Militar, también se consideraban tener conversaciones con la facultad de medicina de la universidad para posiblemente tener población militar que se encontraba en tratamiento neurofisiológico, en lo posible, víctimas de combate.

Referencias Bibliográficas

Alva, C.A., (2012). *Procesamiento de señales de electromiografía superficial para la detección de movimiento de dos dedos de la mano*. Lima: Universidad Ricardo Palma.

Cherniz, A., Cian, L. & Escobar, S. (2002). *Sistema de adquisición multicanal para el registro de señales electrofisiológicas*. Salão de iniciação científica - Livro de resumos. Porto Alegre: UFRGS.

Chou, H. (2016). *Arduino and Olimex EMG Shield*. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=EYYtTpSvYtE>
Corzo, P. & Bohórquez, A. (2009).

Prevalencia del trastorno por estrés agudo y trastorno por estrés postraumático en soldados colombianos heridos en combate. *Revista Med*, 17(1), 14-19.

Díaz, D. (2014). *Investigación y desarrollo de interfaces para discapacidad: interfaz mixta EMG-MMG para recoger actividad muscular voluntaria*. España: Universidad de Valladolid.

Fernández, J., Acevedo, R. & Tabernig, C. (2007). Influencia de la fatiga muscular en la señal electromiográfica de músculos estimulados eléctricamente. *Revista EIA*, 7, 111-119.

Ionclinicshop (2017). *Electrodo Superficial de Contacto*. Recuperado de <https://www.ionclinicshop.com/electrolisis-percutanea/4-electrodo-superficial-de-contaco.html>

Marí, J. & Tur. (s.f). *Instrumentación y métodos de registro en experimentación animal*. s.l.:s.n.

Merletti, R. & Farina, D. (2006). Myoelectric manifestations of muscle fatigue. s.l. *Wiley Encyclopedia of Biomedical Engineering*.

Neuroline (2017). *Electrodos de superficie desechables*. Recuperado de <http://www.neuroline.es/ElectrodoSuperficieDesechable.html>

NIH, I. N. d. C. (2017). *Electrodo Superficial*. Recuperado de <https://www>.

cancer.gov/espanol/publicaciones/
diccionario?cdrid=467866

Olarte, N.E. & Cowans, J. (2017).
Señal respiratoria a partir del
acondicionamiento electrónico de la
señal ECG. *Scientia et technica*, 22(1),
114-121.

Olimex (2017). *SHIELD-EKG-EMG*. Recu-
perado de [https://www.olimex.com/
Products/Duino/Shields/SHIELD-
EKG-EMG/](https://www.olimex.com/Products/Duino/Shields/SHIELD-EKG-EMG/)

Winter, D. (2009). *Biomechanics and motor
control of human movement. s.l.*

Comparación de un Curado Adecuado del Concreto Normal entre Antisol, Humedecimiento Constante y Especímenes sin Curar

Comparison of Adequate Curing of the Normal Concrete Between Antisol, Constant Moisture and Uncured Specimens

Ruiz-Suárez, Oscar Vladimir ^{a*}; Burgos-Calderón; Daniela^b

^aIngeniero civil, Magíster en estructuras, P.s en pedagogía y docencia universitaria. Docente de la Fundación Universitaria Agraria de Colombia.

^bEstudiante de Ingeniería Civil, Fundación Universitaria Agraria de Colombia.

ruiz.oscarvl@uniagraria.edu.co

Fecha de recepción: julio de 2016 / Fecha de aceptación: noviembre de 2016.

Resumen

El presente artículo está basado en una investigación que se realizó acerca de dos metodologías de curado a un concreto simple. Adicionalmente, se comparó junto con muestras que no fueron curadas. Esto, partiendo de la importancia que tiene realizar este procedimiento para garantizar el adecuado funcionamiento del concreto como material de construcción en obras de ingeniería civil. Se realizaron pruebas de compresión simple para determinar la resistencia que iba adquiriendo el concreto en distintas fechas, una vez comenzó su etapa de curado. Paralelo a esto, se elaboró este mismo ensayo a muestras que no fueron curadas para determinar qué porcentaje de deficiencia presentaban los elementos que no fueron sometidos a este procedimiento fundamental, dentro de la elaboración de una edificación en concreto reforzado.

Palabras clave: concreto, deficiencia, edificación, calidad.

Abstract

The present article is based on an investigation that was carried out on two curing methodologies to a simple concrete, and was additionally compared with samples that are not cured. This, based on the importance of performing this procedure to ensure the proper functioning of concrete as construction material in civil engineering works. Simple compression tests were carried out in order to determine the resistance that the concrete was acquiring at different dates once its curing stage began. Parallel to this, this same test was developed to samples that are not cured to determine what percentage of deficiency would present the elements that are not subjected to this fundamental procedure in the development of a building in reinforced concrete.

Keywords: concrete, deficiency, building, quality.

Introducción

Si bien todos los ciudadanos han visto en las calles grandes, pequeñas edificaciones, carreteras y puentes, la base de concreto, los constructores implementan este material en sus proyectos, debido a su excelente comportamiento, ante las distintas fuerzas que se pueden presentar, independientemente de cuál sea su naturaleza.

Para que el concreto, como material de construcción cumpla con su función, debe ser sometido a distintas prácticas durante su elaboración *in situ* que garanticen su óptimo comportamiento y durabilidad en el tiempo, a fin de respaldar la vida útil, no solo del elemento sino de la edificación.

Aunado a esto, el curado es uno de los factores principales durante la elaboración del concreto, pues refiere a la actividad de mantener la humedad y temperatura requerida por el mismo, los días posteriores al desencofrado (retiro de formaleta, por ende exposición del elemento a la intemperie). En esta etapa del proceso, el elemento por naturaleza perderá agua fundamental para seguir hidratando sus partículas de cemento, que endurecen y alcanzan la resistencia final requerida para satisfacer la necesidad del elemento, dentro de la estructura.

Partiendo de lo mencionado, se requiere buscar una forma eficaz de curar los elementos de concreto de forma que se ajuste a las condiciones de obra, tiempo, presupuesto y disponibilidad del constructor.

Actualmente, se requiere optimizar costos y tiempo en la mano de obra y en la ejecución de las actividades desarrolladas en el proceso constructivo de la infraestructura. A través de los años se han utilizado los métodos tradicionales como el humedecimiento constante o el uso de plástico, para mantener el óptimo contenido de humedad en el concreto, durante el proceso de curado. Recientemente han salido al mercado productos húmedos, conocidos como materiales sellante, que según sus fabricantes garantizan el completo desarrollo de la resistencia por curado.

Con esta investigación, se busca constatar cuál es el proceso óptimo para hacer reducción en los aspectos mencionados en el párrafo anterior, que cumplan con la resistencia establecida en el diseño.

Lo anterior, partiendo de ensayos de laboratorio con muestras de concreto simple elaboradas bajo la normatividad ACI (American Concrete Institute). Muestras que posteriormente deben ser curadas a través de un procedimiento que se llevó a cabo con el sistema tradicional, es decir mediante el humedecimiento constante con agua, membrana curadora (Antisol rojo de Sika) y adicionalmente se hizo una comparación en porcentaje con especímenes sin curar.

Metodología

Para hacer esta evaluación de metodologías de curado, se tomó como base un concreto simple de 3000 psi (lb/in²) de resistencia, elaborado bajo la metodología ACI

(American Concrete Institute), se realizaron 36 muestras cilíndricas de las cuales 12 fueron para el curado por humedecimiento constante, 12 para curado con Antisol rojo y 12 especímenes no tuvieron curado para hacer posteriores comparaciones. Posterior al desmolde, se separaron los 3 grupos de muestras para hacer su respectivo curado.

Curado por humedecimiento constante. Para el curado por humedecimiento constante se realizó un sistema de riego con un programador electrónico, con temporizador ajustable, el cual se estableció que regara las muestras por un minuto, 4 veces al día. Este se encendía a las 8 a.m. y 10 a.m., y en las horas de la tarde, a las 2 p.m. y 4 p.m. Dicho procedimiento fue para los 28 días de curado, exceptuando 3 domingos, ya que el propósito de este proyecto era simular un caso real de obra.

Curado con material sellante. El curado con material sellante se hizo con Antisol rojo a base de agua de la marca Sika, el cual trabaja como membrana curadora de concreto tipo 1 clase A, conforme con los procedimientos ya descritos en la Norma Astm C- 156 para elementos con exposición a fuertes cambios de temperatura o vientos y lluvia.

Este compuesto acuoso consiste en crear una capa impermeable sobre el elemento de concreto, para evitar la pérdida prematura de la humedad; una vez se desmolda el elemento, requiere de una única aplicación, y ya realizará su trabajo curador durante los próximos 28 días. En cuestiones de

presentación puede ser lavado, una vez transcurridos los 28 días de curado. Se aplicó una capa uniforme en todas las caras de las muestras cilíndricas, con ayuda de una brocha, asegurándose que no quedaran espacios sin cubrimiento del producto.

Muestras sin curar. Adicionalmente de las muestras que fueron curadas con dos metodologías distintas, se dejaron 12 especímenes sin curar, para hacer una comparación en porcentajes de la diferencia en resistencias a compresión axial que presenta un elemento que no cuenta con curado respecto a uno que sí es curado.

Finalmente, los ensayos de compresión simple se realizaron a todas las muestras, a los 7, 14 y 28 días de edad. En cada fecha se fallaron 4 muestras, en cada uno de los escenarios propuestos.

Resultados y Discusión

A continuación se observan los diagramas de barras comparativos de las resistencias obtenidas a través de los ensayos de compresión axial, de los cuales se pueden crear relaciones entre las diferentes metodologías de curado realizadas en este proyecto y evaluar las diferencias porcentuales que se encuentran entre una y otra metodología. Esto permite establecer conclusiones de la efectividad, facilidad de aplicación y economía.

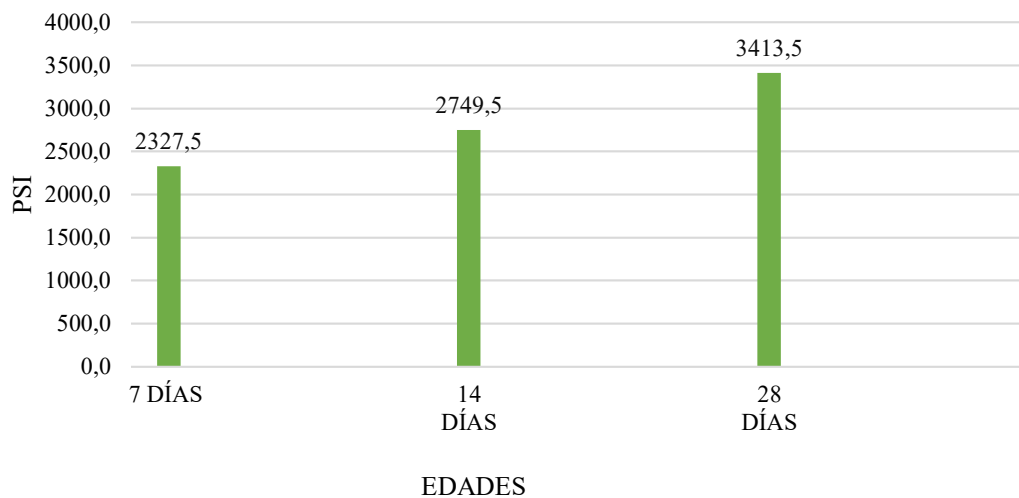


Figura 1. Resistencias por humedecimiento constante.

Las resistencias obtenidas bajo la metodología de curado de humedecimiento cumplen en las 3 edades, a las cuales se les aplicó la prueba de compresión. A los 7 días ya había alcanzado un 77,5 % de la resistencia base de diseño, a los 14 días ya estaba en el 91,6 % y a los 28 días, ya había superado la resistencia base de diseño en un 13,8 %.

De esta metodología de humedecimiento constante se puede decir que su aplicación

en obra es totalmente confiable, pues esta no permite la pérdida prematura de agua en el elemento estructural, garantizando así el alcance total de la resistencia de diseño. La mezcla de concreto nunca presentó alzas en la temperatura, las cuales posteriormente afectaron la resistencia por la aceleración en las reacciones químicas de la hidratación del concreto.

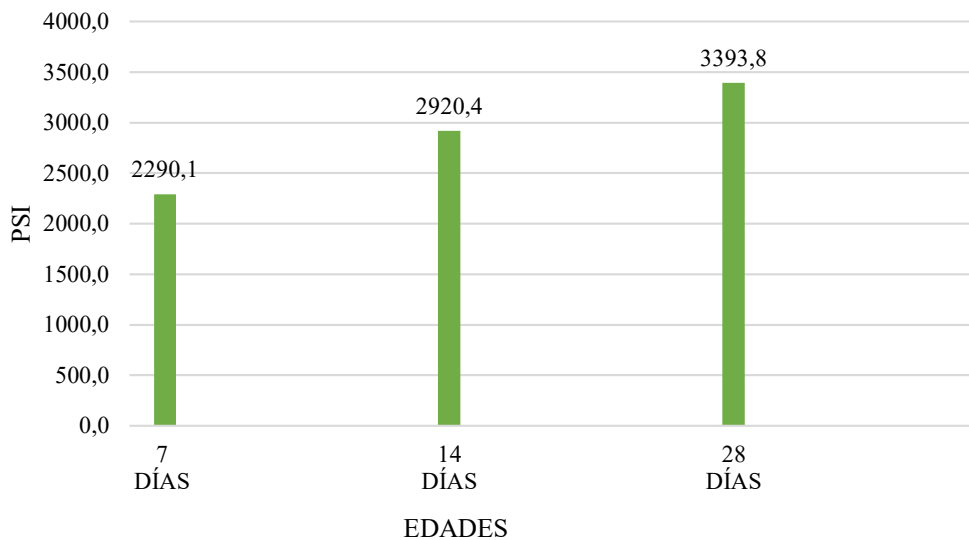


Figura 2. Resistencias con material sellante.

Se puede evidenciar que a los 7 días se obtuvo un 76,3 % de la resistencia base de diseño, es decir un 1,2 % menor a la resistencia que alcanzó la metodología de humedecimiento constante. Continuo a esto, a los 14 días presentó un 97,3 % de la resistencia; con respecto a los especímenes curados bajo humedecimiento constante, el Antisol presentó un alza del 5,7 %. Finalmente, a los 28 días, alcanzó y superó la resistencia de diseño en un 13,1 %, quedando un 0,7 % debajo de la resistencia alcanzada en el curado con agua, siendo un valor mínimo, lo cual permitió establecer que ambas metodologías cumplieron el objetivo de alcanzar las resistencias de diseño inicial.

El proceso de curado es el nombre que se le da a la acción de mantener el concreto lo más húmedo posible, mientras este alcanza la resistencia, pues se le está proporcionando el agua necesaria para hacer la respectiva hidratación del cemento y ejecutar eficientemente su proceso de

endurecimiento. Como el concreto presenta por naturaleza pérdida de humedad durante el proceso de fraguado, al quedar expuesto completamente al aire y no contar con algún suministro de hidratación, pierde la humedad con la que cuenta, creando una disminución en la velocidad e intensidad del fraguado de la mezcla de concreto. Por tanto, afecta específicamente la resistencia final. En el ejercicio teórico-práctico se pudo evidenciar lo mencionado, partiendo de que a los 7 días, solo se alcanzó un 62,8 %; se estaría hablando de un 4,2 % de deficiencia con respecto a lo requerido para dicha edad. Posteriormente, a los 14 días se obtuvo un 81 % cuando se debía estar por encima del 84 %, es decir que siguió por debajo de los requerimientos, y finalmente a los 28 días, como se esperaba, no alcanzó la resistencia, pues estaba en el 86,2 %. Así mismo, se presentó 13,7 % de deficiencia respecto al 100 % que debía cumplir. Es relevante mencionar que la diferencia de las resistencias obtenidas en los especímenes

sin curar en cualquiera de las 3 edades evaluadas, fue significativa con respecto a los dos sistemas de curado implementados en este proyecto. A continuación, en el gráfico

4, 5 y 6 se relacionan porcentualmente los datos obtenidos por edad de las pruebas de compresión.

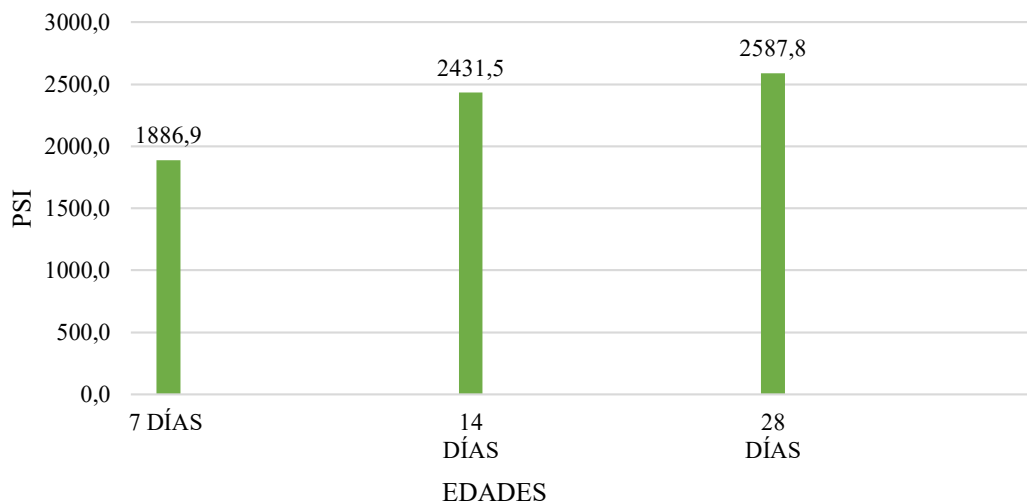


Figura 3. Resistencias en muestras sin curado.

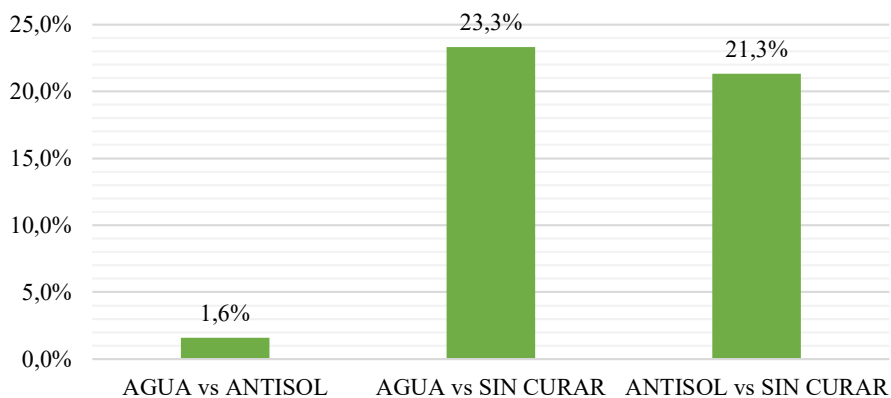


Figura 4. Resistencias en muestras sin curado.

En el gráfico 4 se evidencia como el curado con humedecimiento contante se encuentra un 1,6 % por encima de la resistencia obtenida con Antisol, mientras que a los especímenes sin curar les lleva un 23,3 %

de diferencia y el Antisol un 21,3 %. Valores significativos que aseguran una deficiencia en condiciones bajo las que se encuentran los especímenes sin curar.

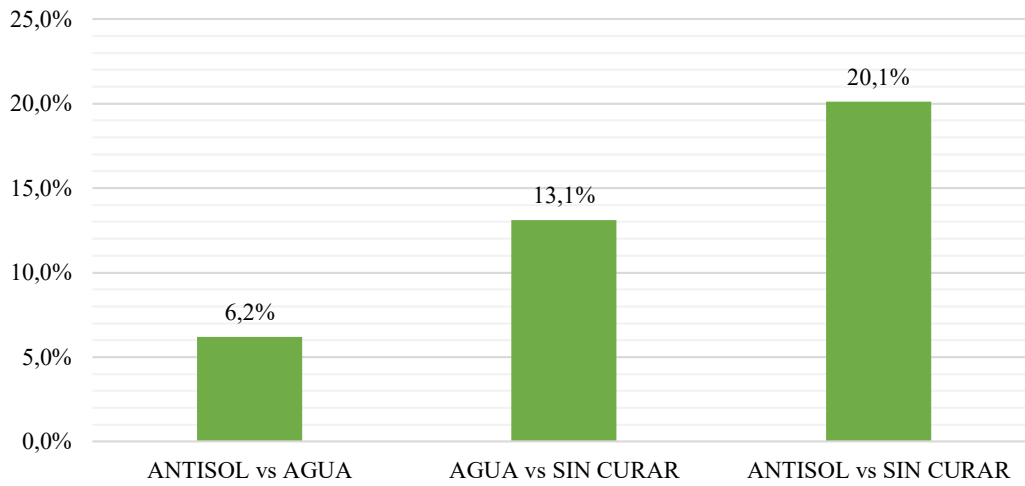


Figura 5. Diferencia porcentual de las resistencias obtenidas a los 14 días.

Las diferencias que se encontraron a los 14 días se observan en la figura 5, en la que se muestra un alza del 6,2 % del Antisol por encima del curado con agua. De igual forma,

existe una diferencia significativa sobre los especímenes sin curar, de un 13,1 % y 20,1 % del agua y Antisol, respectivamente.

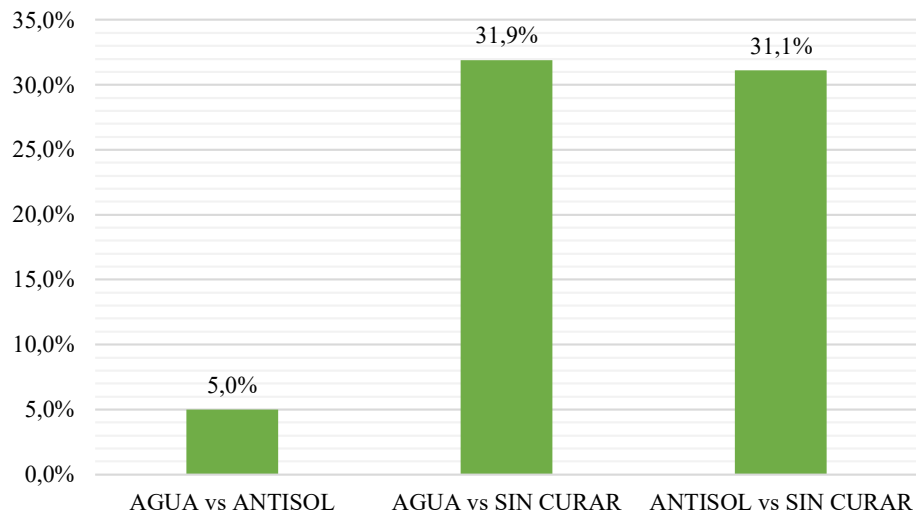


Figura 6. Diferencia porcentual de las resistencias obtenidas a los 28 días.

Finalmente, en el ensayo de compresión, a los 28 días se obtuvo que tanto el curado por humedecimiento constante, como el curado con Antisol, cumplen con su función de curado. Sin embargo, como resistencia final de las muestras curadas con agua se encuentra un 5 % más elevada que la de

los especímenes curados con Antisol. La diferencia más significativa se presentó en los ensayos realizados a los 28 días, pues se encontró una diferencia del 31,9 % y 31,1 % de agua y Antisol, respectivamente en comparación con las muestras sin curar.

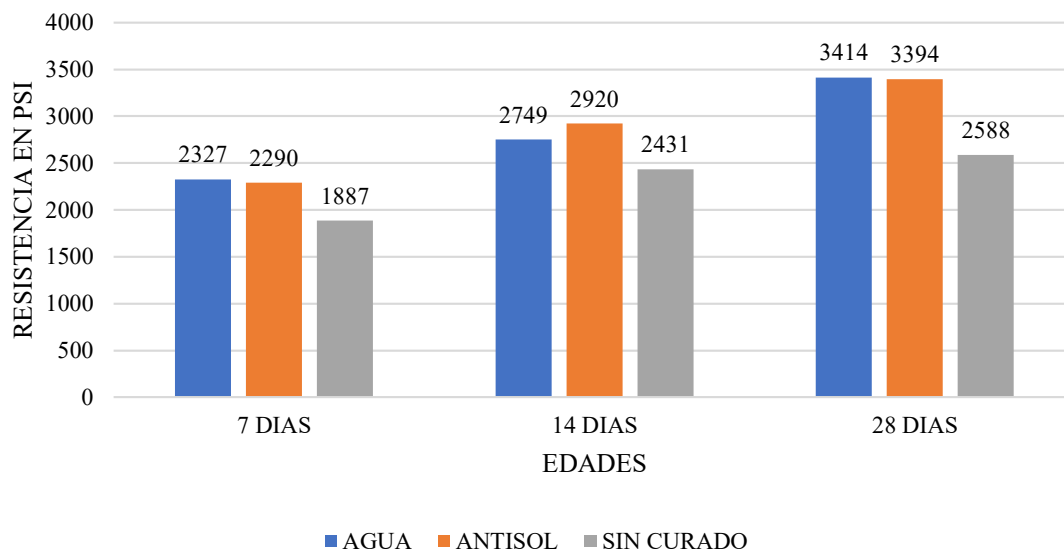


Figura 7. Resumen comparativo de las resistencias.

Es cierto que un sinnúmero de factores son los que afectan la resistencia del concreto durante el proceso de fraguado y curado, independientemente de los materiales y su calidad. No obstante, la carencia de curado o un mal procedimiento de curado son los más importantes, como ha sido mencionado, al estar expuesto de manera permanente en el aire se va a estancar el alcance de una mayor resistencia.

Teniendo el comparativo total de las resistencias obtenidas fue más claro el panorama del comportamiento del concreto en términos de resistencia, bajo cada metodología utilizada. Además se pudo apreciar la trascendencia de llevar a cabo prácticas inadecuadas o simplemente no realizar el proceso en los elementos estructurales en concreto, poniendo en riesgo la vida útil de la estructura. De la misma manera, resaltar la importancia de este, partiendo de que la característica mecánica principal del concreto es la resistencia a compresión simple.

En cuanto al análisis de falla, se encontró que las muestras curadas con agua presentaron mayor índice de rotura en forma transversal, mientras que los especímenes curados con membrana sellante y sin curado, fallaron de forma cónica y transversal.

Finalmente, haciendo un análisis de costos de lo invertido en este proyecto y llevándolo a un ejemplo real de obra se tendría que, para curar 4 muros de concreto, de 2,40 m x 2,20 m x 0,12 m, el valor del procedimiento por humedecimiento constante sería de \$ 388.378. Esto realizando todo el montaje del programador, manguera, energía, y

accesorios. Mientras que para el curado con Antisol sería por un valor de \$ 406.580, incluyendo además del material, una fumigadora y la mano de obra.

De lo anterior, se puede resaltar que entre los costos de implementación de las dos metodologías se encuentra una diferencia del 4,47 % de la membrana curadora, por encima del curado por humedecimiento constante.

Conclusiones

A través de los resultados de compresión axial obtenidos en el laboratorio a muestras de concreto simple curadas con Antisol rojo y humedecimiento constante, se puede concluir que ambas metodologías presentan un alto grado de efectividad y confiabilidad para ser implementadas en proyectos de ingeniería civil.

Se obtienen resistencias a compresión axial a determinadas edades (7, 14 y 28 días), de lo cual se pudo determinar que si un concreto normal es curado por humedecimiento constante o con Antisol, cumplirá con los valores porcentuales establecidos para cada edad, garantizando que alcanzará la resistencia final a los 28 días. Así mismo, con estos resultados de laboratorio se demostró que el no llevar a cabo el proceso de curado presenta una deficiencia significativa en la obtención de la resistencia final del concreto.

Con base en los ensayos realizados, se observó que las metodologías de curado por

humedecimiento constante y membrana curadora (Antisol rojo Sika), cumplieron y superaron el porcentaje de resistencia dada para cada edad, a diferencia de los especímenes que no fueron curados y que no cumplieron con el porcentaje de resistencia requerida para cada edad de falla.

Referencias Bibliográficas

- Fitzgerald, R. (1996). *Mecánica de materiales*. Alfaomega.
- Sánchez, D. (2001). *Tecnología del concreto y del mortero*. Bogotá, Colombia: Bhandar Editores Ltda.

Área Agroindustrial y de Alimentos

Obtención de Pellets Absorbentes a Base de Aserrín de Raque (*Vallea stipularis* L. F.), Especie Presente en el Municipio de Tenjo, Cundinamarca

Obtainment of absorbent pellets based on Raque (*Vallea stipularis* L. F.) sawdust, species with presence in the municipality of Tenjo, Cundinamarca.

Pineda, A.; Zuluaga, C.

Programa de Ingeniería Agroindustrial, Fundación Universitaria Agraria de Colombia- Uniagraria.

Calle 170 No. 154^a10. Bogotá, Colombia.

pineda.andres@uniagraria.edu.co

Fecha de recepción: mayo de 2016 / Fecha de aceptación: noviembre de 2016

Resumen

El área agroindustrial brinda diferentes materiales con capacidad de reutilización, provenientes de cada una de las etapas de diversos procesos industriales alimentarios y no alimentarios. Teniendo en cuenta este aspecto, el serrín Raque (*Vallea stipularis* L. f.) es un elemento útil para absorber líquidos hidrofílicos e hidrófobos cuando se generan derrames de materiales nocivos que requieren una contención inmediata. El objetivo del presente trabajo fue elaborar un pellet vegetal de Raque, con características absorbentes para la eliminación de sustancias líquidas de uso diario, en áreas de derrames. Con un material vegetal previamente tratado físicamente, los gránulos se prepararon utilizando una granuladora, para obtener un diámetro de gránulo de 8,55 mm, el cual posteriormente se expuso a pruebas de absorción y resistencia frente a seis muestras de líquidos convencionales, evaluando así el efecto del tamaño y peso del pellet en la absorción, mediante la cuantificación de variables tales como la densidad real y la porosidad de cada gránulo, para luego calcular el rendimiento de eliminación de cada gránulo de aserrín para cada volumen de muestra líquida utilizada. Los gránulos absorbentes de Raque tienen una utilidad potencial en caso de derrames de líquidos en varias superficies, ya que tienen porosidades que van del 80 % al 93 %. Los resultados obtenidos mostraron una mayor afinidad en la estructura del sedimento sólido con líquidos grasos y ácidos, sin causar mayores variaciones en la forma del sedimento sólido. Además, el sedimento de aserrín de

Raque, con un tamaño de 4 mm de longitud y un peso de 0,1 g, mostró una mayor eficacia de eliminación con respecto a cada una de las muestras líquidas utilizadas.

Palabras clave: aserrín, pellet, absorción, derrames, líquidos.

Abstract

The agro-industrial area provides different materials with capacity of reutilization, coming from each one of the stages of diverse food and non-food industrial processes. Considering this aspect, Raque (*Vallea stipularis* L. f.) sawdust is a useful element for absorbing hydrophilic and hydrophobic liquids when spills of harmful materials that require immediate containment are generated. The objective of the present work was to elaborate a vegetal pellet from Raque, with absorbent characteristics for the removal of liquid substances of daily use, in areas of spills. With a previously physically treated plant material, the pellets were prepared by using a pelletizer, in order to obtain a pellet diameter of 8.55 mm, where it was subsequently exposed to tests of absorption and resistance against six samples of conventional liquids, thus evaluating the effect of the pellet size and weight on absorption, by quantifying variables such as the real density and porosity of each pellet, and then calculating the removal performance of each sawdust pellet for each volume of liquid sample used. Raque absorbent pellets have a potential utility in case of liquid spills on various surfaces, because they have porosities ranging from 80 % to 93 %. The results obtained showed greater affinity in the structure of the solid pellet with fatty liquids and acids, without causing greater variations in the form of the solid pellet. In addition, the Raque sawdust pellet, with a size of 4 mm in length and a weight of 0.1 g, shows higher removal efficiency with respect to each of the liquid samples used.

Keywords: Sawdust, pellet, absorption, spills, liquids.

Introducción

Los distintos líquidos de uso cotidiano en la vida del ser humano, cuya derivación proviene de varios procesos industriales, para uso alimenticio, académico e higiénico, tienen una propagación fácil en superficies, haciendo que se provoquen derrames. Con el fin de mitigar las problemáticas de contaminación ocasionadas por el flujo de agua no apta a nivel doméstico e industrial, se buscan materiales naturales y sintéticos que permitan mitigar esta amenaza ambiental (Celec, 2011) y permitan recurrir a una solución rápida en la limpieza de líquidos, contrarrestando el daño con uso de otros materiales sintéticos como el polipropileno.

En la actualidad, se buscan alternativas de mitigación de derrames que causen el menor impacto negativo posible al ambiente (Elías, 2012). Productos como aceites, grasas y ácidos inorgánicos son usualmente desechados en cualquier parte, sin tomar en cuenta las precauciones para su manejo que, en el caso de los ácidos, tienen características tóxicas, afectando el entorno y la salud de todo ser vivo. Otros productos, tales como los derivados lácticos, grasas animales y aceites vegetales, cuentan con un bajo índice de biodegradabilidad, provocando cambios en los ecosistemas, principalmente marinos, donde se crea una película sobre la superficie marina afectada, lo que impide la entrada de luz al agua (BBC, 2010), evitando el proceso de fotosíntesis y la proliferación de la vida.

El empleo de materiales vegetales, como el aserrín es utilizado en pocas áreas

industriales (Canastero, 2014), aun cuando esta materia natural presenta bajos costos y sin embargo muchas veces se le concede valía nula. Por esta razón, este material natural actúa en este proyecto como respuesta ante una problemática, por mitigar la contaminación del agua. Es así que este trabajo tiene como objetivo, obtener y caracterizar un pellet vegetal con características direccionadas a lograr la absorción de sustancias líquidas de mayor uso, reutilizando este aserrín para disminuir áreas de derrames de manera rápida y además efectiva. Para ello, se empleó material vegetal proveniente de cortezas de Raque (*Vallea stipularis* L. f.), presentes comúnmente en zonas del departamento de Cundinamarca.

Metodología

El material vegetal de la especie de Raque empleado fue el aserrín extraído de la madera recolectada de la zona silvestre del municipio de Tenjo, Cundinamarca, la cual fue almacenada en los laboratorios de la Fundación Universitaria Agraria de Colombia.

Diseño experimental. Se empleó un diseño factorial completo (2^2), siendo los factores utilizados:

Factor 1: Tamaño de partícula: 2 mm, 4mm.
Factor 2: Cantidad de aserrín para la elaboración del pellet: 0,1 g, 0,2 g.

Pre-tratamiento del material vegetal. Tomando como referencia lo trabajado por

(Jiménez, et al., 2012), el aserrín se lavó en dos ocasiones con agua destilada y se secó en un horno de convección forzada, marca Thermo Scientific, a 85 °C durante 18 h. La muestra vegetal se separó, mediante el empleo de un tamiz Tyler con tamaños de malla número 10 y número 5 con tamaños de 2 a 4 mm de material, respectivamente.

Elaboración del pellet. Se empleó una peletizadora marca Skj150, cuyas características de la máquina son presentadas a continuación:

Motor: 380 v
Potencia: 5,5 kW
Capacidad: 150-200kg /h.

Con el aserrín fino y humedecido con agua destilada, se depositó la mezcla en la tolva de la máquina y utilizando un disco de 23 cm de diámetro, se elaboraron los pellets de aserrín de Raque.

Dimensiones disco de peletizadora:
diámetro lado ancho: 0,9 cm.
Diámetro lado angosto: 0,8 cm.
Diámetro disco: 23 cm.

Con respecto a las dimensiones de cada pellet, se realizaron mediciones en milímetros (mm), verificando su estructura física, asegurando que no hubiera partículas de mayor tamaño en su estructura, ni malformación en alguno de los pellets obtenidos, para mejorar la retención de líquidos y calidad de cada pellet de aserrín, respecto a bases teóricas (Norma EN 14961-2, 2011).

Evaluación de las condiciones del pellet de aserrín con cada muestra líquida.

Con los pellets de aserrín de Raque obtenidos en la peletizadora y estandarizando el grosor de las muestras de pellets iniciales, se utilizaron diferentes tipos de pellets, variando su tamaño y peso; A (2 mm-0,1 g), B (4 mm-0,1 g), C (2 mm-0,2 g) y D (4 mm – 0,2 g), evaluando así el comportamiento físico; absorción y resistencia ante cada una de las muestras líquidas, con un tiempo de humectación de 12 minutos por cada pellet, con volúmenes variables para cada muestra líquida, tal como se observa en la Tabla 1.

Tabla 1. Muestras líquidas utilizadas en el proyecto.

Sustancia	Volumen (cm ³)
Leche Entera	1,5
Café diluido en agua	1,5
Etanol (Alcohol etílico)	1,5
Aceite de girasol	1,2
Jugo natural	1,5
Jabón líquido	1,5
2- Propanona	1,3
Ácido clorhídrico (1%)	1,5

La resistencia posteriormente se calificó por observación, teniendo en cuenta la nueva estructura física de cada pellet, después de la humectación, observando el cambio en su forma y textura. Se calculó el rendimiento de absorción de los pellets de aserrín por cada muestra líquida (Rendimiento = (volumen removido/volumen total inicial) x 100), teniendo registrado el volumen inicial de líquido utilizado y obteniendo el volumen del líquido removido por cada pellet vegetal.

Caracterización física del pellet. La densidad del pellet se evaluó con base en la ecuación 1:

$$Ds = Dt \frac{M2}{M1+Ms+M2} \quad (1)$$

Donde:

DS es la densidad del sólido.

DL es la densidad del líquido humectante.

MS es la masa del sólido.

M₁ es la masa de líquido requerido para llenar el recipiente de medición sin fibra.

M₂ es la masa de líquido requerido para llenar el recipiente de medición con el MS.

Porosidad del pellet. La porosidad del pellet fue determinada de acuerdo con la ecuación 2:

$$Pr = \frac{V-Vs}{V} \quad (2)$$

Dónde:

PR es la porosidad (%).

V es el volumen total del sistema.

Vs es el volumen del sólido.

Resultados

Se elaboraron un total de 22 muestras en la máquina peletizadora, para cada una se determinó el ancho estándar de cada pellet a utilizar. En la Tabla 2 se presentan las dimensiones de los pellets elaborados con la peletizadora.

Utilizando el tamiz de disco con diámetro de 23 cm y tamaño agujero de 8 a 9 mm de la máquina peletizadora skj150, se estandarizó el tamaño de pellet de aserrín de Raque. Según Aenor (2012) basado en la norma (EN 14961), las dimensiones del pellet de aserrín obtenidas, usando esta máquina peletizadora y tomando como referencia 22 muestras de pellet elaboradas con materia vegetal de Raque, son de 8,55 mm de largo y 10,86 mm de ancho.

Tabla 2. Dimensiones de muestras de pellets.

No.	Diámetro (mm)	Longitud (mm)
1	8,0	10,0
2	8,0	20,0
3	8,0	11,0
4	8,0	10,0
5	8,0	10,0
6	8,0	13,0
7	8,0	9,0
8	9,0	10,0
9	8,0	10,0
10	9,0	11,0
11	8,5	14,0
12	8,0	13,0
13	9,0	11,0
14	8,5	10,0
15	8,0	7,0
16	9,0	12,0
17	9,0	9,0
18	10	10
19	10	10
20	9	9
21	9	8
22	8	12
Media	8,55	10,86
desviación estándar	0,65	2,62

El pellet de aserrín de Raque cumple con el tamaño en milímetros que afirma la norma EN 14961, debido a que el pellet se encuentra entre un ancho de diámetro de 8

mm a 10 mm y una longitud entre 3,15 mm y 40 mm. En las Figuras 1 y 2 se muestran imágenes de los pellets elaborados.



Figura 1. Pellets de 4 mm de longitud (0,1- 0,2 g)

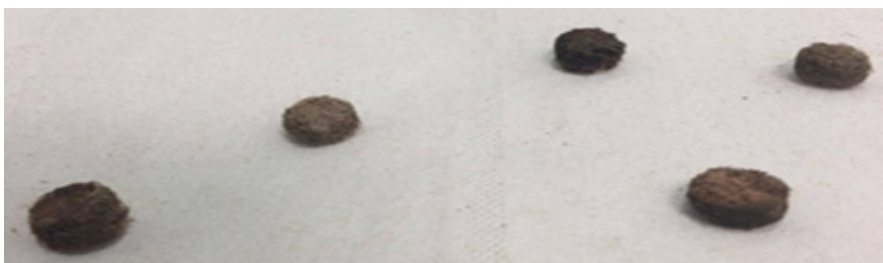


Figura 2. Pellets de 2 mm de longitud (0,1- 0,2 g)

Densidad de pellets. En la Tabla 3 se presenta la densidad real de cada tipo de pellet saturado, dependiendo de cada muestra líquida utilizada, usando 4 tipos

de pellet por muestra líquida. A, B, C y D, registrando la densidad de la sustancia humectante y la masa del pellet sólido a distintas condiciones.

Sustancia	Muestra	Densidad sustancia (DL)	Masa del sólido (MS) (kg)	Masa líquido sin MS (M1)	Masa líquido con MS (M2) (kg)	Densidad Pellet
Leche entera	A	1.032 kg/m ³	1,2 x10 ⁻⁴	1,548 x10 ⁻³ kg	1,4 x10 ⁻³	516 kg/m ³
	B		1,3 x10 ⁻⁴		1,4 x10 ⁻³	
	C		2,0 x10 ⁻⁴		1,3 x10 ⁻³	
	D		2,2 x10 ⁻⁴		1,3 x10 ⁻³	
Café diluido	A	450 kg/m ³	1,1 x10 ⁻⁴	6,750 x10 ⁻⁴ kg	5,7 x10 ⁻⁴	225 kg/m ³
	B		1,4 x10 ⁻⁴		5,4 x10 ⁻⁴	
	C		2,1 x10 ⁻⁴		4,7 x10 ⁻⁴	
	D		2,2 x10 ⁻⁴		4,6 x10 ⁻⁴	
Etanol (Alcohol etílico)	A	806 kg/m ³	1,2 x10 ⁻⁴	1,207 x10 ⁻³ kg	1,1 x10 ⁻³	403 kg/m ³
	B		1,1 x10 ⁻⁴		1,1 x10 ⁻³	
	C		2,1 x10 ⁻⁴		1,0 x10 ⁻³	
	D		2,1 x10 ⁻⁴		1,0 x10 ⁻³	
Aceite de girasol	A	920 kg/m ³	1,2 x10 ⁻⁴	1,104 x10 ⁻³ kg	9,8 x10 ⁻⁴	460 kg/m ³
	B		1,1 x10 ⁻⁴		9,9 x10 ⁻⁴	
	C		2,3 x10 ⁻⁴		8,7 x10 ⁻⁴	
	D		2,2 x10 ⁻⁴		8,8 x10 ⁻⁴	
Jugo natural	A	1.042 kg/m ³	1,3 x10 ⁻⁴	1,563 x10 ⁻³ kg	1,4 x10 ⁻³	521 kg/m ³
	B		1,2 x10 ⁻⁴		1,4 x10 ⁻³	
	C		2,3 x10 ⁻⁴		1,3 x10 ⁻³	
	D		2,2 x10 ⁻⁴		1,3 x10 ⁻³	
Jabón líquido	A	1.265 kg/m ³	1,1 x10 ⁻⁴	1,907 x10 ⁻³ kg	1,8 x10 ⁻³	633 kg/m ³
	B		1,0 x10 ⁻⁴		1,8 x10 ⁻³	
	C		2,0 x10 ⁻⁴		1,7 x10 ⁻³	
	D		2,1 x10 ⁻⁴		1,7 x10 ⁻³	
2 - propanona	A	791 kg/m ³	1,3 x10 ⁻⁴	1,028 x10 ⁻³ kg	9,0 x10 ⁻⁴	396 kg/m ³
	B		1,4 x10 ⁻⁴		8,9 x10 ⁻⁴	
	C		2,2 x10 ⁻⁴		8,1 x10 ⁻⁴	
	D		2,1 x10 ⁻⁴		8,2 x10 ⁻⁴	
Ácido clorhídrico (1%)	A	1.040 kg/m ³	1,3 x10 ⁻⁴	1,560 x10 ⁻³ kg	1,4 x10 ⁻³	520 kg/m ³
	B		1,2 x10 ⁻⁴		1,4 x10 ⁻³	
	C		2,1 x10 ⁻⁴		1,4 x10 ⁻³	
	D		2,3 x10 ⁻⁴		1,3 x10 ⁻³	

Tabla 3. Densidad real de pellets de aserrín de Raque con respecto a cada muestra líquida.

La densidad del sólido para cada muestra está relacionada con la densidad del líquido humectante sumergido en cada una. Esta densidad de líquido es proporcional a la densidad del pellet, como se observa en la Tabla 4, ya que es la capacidad en peso de líquido, capaz de retener cierto volumen determinado y las sustancias líquidas más densas, como es el caso de la muestra del jugo natural y la leche, tienen un peso superior contenido en el pellet, por ello absorben menor volumen líquido, con respecto a las otras muestras de menor densidad. Esta característica afecta directamente a la absorción, porque la masa de líquido retenida en el volumen total del pellet saturado es mayor y se retiene el volumen límite de líquido que el pellet soporta. Por esta razón, pellets con mayor densidad (como los obtenidos con la leche, el jugo natural y el ácido clorhídrico),

obtuvieron un bajo rendimiento de absorción, es decir, menos del 50 % del rendimiento de absorción en los 4 ensayos realizados con los pellets, en cada una de las muestras líquidas.

Entre tanto, sustancias como el café, 2-propanona y aceite de girasol, todas con densidades de líquido menores a la unidad de masa por cm^3 , registraron una menor densidad real de pellet saturado, con un rendimiento mayor a 59 % para cada una de las muestras líquidas nombradas anteriormente. Para las muestras realizadas, con cada una de las sustancias líquidas y volúmenes que varían desde $1,2 \text{ cm}^3$ a $1,5 \text{ cm}^3$, se utilizaron diferentes tipos de pellets, variando su tamaño y peso: A (2mm-0,1 g), B (4mm-0,1 g), C (2mm-0,2 g) y D (4mm - 0,2 g), representado en la Figura 5.

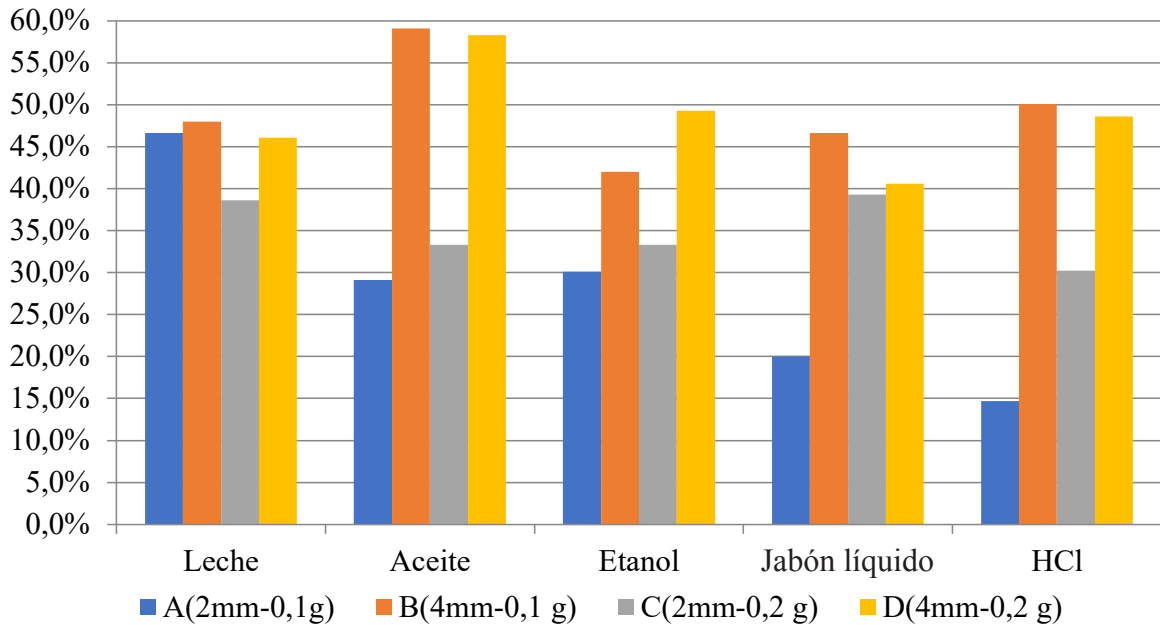


Figura 5. Rendimiento de remoción de muestras líquidas con cada tipo de pellet (A, B, C, D).

Para la evaluación y cálculo de rendimiento de remoción, se emplearon los factores o variables: peso y tamaño de pellet. El tipo de pellet de aserrín de Raque que mejor respondió al rendimiento de absorción de las muestras líquidas en la mayoría de los ensayos, fue el tipo B (4mm - 0,1 g), a excepción de la muestra de etanol, debido a pérdidas por evaporación de este líquido en este ensayo, aun así, la tendencia de mayores rendimientos fue demarcada por el tamaño de pellet de 4 mm, confirmando que el tamaño del pellet tiene mayor efecto en el rendimiento de absorción de líquidos, mientras que la variable peso genera otras

modificaciones, independientemente de la muestra líquida empleada. Además, la muestra de jugo natural se descartó debido al bajo rendimiento de absorción y también porque afecta considerablemente la textura y forma de todos los pellets expuestos a esta muestra líquida.

Porosidad pellets. En la Tabla 4 se muestran los porcentajes de porosidad para cada tipo de pellet utilizado, por sustancia líquida, teniendo en cuenta el volumen del pellet de aserrín y el volumen total, es decir, volumen de muestra líquida más el volumen del sólido en inmersión.

Tabla 4. Porosidad de pellets de aserrín de Raque con respecto a cada sustancia líquida.

Sustancia	Muestra pellet	Volumen del sólido	Volumen total	Porosidad %
Leche entera	A	0,1146 cm ³	1,614 cm ³	93,03
	B	0,229 cm ³	1,729 cm ³	86,75
	C	0,1145 cm ³	1,614 cm ³	93,05
	D	0,231 cm ³	1,731 cm ³	87,05
Café diluido	A	0,1151 cm ³	1,615 cm ³	92,87
	B	0,230 cm ³	1,730 cm ³	87,05
	C	0,1152 cm ³	1,615 cm ³	93,06
	D	0,231 cm ³	1,731 cm ³	86,65
Etanol (alcohol etílico)	A	0,1151 cm ³	1,615 cm ³	92,87
	B	0,228 cm ³	1,728 cm ³	86,80
	C	0,1147 cm ³	1,614 cm ³	93,09
	D	0,231 cm ³	1,731 cm ³	86,65
Aceite girasol	A	0,1152 cm ³	1,315 cm ³	91,23
	B	0,229 cm ³	1,431 cm ³	84,07
	C	0,1151 cm ³	1,315 cm ³	91,25
	D	0,231 cm ³	1,429 cm ³	84,03
Jugo natural	A	0,1150 cm ³	1,615 cm ³	93,07
	B	0,230 cm ³	1,730 cm ³	86,70
	C	0,1151 cm ³	1,615 cm ³	92,87
	D	0,232 cm ³	1,732 cm ³	87,01

Sustancia	Muestra pellet	Volumen del sólido	Volumen total	Porosidad %
Jabón líquido diluido	A	0,1149 cm ³	1,614 cm ³	92,88
	B	0,231 cm ³	1,731 cm ³	87,05
	C	0,1152 cm ³	1,615 cm ³	93,06
	D	0,229 cm ³	1,729 cm ³	87,05
2- propanona	A	0,1148 cm ³	1,414 cm ³	91,88
	B	0,232 cm ³	1,532 cm ³	84,85
	C	0,1151 cm ³	1,415 cm ³	91,86
	D	0,231 cm ³	1,531 cm ³	85,01
Ácido clorhídrico (1%)	A	0,1152 cm ³	1,615 cm ³	93,06
	B	0,231 cm ³	1,731 cm ³	87,05
	C	0,1150 cm ³	1,615 cm ³	92,87
	D	0,230 cm ³	1,730 cm ³	87,01

La porosidad o volumen vacío depende exclusivamente de la estructura de la fibra utilizada y las medidas generales correspondientes a la elaboración de cada uno de los pellets. En la totalidad de los ensayos, los pellets absorbieron como mínimo un 15 % de volumen de muestra líquida. El material de aserrín de Raque, presenta porosidades entre 80 % a 94 % con respecto a las muestras líquidas usadas en el proyecto, tomando como base la experimentación realizada, afirmando que esta fibra natural es altamente absorbente, debido al volumen vacío que contiene en su estructura.

La evaluación de la respuesta de cada pellet de aserrín utilizado en la absorción de diferentes muestras líquidas cotidianas y de uso académico, permitió establecer que este material actuó de mejor forma en líquidos con presencia de grasa (aceite y leche), ácidos fuertes (ácido clorhídrico) y grupos carbonilos (2- propanona), mientras que tuvo un rendimiento bajo en líquidos

como el jabón diluido en solución acuosa y el jugo natural, debido probablemente a la alta presencia de agua en ambas sustancias.

Conclusiones

La especie de Raque (*Vallea stipularis* L. f.), respondió de manera efectiva en cada uno de los ensayos realizados y la evaluación de absorción de muestras líquidas de uso doméstico e industrial. El tipo de pellet de aserrín de Raque previamente elaborado que obtuvo mejor rendimiento de absorción de las muestras líquidas fue el tipo B (4mm - 0,1 g), considerando que la variable tamaño de pellet tiene un efecto mayor en el rendimiento de absorción de líquidos. La porosidad del material fibroso, presente en la estructura del aserrín de Raque, tiene un efecto considerable en los resultados de absorción, registrando niveles entre 80 % a 94 %, por lo que se observa una mayor afinidad del sólido con líquidos grasos y

ácidos, considerando además, que el pellet de aserrín de Raque remueve sustancias líquidas con menores densidades, de manera más efectiva. El aserrín de Raque es un material altamente fibroso y posee una capacidad de absorción importante, dejando así un terreno abierto a próximos estudios e investigaciones acerca de esta temática, usando esta especie u otra, también con características absorbivas, para ser empleado en la mitigación del derrame de distintos líquidos en superficies.

Referencias Bibliográficas

- Canastero, R. (2014). *Aprovechamiento de los residuos de la madera y su posible reutilización en fabricación de biomasa generada en Bogotá*. Bogotá, Colombia: Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Facultad tecnológica. Ingeniería de Producción.
- Celec. (s.f.). *Manejo, prevención y control de derrames de aceites químicos y combustibles*. Cuenca, Ecuador. Recuperado de <https://www.celec.gob.ec/hidropaute/images/Ambiente/Control.de.derrames.pdf>.
- Elías, X. (2012). *Reciclaje de residuos industriales. Residuos sólidos urbanos y fangos de depuradora*. Madrid, España: Ediciones Díaz de Santos, S.A. 2.da edición. ISBN: 978-84-9969-366-8.
- Jiménez, M. & Padilla, G. (2012). *Evaluación del potencial de absorción del aserrín para remover aceites pesados en cuerpos de agua a escala laboratorio*. Recuperado de <http://190.242.62.234:8080/jspui/handle/11227/8>.
- Plitt, L. (2010). *Verdadero impacto de un derrame de petróleo*. Recuperado de http://www.bbc.com/mundo/internacional/2010/04/100428_derrame_petroleo_claves_lp.shtml.

Evaluación del Proceso de Deshidratación Osmótica de Dos Variedades de Mango (*Mangifera indica* L.)

Evaluation of the Osmotic Dehydration Process of two Varieties of Mango (*Mangifera indica* L.)

Martínez, E. A.^{a*}; Castañeda, D.^a; Puello, N.^b; Torregroza, A. C.^a

^a Docente, Facultad de Ingeniería, Universidad de la Costa, Colombia.

^b Sistema Nacional de Aprendizaje (Sena), Centro para el Desarrollo Agroecológico y Agroindustrial (Cedagro), Colombia.
emartine40@cuc.edu.co

Fecha de recepción: agosto de 2016 / Fecha de aceptación: noviembre de 2016

Resumen

La Deshidratación Osmótica (DO) es una técnica de manejo postcosecha, ampliamente utilizada para la conservación y transformación de productos agrícolas que consiste en extraer agua de un alimento al someterlo a una inmersión temporal en una solución con mayor cantidad de sólidos solubles, lo que genera un intercambio osmótico entre el alimento y la solución. El mango constituye una de las frutas tropicales con mayores volúmenes de producción en Colombia y la falta de ideas para su conservación y transformación; genera pérdidas cercanas a las 5000 toneladas. En esta investigación se evaluó el efecto del proceso de Deshidratación Osmótica (DO) de una solución de sacarosa a 45°Brix sobre las propiedades fisicoquímicas de las variedades criollas de mango corazón e hilaza, tras haber permanecido inmersos en la solución osmótica durante 133 h. Los frutos empleados se encontraban en diferentes grados de madurez; 2 el mango corazón y el mango hilaza en un grado de madurez 4. Durante el proceso de DO, en las primeras 18 h se presentó la mayor pérdida de agua para las dos variedades. No obstante, el mango hilaza mostró mayor pérdida de agua y mayor ganancia de sólidos. El comportamiento similar durante el proceso de DO entre de las variedades de mango criollas en comparación con las variedades mejoradas, demuestra que las variedades criollas presentan características potenciales y competitivas en los procesos de transformación de la fruta. De igual manera, agronómicamente, las variedades criollas presentan mejor capacidad productiva, ya que se encuentran adaptadas a las condiciones de la región.

Palabras clave: conservación, manejo postcosecha, pérdida de peso, sólidos solubles.

Abstract

Osmotic dehydration (DO) is a postharvest handling technique, widely used for the conservation and transformation of agricultural products, it consists of extracting water from a food by subjecting it to a temporary immersion in a solution with a greater quantity of soluble solids, which generates an osmotic exchange between the food and the solution. The mango constitutes one of the tropical fruits with greater volumes of production in Colombia and the lack of ideas for its conservation and transformation; generates losses close to 5000 tons. In this investigation, the effect of the osmotic dehydration process (DO) of a solution of sucrose at 45 ° Brix on the physicochemical properties of the Creole varieties of mango heart and yarn after having been immersed in the osmotic solution for 133 h was evaluated. The fruits used were different degrees of maturity: 2 the mango heart and the mango yarn in a degree of maturity 4. During the DO process, the first 18 h presented the greatest water loss for the two varieties. However, the yarn handle showed greater water loss and higher solids gain. The similar behavior during the DO process between the varieties of mango criollas in comparison with the improved varieties, shows that the landraces have potential and competitive characteristics in the processes of transformation of the fruit. In the same way, agronomically the criollo varieties present better productive capacity since they are adapted to the conditions of the region.

Keywords: conservation, postharvest handling, weight loss, soluble solids

Introducción

El mango (*Mangifera indica* L.) ocupa la segunda posición como cultivo tropical a nivel mundial con aproximadamente 1000 variedades sembradas (Jahurul et al., 2015). Colombia participa con el 0,53% de la producción mundial y se encuentra en 16 departamentos, donde Cundinamarca, Tolima y la Costa Atlántica son considerados los núcleos productivos por las áreas sembradas que reflejan la representatividad del cultivo. En el año 2015, el departamento del Atlántico reportó 1,135 de la producción nacional (Miniagricultura, 2016). El mango provee una importante fuente de vitaminas, proteínas, fibra, carbohidratos, micronutrientes, grasas y compuestos fenólicos, los cuales son vitales para el ser humano (Jahurul et al., 2015). Teniendo en cuenta estas propiedades, el mango es una de las frutas más apreciadas por los consumidores, no solamente como producto fresco, sino también como producto procesado, el cual prolonga su vida útil (Jiménez et al., 2017).

La agroindustria del mango del Atlántico está centrada principalmente en la variedad criolla hilaza, por lo cual es el producto mayormente procesado y transformado. Sin embargo, se conoce que existen otras variedades criollas sembradas en muy pocas áreas, generalmente cultivados en los huertos o los patios de las casas. Situación que redundo en el desconocimiento del potencial para comercialización y transformación de estas variedades (Asohofrucol, 2012).

Las frutas y verduras son productos perecederos y las pérdidas posteriores a la cosecha son muy altas. La preservación es una técnica que permite minimizar estas pérdidas. Existen varios métodos para conservar los alimentos (Zeeshan et al., 2016). Entre las técnicas más empleadas se encuentra la DO, la cual permite eliminar el agua contenida en un alimento, por medio de la transferencia de solutos de una solución hipertónica. Adicionalmente, este método mejora propiedades fisicoquímicas y sensoriales de las frutas, ya que inhibe el pardeamiento enzimático y reduce el daño del sabor y color (Torreggiani y Bertolo, 2001). La deshidratación del mango es una alternativa en el desarrollo de nuevos productos para la agroindustria del Atlántico (Martínez et al., 2016). En este contexto, la presente investigación evaluó el proceso de deshidratación de dos variedades de mango (hilaza y corazón) y el efecto sobre sus propiedades fisicoquímicas.

Metodología

Los frutos de mango (hilaza y corazón) fueron adquiridos de una finca productora de mango del departamento del Atlántico, Colombia y trasladados al Laboratorio de Bioprocesos de la Universidad de la Costa. En el laboratorio se lavaron, pelaron y trocearon 3,15 kg de cada mango (hilaza y corazón) en cubos de 1 cm. Posteriormente, se evaluaron las propiedades fisicoquímicas: sólidos solubles (AOAC 932.14), acidez titulable (AOAC 942.05/90), pH (AOAC 932.12/90) y el grado de madurez con la relación de sólidos solubles/acidez.

Para las dos variedades de mango en la DO se utilizó una solución de sacarosa de 45 °Brix, manteniendo una temperatura ambiente de 30 ± 3 °C, metodología modificada de Moreno et al. (2010). En bolsas plásticas resellables se dispusieron 150 g y se sumergieron en la solución de sacarosa con una relación 6:1 (solución: fruta), durante diferentes tiempos (12, 18, 36, 44, 133 h). Transcurrido cada tiempo de DO, la muestra deshidratada se puso en un colador, durante 30 minutos para eliminar el exceso de solución. Al terminar este tiempo, se determinaron nuevamente las propiedades fisicoquímicas (sólidos solubles, pérdida de agua, acidez titulable y pH). Finalmente, con los datos obtenidos se realizaron gráficos del comportamiento de cada uno de las propiedades fisicoquímica para cada variedad de mango.

Resultados y Discusión

La determinación inicial de las características físico-químicas de los frutos de mango

hilaza y corazón permitió establecer el estado de madurez para utilizar frutos con características similares durante el proceso de DO, el mango corazón se encontraba en un grado de madurez 2 y el mango hilaza en un grado de madurez 4. Las propiedades físico-químicas iniciales de los mangos utilizados, así como el índice de madurez se pueden observar en la Tabla 1. En las frutas el contenido de humedad presenta variaciones de acuerdo con la etapa de madurez y la variedad. Adicionalmente, la forma y el área superficial del fruto son determinantes en el proceso de DO (Zeeshan et al., 2016).

El porcentaje de acidez (g ácido cítrico/100g de pulpa) fue variable en el mango corazón, durante el proceso de DO, inicialmente estuvo en $2,37 \pm 0,18$ y a las 133 h fue $0,57 \pm 0,57$, fenómeno que se dio como efecto de la pérdida de ácidos orgánicos en la solución osmótica (Rincón y Keer, 2010). Por su parte, la acidez del mango hilaza, no mostró variaciones significativas. El pH de las dos variedades de mango no varió durante el proceso de DO.

Tabla 1. Propiedades fisico-químicas iniciales del mango corazón y del mango hilaza.

Variedad	% Sólidos Solubles \pm SD	% Acidez \pm SD	pH \pm SD
Mango Corazón	5,04 \pm 0,20	2,37 \pm 0,18	3,98 \pm 0,05
Mango Hilaza	4,38 \pm 0,35	1,16 \pm 0,25	3,59 \pm 0,09

La Figura 1 muestra el efecto de la solución osmótica sobre el proceso de transferencia de masas en los trozos de mango tratados durante 133 h. El tiempo de duración del proceso de OD es de importancia, puesto que permite esclarecer el periodo de mayor transferencia (Jiménez et al., 2017), el cual para las variedades de mango utilizados se presentó durante las primeras 18 h (Figura 1). Estos fenómenos de transferencia de masa, se presentan por la diferencia de potencial químico de las especies participantes en el sistema (Ozdemir et al., 2008) y son afectados por factores como la temperatura,

el soluto y la concentración de la solución, la relación jarabe: fruta, entre otros (Wang et al., 2010).

El patrón de comportamiento de las curvas de pérdida de humedad y ganancia de sólidos solubles de las dos variedades de mango fue similar, no obstante, a partir de las 18 h, el mango de hilaza mostró una menor pérdida de agua, pero una mayor ganancia de sólidos hasta las 133h. A las 133 h, las dos variedades de mango se equilibran en porcentaje de sólidos solubles.

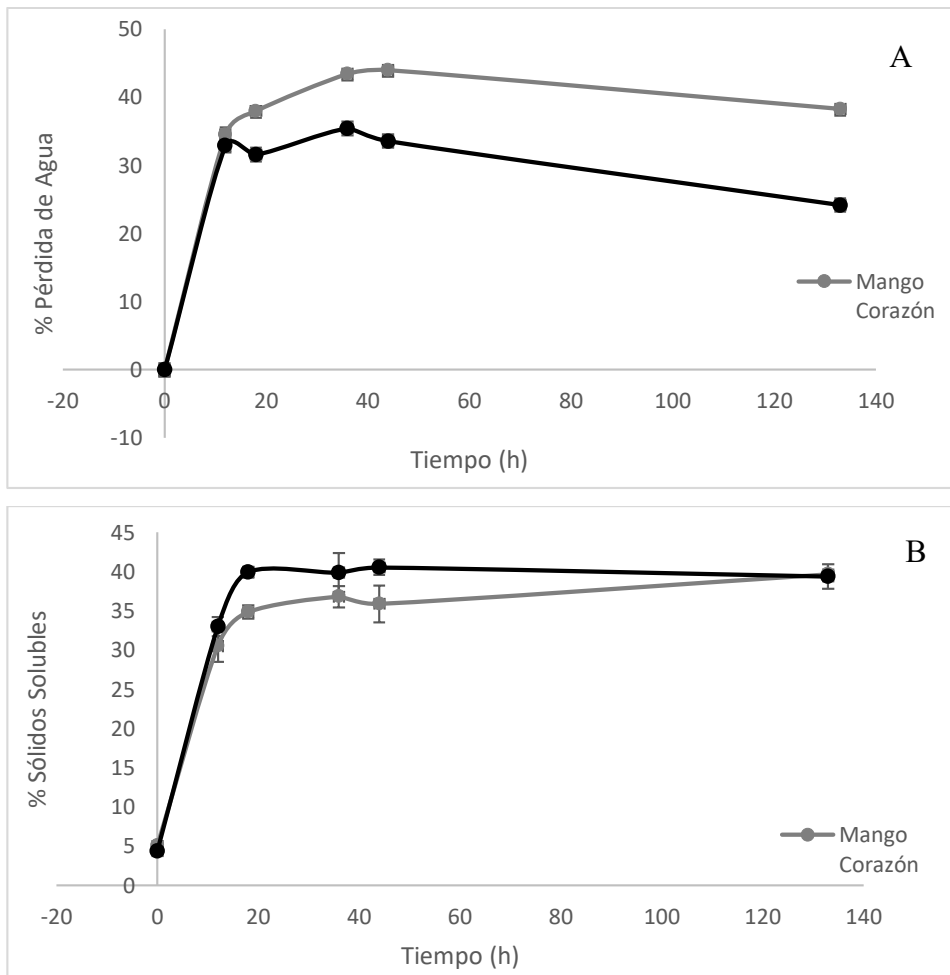


Figura 1. A) Comportamiento del porcentaje de pérdida de agua. B) Ganancia de sólidos solubles durante el proceso de DO de mango en las variedades corazón e hilaza. Las barras indican la desviación estándar.

Los resultados obtenidos para el mango corazón coinciden con los reportados por Martínez et al. (2016), en los que se alcanzó el equilibrio osmótico, a las 22 h. De igual manera, Moreno et al. (2010), con la variedad Tommy Atkins encontraron equilibrio osmótico a las 24 h. El comportamiento en general de las dos variedades de mango criollo, fue similar al reportado por Zhao et al. (2017), quien encontró que cubos de mango sometidos a un pretratamiento de OD en una solución de sacarosa 40%,

conservaron mejor las características, tras ser sometidos a conservación en frío, durante 6 meses. Por lo tanto, las características del producto pueden variar de acuerdo con el control de parámetros como temperatura, la concentración de la solución osmótica y el tiempo de la osmosis. Adicionalmente, García et al. (2010) afirma que la variedad criolla hilaza es una especie potencial para la agroindustria, por sus propiedades físico-químicas, rendimiento en pulpa, fibra y alto contenido de azúcares

totales. El comportamiento físico-químico similar entre las variedades de mango criollas y las mejoradas, demuestra que las variedades criollas presentan características potenciales y competitivas en los procesos de transformación de la fruta.

Conclusión

La demanda industrial para la fabricación de productos y derivados del mango requiere del conocimiento del comportamiento de las propiedades físico-químicas para definir las condiciones para la transformación, de acuerdo con las necesidades de la industria y generar valor agregado de la fruta. Las variedades criollas de mango hilaza y corazón alcanzaron el equilibrio osmótico a las 18 h, tiempo similar para la variedad comercial Tommy Atkins. Esta característica es la base para continuar estudiando especies promisorias con aplicaciones potenciales en la agroindustria.

Referencias Bibliográficas

- AOAC. (1990). *Official Methods of Analysis*. 15th Eds. Washington D.C.: Association Official Analytical Chemists. AOAC International Publisher.
- Asohofrucol (2012) El mango: rico en desafíos. *Rev. Frutas Hortalizas*. 25, 16-19.
- García, J., Sandoval A.P., Bernal J., & Forero, F. (2010). *Caracterización de las variedades de mango criollo y selección de ecotipos sobresalientes para la agroindustria de pulpa y concentrado de mango en Colombia*. Memorias del VII Seminario Internacional de Frutas Tropicales llevado a cabo en Medellín, Colombia.
- Jahurul, M.H.A., Zaidul, I.S.M., Ghafoor, K., Al-Juhaimi, F.Y., Nyam, K.L., Norulaini, N., Sahena, F. & Mohd A.K. (2015). Mango (*Mangifera indica* L.) by-products and their valuable components. *Food Chem*. 183, 173-180, DOI:10.1016/j.foodchem.2015.03.046
- Jiménez, J., Estrada, E.B., Maldonado, Y.I., Talavera, O., Arámbula, G., Azuara, E., Álvarez, P., Ramírez, M., & Sálazar R. (2017). Osmotic dehydration of mango with impregnation of inulin and piquin-pepper oleoresin. *Food Sci. Technol*, 79, 609-615, DOI:10.1016/j.lwt.2016.11.016
- Martínez, E., Torregroza, A. & Mogollón, D. (2016). Efecto de la deshidratación osmótica-microondas sobre propiedades físicoquímicas del mango (*Mangifera indica* L.) Variedad Corazón. *Agrón*, 1, 1236-1239, DOI: 10.15446/agron.colomb.sup.2016n1.58400
- Moreno, A., León, D., Giraldo, G. & Ríos, E. (2010). Estudio de la cinética físicoquímica del mango (*Mangifera indica* L. var. Tommy Atkins) tratado por métodos combinados de secado. *Dyna*. 162, 75-84.
- Ministerio de Agricultura de Colombia. (2016). *Cadena de mango: indicadores e instrumentos*. Recuperado de <sioc.minagricultura.gov.co/

Mango/.../002%20-%20Cifras%20Sectoriales> Consultado 15. 06. 2017.

- Ozdemir M., Ozen B., Dock L. & Floros J. (2008). Optimization of osmotic dehydration of diced green peppers by response surface methodology. *Food Sci. Technol.* 41(10), 2044-2050, DOI:10.1016/j.lwt.2008.01.010
- Rincón, A. & Kerr, W.L (2010). Influence of osmotic dehydration, ripeness and frozen storage on physicochemical properties of mango. *J. Food Process. Preserv.* 34(5), 887-903. DOI: 10.1111/j.1745-4549.2009.00404.x
- Torreggiani D. & Bertolo G. (2001). Osmotic pre-treatments in fruit processing: chemical, physical and structural effects. *J. Food Eng.* 49, 247-253, DOI: 10.1016/S0260-8774(00)00210-7
- Wang, R., Zhang, M. & Mujumdar AS. (2010). Effect of osmotic dehydration on microwave freeze-drying characteristics and quality of potato chips. *Drying Technol.* 28(6), 798-806. DOI:10.1080/07373937.2010.482700
- Zeeshan, M., Ayub, M. & Khan, A. (2016) Preservation through osmotic dehydration. *Drying Technol.* 4(4), 1-3.
- Zhao JH., Xiao HW., Ding, Y., Nie Y., Zhang, Y., Zhu, Z., & Tang, XM. (2017). Effect of osmotic dehydration pretreatment and glassy state storage on the quality attributes of frozen mangoes under long-term storage. *J. Food Sci. Technol.* 6(54), 1527-1537. DOI: 10.1007/s13197-017-2584-x

Efecto de la Fermentación Láctica sobre las Características Físicoquímicas de un Complemento Nutricional para Aves Elaborado a partir de Polen Apícola

Effect of Lactic Fermentation on the Physicochemical Characteristics of a Nutritional Complement for Birds Prepared From Bee-Pollen

Bautista, J.; Zuluaga, C.

Programa de Ingeniería Agroindustrial. Fundación Universitaria Agraria de Colombia. Calle 170 No. 54^a10, Bogotá D.C., Colombia
bautista.jhonny@uniagraria.edu.co

Fecha de recepción: mayo de 2016 / **Fecha de aceptación:** noviembre de 2016

Resumen

El objetivo principal de esa investigación fue evaluar el efecto de la fermentación láctica sobre las características físicoquímicas de un complemento para aves elaborado a partir de polen apícola. Por consiguiente, se midieron los parámetros humedad, proteína, ceniza, pH, fibra y acidez. Luego se llevó a cabo la segunda fase, en la que se realizó una fermentación, utilizando bacterias ácido lácticas comerciales con una mezcla de polen y agua. Así mismo, se evaluó el efecto de la inclusión de miel como fuente adicional de carbohidratos. Las muestras elaboradas se fermentaron durante 15 días a 35 °C y se hicieron los respectivos seguimientos microbiológicos entre los días 0, 8 y 15, luego se llevó a cabo una nueva caracterización físicoquímica del producto fermentado. El polen apícola mostró una composición de humedad 6,77 %, grasa 7,05 %, ceniza 1,38 %, proteína 5,03 % y fibra cruda en base seca y desengrasada 23,21 %. Por otra parte, los ensayos de fermentación mostraron que un bioproceso realizado con el cultivo comercial Choozit[®] con inclusión de miel se puede considerar como la opción más atractiva de transformación de polen, con las siguientes características físicoquímicas humedad 49,17 %, grasa 34,91 %, ceniza 2,51 %, proteína 10,28 % y fibra cruda seca y desengrasada 41,69 %. Con estos resultados se pretende mostrar el potencial del polen como una fuente nutricional de valor para la alimentación de aves.

Palabras clave: bacterias ácido lácticas, bioprocesos, exina, fermentación láctica, polen.

Abstract

The main objective of this research was to evaluate the effect of lactic fermentation on the physicochemical characteristics of a complement for birds made from bee pollen. Thus, the parameters moisture, protein, ash, pH, fiber and acid were measured, followed by a second stage where a fermentation was carried out using commercial lactic acid bacteria with a mixture of pollen and water. In addition, the effect of honey inclusion as an additional source of carbohydrate was evaluated. The samples were fermented for 15 days at 35 °C and a microbiological monitoring were performed between days 0, 8 and 15. Later, a new physicochemical characterization of the fermented product was carried out. The bee pollen showed a composition of moisture 6.77 %, fat 7.05 %, ash 1.38 %, protein 5.03 % and crude fiber in a dry and degreased base 23.21 %. On the other hand, the fermentation tests showed that a bioprocess performed with the commercial culture Choozit[®] with the inclusion of honey may be considered as the most attractive option for bee-pollen transformation, with the following physicochemical characteristics: moisture 49.17 %, fat 34.91 %, ash 2.51 %, protein 10.28 % and crude fiber in a dry and defatted base 41.69 %. With these results, it is intended to show the potential of bee-pollen as a valuable nutritional source for poultry feed.

Keywords: Lactic acid bacteria, bioprocesses, exine, lactic fermentation, bee-pollen.

Introducción

Para poder determinar una combinación adecuada de ingredientes, es necesario definir características en función a la fisiología y nivel productivo animal, por medio de nutrientes y complementos, para conseguir su máximo rendimiento, por medio de materias primas vegetales, animales o minerales. Lo anterior ha llevado a realizar diversas investigaciones, con el fin de crear un producto con las características adecuadas del animal a tratar, en este caso aves, teniendo en cuenta aspectos económicos, nutricionales, comerciales y de accesibilidad. En este orden de ideas se encuentra el polen que se presenta como un complemento nutricional de interés para la alimentación animal, ya que aporta elementos esenciales en cantidades variables como carbohidratos, lípidos, vitaminas, minerales, proteínas y aminoácidos. Es también rico en hormonas naturales, carotenoides, flavonoides, fitosteroles y contiene enzimas y coenzimas (Apimondia, 1993), siendo un producto que dentro del organismo animal realiza diferentes funciones como lo son: la mejora de la flora intestinal, poder anabolizante y poder energizante entre otras.

Sin embargo, para utilizar el polen como alimento, es necesario someterlo a procesos de transformación, por medio de bioprocesos. Esto se debe a que su estructura es muy rígida y está conformada por la exina, que es la capa dura exterior de los granos polen, cubierta de una sustancia principal llamada esporopolenina que es un politerpeno impermeable resistente a

los agentes químicos y dando a la exina una duración de vida de miles de años, lo que hace que impida la liberación de algunos bioactivos presentes (Scott y Gilbert, 2005). Esto conlleva que las aves no realicen una adecuada digestión, ya que usan su estómago como un sitio de almacenamiento y posteriormente, una digestión parcial. Luego, una preparación para una posterior digestión en el intestino, donde se dividen porciones delgadas de absorción y asimilación de nutrientes que se desintegran en compuestos químicos simples, mediante la acción de enzimas, lo que produce que las aves no asimilen el grano de polen.

Para realizar dicha transformación se utilizan diferentes métodos para modificar la estructura del polen (química, térmica y biológica). En este caso se pretende utilizar la fermentación a través de bacterias ácido lácticas para obtener un producto hidrolizado de polen con mejores características físicoquímicas. En esta investigación se utilizarán distintos cultivos de bacterias ácido lácticas comerciales para evaluar el efecto de la fermentación sobre las características físicoquímicas de un complemento alimenticio para aves, elaborado a partir de polen. De acuerdo con la actividad del sector de alimentos balanceados para aves en Colombia depende del mercado y precio internacional, debido a que la producción interna de las principales materias primas (maíz, soya y torta de soya) no alcanza a cubrir los requerimientos de la industria nacional, ni cumple con los criterios de calidad necesarios para la elaboración de este tipo de productos. Por esto, se buscan alternativas como este caso;

un complemento nutricional a partir de los granos de polen. En Colombia, la apicultura tiene más influencia en el mercado año tras año, donde se pueden implementar nuevas alternativas y enriquecer las materias primas en el sector avícola.

Materiales y Métodos

Muestras. El polen utilizado en la parte experimental fue proporcionado por apicultores en el altiplano cundiboyacense. Las muestras fueron recolectadas en bolsas de polietileno de 1 kg y almacenadas en refrigeración hasta realización de los experimentos. Por otra parte, se empleó un cultivo comercial de bacterias ácido lácticas Choozit MY800 (Danisco, Dinamarca), el cual es una mezcla de las especies: *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *lactis*, *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*.

Caracterización fisicoquímica

Determinación de humedad: 3 g de muestra se pesaron sobre una caja de Petri y luego se sometieron a secado a 65 °C, durante 24 h. Luego, se retiró la caja de Petri de la estufa y se tomó el peso de la muestra seca. El contenido de humedad fue calculado gravimétricamente por diferencia de peso entre la muestra seca y húmeda (NTC 529, 2009).

Determinación de cenizas: 5 g de muestra fueron puestos en un crisol que

posteriormente fue ingresado a una mufla a 600 °C por 3 horas. Luego de la calcinación se pesó el contenido remanente en el crisol. El contenido de cenizas fue calculado gravimétricamente por diferencia de peso entre la muestra final e inicial (Bolaños, s.f.).

Determinación de grasa: En un balón de 100 ml, se pusieron 50 ml de éter de petróleo. Se realizó el montaje Soxhlet, introduciendo aproximadamente 3 g de muestra seca. Una vez realizado el montaje Soxhlet, se inició el calentamiento y se realizaron al menos, dos ciclos de flujo de solvente. Al finalizar los ciclos, se retiró la muestra del dedal y se eliminó el solvente remanente a través de un secado a 65 °C, durante 30 min. Al mismo tiempo, se hizo de nuevo el montaje Soxhlet para recuperar el solvente. Posteriormente, se retiró de la estufa y se registró el peso de la muestra. El contenido de grasa fue calculado gravimétricamente por diferencia de peso entre la muestra final e inicial (Instituto de Salud Pública Chile, 1990).

Determinación de fibra cruda: Se puso la muestra desengrasada obtenida en un balón de 250 ml, el cual tuvo previamente perlas de ebullición. En él, se adicionaron 100 ml de agua y 1.25 ml de ácido sulfúrico. Luego se puso el balón en una plancha de calentamiento y se conectó a un condensador de serpentín. Luego se contaron 30 min desde el momento que empezó a ebullición. Una vez finalizado, se retiró el balón y se filtró su contenido, empleando una bomba de vacío. Un nuevo proceso se llevó a cabo, adicionando 100 ml de agua y 1,2 g de hidróxido de sodio. Finalmente, se realizó un lavado con 30 ml

de etanol. El sólido retenido se ingresó en la estufa a 65 °C durante 2 h, mientras que la muestra seca fue sometida a calcinación para la realización de la corrección por cenizas. Los cálculos se realizaron tal como se muestra en la ecuación 1.

$$\% \text{ Fibra} = \frac{mf - mc}{mi} \quad (1)$$

Donde:

mi: masa inicial tomada para el análisis.

mf: masa final del sólido filtrado.

mc: masa de cenizas luego del proceso de calcinación.

Determinación de pH y acidez: En un vaso de precipitados de 100 ml, se puso 1 g de muestra y 20 ml de agua destilada y se agitó vigorosamente durante 5 min. Se filtró el contenido, dejando únicamente la solución acuosa, a la cual se le midió el pH. Posteriormente, se realizó una titulación potenciométrica con NaOH 0.1 N, hasta que se alcanzó un pH de 8,2. Los cálculos se realizaron tal como se muestra en la ecuación 2.

$$\% \text{ acidez} = \frac{a * b * c}{d} * 100 \% \text{ m} \quad (2)$$

Donde:

a: volumen gastado en la titulación (L)

b: concentración del NaOH (0.1 N)

c: peso equivalente del ácido láctico 90,08 g/mol

d: peso de la muestra (g) (NTC 5114, 2003)

Procedimiento para la realización de los ensayos de fermentación

Preparación del sustrato para la fermentación:

En un frasco de vidrio tapa rosca, se ingresaron alrededor de 100 g de sustrato de acuerdo con una relación polen: agua 1:1, una vez se preparó el sustrato, se llevó a la autoclave y luego fue sometido a una esterilización (121 °C, 15 min). Se realizaron adicionalmente ensayos con una inclusión de 20% de miel con relación a la mezcla de sustrato, con el fin de establecer si la adición de una fuente externa de carbohidratos favorece el rendimiento del bioproceso.

Preparación del cultivo láctico como inóculo:

En un tubo tapa rosca se colocaron 10 ml de la solución estéril de glucosa. En este tubo se agregó el contenido de un cultivo comercial de bacterias ácido lácticas. Después de haber agitado el tubo con las bacterias ácido lácticas y la glucosa se tomó 1ml y se inoculó la muestra, dependiendo la relación sustrato: agua. De esta manera, se dejaron las muestras en una incubadora a 35°C y se calcularon las nuevas características físicoquímicas de cada una.

Fermentación: Se tomó 1 ml del cultivo láctico preparado y se puso en el frasco que contiene el sustrato estéril. Se realizó un mezclado homogéneo y se llevó a la incubadora durante ocho días a 35 °C.

Seguimiento microbiológico: Se realizó un monitoreo microbiológico, a través del conteo de bacterias ácido lácticas al inicio y final del bioproceso, con el fin de evaluar su viabilidad a lo largo de la fermentación. En síntesis, el procedimiento para la siembra

de las bacterias y posterior conteo se indica a continuación (Santambrosio, 2009).

En un tubo tapa rosca que contiene 10 ml de glucosa se ingresó 1 g de muestra inoculada. Se prepararon tubos Eppendorf para la realización de diluciones sucesivas en series de 10, hasta que se alcanzaron concentraciones de 10^{-5} . Posteriormente, se tomaron 100 μ L de la solución obtenida en el tubo tapa rosca y se pasaron a un Eppendorf para obtener la primera dilución. Las diluciones sucesivas se prepararon, haciendo pases de alícuotas de 100 μ L a otros Eppendorf. Al finalizar, se hizo un servido del agar MRS sobre las cajas de Petri. Las cajas de Petri fueron puestas en incubación a 35 °C durante 48 h, tiempo en el cual se realizó el correspondiente conteo de las unidades formadoras de colonias.

Resultados y Análisis

Caracterización del polen

La caracterización del polen apícola de origen cundiboyacense muestra un patrón de caracterización teórico, según el origen de la materia prima. Se obtuvieron porcentajes de humedad 1,8-8,9 %, de grasa 8,3-3,5 %, ceniza 1,4-3,1 %, proteína 16,7-29,5 % (Fuenmayor, 2009).

En los valores expuestos en la Tabla 1 se puede observar que los resultados están acordes con las bases teóricas que se ubican dentro de los rangos de caracterización, mencionadas anteriormente. En cuanto a

pH y acidez se reportan valores de 4,2. Una norma argentina de polen apícola expone que el pH del polen debe estar entre 4 y 6, y una acidez titulable que oscila entre 200 meq/kg y 350 meq/kg (Fuenmayor, 2009), lo que en porcentaje estaría alrededor de 1,8 % y 2,7 % y comparado con la parte experimental, se observa un porcentaje que se adecua en los rangos teóricos, que es de 2,16 %.

Entre tanto, las regulaciones brasileñas sobre el contenido de proteína del polen apícola establecen un valor mínimo del 8 % (peso seco) mientras que las regulaciones argentinas establecen un rango del 15 % al 28 % (peso seco). Según la bibliografía, el polen del altiplano cundiboyacense está por encima del mínimo para los valores anteriores (Fuenmayor, 2009).

En el caso particular de esta investigación, se observa que el porcentaje de proteína fue menor al registrado en las muestras bibliográficas tomadas en el altiplano boyacense; estas diferencias pudieron ser causadas por el origen botánico del polen apícola o algún inconveniente en la experimentación, ya que no se acerca ni siquiera al valor mínimo de 8 %, según las regulaciones brasileñas sobre contenido de proteína en polen.

El contenido medio de cenizas para el polen de abeja colombiano fue 2,5 (± 0.4) g/100 g (base seca) que varía desde 1,5 a 3, 2 % (Fuenmayor, 2009).

Analizando los datos experimentales, se observa que las muestras de ceniza se asemejan a los resultados bibliográficos, con un porcentaje de 1,39 %.

Tabla 1. Caracterización físicoquímica del polen apícola.

Humedad (%)	Grasa (%)	Ceniza (%)	Proteína (%)	Fibra cruda (%)	pH	Ácido (%)
6,77 ± 0,12	7,05 ± 0,53	1,39 ± 0,04	5,03 ± 0,64	23,21 ± 0,18	4,46 ± 0,03	2,16 ± 0,1

Monitoreo de la fermentación

El cultivo Choozit dio resultados satisfactorios en los que se encontró

que en el conteo de UFC después de una fermentación láctica inducida en la mezcla del polen y agua, hay una carga elevada de microorganismos.

Tabla 2. Promedio conteo de UFC del cultivo de bacterias ácido lácticas (Choozit).

Tratamiento antes de ser fermentado	Tratamiento fermentado			
	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶
PROMEDIO	6,08 ± 0,02	7,02 ± 0,10	7,59 ± 0,02	8,56 ± 0,06

*Promedio conteo de UFC después de la fermentación.

Los resultados obtenidos señalan que ocho días es un tiempo suficiente para inducir una producción significativa de ácido láctico, conservando un valor apropiado de número de células viables.

Caracterización del polen fermentado

Se evaluaron nuevamente las características físicoquímicas y las respectivas modificaciones, a las cuales fueron sometidas los granos de polen, dentro de la

fermentación y se obtuvo una ponderación alta en los resultados expuestos en la tabla 3, comparando con los resultados arrojados experimentales del polen apícola sin tratamiento de humedad 6,77 ± 0,12, grasa 7,05 ± 0,53, ceniza 1,39 ± 0,04, proteína 5,03 ± 0,64, fibra seca y desengrasada 23,21 ± 0,18, pH 4,46 ± 0,03, ácido 2,16 ± 0,1.

Esto indica que el proceso de fermentación con la mezcla de bacterias Choozit poseen un rendimiento alto dentro de la liberación de ácido láctico y modificación físicoquímica dentro de las características de los granos de polen.

Tabla 3. Caracterización fisicoquímica del polen fermentado con inclusión de miel

Humedad (%)	Grasa	Ceniza	Proteína (%)	Fibra cruda	pH	Acidez
	(%)	(%)		(%)		(%)
49,17 ± 0,78	34,91 ± 0,40	2,51 ± 0,09	10,28 ± 1,35	41,69 ± 1,29	3,75 ± 0,02	8,83 ± 0,02

Se observó además que hay una alta correspondencia entre el pH que pasó de $4,46 \pm 0,03$ a $3,75 \pm 0,02$ y la acidez pasó de $2,16 \pm 0,1$ a $8,83 \pm 0,02$ y se encontró que el efecto de la adición del cultivo sobre la producción de acidez es significativo por la interacción del cultivo y el tiempo.

En general se observa la inducción de un incremento en la acidez libre para el cultivo con tratamiento de BAC Choozit® e inclusión de miel, luego de haber fermentado durante ocho días. Una posible explicación de este comportamiento relativamente inusual es que los ácidos orgánicos podrían estar siendo metabolizados en otros ácidos con menor capacidad acidificante, como es el caso de la fermentación maloláctica, común en vinos, en la cual algunos lactobacilos, entre ellos el *L. paracasei* (Du Plessis 2004; Patarata, et al., 2008).

Conclusiones

Por medio de los resultados experimentales se demostró que es posible inducir una fermentación láctica en una matriz conformada por polen apícola, utilizando una mezcla de bacterias Choozit®, por medio de una fermentación a 35 °C para la obtención de un nuevo producto con nuevas características nutricionales para ser incluidas

dentro de un complemento animal. En términos de rendimiento, el cultivo Choozit® demostró tener una buena adaptación en el polen apícola en términos de producción de acidez, descenso de pH y modificación fisicoquímica. Este producto se muestra como una opción dentro del mercado de complementos nutricionales para aves, según los resultados obtenidos como opción para entrar en el mercado, ya que en Colombia se suele depender de otros países que exportan parte de soya y maíz que no alcanzan a suplir las necesidades del productor. La miel intervino satisfactoriamente en el proceso de fermentación del polen apícola, favoreciendo el mantenimiento y crecimiento de los cultivos lácticos, al presentarse como una opción adicional de nutrientes, lo que en términos globales permitió una mejora del bioproceso. El bioproceso arrojó cambios notorios en la proporción disponible de nutrientes, por ejemplo la grasa, que pasó de 7,05 % a 34,91 % o proteína que pasó de 5,03 % a 10,28 %.

Otro dato que resaltar es la incidencia de las bacterias ácido lácticas en los resultados de pH y acidez que pasaron de 4,46 pH a 3,75 y de 2,16 % a 8,83 %, respectivamente, con el tratamiento de BAC Choozit® e inclusión de miel, lo que indica que durante la fermentación produjo ácido láctico, reflejado en los resultados.

Referencias Bibliográficas

- Apimondia (1993). *XXXIII International Congress of Apiculture*. Memorias. Beijing, China.
- Bolaños, N. (s.f.). *Química de alimentos*. Recuperado de <https://books.google.com.co/s?id=8VpJ8foyDiIC&pg=PA127&dq=Determinaci%C3%B3n+de+cenizas+CAFE&hl=es&sa=X&ved=oahUKewi4sqHGgdrPAhWF7iYKHYEVCskQ6AEIGjAA#v=onepage&q=Determinaci%C3%B3n%20de%20cenizas%20CAFE&f=false>
- Du Plessis, H.W. (2004). Identification of lactic acid bacteria isolated from South African brandy base wines. *International Journal of Food Microbiology*, 9,19-29.
- Fuenmayor, C.A. (2009). *Laboratorio de Microbiología*. Bogotá, Colombia: Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia.
- Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos. (2009). *ICTA. Laboratorio de Microbiología*. Bogotá, Colombia: Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia. Universidad Nacional de Colombia.
- Instituto de Salud Pública Chile. (1990). *Official Methods of Analysis A.O.A.C.* 15th Edition. Recuperado de http://www.ispch.cl/lab_amb/met_analitico/doc/ambiente%20pdf/GrasSoxhlet.pdf
- Scott, G. (2005). *Biología del desarrollo*. Colombia: Editorial Médica Panamericana.

Diseño de un Producto Balanceado en Pellets para Alimentación de Cerdos en Fase de Engorde a Base de Subproductos de la Quínoa (*Chenopodium quínoa*)

Design of a Balanced Product in Pellets for Porcine Feeding in Fattening Stage Based on Quinoa (*Chenopodium quinoa*) By-Products

Patiño P. A.*; Zuluaga C. M.

Departamento de Ingeniería Agroindustrial. Facultad de Ingeniería, Fundación Universitaria Agraria de Colombia. Calle 170 No. 54^a-10. Bogotá D.C., Colombia

patino.paula@uniagraria.edu.co

Fecha de recepción: mayo de 2016 / **Fecha de aceptación:** noviembre de 2016

Resumen

La producción porcina se lleva a cabo en pequeñas granjas, como complemento a otras actividades agrícolas con baja productividad y parámetros reproductivos, en la cual la alimentación animal representa alrededor del 80 % de los costos. La quinua tiene varios subproductos agroindustriales tales como tallo, maleza, perigón y hojas. Estos materiales son fáciles de adquirir y ofrecen una alternativa de uso agroindustrial en la alimentación de porcinos, en etapa de engorde para disminuir los costos de producción. El objetivo de este trabajo fue tener en cuenta la composición nutricional de esos subproductos y los requisitos del animal en la etapa de engorde. Las características fisicoquímicas de los subproductos de la quinua fueron humedad, ceniza, grasa y fibra cruda. Una vez obtenida la composición nutricional de las materias primas, se elaboraron las diferentes formulaciones, a las que se les evaluaron las características mencionadas anteriormente, y se realizaron pruebas de estrés mecánico para determinar el grado de compactación de los gránulos. Los resultados obtenidos en la caracterización fisicoquímica mostraron que la hoja tiene un mayor porcentaje de humedad y grasa, 15,06 % y 13,70 %, respectivamente. La cáscara tiene un nivel de 13,21 % de cenizas y el cepillo contiene 18,61 % de fibra, que es un valor muy alto en comparación con otras materias primas utilizadas tradicionalmente en la alimentación animal.

Palabras claves: pellet, alimento balanceado, quínoa, valores nutricionales, fase de engorde, subproductos.

Abstract

Porcine production is carried out in small farms, as a complement to other agricultural activities with low productive and reproductive parameters, where animal feeding represents about 80 % of the costs. Quinoa has several agro-industrial by-products such as stem, brushwood, perigon and leaves. These materials are easy to acquire that offer an alternative of agro-industrial use in the feeding of porcines in fattening stage in order to lower production costs. The objective of this work was to evaluate the response of four formulations of quinoa by-products in pellets taking into account the nutritional composition of those by-products and the requirements of the animal in the fattening stage. The physicochemical characteristics analyzed of the by-products of quinoa were moisture, ash, fat and crude fiber. Once the nutritional composition of the raw materials were obtained, the different formulations were elaborated, to which the previously mentioned characteristics were evaluated, as well as mechanical stress tests were carried out in order to determine the degree of compaction of the pellets. The results obtained in the physicochemical characterization showed that the leaf has a higher percentage of moisture and fat, 15.06 % and 13.70 % respectively. The husk has a level of 13.21 % in ash and the brush contains 18.61 % of fiber, which is a very high value compared to other raw materials traditionally used in animal feeding.

Keywords: pellet, balanced feed, quinoa, nutritional values, fattening phase, by-products.

Introducción

La alimentación y producción de cerdos, hoy en día, se encuentra asociada al uso de materias primas que compiten con la alimentación humana, no obstante, dadas las condiciones propias de Colombia, la variedad de climas y ambientes posibilitan el uso flexible y adecuado de diferentes recursos no empleados en la industria alimentaria humana que podrían tener una destinación interesante en la alimentación animal.

La producción porcina tiene como finalidad el suministro de carne para el consumo humano, ya que esta es una fuente valiosa de proteína, energía, vitaminas, minerales y micronutrientes, esenciales para el crecimiento y desarrollo. La limitada disponibilidad de alimentación en la dieta diaria, en la época de estiaje, repercute principalmente en bajos índices de fertilidad, situación que se agrava más cuando los nacimientos y empadres pueden ocurrir durante todo el año, intensificándose en la época seca, cuando la cantidad y calidad de los nutrientes disponibles disminuyen, condicionando bajos pesos al nacimiento y destete, mortalidades altas, tasas de reproducción y crecimiento bajas. Colombia está en búsqueda de opciones más económicas para el desarrollo de alimentos para animales y dentro de las alternativas agroindustriales de mayor proyección en el país están los subproductos derivados de la producción de quinua. En los últimos años han subido las áreas cultivadas de quinua en Colombia, debido al potencial nutricional de este pseudocereal, lo cual ha llevado al

incremento en la obtención de subproductos derivados de la cosecha y adecuación de la quinua, que hasta el momento no han tenido un aprovechamiento adecuado, por lo tanto sería interesante desarrollar y elaborar nuevos productos destinados a la alimentación animal, a partir de las partes de la planta que quedan después de la cosecha (subproductos como perigonio, hojas tallo y broza fina).

En este sentido, el uso de sistemas convencionales de alimentación con concentrados a base de granos, maíz y sorgo principalmente como fuente de energía y harina de soya, harina de pescado o harina de carne y hueso como fuente de proteína se ha difundido en el mundo, junto con el uso de fuentes de vitaminas, minerales y aditivos. (Bobadilla et al., 2009; El Sitio Porcino, 2014). Este tipo de alimentación se ha recomendado como una de las mejores formas de producción de cerdos, debido a sus características de animal omnívoro. En adición, para que el animal supla sus necesidades, se ha de utilizar una amplia variedad de materiales alimenticios entre los que se incluyen raíces, desperdicios de alimentos del hombre, productos secundarios de la leche, diferentes forrajes (en pequeñas cantidades), ensilados y desperdicios de vegetales (Velasco, J. L. et al., 2004).

Con base en lo anterior, el objetivo principal de este trabajo fue evaluar el efecto de la inclusión de subproductos de quinua (*Chenopodium quínoa*) sobre las características fisicoquímicas y mecánicas en el desarrollo de un complemento alimenticio para porcinos. Es necesario desarrollar

nuevos productos alimenticios para cerdos que complementen sus necesidades nutricionales, buscando la manera de reemplazar harinas de origen animal, junto con los desechos orgánicos, que no afecten el crecimiento y desarrollo de los animales. Los subproductos de la quínoa que se desechan son útiles y relativamente fáciles de transformar, por lo que se les dará un valor agregado al disponerlos para alimentación animal. Considerando que no existen mayores reportes acerca de bromatología y valores nutricionales de los subproductos de la quínoa, la información entregada en este trabajo representa una oportunidad para conocer o determinar el potencial real de los subproductos de la quinua como una fuente nutricional de valor.

La importancia de este trabajo radica en que se utilizan subproductos de un alimento andino relativamente de poco conocimiento, de uso ancestral y que su siembra es factible en el país y en las granjas de la mayoría de pequeños, medianos y grandes agricultores, constituyéndose en alternativas para diversificar un potencial productivo entre los campesinos. (Mujica, et al., 2001). Por lo tanto, la alimentación de porcinos representa una gran oportunidad para desarrollar nuevos productos alimenticios para complementar su dieta, utilizando los

subproductos de la quinua que se desechan, ya que son útiles y relativamente fáciles de transformar, por lo que se les dará un valor agregado al disponerlos para alimentación animal.

Metodología

Materiales. Los subproductos de la quinua: tallo, hoja, cascarilla o perigonio y broza fueron recolectados en dos fincas ubicadas en la ciudad de Duitama, en el departamento de Boyacá. Para cada materia prima se recolectaron 1500 g de producto, los cuales fueron recogidos en estado verde sin enfermedad alguna. Los subproductos fueron almacenados en frascos herméticos hasta realización de los análisis.

Métodos

Análisis fisicoquímicos: Para la realización de los análisis fisicoquímicos respectivos para cada subproducto se tomaron en cuenta los métodos descritos en la Tabla 1. Cada análisis para todos los subproductos fue realizado por triplicado.

Tabla 1. Análisis fisicoquímicos realizados a los subproductos de la quínoa.

Análisis	Unidad	Método
Humedad	%	AOAC 945.15
Cenizas	%	AOAC 945.38
Grasa	%	AOAC 945.38 920.09.E
Fibra	%	AOAC 945.38 962.09.E

Formulaciones de subproductos de quínoa empleados: A partir de los resultados de la caracterización fisicoquímica de los subproductos de la quínoa se elaboraron

cuatro formulaciones de alimento, mezclando las hojas, tallos y perigonio. Cada una de las cuatro formulaciones se realizó por triplicado.

Tabla 2. Formulaciones (fracción)

Formulación	Tallo	Hoja	Broza	Cascarilla
1	0,25	0,25	0,25	0,25
2	0,20	0,20	0,25	0,35
3	0,15	0,30	0,45	0,10
4	0,15	0,30	0,35	0,20

Elaboración de los pellets: Inicialmente, se realizó la reducción de tamaño de la materia prima en un molino industrial (sin marca), ubicado en los laboratorios de análisis de la Fundación Universitaria Agraria de Colombia con una malla de diámetro aproximado de 2 mm. Posteriormente, se llevó a cabo un mezclado manual de las materias primas, de acuerdo con las formulaciones descritas en la Tabla 2 para tener al final una cantidad de por cada formulación, usando como agente compactante agua en una cantidad necesaria para formar la consistencia adecuada. Para finalizar, se usó una

pelletizadora (sin marca), ubicada en los laboratorios de análisis de la Fundación Universitaria Agraria de Colombia. Para la elaboración del pellet, la materia prima fue procesada tres veces a través del equipo, para obtener un producto compacto de aproximadamente de 4 mm de diámetro y entre 1,50 cm y 1,60 cm de longitud.

Finalmente, los pellets elaborados fueron sometidos a un secado de 60 °C en un secador (sin marca comercial) de aire forzado caliente, durante 16 h para reducir el contenido de humedad. Luego, se

retiraron del secador y se almacenaron en envases herméticos hasta la realización de los análisis de caracterización.

Caracterización fisicoquímica y mecánica de los pellets elaborados: Para cada producto elaborado se hizo una caracterización, mediante las pruebas fisicoquímicas descritas en la Tabla 1 y adicionalmente se realizaron pruebas de esfuerzo mecánico para determinar el grado de compactación de los pellets.

Para los análisis de esfuerzo mecánico se tomaron tres muestras de los pellets de cada formulación para un total de doce muestras y haciendo uso de una máquina universal, empleando el *software*, se le realizó un esfuerzo, a una velocidad de 2mm/min, a una escala de 0,5 kN, el cual arrojó aproximadamente 2500 datos por cada muestra dispuesta en el disco. A partir de los datos obtenidos, fue posible obtener el dato máximo (pico), equivalente a la fuerza máxima de compresión necesaria para la deformación del pellet. Las pruebas de deformación fueron realizadas por

triplicado para cada formulación.

Análisis estadístico. Los resultados de caracterización fisicoquímica, tanto de la materia prima como de las formulaciones elaboradas, fueron analizados, mediante estadística descriptiva a través de la determinación del promedio y desviación estándar. Entre tanto, las eventuales diferencias entre los resultados fisicoquímicos y de esfuerzo mecánico de las cuatro formulaciones fueron analizadas, mediante un análisis de varianza y posterior prueba de Tukey para cada variable, con un índice de confianza del 95 %.

Resultados y Discusión

Resultados de caracterización fisicoquímica de las materias primas. En la Tabla 3 se presentan los resultados de la caracterización fisicoquímica de los subproductos empleados en este estudio.

Tabla 3. Caracterización fisicoquímica de cada subproducto.

Producto	Humedad	Cenizas	Grasa	Fibra
Hoja	15,06 ± 1,59	13,21 ± 1,22	13,70 ± 0,69	8,21 ± 2,10
Cascarilla	10,41 ± 0,05	16,02 ± 5,06	9,84 ± 1,61	9,72 ± 0,86
Broza	12,41 ± 0,22	8,17 ± 0,68	9,86 ± 2,55	18,61 ± 2,15
Tallo	58,56 ± 2,05	5,18 ± 0,39	6,91 ± 1,12	8,61 ± 2,22

De acuerdo con los resultados obtenidos en la caracterización fisicoquímica de las diferentes materias primas, se encontró que el mayor porcentaje de humedad se

encuentra en el tallo con un 58,56 %, ya que tiene internamente una médula blanca que con el crecimiento se vuelve esponjosa y su característica principal es mantener

húmeda toda la planta durante el proceso de crecimiento, mientras que las hojas están generalmente cubiertas con una pubescencia vesicular, superficie cubierta de vello (pelusilla fina y suave), rosada o púrpura. (Gómez, 2016). Esta pubescencia granular contiene oxalato de calcio, capaz de absorber agua del medio ambiente e incrementar la humedad relativa de la atmósfera que rodea las hojas. A diferencia del tallo, las hojas se secan más rápido y pierden humedad, mientras que el tallo mantiene la humedad constante en toda la planta (Gómez, 2016).

En el caso de las cenizas, estas determinan los residuos inorgánicos que quedan tras eliminar totalmente los compuestos orgánicos existentes en la muestra. El menor porcentaje de cenizas se obtuvo en el tallo, mientras que el más alto se presentó en las hojas, alcanzando niveles de 13,21 %, es decir que al final está compuesto por una alta cantidad de componentes inorgánicos.

Por otra parte, en los resultados obtenidos se observó que la broza tiene gran cantidad de fibra, 18,61 %, lo que quiere decir que tiene una gran porción no digerible y por consiguiente, mientras mayor sea su concentración en un producto dado, menor será su valor alimenticio, mientras que la hoja contiene 8,21 %, lo que indica

que el valor alimenticio y nutricional es mayor que las otras materias primas. En este sentido, sería recomendable evaluar el contenido de lignina en el material vegetal empleado, con el fin de tener información certera acerca del valor nutricional de estos productos, especialmente para animales monogástricos.

Finalmente y de acuerdo con los análisis anteriores, se puede inferir que estas materias primas son adecuadas para ser empleadas como alimento animal, ya que su composición es compatible con los valores nutricionales requeridos por el animal, en este caso cerdos en fase de engorde.

Resultados de caracterización fisicoquímica de los pellets elaborados según las distintas formulaciones. Tomando como base los resultados de caracterización de materia prima se seleccionaron cuatro formulaciones para la elaboración del producto, desarrollando y determinando nuevamente los análisis antes mencionados, con el objetivo de evaluar cuál de ellas garantiza una disponibilidad de nutrientes acorde con los requerimientos de los porcinos. En la Tabla 4 se presentan los resultados de caracterización fisicoquímica de los pellets elaborados según las cuatro formulaciones previamente indicadas en la Tabla 2.

Tabla 4. Caracterización fisicoquímica de cada formulación.

Formulación	Humedad	Cenizas	Grasa	Fibra
1	5,63 ± 0,37 ^a	15,80 ± 1,51 ^a	1,80 ± 0,85 ^a	28,14 ± 7,73 ^a
2	5,92 ± 0,13 ^a	13,06 ± 3,76 ^a	1,45 ± 0,26 ^a	32,08 ± 8,98 ^{ab}
3	8,73 ± 1,00 ^b	27,64 ± 8,71 ^a	1,51 ± 0,46 ^a	33,34 ± 7,74 ^{ab}
4	8,40 ± 0,05 ^b	18,43 ± 5,79 ^a	2,71 ± 1,67 ^a	56,86 ± 10,92 ^b

Nota: Diferentes letras en una misma columna indican diferencias significativas, con un nivel de significancia $\alpha = 0,05$

Teniendo en cuenta, los resultados de la caracterización fisicoquímica se determinó que la formulación #3 contiene un porcentaje cercano al necesario por el animal, ya que este requiere de un producto que contenga aproximadamente 10 % de humedad (Fedna, 2013) y con lo cual esta formulación presentó un valor de 8,73 %, siendo un valor mayor a la #1 y #2. El alimento que deben consumir estos porcinos necesariamente tiene que estar constituido por una parte grasa de aproximadamente 10 %, por lo que evaluando los resultados, el valor máximo obtenido fue de 2,71 % que hace referencia a la formulación #4, un valor muy bajo, teniendo en cuenta lo que necesita el animal para su dieta. (Fedna, 2013).

Para los análisis de cenizas no se encontraron diferencias significativas entre las formulaciones, igual para los análisis realizados para determinación de grasa. En el caso de fibra, la formulación #4 fue la que mayor nivel tuvo de este componente, siendo significativamente mayor que lo encontrado en la formulación #1. Mientras que las formulaciones #2 y #3 no presentan diferencias significativas con ningún tratamiento.

Pruebas de esfuerzo mecánico a los pellets elaborados. En la Tabla 5 se presentan los valores promedio de resistencia a la compresión de los pellets elaborados en cada formulación.

Tabla 5. Pruebas de esfuerzo mecánico para cada formulación.

Formulación	Promedio
1	0,0112 ± 0,0027 a
2	0,0113 ± 0,0075 a
3	0,0272 ± 0,0164 b
4	0,0100 ± 0,0003 a

Teniendo en cuenta los resultados del análisis de esfuerzo mecánico realizados en cada una de las cuatro formulaciones en la máquina universal, se obtuvo que la tercera formulación presentó un soporte de fuerza mayor (0,0272 kN), lo que quiere decir que los pellets no se desintegran con facilidad y tienen un grado de compactibilidad mayor que las otras formulaciones, lo cual es muy bueno, ya que el producto final es una masa endurecida aglomerada que tiene que ser capaz de resistir las operaciones posteriores de manipulación, además de la facilidad para almacenarlos y transportarlos sin riesgo de separación de los ingredientes. Esto se debe a que es importante lograr un equilibrio entre los gránulos que son demasiado duros y difíciles de masticar y los que son demasiado débiles, en cuyo caso la alimentación se convierte en polvo, durante la manipulación y el almacenaje con pérdidas considerables. Este resulta ser una gran opción para la alimentación porcina, ya que por ser elaborado con los subproductos de la quinua y por ser el alimento mejor balanceado nutricionalmente, se eliminará la adición de nutrientes artificiales o químicos.

Con base en los resultados obtenidos, tanto en la caracterización fisicoquímica como en el esfuerzo mecánico, la mejor formulación obtenida es la #3, ya que los valores que se obtuvieron corresponden a porcentajes nutricionales necesarios para complementar la dieta del animal.

Conclusiones

Diferentes subproductos de la quinua fueron aprovechados para el diseño de

distintas formulaciones de alimentos para porcinos. Se puede destacar de cada materia prima que cada una aporta algo nutricionalmente importante para la elaboración de nuestro producto, la hoja tiene mayor humedad y grasa, con un 15,06 % y 13,70 % respectivamente, la cascarilla contiene 16,02 % de cenizas, la broza aporta 18,61 % de fibra y el tallo, al igual que la hoja, aporta un valor significativo de humedad con un 14 %. Por otra parte, de acuerdo con los resultados de los análisis fisicoquímicos y mecánicos realizados en las cuatro formulaciones, se obtuvo que la ración más adecuada, teniendo en cuenta los requerimientos del animal, en este caso cerdos en fase de engorde, es la formulación #3, ya que los valores obtenidos de humedad, grasa y fibra son 8,73 %, 1,51 % y 33,34 % respectivamente, valores que cumplen nutricionalmente el desarrollo de dietas para cerdos. Estos resultados son de gran utilidad para el diseño de alimentos para animales, a partir de subproductos de la quinua. Para futuras investigaciones sería interesante evaluar la aceptación, digestión y palatabilidad del producto en cerdos, mediante pruebas *in vivo*.

Referencias Bibliográficas

Bobadilla, E., Espinoza, A., Martínez, F. (2009). *Producción de carne de cerdo en México*. XLIV Congreso Nacional AMVEC. Puerto Vallarta, Jalisco, México. 279.

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (Dane) (2012).

Recuperado de www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/sipsa/insumos_factores_de_produccion_3n_agosto_2012.pdf

Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal (Fenda). (2013). *Requerimientos nutricionales del cerdo en fase de engorde*. Recuperado de www.fundacionfedna.org/

Gómez, L., & Aguilar, C. E., (2016). *Guía de cultivo de la quinua*. Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura. Universidad Nacional Agraria La Molina y FAO.

Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) (2013). *Requerimientos nutricionales del cerdo en fase de engorde*. Costa Rica. Recuperado de www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/aoo144.pdf

Mujica, A., Jacobsen, S. E., Izquierdo, J., & Marathe, J. P. (2001). *Quinoa (Chenopodium quinoa Willd.): ancestral cultivo andino, alimento del presente y del futuro*. Santiago: FAO.

Repo, R., Espinoza, C., & Jacobsen, S. E. (2001). *Valor nutricional y usos de la quinua (Chenopodium quinoa) y de la kañiwa (Chenopodium pallidicaule)*. Memorias, I Taller Internacional sobre quinua—Recursos genéticos y sistemas de producción. 10-14.

Velasco, J., Ramírez, M. C., García, J. M. C., & López, M. M. (2004). *Respuesta de cerdos en crecimiento y finalización a dietas con baja proteína y energía*.

Área Agrícola

Evaluation of The Effect of a Vermicompost Extract in The Cultivation of Lettuce

(*Lactuca sativa* L.)

Evaluación del Efecto de un Extracto de Vermicompost en el Cultivo de Lechuga
(*Lactuca sativa* L.)

Suárez-Rivero, M.^{a*}; Hernández, O. L.^b; Ortiz-Aguilar, J.^c;
Puentes, A.^c; Marin-Mahecha, O.^d; Suárez-Rivero, D.^d

^a Instituto de Ciencia Animal – ICA. San José de las Lajas, Cuba.

^b Universidad Agraria de la Habana – UNAH. San José de las Lajas, Cuba.

^c Universidad Cooperativa de Colombia – UCC. Bogotá, Colombia.

^d Fundación Universitaria Agraria de Colombia – Uniagraria.

Bogotá, Colombia. ingenieromaikelsuarez@gmail.com

Fecha de recepción: julio de 2016 / Fecha de aceptación: noviembre de 2016

Abstract

Nowadays, within the alternating ones of the agriculture are the liquid humic substances from organic sources of recyclable character like those coming from the compost and vermicompost; for this reason, this experiment focused on evaluating the effects of different solutions of a vermicompost extract on some biochemical-physiological indicators in organoponic conditions at two moments of its vegetative growth stage. For this, the species Lechuga (*Lactuca sativa*, L. var. Black S. Simpson) was used; the treatments were distributed in a completely randomized design, where the factor under study was spraying with vermicompost extract at 1/60 (v:v). and 1/70 (v:v); 4 replicates per treatment and one control were used. The substrate used was composed of ferralitic red leached soil, combined with cachaça in a ratio of 3:1 (s:v); where the indicators evaluated were benefited by the exogenous applications of vermicompost extract as a biostimulant; in addition of, generating important utilities from the economic and agro-ecological point of view. The best results were observed in the T₃ treatment where 1/70 solution was used, since a significant increase in the number of leaves, dry mass content and the length of the same was obtained.

Key words: biostimulant, extract, lettuce, humic, aspersion.

Resumen

Hoy en día, dentro de las alternantes de la agricultura se encuentran las sustancias húmicas líquidas de fuentes orgánicas de carácter reciclable como las procedentes del compost y el vermicompost. Por esta razón, este experimento se centró en evaluar los efectos de diferentes soluciones de un extracto de vermicompost en algunos indicadores bioquímicos-fisiológicos en condiciones organopónicas en dos momentos de su etapa de crecimiento vegetativo. Para esto, se utilizó la especie Lechuga (*Lactuca sativa*, L. var. Black S. Simpson); los tratamientos se distribuyeron en un diseño completamente aleatorizado, en el cual el factor en estudio se pulverizó con extracto de vermicompost a 1/60 (v: v) y 1/70 (v: v). Se usaron cuatro réplicas por tratamiento y un control. El sustrato utilizado fue compuesto de suelo ferralítico rojo lixiviado, combinado con cachaza en una proporción de 3: 1 (s: v), en el que los indicadores evaluados se vieron beneficiados por las aplicaciones exógenas del extracto de vermicompost como bioestimulante, además de generar importantes utilidades desde el punto de vista económico y agroecológico. Los mejores resultados se observaron en el tratamiento T₃, en el cual se utilizó la solución 1/70, ya que se obtuvo un aumento significativo en el número de hojas, contenido de masa seca y la longitud de la misma.

Palabras clave: bioestimulante, extracto, lechuga, húmico, aspersión.

Introduction

It is known that, organic matter of the soil is one of the most important resources and that its content depends on their fertility, it encompasses plant residues in varied stages of decomposition, microbial biomass and the more stable fractions known as humic substances (Guridi, 2000), the latter constituting about 80% of the soil organic matter. But recently, with the use of mineral fertilizers in an indiscriminate manner, intensive regime agriculture has resulted in a loss of the optimal levels of soil organic matter, salinity, and prolonged droughts due to the imbalance generated in agroecosystems (Ramos, 2000).

In this sense, Miklos et al. (2000) report that the decline in the use of chemical fertilizers and synthetic pesticides is one of the most important factors in the implementation of biodynamic agriculture - implementation of a group of agricultural practices such as crop rotation, green manure, organic fertilization, etc. - or of a sustainable character, humic substances being one of the alternatives used for the development of this practice; in addition, humic substances are the subject of study in several areas of agriculture, such as soil chemistry, fertility, plant physiology as well as environmental sciences, due to the multiple roles played by these materials that greatly benefit growth and development of plants (Tan, 1998).

On the other hand, Pizzeghello et al. (2000) argue that in organic agriculture it is feasible to use liquid humic substances obtained primarily from recyclable organic sources such as compost and vermicompost due to

their beneficial effects on plant development and relatively low production costs. A good part of the experimental evidence obtained to evaluate the effects of humic substances has been carried out using humic substances isolated and purified from different sources. In summary, the effects of humic substances on plant growth and development point to the positive influence on ion transport by facilitating absorption, direct action on metabolic processes such as respiration, photosynthesis and protein synthesis. increased or decreased activity of various enzymes, metabolite content and hormone-like activity of these substances, mainly auxin type Nardi et al. (2002); coinciding this data with later results obtained by Canellas et al. (2004).

Thus, the objective of the present study was to evaluate the effect of different dilutions of vermicompost extract on some biochemical-physiological indicators in organoponic conditions at two moments of its vegetative growth stage.

Materials and methods

Location and soil. The experiment was carried out under natural light conditions in the “La Matilda” organoponic area, located in Nueva Paz municipality, south-east of the province of Mayabeque, Cuba.

Lechuga plants (*Lactuca sativa*, L. var. Black S. Simpson) were used as plant material; were planted on a substrate described by Hernández, et al. (2015), composed of ferralitic red leached soil combining with cachaça in proportion 3: 1 v.v. Chemical analysis of the substrate is shown in Table 1.

Table 1. Chemical analysis of the substrate used (soil: cachaça -3:1-).

COMPONENTS	Na	K	Ca	Mg	P (ppm)	M.O. (%)
	cmol * Kg					
Soil + Cachaça	0.15	0.57	14.9	2.0	1388	5.29

Design and treatments. The treatments were distributed in a completely randomized design, where the factors studied were spraying with vermicompost extract 1/60 and 1/70 v.v., as described below:

- T₁ (A)** witness: no vermicompost extract (with irrigation)
- T₂ (B)** with extract vermicompost 1/60 v.v. (with irrigation)
- T₃ (C)** with extract vermicompost 1/70 v.v. (with irrigation)

Four replicates were established for treatments, these were denoted; in the case of the Control (A₁, A₂, A₃ and A₄) for dilution 1 / 60v.v. (B₁, B₂, B₃ and B₄) and in the case of extract vermicompost 1/70 (C₁, C₂, C₃ and C₄).

Procedure and measurements. Positions of lettuce of 20 days of germinated were used, which were characterized by having at least three healthy leaves and a height that oscillated between the 7 - 10 cm of height. These were planted in two 17.5 and 24.5 m long beds by 1m wide and 0.35 m high, located from north to south, to ensure uniform luminosity throughout the plantation. The planting frame used for these cultivation conditions was 0.15 m between plants and 0.25 m between rows, to achieve optimum

development of all plants and decrease the effect of competition for water, light and nutrients.

Two applications of the biostimulant (vermicompost extract) were made. The first one was carried out 5 days after transplantation by foliar spray of the product at the dilutions 1/60 and 1/70 v.v., until the drip point was reached, while the second spray was performed 15 days after the first one (5 and 20 days after transplantation).

All plants of the experiment were irrigated manually, according to the crop requirements (first 15 days daily and then until harvest, on alternate days), taking in each case to the soil up to 100% of their Capacity of Field (CF). In plants such as lettuce, where its organ of consumption is the leaves, a stress due to drought, would noticeably affect the results.

Morphological variables. *Length of roots, stems and leaves:* At the time of harvest the indicators were established, such as: length of roots, stems and leaves (in this last organ was determined the length taking as a reference the central nerve of the same) with the use of a Foot of King.

Comparison of number of sheets: The counting of the visible leaves determined the number

of leaves. This was done in two moments, at 10 days after transplantation (moment I -MI-) and at the moment of harvest (moment II -MII-).

Growth and development variables: The physiological variables related to growth and development were evaluated during the vegetative period, at a rate of 20 plants per treatment and 5 per replicate, randomly selected from within the population. The variables were as follows:

Fresh mass: The evaluation of the fresh mass growth of plant organs (roots, stems and leaves, expressed in g / plant), was determined in 20 plants per treatment. For this, three measurements were made, 5 days after the first application and then with a frequency of 15 days for the remaining two measurements from the first measurement. The mass of the vegetative organs was obtained in analytical balance.

Biomass: The evaluation of growth in dry biomass of plant organs (roots, stems and leaves, expressed in g/plant), was determined in 20 plants per treatment in the two moments mentioned above. In all cases the plants were placed in paper envelopes, dried in an oven at 70 °C until constant mass, which was acquired at 72 h. Analytical balance determined the control of the dry mass. For this, the same plants were used in which the fresh mass was evaluated.

Concentration analysis of photosynthetic pigments: The photosynthetic pigments analyzed were the “chlorophylls a and b”. For the analysis, 20 discs of the leaves were obtained, distributed in the three levels of the plant (low, medium and superior) with a

perforator of 0.93 cm in diameter. The disks were immersed in 80 % acetone solution and refrigerated for 48 h to 3 °C. Its analysis was carried out performed the Electro-photometry technique, using white acetone at 80 %. With this technique was determined the absorbance at different wavelengths (663, 647 and 470 nm respectively), recording these data in a specialized spreadsheet for this effect.

Performance Indicator: For the analysis of this indicator only the aerial organs of 20 plants per treatment were considered, manually counting the number of leaves emitted by the plants and measuring their length.

Statistical analysis. To perform the Statistical Analysis, the primary and graphic data of each of the indicators evaluated were processed using the Windows Excel tool. A completely randomized analysis of variance (STATGRAFICS v-5.1) and simple classification (ANOVA) were performed, since a completely randomized experimental design was used for each of the variables studied. In cases where the indicators showed significant differences was used for multiple comparison of means, the TUKEY test at.

Results and Discussion

When analyzing the influence of treatment, it was obtained that; the growth that was shown in the stem of the treated plants, specifically of which T2 was applied, may be due to the possible hormonal action exerted by these substances, in which the cell elongation is stimulated, and analogies

between the action of the humic substances and different growth regulators such as gibberellins, cytokinins and auxins (Clapp et al., 2001; Nardi et al., 2003).

With respect at the root length, all treatments differ from each other; showing the highest values for the plants under the T₃ variable; for the stem length the most outstanding values were those obtained in T₂, which differed significantly from the control and T₁. For the leaves, the largest values of the

length were obtained in T₃, which differs significantly from the remaining two, as shown in Fig. 1. The stimulation of the root development with the use of this type of biostimulant, would favor to the plants an increase in the absorption of nutrients, benefiting the growth and later development of the aerial part (stem and leaves) and of the whole plant in sense general (Guridi, 2000, Canç et al., 2002, Canellas et al., 2002 and 2004, Reyes et al., 2017).

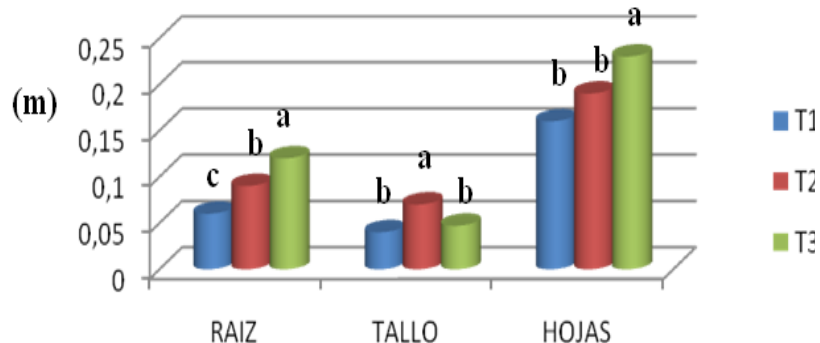


Figure 1. Length of indicators of lettuce plants, treated at different concentrations. CV = 15.3 % (root); 11.4 % (stem); 18.9 % (leaves). T₁-control, T₂-1/60, T₃-1/70.

These results agree with what was reported in the literature (Guridi, 2000, Façanha et. al., 2002, Canellas et. al., 2002 and 2004, Reyes et. al., 2015), in which humic substances can stimulate the development of vegetables treated with liquid humus.

Comparison of the number of leaves in both study moments. When analyzing the number of leaves emitted by the plants under study, it was found that, for the first moment the highest values were obtained

for T₃, treatment that only differs, at this moment of the T₁; marking a much more evident difference in the second moment, in which T₃ differs significantly from the rest of the treatments as shown in Figure 2. These values coincide with those obtained by Reyes (2000), in relation to the lengths of the leaves; indicators that directly affect the yield of the crop, considering that it is in the leaf where the agricultural importance is established.

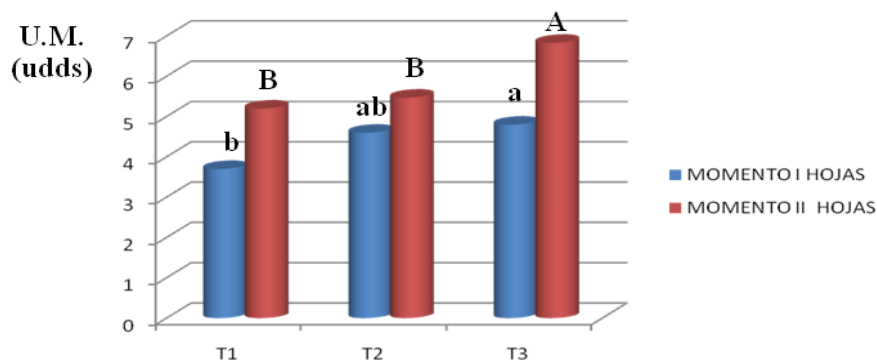


Figure 2. Number of leaves per plants under different treatments. CV = 11.2 % (MI) and 18.4 % (MII). T1-control, T2-1/60, T3-1/70.

In the same way, Reyes (2000) argues that with the application of vermicompost, the number of leaves evaluated in horticultural species such as tomato, basil, lettuce and celery increased notably the number, size of leaves and height of the plant.

According to Chen et al. (1990), these results can be attributed to the fact that the humic substances applied by foliar route show stimulating effects given the possible almost immediate absorption, which results in a rapid development of apical meristems because it influences some biochemical processes of the cell wall. In addition, it points out that it can act in the transport of nutrients by interacting with the phospholipids of cell membranes.

Furthermore, the main components of this extract are mainly humic substances, known for their effects and participation in the different physiological processes biochemical in plants; with positive influence on respiration and the activity of enzymatic systems of the Krebs cycle that

leads to a higher production of Adenosine Triphosphate (ATP); as well as, selective effects on protein synthesis and increase or inhibition of the activity of other enzymes, etc. (Nardi et. al, 2002).

Growth and development variables. Next, the behavior of some variables that reflect more clearly the effect of treatments on lettuce plants and the response of these to the application of vermicompost extract in two different dilutions.

Fresh mass (FM). For FM analysis of vegetative organs (root, stem and leaves) it was necessary to make a separation by plant organs in each of the treatments, see figure 3. At the root, the largest increase of FM was presented in T2, differing significantly from the two remaining treatments. In the stem, the highest values were presented in T3 opposite the control and T2. For the leaves, the highest results were obtained in T2, presenting a significant difference with respect to the other treatments. Therefore, the highest values of FM were presented in

plants that were treated with T2 evidenced in the root and leaves. The results of this study were like those reported by other authors (Días et al., 2002, Caru 2004, Besú

et al., 2005) with the use of liquid humus in the root mass index in different crops, such as broccoli, radish, carrot, chard, and corn.

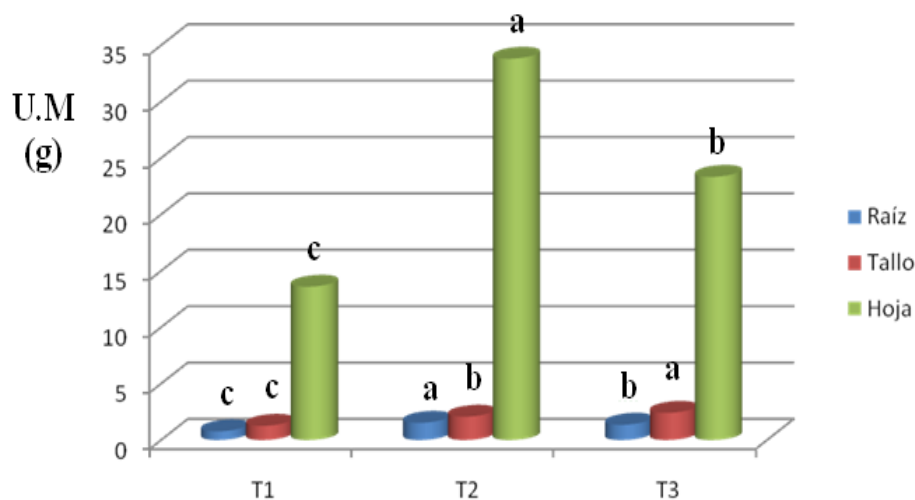


Figure 3. Variation of the fresh mass (FM) of the vegetative organs of the plants (root: CV = 10.9 %, stem: CV = 6.4 %, leaves: 15.2 %).

The applications were done foliar form until the point of drip, showing for the treatment T2 (the less diluted) an increase of the mass of the roots; which is of interest since when analyzing the total fresh mass of the aerial part with respect to that of the root and comparing it with the previous treatments, this one presents a greater proportion, since the root development is greater for T2, making it possible for the plant to be in a better position to adsorb the nutrients contained in the soil necessary for your metabolism. Authors such as, Guridi (2000), Façanha et al. (2002); Canellas et al. (2002 and 2004); Reyes et al. (2015) have related the stimulation of root development using humic acids isolated from Vermicompost, which are incorporated into the rhizosphere,

as well as the ones expressed by Reyes et al. (2017), where roots of different plants in contact with humic acids of the extract vermicompost, stimulated the sites of mitosis in them, resulting also in a greater emission of secondary roots.

In terms of stem length, there was a slight increase in T3 plants (1/70 v.v.) compared to the others. Similar results were obtained by De Grazia et al., (2001), in nutritional work for this crop, which showed that biostimulants derived from vermicompost have many phytohormones that are directly related to stem growth, aspects that in lettuce, according to the same author, is related to the number of leaves.

Dry mass (DM) of roots, stems and leaves.

As for the dry matter (DM) indicator of the root, stem and leaves, it can appreciate (see Figure 4) that at the first moment (M1) the greatest accumulation was in the plants treated in T₃, a behavior that remained in

the second moment (MII), being in the latter more prominent the accumulation of DM. It should be noted that only in the stem did not show significant differences between the two treatments and control for the parameter under study.

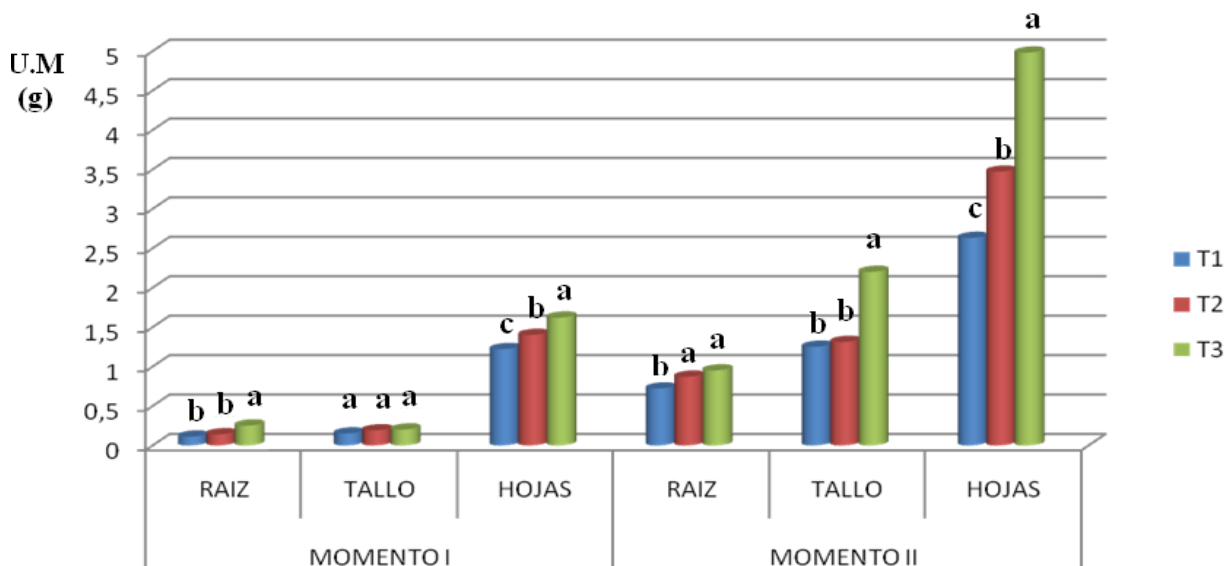


Figure 4. Dry mass of indicators of lettuce plants at different concentrations in two moments. M1-(root: CV = 21.4 %, stem: CV = 26.149 %, leaves: CV = 17.8 %); MII-(root: CV = 17.3 %, stem: CV = 18.19 %, leaves: CV = 24.56 %).

These results do not show the same trends as the MF indicator, which seems to indicate that the elaborated substances have been stored, but not consumed in the growth processes carried out by the plants under T₃. A greater accumulation of MS is related to a higher nutritional value. These results are like those found in other crops by different authors (Díaz et al., 2002; Caru 2004; Besú et al.; 2005, Huelva et al., 2004), showed that humic acid (HA) and fulvic acids (FA) extracted from vermicompost of bovine manure achieved an increase in the dry foliar mass of grains and vegetables.

Content of chlorophyll a and b in plants treated with vermicompost extract. The results obtained when evaluating the content of photosynthetic pigments, chlorophyll a and b, in each treatment can be seen in figure 5; there it is observed that the content of total chlorophylls (a + b) found in T₂-1/60 v.v., surpassed only those treated under the T₃-1/70 standards; not showing significant differences between any of the treatments for the physiological indicators evaluated. Results that differ from those obtained by Vaughan et. al. (1985), Nardi et. al. (2002); Huelva et al. (2004), who

have expressed that the use of the humic substances brings with it the increase in chlorophylls; furthermore Yang et al. (2004), using HA, FA and Huminas extracted from different soils, evaluated the effect of these three humic substances (HS) on the activity of the enzymes chlorophyllase “a” and chlorophyllase “b” and found that the FA stimulated the activity of chlorophyllase “a” more than the other two HS and that HA further stimulated the activity of chlorophyllase “b”.

So, it seems that other metabolic processes were favored with the applications of vermicompost extract. Nardi et al., (2002) state that the extract has, among others, SH, of which its effects and participation in different physiological and biochemical processes in plants are known, with positive intervention in respiration, speed of enzymatic reactions of the Krebs cycle, which leads to a higher production of ATP, as well as to have selective effects on protein synthesis and increase or inhibition of the activity of various enzymes, etc.

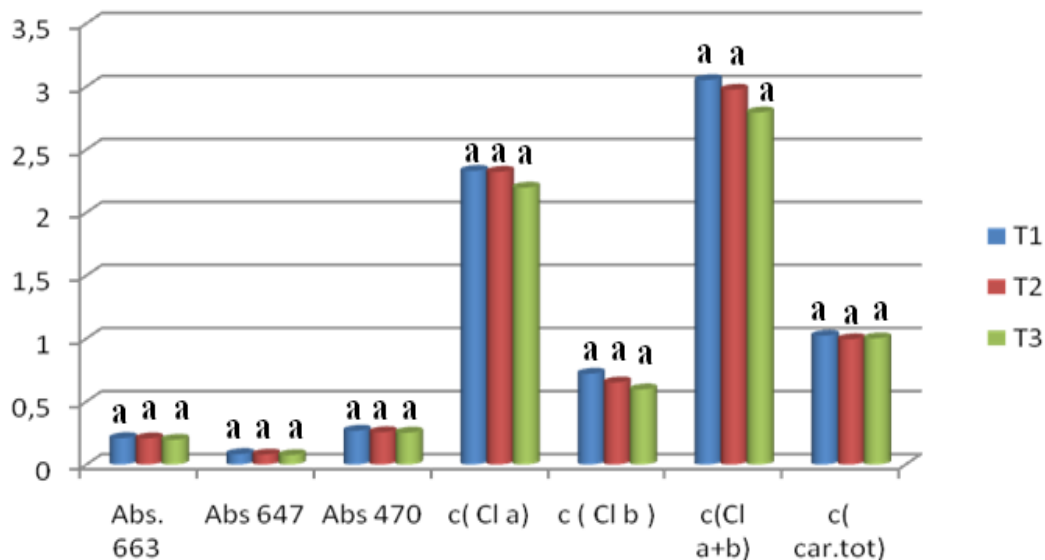


Figure 5. Chlorophyll content “a” and “b” (Cla and Clb) in mg / ml extract in plants treated at different concentrations. CV = 14.9 %.

Moreover, there are reports indicating that HS activity in the alkaline extracts of vermicompost exert a similar action to phytohormones such as auxins or polyamines (Yang et al., 2004). On the other hand, this humus contains minerals and amino acids, chemical fractions that by

themselves or combined with previous ones that could provoke synergistic nutritional or biostimulation effects in the growth and development of plants (Garcés et al., 2003).

Thus, the application of vermicompost extract via leaf, according to Caro et al.,

(2002) is more efficient in the short term than the root canal; although this last one is the advisable one to favor the rooting after the transplant, mainly in crops of vegetables. That is why this result could be of interest to producers who are engaged in lettuce cultivation, as it is a biostimulator that besides being of national production, is a product with a high stability in its composition and demonstrated effects.

Conclusions

Given the application of the extract, the length of roots, stems and leaves was stimulated; and the production of fresh and dry mass; resulting in the most promising solution.

No similar effects were found on photosynthetic pigment content; but in both treatments (1/60 and 1/70) stimulation was favored in the indicator number of leaves per plants. Additionally, due to the applications of the extract, an additional harvest was achieved in the same period of time, presumably due to the stimulating effect on the growth and development of the plants.

References

- Besú, D. & Ruíz, Y. (2005). *Efectos de diferentes concentraciones de Liplant en el cultivo del rábano rosado*. Taller de investigación científica estudiantil en ciencias agropecuarias. Evento de Ciencias Universitarias. CAGo4, 56-68.
- Canellas, L.P. & Façanha, A.R. (2004). Chemical nature of soil humified fractions and their activity. *Pesquisa Agropecuaria brasileira*. 39 (3), 233-240.
- Canellas, L.P., López. O.F., Okorokova, N.A. & Rocha, F.A. (2002). Humic Acids Isolated from Earthworm Compost Enhance Root Elongation, Lateral Root Emergence, and Plasma Membrane H⁺-ATPase Activity in Maize Roots. *Plant Physiology*, 130, 1951-1957.
- Caro, I. (2004). *Caracterización de algunos parámetros químico - físico del humus líquido obtenido a partir de vermicompost de estiércol vacuno y su evaluación sobre algunos indicadores biológicos y productivos de dos cultivos*. (Tesis de Maestría). UNAH, La Habana.
- Caro, I., Garcés, N., Guridi, F., Huelva, R., Mesa, S. & Arteaga, B. (2002). *Efecto bioestimulante del Liplant en el cultivo del maíz (Zea mays)*. XIV Seminario Científico-Técnico INCA. ISBN: 959-7023-22-9. (CD).
- Chen, Y. & Aviad, T. (1990). Effects of humic substances on plant growth. In: Humic substances in Soil and Crop Sciences. *Selected readings*, 161-186.
- Clapp, C.E., Chen, Y., Hayes, M.H.B. & Cheng, H.H. (2001). *Plant growth promoting activity of humic substances*. In: Swift RS, Sparks KM, eds. Understanding and managing organic matter in soils, sediments and waters. Madison, WI: IHSS, 243.
- De Grazia, J., Tiftonell, P. & Chiesa, A. (2001). Efecto de la época de siembra, radiación

ynutrición nitrogenada sobre el patrón de crecimiento y el rendimiento del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.). *Invest. Agr. Prod. Prot. Veg.* 16(3).

- Díaz, M., Terán, Z. & Garcés, N. (2002). *Efectos de compuestos obtenidos a partir de vermicompost sobre vegetales*. I Encuentro Provincial de Agricultura Orgánica, ACTAF. *Resúmenes*, 104.
- Façanha, A.R., Façanha, A.L.O., Olivares, F.L., Guridi, F., Santos, G.A., Velloso, A.C.X., Rumjanek, V.M., Brasil F., Schripsema, J., Braz-filho, R., Oliveira, M.A. & Canellas, L.P. (2002). Bioatividade de ácidos húmicos: efeito sobre o desenvolvimento radicular e sobre a bomba de prótons da membrana plasmática. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* (37), 1301-1310.
- Garcés, N., Marbot, R., Ramos, R. & García, L. (2003). *Sustancias con actividad biológica sobre las plantas en el producto Liplant (Humus líquido)*. V Encuentro de la Agricultura Orgánica de la Actaf. La Habana, Cuba, 71.
- Guridi, F. 2000. *O fósforo, a materia orgánica y a micorriza no cafeeiro (C. Arabica L.)*. (Tesis de Doctorado). UFRRJ, Brasil.
- Hernández, A., Pérez, J.M., Bosch, D. & Castro, N. (2015). *Clasificación de los suelos de Cuba*. Mayabeque. Cuba: Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, Instituto de suelos, Ediciones INCA.
- Huelva, R., Garcés, N., Ramos Amarilys. y León, P. (2004). *Evaluación de la bioactividad del humus líquido obtenido a partir de vermicompost y sus fracciones húmicas en el cultivo de soya (Glycine max; var: INCASOY-24)*. XIII Congreso del INCA, CD-ROM. ISBN 959-7023-22-9.
- Nardi, S., Pizzeghello, D., Bragazza, L., y Gerdol, R. 2003. Low-molecular-weight organic acids and hormone-like activity of dissolved organic matter in two forest soils in N Italy. *Journal of Chemical Ecology*, 9(7), 1549-1564.
- Nardi, S., Pizzeghello, D., Muscolo, A. & Vianello, A. (2002). Physiological effects of humic substances on higher plants. *Soil Biology & Biochemistry* (34), 1527-1536.
- Primavesi, A. (2003). Conferencia impartida en el V Encuentro de la Agricultura Orgánica de la ACTAF. La Habana, Cuba.
- Ramos, R.R. (2000). *Aplicación de sustancias húmicas como productos de acción bioestimulantes. Efectos frente al estrés salino*. (Tesis de doctorado). Valencia, España.
- Reyes, A.J.C. (2000). *Micorriza arbuscular y vermicomposta en el desarrollo y fisiología de un portainjerto de aguacate raza mexicana (Persea americana Mill.) en un sustrato alternativo de vivero*. (Tesis de Maestría). Colegio de Postgraduados, Montecillo, México.
- Reyes, J.J.P., Abasolo, F.P., Yépez, Á.J.R., Luna R.A.M., Zambrano, D.B., Vázquez, V.F.M., Cabrera, D.A.B., Guzmán,

- J.A.A., Torres, J.A.R. & Rodríguez, W.O.M. (2017). Ácidos húmicos y su efecto sobre variables morfométricas en plantas de zanahoria (*Daucus carota L.*). *Biotechnia* 19(2), 25-29.
- Reyes, J.J.P., Torres, J.A.R., Murillo, B.A., Herrera, M.F.H., Fernando, G.I., Luna, R. A.M., López, R.J.B. y Real, G.E.G. (2015). Humatos de vermicompost y su efecto en el crecimiento de plántulas de tomate (*Solanum lycopersicum l.*). *Biotechnia*. 17(2), 9-12.
- Tan, K.H. (1998). Colloidal chemistry of organic soil constituents. In: Tan, K.H., (ed). *Principles of soil chemistry*. New York: Marcel Dekker, 177-258.
- Vaughan, D. y Malcolm, R.E. (1985). Influence of humic substances on growth and physiological processes. In: Soil organic matter and biological activity. Vaughan, D., Malcolm, R. E. (eds). Dordrecht: Martinus Nijhoff Pub, 37-76.
- Yang, C.M., Wang, M.C., Lu, Y.F., Chang, I.F. y Chuou, C.H. (2004). Humic substances affect the activity of chlorophyllase. *Journal of Chemical Ecology*. 30 (5), 1057-1065.

Propuesta para el Manejo Nutricional en *Cedrela montana* Moritz ex Turcz

Proposal for Nutritional Management in *Cedrela montana* Moritz ex Turcz

Suárez-Rivero, D.^a; Marín-Mahecha, O.^a; Agudelo-Gutiérrez, L. D.^b; Suárez-Rivero, M.^c

^a Fundación Universitaria Agraria de Colombia - Uniagraria.

^b Jardín Botánico de Bogotá “José Celestino Mutis”.

^c Universidad Nacional Abierta y a Distancia - Unad.

suarez.deivis@uniagraria.edu.co

Fecha de recepción: agosto de 2016 / Fecha de aceptación: noviembre de 2016

Resumen

Los fertilizantes no sintéticos (FNS) presentan un gran potencial para aumentar la competitividad de las plantas forestales en una variedad de sitios de reforestación, que incluyen desde lugares a campo abierto hasta avenidas en grandes ciudades. Sin embargo, normalmente existe un pobre conocimiento sobre ellos. Con el fin de usar los FNS en forma exitosa se deben considerar su formulación y sus efectos sobre variables morfométricas (porcentaje de cobertura, %) y, como medidas adimensionales, el grado de cobertura de copa, el índice de copa, el índice de espacio vital, el monto de copa y el grado de esbeltez, las cuales se determinaron con una frecuencia quincenal, así como el crecimiento, analizado a partir de la acumulación de biomasa (incremento de biomasa en el tiempo - IBT, tasa de crecimiento relativo - TCR y eficiencia energética). Para ello se determinó la biomasa seca en dos momentos, al inicio y al final del período de estudio. Este trabajo sintetiza distintos tipos de FNS (orgánicos, de origen mineral y biológicos) y diversas investigaciones asociadas a su utilización. Se destaca la homogeneidad y lentitud en el crecimiento de las plantas que se encontraron como objeto de estudio. Se pudo apreciar cierta homogeneidad entre los diferentes tratamientos en un mismo momento, pero varía de un momento a otro de la evaluación y las pérdidas de agua en la determinación de la biomasa seca en muchos casos superaron el 50 % de la masa fresca, principalmente en aquellas plantas cuyas hojas se encontraban en estado juvenil. Solo se apreciaron diferencias significativas favorables en las plantas que fueron tratadas con mineralización en ancho de banda uno.

Palabras clave: biomasa, fisiología vegetal, crecimiento, desarrollo, arbolado.

Abstract

Non-synthetic fertilizers (FNS) have a great potential to increase the competitiveness of forest plants for a variety of reforestation sites, from open to avenues in large cities. However, there is an unusual knowledge about them. In order to use the FNS successfully, its formulation and its effects on the morphometric variables (percentage of coverage, %), and how dimensionless measures of the degree of coverage of cup, cup index, life space index, cup amount and degree of slenderness, which are determined with a biweekly frequency and the growth analyzed starting from the accumulation of biomass (biomass increase in time - IBT, rate of relative growth - TCR and energy efficiency) to determine the biomass dry in two moments, at the beginning and at the end of the study period. This work synthesizes types of FNS (organic, mineral and biological origin) and several researches associated with their use, are found as objects of study, once we can see the homogeneity between the different treatments at the same time but varies from one moment to the evaluation of a moment and a water loss in the determination of dry biomass in some cases, 50 % of the fresh mass, mainly in those plants, leaves were in the juvenile state. Only favorable differences have been found in those that were treated with mineralization in bandwidth one.

Keywords: biomass, plant physiology, growth, development, trees.

Introducción

La temperatura, la humedad y la fertilidad son tres factores esenciales del ambiente y del hábitat que determinan el crecimiento de los árboles en los montes. Existen otros factores, pero estos son los principales. Los ingenieros forestales, tradicionalmente han considerado que todos estos factores solo están sujetos, en el mejor de los casos, a un control muy débil y principalmente indirecto. La naturaleza y magnitud de su influencia, por supuesto, han sido reconocidos desde hace mucho tiempo como controlables hasta cierto grado mediante manipulaciones silvícolas capaces de modificar la densidad, la estructura o la composición de las masas (Schenck, 1966).

Recientemente, las relaciones suelo-agua-planta se contemplan de un modo mucho más dinámico, como un sistema más unificado en el que todos los procesos son interdependientes, y denominado el continuo suelo-planta-atmósfera. En este continuo, la disponibilidad de agua en el suelo no solo es función de este sino del conjunto suelo-planta-clima (Cadahia, 1998).

Al respecto, Honorato (2000) señala que cuando la fertilidad del suelo es una limitante se debe recurrir a la fertilización. La disponibilidad de nutrientes permitirá un rápido desarrollo radicular, dando ventajas a las plantas que pueden manifestarse a lo largo de toda una rotación.

Entender la interrelación y la problemática entre desarrollo y medio ambiente, al

parecer de Sánchez (1996), implica entender el concepto de desarrollo sostenible, nuevo en el contexto mundial, que surge como una necesidad de enmarcar una nueva forma de entender y mirar el desarrollo, concepto que expresa una confrontación política. En 1980, la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (Uicn) presenta un concepto de desarrollo sostenible fundamentado en la necesidad de la conservación de lo natural, sin proponer la revisión del estilo de desarrollo dominante.

El presente documento busca conocer el efecto de FNS sobre una población de *Cedrela montana* Moritz ex Turcz situada en la malla vial de Bogotá D.C., específicamente en una vía de alto flujo vehicular perteneciente a una región húmeda. Para tal caso, se analizó el efecto de la fertilización sobre variables morfométricas con frecuencia quincenal: porcentaje de cobertura (%), grado de cobertura de copa (adimensional), índice de copa (adimensional), índice de espacio vital (adimensional), monto de copa (adimensional), grado de esbeltez (adimensional); así mismo, se analizó el crecimiento desde la acumulación de biomasa (incremento de biomasa en el tiempo - IBT, tasa de crecimiento relativo - TCR y eficiencia energética) en dos momentos, al inicio y al final del período de estudio.

Metodología

Material vegetal. La especie vegetal evaluada fue la *Cedrela montana* Moritz ex Turcz, objeto de interés del Jardín Botánico

de Bogotá “José Celestino Mutis”. Se trabajó con una muestra de 36 árboles en estado juvenil.

Ubicación. Las plantas evaluadas se encontraban situadas sobre la malla vial del Distrito Capital, específicamente en la avenida Boyacá entre las calles 163 y 170, entre las coordenadas Lat. 4°47'47,55"N y Lon. 74°3'53,67"O y Lat. 4°45'37,41"N y Lon. 74°03'58,13"O (ver la figura 2). Es de destacar que la zona es clasificada como zona húmeda.

Diseño experimental. Se empleó un diseño 1x3x3, donde uno (1) es el separador vial seleccionado para el estudio, tres (3) las plantas y tres (3) las dosis, concentraciones o anchos de bandas utilizados, según el tratamiento y la distribución espacial propuestos en la figura 1.

Tratamientos

T_1, \dots, T_9 . Testigo (por la disposición de los árboles a lo largo de un corredor vial, se triplica el número de plantas en esta categoría para disminuir errores experimentales, siendo nueve el número de plantas en esta categoría).

MO_1, MO_2 y MO_3 . Sustrato con materia orgánica (tres dosis: 3, 7 y 10 libras por planta; este se deja madurar con el empleo de melaza por 7 días y se realizan tres réplicas por cada dosis).

B_1, B_2 y B_3 . Biol (en tres concentraciones: 40, 50 y 60 ppm y tres réplicas por cada una).

M_1, M_2 y M_3 . Mineralización (a tres anchos de bandas, determinando el ancho a partir del valor promedio del diámetro nodal de los árboles a tratar y con tres repeticiones cada uno).

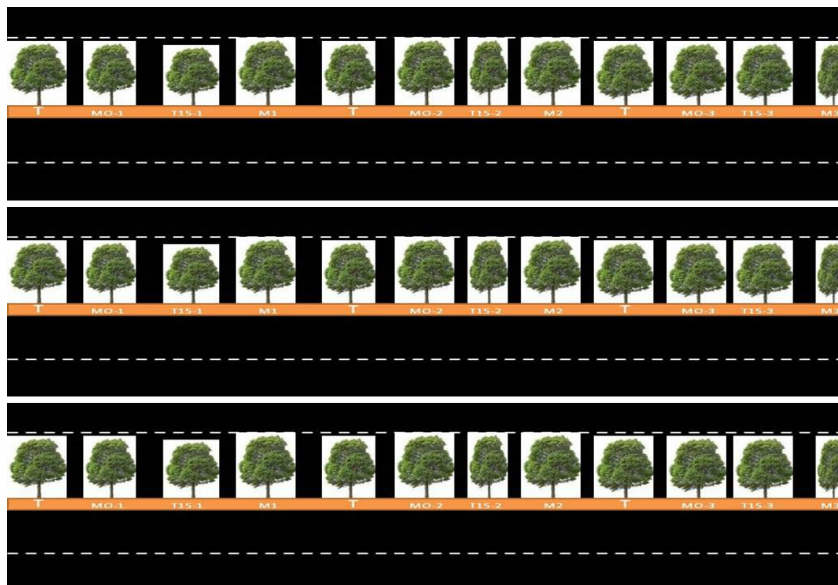


Figura 1. Distribución espacial en el corredor vial

VARIABLES ANALIZADAS

VARIABLES MORFOMÉTRICAS. Por la compleja morfología que presentan las plantas de *Cedrela*, se empleó la metodología propuesta por Arias (2005), que incluye parámetros

tales como porcentaje de cobertura (% COB), grado de cobertura de copa (GCC), índice de copa (IC), forma de copa (FC), índice de espacio vital (IEV), monto de copa (MC) y grado de esbeltez (GE), cuyas ecuaciones se incluyen en la tabla 1.

Tabla 1. Formulación de las variables morfológicas utilizadas en los ensayos.

VARIABLE DE MEDICIÓN	RELACIÓN MORFOMÉTRICA
(Largo de copa (m) / Altura total (m)) * 100	Porcentaje de cobertura (%)
Largo de copa (m) / Altura total (m)	Grado de cobertura de copa (adimensional)
Largo de copa (m) / Diámetro de copa (m)	Índice de copa (adimensional)
Diámetro de copa (m) / Largo de copa (m)	Forma de copa (adimensional) (FC)
Diámetro de copa (m) / Diámetro nodal (m)	Índice de espacio vital (adimensional) (IEV)
Diámetro de copa (m) / Altura total (m)	Monto de copa (adimensional)
Altura total (m) / Diámetro nodal (m)	Grado de esbeltez (adimensional) (GE)

Fuente: (Arias, 2005).

VARIABLES DE CRECIMIENTO. Teniendo en cuenta que las hojas de cedro son compuestas de primer orden y que su tamaño dificulta la realización de algunas pruebas fisiológicas, se determinaron los siguientes indicadores del crecimiento, citados por Vázquez y Torres (2006) en su texto “Fisiología Vegetal”:

Incremento de biomasa en el tiempo (IBT). Representa la eficiencia en la producción de biomasa seca por unidad de superficie y está dada por el cociente entre ΔW y el producto de A por Δt , donde ΔW es la variación de biomasa seca, A el espacio vital de cada planta y Δt el espacio de tiempo transcurrido entre dos tomas de datos

sucesivas correspondientes a un periodo de 120 días.

Tasa de crecimiento relativa (TCR). Da la medida de biomasa que se incrementa a partir de la ya existente y establece la relación entre dos veces ΔW y el producto de ΣW y Δt (120 días).

Eficiencia energética (EE). Indica cuán eficiente es una planta en el uso de la radiación solar. Se expresa porcentualmente y establece la relación entre TCR y la radiación total (este último valor se tomó de reportes del Ideam).

Momentos de Evaluación. Por las características de crecimiento que presentan estas plantas (crecimiento lento) se realizaron mediciones en seis (6) momentos, con frecuencia quincenales. El momento uno (1) coincide con la caracterización no solo según las variables en esta metodología (descritas en la tabla 1), sino que incluye aspectos de carácter cualitativos como son:

- » Estado fitosanitario del árbol (bueno, regular, malo y muerto; adicionando posible agente causal).
- » Estado fisiológico del árbol (respecto al follaje: 0 %, 50 % y 100 %).
- » Otros aspectos detectados en el terreno que sean relevantes, como puede ser la coloración de las hojas, la cual puede variar de verde intenso a amarillento y rojizo.

Análisis de Datos

Todos los datos registrados se incorporaron en una matriz en Microsoft Excel. Para su análisis y comparación se empleó un Anova simple, por trabajar con plantas que poseen un comportamiento diferencial, según condiciones microclimáticas, y por existir diferencias significativas entre las medias se realizó una prueba de rangos múltiples.

Resultados

Variables morfométricas. La descripción de la arquitectura del árbol a través de diferentes variables que caracterizan la copa (ver tabla 2) ofrece la posibilidad de caracterizar los rodales para el manejo cultural que se debe realizar a los mismos. Su estructura constituye un índice indirecto del funcionamiento de los mismos y del ecosistema, ya sea natural o, como es en este caso, intervenido por el hombre.

VAR.	MOMENTO 1										MOMENTO 4									
	T	M1	M2	M3	B1	B2	B3	MO1	MO2	MO3	T	M1	M2	M3	B1	B2	B3	MO1	MO2	MO3
% COB.	14,73	41,4	31,41	9,28	22,49	41,92	22,43	9,11	24,69	31,99	19,46	34,06	35,96	9,96	22,38	24,49	30,37	8,42	40,2	32,39
GCC	0,15	0,41	0,31	0,09	0,22	0,42	0,22	0,09	0,25	0,32	0,19	0,34	0,36	0,1	0,22	0,24	0,3	0,08	0,4	0,32
IC	0,45	3	0,42	0,13	0,38	0,76	0,29	0,12	1,13	0,45	0,48	0,76	0,55	2,88	0,36	0,33	0,42	0,17	0,57	0,42
FC	7,3	0,8	3,4	8,7	4,4	2	3,5	10	3,2	3,1	6,36	2,41	2,8	4,58	3,36	4,02	2,97	6,27	1,83	2,84
IEV	21,14	11,04	24,84	22,75	20,68	20,76	24,81	31,33	17,31	26	19,95	18,69	20,52	16,75	20,18	11,33	23,97	18,41	20,42	23,01
MC	0,65	0,37	0,75	0,7	0,57	0,56	0,79	0,86	0,47	0,72	0,63	0,53	0,68	0,51	0,58	0,65	0,78	0,49	0,7	0,75
GE	33,29	35,86	33,2	32,5	37,65	37,2	31,59	36,79	35,62	35,67	31,63	37,51	30,68	31,99	35,05	21,06	30,86	37,38	28,98	30,92
VAR.	MOMENTO 2										MOMENTO 5									
	T	M1	M2	M3	B1	B2	B3	MO1	MO2	MO3	T	M1	M2	M3	B1	B2	B3	MO1	MO2	MO3
% COB.	14,51	41,81	35,79	29,87	22,18	42,75	25,37	7,7	37,72	29,85	21,85	36,88	41,38	14,15	25,76	26,47	32,06	11,52	24,79	37,62
GCC	0,15	0,42	0,36	0,3	0,22	0,43	0,25	0,08	0,38	0,3	0,22	0,37	0,41	0,14	0,26	0,26	0,32	0,12	0,25	0,38
IC	0,24	0,97	0,61	0,45	1,08	0,72	0,58	0,13	0,54	0,38	0,47	0,79	0,62	0,69	0,38	0,34	0,44	0,19	0,32	0,46
FC	6,57	1,22	2,19	5,67	2,32	2,16	2,19	7,56	2,16	3,62	5,19	2,29	1,95	3,53	3,12	3,65	2,87	6,04	6,06	2,36
IEV	18,47	15,97	19,63	22,59	17,79	21,71	16,24	22,61	22,48	26,84	20,13	15,09	15,96	14,43	17,77	17,82	16,79	21,02	21,4	24,04
MC	0,68	0,48	0,6	0,72	0,52	0,61	0,52	0,58	0,77	0,78	0,65	0,55	0,68	0,54	0,63	0,69	0,79	0,59	0,76	0,8
GE	28,42	36,9	32,83	31,58	34,72	35,47	31,66	38,8	31,43	34,43	32,39	28,77	23,88	26,47	29,32	27,1	19,25	35,55	28,5	30,27
VAR.	MOMENTO 3										MOMENTO 6									
	T	M1	M2	M3	B1	B2	B3	MO1	MO2	MO3	T	M1	M2	M3	B1	B2	B3	MO1	MO2	MO3
% COB.	20,83	32,96	36,31	27,95	37,92	29,64	24,92	7,34	38,41	32,38	22,49	38,56	42,77	16,25	27,08	25,7	31,54	12,08	25,87	39,66
GCC	0,2	0,33	0,36	0,28	0,38	0,3	0,25	0,07	0,38	0,32	0,22	0,39	0,43	0,16	0,27	0,26	0,32	0,12	0,26	0,40
IC	0,36	1,06	0,54	0,45	4,94	0,39	0,35	0,27	0,75	0,43	0,47	0,78	0,65	0,85	0,90	0,74	0,54	0,20	0,32	0,49
FC	4,23	2,25	2,74	4,52	2	3,83	3,03	4,04	1,4	3,33	5,12	2,39	1,82	3,19	1,18	2,18	2,75	5,46	4,70	2,28
IEV	19,85	15,53	20,8	22,67	18,48	20,97	22,53	12,44	17,19	25,87	19,3	15,19	15,4	13,23	9,68	10,39	15,25	19,13	21,28	21,82
MC	0,61	0,46	0,72	0,7	0,53	0,7	0,72	0,31	0,52	0,79	0,68	0,58	0,67	0,54	0,36	0,40	0,71	0,60	0,77	0,80
GE	31,91	37,54	29,67	32,64	35,45	31,18	31,42	38,9	31,08	32,49	29,85	26,96	23,2	24,32	26,33	26,17	18,09	31,53	27,73	27,51

Tabla 2. Descripción morfométrica del cedro por momentos de evaluación.

Al observar la Tabla 2, se hace evidente que el factor más irregular es la forma de copa, solo mostrándose algo estable dentro del tratamiento en el que únicamente se empleó el Biol. Factores como GCC, IC y el MC resultaron más estables en el tiempo. Aunque es de destacar que cuando los valores de IC, según Arias (2005), oscilan entre 0,3 y 1,6, se puede afirmar que las condiciones son óptimas para el desarrollo de la especie, y solo se salieron de este rango las plantas que se encontraban en el tratamiento MO1.

Por otra parte, el PC manifiesta una irregularidad permanente en el tiempo entre los tratamientos, aunque es un patrón que se mantuvo estable si se compara cada tratamiento con su segundo momento de evaluación. En los casos de IEV y GE no se manifestaron tan evidentes variaciones como las presentadas en el PC, es decir, que hay cierta homogeneidad entre los diferentes tratamientos en un mismo momento de evaluación, aspecto que varía, aunque en un estrecho margen, de un momento al otro. Esto puede darse por la amplitud de distancias presentes entre planta y planta y entre estas y los bordes de las avenidas.

Cabe señalar que estos valores se pueden ver influenciados por tratarse de especies de árboles que, aunque estén en estado juvenil, son caducifolios, es decir, que en algunas épocas del año y bajo ciertas condiciones climáticas desprenden sus hojas.

En este aparte se debe acotar que el tamaño de las hojas afecta la proporción en la que la energía que llega a la vegetación es absorbida, reflejada, transmitida, reirradiada y disipada por transpiración. También afecta el factor de sombra; la proporción entre ramas y hojas de un árbol caducifolio con hojas pequeñas, será mayor que la de uno con hojas grandes; por lo tanto, en invierno la obstrucción solar también será mayor. En fin, con estos indicadores, según Arias (2005), se ofrece la posibilidad de caracterizar los rodales para la toma de decisiones relacionada con el manejo silvicultural más adecuado o para fines investigativos.

Pocos estudios contemplan mediciones detalladas de parámetros de copa, posiblemente por razones del tiempo requerido para la medición (Durlo y Denardi, 1998; Durlo, 2001; Durlo et al., 2004; Arias, 2005). Durlo y Denardi (1998) señalan que la morfometría de un árbol a través de las variables de copa brinda una idea de las relaciones interdimensionales como el espacio vertical ocupado por cada árbol, el grado de competencia, la estabilidad, la vitalidad y la productividad de cada individuo.

Variables de crecimiento

La demanda nutrimental de un cultivo está en función de la producción de biomasa y la distribución de la materia seca entre los diferentes órganos de la planta, lo cual juega un papel fundamental en la producción (Peil y Gálvez, 2005). De acuerdo con Landis (1989), existe una relación característica entre la concentración de un ion nutriente en el tejido de la planta y su crecimiento. Rincón et al. (1995) señalaron que la concentración de estos elementos en las plantas obedece a diversos factores, entre los que se pueden mencionar las condiciones del medio donde se desarrolla la planta, la época del año y la tecnología de producción; incluso, existen variaciones de una especie a otra. A pesar de los estudios realizados para optimizar la fertilización en chile habanero, existen pocos trabajos que determinen la acumulación de nitrógeno en los diferentes órganos de la planta (Martínez et al., 2006). La mayoría de los trabajos de nutrición se han enfocado a la aplicación y manejo de fertilizantes, la interacción entre el riego y los abonos orgánicos y los efectos de los abonos orgánicos sobre el rendimiento (Dzib y Uribe, 2006). Como base para el análisis del crecimiento, tomando como punto de partida la biomasa seca, se realizó la determinación de masa fresca y seca en el inicio del proceso, así como la variación de peso (ver tabla 3).

Tabla 3. Determinación de biomasa en cedro.

TRATAMIENTO	MOMENTO 1		MOMENTO 2		ΔW	IBT	TCR	EE	EE TRANSF. (x 0,00001)
	MF	MS	MF	MS					
TESTIGO	46,55	20,72	45,11	19,778	0,94	0,002	0,00039	1,17641E-06	0,012
M1	37,17	16,79	34,33	11,333	5,46	0,011	0,00323	9,79931E-06	0,098
M2	49,53	21,17	34	14	7,17	0,015	0,0034	1,03001E-05	0,103
M3	63,30	31,24	47	20	11,24	0,023	0,00366	1,10813E-05	0,111
B1	59,70	29,25	56,67	28,333	0,91	0,002	0,00026	8,01111E-07	0,008
B2	51,34	22,36	35,33	13	9,36	0,020	0,00441	1,33725E-05	0,134
B3	45,12	20,07	57,33	24,333	4,27	0,009	0,0016	4,85334E-06	0,049
MO1	51,28	21,76	48	20,333	1,42	0,003	0,00056	1,7079E-06	0,017
MO2	42,59	17,80	34,33	15,667	2,13	0,004	0,00106	3,21474E-06	0,032
MO3	84,07	41,02	54	24	17,02	0,035	0,00436	1,32224E-05	0,132

Un análisis detenido de la tabla 3 permite observar que hay una reducción del peso de casi un 50 % en las plantas tratadas con MO, lo que puede estar influenciado, al parecer, por plantas que presentan hojas jóvenes dentro del tratamiento y, por ende, un mayor volumen de agua en su protoplasto y apoplasto.

Como queda evidenciado en la Figura 2, de los tres indicadores de crecimiento evaluados sólo se mostró algún tipo de diferencias significativas en el indicador IBT, y el tratamiento M1 fue el que logró los mejores resultados, aunque solo difirió

significativamente de los tratamientos B3 y MO3. Estos resultados se ven sensiblemente afectados por la corta duración del período de evaluación y por las condiciones genotípicas de esta especie, específicamente por ser caducifolias desprogramadas (bajo cambios mínimos en el clima desprenden sus hojas).

En este sentido, Caro (2002) encontró que la aplicación foliar de un extracto derivado del vermicompost de estiércol vacuno incrementó algunos indicadores de crecimiento y producción en el cultivo de maíz, estando muy relacionado con un ligero incremento del área foliar.

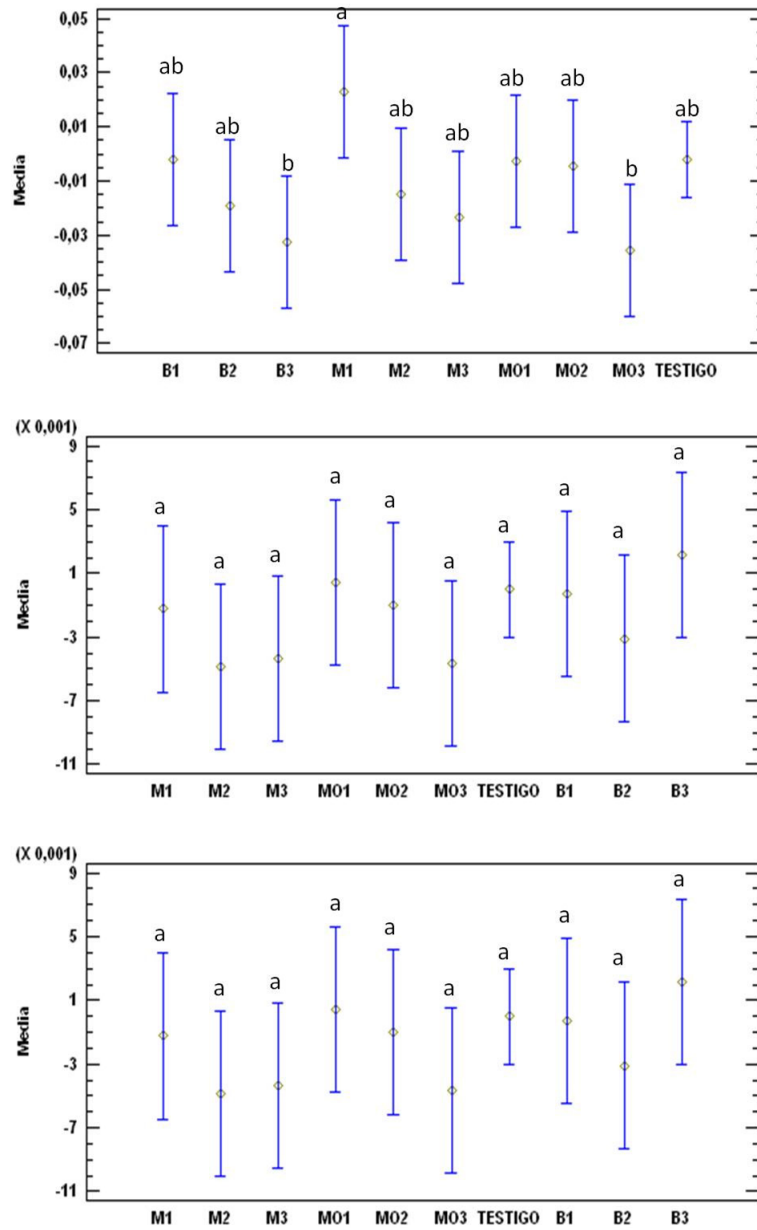


Figura 2. Variables fisiológicas calculadas a partir de la biomasa (A: IBT, B: TCR, C: EE)

Nota: Para determinar los niveles de significancia se empleó la prueba de rangos múltiples que se basa en las diferencias mínimas significativas (LSD) de Fisher, con un $p=0,05$.

En estudios realizados con otros cultivos, como la soya, Huelva (2002) constató aumentos en cuanto a masa foliar fresca y seca, indicando que la composición del producto por sus concentraciones parciales logra estimular la concentración de masa, lo que podría estar relacionado con el aumento de la composición de pigmentos fotosintéticos, que a su vez haría que existiera una mayor eficiencia en el proceso fotosintético y, por ende, en la fijación de CO₂, de modo que se producirían fotosintatos que mejorarían la conversión metabólica de estos en otras estructuras, como aminoácidos y proteínas y así, en el balance general del carbono en la planta. Además, en algunos cultivos, como el tomate, se observan incrementos en los indicadores de crecimiento y producción (Arteaga, 2003), una mejor asimilación de macronutrientes y micronutrientes cuando este es cultivado en campo (Vivas et al., 1997; Ramos, 2000).

Conclusiones

Para la arquitectura del árbol se evidenció que las plantas no mostraron mayor variación con respecto a las plantas testigo, lo que se puede deber principalmente al corto período de evaluación, aunque es de señalar que en aquellas que fueron tratadas con mineralización (fertilizante de liberación lenta) se estimuló la emisión de brotes terminales y aparición de nuevas hojas.

Para los indicadores de crecimiento evaluados se pudo observar que las plantas que mejor respuesta presentaron fueron aquellas sometidas a mineralización con el ancho de banda uno (M₁).

Referencias Bibliográficas

- Alvarado, L. & Barreto R. (2005). Minerales naturales utilizados en Colombia como fuentes en fertilizantes o enmiendas de suelo. Brasil: Cytel.
- Arias, D. (2005). Morfometría del árbol en plantaciones forestales tropicales. *Revista Forestal Kurú*. 2(5), 2-11.
- Arteaga, M. (2003). *Resultados de la aplicación del Liplant sobre un suelo ferralítico rojo al evaluar algunos indicadores biológicos y productivos de tres cultivos* (Tesis de maestría). La Habana: Unah.
- Ayuso, M., Hernández, T. & García, C. (1996). Stimulation of barley growth and nutrient absorption by humic substances originating from various organic materials. *Bioresources Technology*. 57, 251-257
- Benítez, J. & Friedrich, T. (2009). Manual de prácticas integradas de manejo y conservación de suelos. *Boletín de Tierras y Aguas*. FAO.
- Biblioteca del campo. (2002). *Manual agropecuario*. Bogotá, Colombia: Editorial Limerin S. A. pp. 29, 30, 527, 528, 541, 542.
- Borja, C. & Lasso, S. (1990). Plantas nativas para la reforestación en el Ecuador. Quito, Ecuador: Fundación Natura (Edunat III) - AID. 20 pp.
- Butler, J. H. A. & Ladd, J. N. (1969). Effect of extractant and molecular size on the

optical and chemical properties of soil humic acids. *Australian Journal of Soil Research*. 7, 263-268.

Cadahia, C. (1998). *Fertirrigación en cultivos hortícolas y ornamentales*. Madrid, España: Ediciones Mundi-Prensa.

Cadena, L. (2007). *Evaluación del crecimiento en plantación con y sin asocio agrícola de cuatro procedencias de (Cedrela montana Morits ex Trucz), en el Colegio Agroforestal Fernando Chávez Reyes – Quinchuquí*. (Tesis de ingeniero forestal). Ibarra, Ecuador: Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales, Escuela de Ingeniería Forestal. 50 pp.

Camacho, J. (2002). *Mapa de recursos minerales de Colombia. Minerales industriales*. Ingeominas.

Caro, I. (2004). *Caracterización de algunos parámetros químico-físico del humus líquido obtenido a partir de vermicompost de estiércol vacuno y su evaluación sobre algunos indicadores biológicos y productivos de dos cultivos* (Tesis de maestría). La Habana: Unah.

Cervantes F. M. (2009). *Abonos orgánicos*. Centro de Formación Profesional Agraria E.F.A. Campomar. Disponible en: http://www.infoagro.com/abonos/abonos_organicos.htm

Chen, Y. & Aviad, T. (1990). Effects of humic substances on plant growth. In: MacCarthy, P., Clapp, C. E., Malcolm, R. L. & Bloom, P. R. (Ed), *Humic*

substances in soil and crop sciences: Selected readings. 161-186.

Chen, Y., Senesi, N. & Schnitzer, M. (1977). Information provided on humicsubstances by E₄/E₆ ration. *Soil Science Society of America Journal*. Madison, 41, 352-358.

Clapp, C. E., Chen, Y., Hayes, M. H. B. & Cheng, H. H. (2001). Plant growth promoting activity of humic substances. In: Swift, R. S. & Sparks, K. M. (Ed), *Understanding and managing organic matter in soils, sediments and waters*. Madison, WI: Ihss, 243.

Cleland, R. E. (1995). Auxin and cell elongation. In: Davies, P. J., Kluwer, Dordrecht (Ed), *Plant hormones and their role in the plant growth development*. Netherlands, 214-227.

Csicsor, J., Gerce, J. & Titkos, A. (1994). The bioestimulant effect of different humic substance fractions on seed germination. In: Senesi, N. & Miano, T. M. (Ed), *Humic substances in the global environment and implications on human health*. Ensolvier, Amsterdam, 557-562.

Dell'agnola, G., Ferrari, G. & Nardi, S. (1981). Antidote action of humic substances on atrazine inhibition of sulphate uptake in barley roots. *Pesticide Biochemistry and Physiology* 15, 101-104.

Durlo, A. M., Jaques, S. F. & Denardi. (2004). Modelagem da copa de *Cebrela fissilis* Velloso. *Revista de Ciencia Forestal*, 2(14), 79-89.

- Durlo, A. M. (2001). Relaciones morfométricas para *Cabrela canjerana* (Well.) Mart. *Revista de Ciencia Forestal*, 11(1), 141-149.
- Durlo, A. M. & Denardi. (1998). Morfometría de *Cabrela canjerana* (Well.) Mart. Em mata secundaria nativa do Rió Grande do Sul. *Revista de Ciencia Forestal*, 1(8), 55-66.
- Dzib, E. R. & Uribe, V. G. (2006). Fuentes de fertilizantes y su respuesta en el rendimiento y calidad del chile habanero. *Memoria de la Primera Convención Mundial del Chile*. 230 p.
- Enkerlin, E., Cano, G., Garza, R. & Vogel, E. (1997). Ciencia ambiental y desarrollo sostenible. International Thomson, Pp. 690.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). (2007). Utilización de las rocas fosfóricas para una agricultura sostenible. ISBN 9789253050307. Job Number Y5053/S. Número en series, 13 Boletines FAO.
- Frias, I., Caldeira, M. T., Pérez, C. J. R., Navarro, A. J. P., Culiánez, M. F. A., Kuppinger, O., Stransky, H., Pages, M., Hager, A. & Serrano, R. (1996). A major isoform of the maize plasma membrane H⁺-ATPase: Characterization and induction by auxin in coleoptiles. *Plant Cell* (8), 1533-1544.
- Fujitake, N. & Yanagi, (2003). Relation between biostability and chemical properties of soil humic substances. *Goldschmidt Conference Abstracts*. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/241495502>
- Garcés, N.; Marbot, R.; García, L.; Díaz M. M. & Sánchez-Andreu, J. (2003). Sustancias con actividad biológica sobre las plantas en el producto Liplant (humus líquido). *Resúmenes V Encuentro de la Agricultura Orgánica de la Actaf*. La Habana, Cuba. 71 p.
- García-Mina, J. M. (2000). The influence of certain basic physical and chemical properties of different humic system-metal complexes on the development and mineral nutrition of plants cultivated in alkaline and lime soils. II Conditions of maximum conformational affinity. *Proceedings at 10th International Meeting of the International Humic Substances Society (IHSS 10)*, Toulouse, France, (2).
- Gómez, M. (2004). *Estudio de bionematicidas y biofertilizantes solos y combinados en el manejo de Radopholus similis en banano (Musa AAA) en la provincia de Cañar* (Tesis de grado). Guayaquil, Ecuador: Universidad Agraria del Ecuador, 23 p.
- Hammond, L. & Day, D. P. (1992). Phosphate rock standardization and product quality. In: Bachik, A. T. & Bidin, A. (Ed). *Proceeding of a workshop on phosphate source for acid soils in the humidic tropic of Asia*. Kuala Lumpur, Malaysian, 73 - 89.

- Honorato, R. (2000). *Manual de edafología*. Chile: Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Hsiao, C. T. & Breatford, J. K. (1983). *Physiological consequences of cellular water deficits. Limitation to efficient water use in crop production*. Londres. 265 p.
- Huelva, R., Ruiz, E., Garcés, N., Ramos, A. & León, P. (2002). Evaluación de la bioactividad del humus líquido obtenido a partir de vermicompost en el cultivo de la soya (*Glycine max*; var: INCASOY-24). *Primer Encuentro Provincial de Agricultura Orgánica, Actaf. Resúmenes*. La Habana: Inca. 111 p.
- Ibáñez, J. (2009). Artículo principal. Abonos. Recuperado de <http://weblogs.madrimasd.org/universo/archive/2007/04/10/63196.aspx>
- ICA (Instituto Colombiano Agropecuario). (2007). Comercialización de fertilizantes y acondicionadores de suelo. *Producción, ventas, importación y exportación. Boletín Técnico*. Internacional Thomson Editores.
- Kononova, M. (1982). *Materia orgánica del suelo: su naturaleza, propiedades y métodos de investigación*. Barcelona: Oikos-iau, 36 p.
- Landis, T. D. (1989). Mineral nutrients and fertilization. In: Landis, T. D., Tinus, R. W., McDonald, S. E. & Barnett, J. P. *The Container Tree Nursery Manual*, 4. *Agric. Handbbk-674*. Washington, D C: U.S. Department of Agriculture, Forest Service: 1-67.
- Mackowiak, C. L., Grossl, P. R. & Bugbee, B. G. (2001). Beneficial effects of humic acid on micronutrient availability to wheat. *Soil Science Society of American Journal* (65), 1744-1750.
- Martínez-Estévez, M., Ruiz-Lau, N., May-Uluac, R. E., Guzmán, A., Quintal-Tun, F. & Pacheco-Arjona, R. (2006). Dynamics and distribution of nutrients during the development of plantlets of habanero pepper. *HortScience*. 41(2): 477-479.
- Mosquera, M. F. (2009). *Abonos orgánicos y bioles*. Entrevista, Administrador hacienda Florida, vía Naranjal-Santa Rosa de Flandes.
- Muscolo, A. & Nardi, S. (1999). Effetti di due frazioni umiche sul metabolismo azotato di cellule di *Daucus carota*. En: *Le ricerche di base e le applicazioni delle sostanze umiche alle soglie del 2000*. Alghero, Italy: IV Convengo Nazionale dell'IHSS, 26-28 Maggio, 103-106.
- Nardi, S., Pizzeghello, D., Muscolo, A. & Vianello, A. (2002). Physiological effects of humic substances on higher plants. *Soil Biology & Biochemistry*, 34, 1527-1536.
- Nardi, S., Concheri, G. & Dell'Agnola, G. (1996). Biological activity of humus. In: Piccolo, A. (Ed), *Humic substances in terrestrial ecosystems*. Enslevier, Amsterdam, 361-406.

- Nardi, S., Pizzeghello, C., Ferrarese, L., Trainotti, L. & Casadoro, G. (2000). A low molecular weight humic fraction on nitrate uptake and protein synthesis in maize seedlings. *Soil Biology & Biochemistry*, 32 (3), 415-419.
- Nardi, S., Pizzeghello, D., Bragazza, L. & Gerdol, R. (2003). Low-molecular-weight organic acids and hormone-like activity of dissolved organic matter in two forest soils in N Italy. *Journal of Chemical Ecology*, 9(7), 1549-1564.
- Nigoul, M. (2009). *Función de la materia orgánica en el suelo*. Recuperado de <http://www.manualdelombricultura.com/foro/mensajes/11880.html>
- Okorokova-Façanha, N. A. & Rocha, F. A. (s.f.) Humic acids isolated from earthworm compost enhance root elongation, lateral root emergence, and plasma membrane H⁺- ATPase activity in maize roots. *Plant Physiology*, 130, 1951-1957.
- Peil, R. M. & Gálvez, J. L. (2005). Reparto de materia seca como factor determinante de la producción de las hortalizas de fruto cultivadas en invernadero. *Agrociencia*, 11 (1), 5-11.
- Pizzeghello, D., Sessi, E., Muscolo, A., Albuzio, A & Nardi, S. (2000). High and low apparent molecular size humic substances affecting plant metabolism. *Proceedings at 10th International Meeting of the International Humic Substances Society (Ihss 10)*, 24-28 July 2000. Toulouse, France.
- Quaggiotti, S., Ruperti, B., Pizzaghello, D., Francioso, O., Tugnoli, V. & Nardi, S. (2004). Effect of low molecular size humic substances on nitrate uptake and expression of genes involved in nitrate transport in maize (*Zea mays* L.). *Journal of Experimental Botany*, 55(398), 803-813.
- Ramos, R. R. (2000). *Aplicación de sustancias húmicas como productos de acción bioestimulantes. Efectos frente al estrés salino* (Tesis de doctorado). Valencia, España.
- Rincón, L., Sáez, J., Balsalobre, E. & Pellicer, C. (1994). Crecimiento y absorción de nutrientes del pimiento grueso en cultivo bajo invernadero. *Invest. Agr. Prod. Prot. Veg.* 10(1): 47-58.
- Salisbury, F. B. & Ross C. F. (1994). *Plant physiology*. Belmont, California: Wadsworth Pub. Comp. Inc.
- Sánchez, J. M. (1996). Instrumentos económicos de protección ambiental. *Planeación y Desarrollo*, 27(2), abril-junio 1996.
- Santos, G. A. & Camargo, F. A. (1999). Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais. Porto Alegre: Gênese, FAO. p.9-26.
- Schenck, C. A. (1966). Necesidad de fertilizantes en la producción maderera. *Depósito de documentos de la FAO*. Recuperado de <http://www.fao.org/docrep/44279s/44279s09.htm>

- Stevenson, F. J. (1994). *Humus chemistry. Genesis, composition, reactions*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Taíz, L. & Zeigler, R. (2003). *Plant physiology*. California: Ed. Sinauer Associates Inc.
- Upme. (2005). *Análisis de la estructura productiva y mercados de la roca fosfórica*. (Informe final, contrato 1571-08-2005).
- Vaughan, D. (1986). Effetto delle sostanze umiche sui processi metabolici delle piante. In: Burns, R. G., Dell'Agnola, G., Miele, S., Nardi, S., Savaini, G., Schitzer, M., Sequi, P., Vaughan, D. & Visser, S. A. (Ed), *Sostanze Umiche Effetti sul terreno e sulle piante*, Roma: Ramo Editoriale degli Agricoltori, pp 59-81.
- Vaughan, D. & Malcolm, R. E. (1985). Influence of humic substances on growth and physiological processes. In: Vaughan, D. & Malcolm, R. E. (Ed), *Soil organic matter and biological activity*. Martinus Nijhoff Pub, Dordrecht, 37-76.
- Veliz, L. C. (2009). *Abonos orgánicos líquidos*. Entrevista, Asesor técnico hacienda Yahumin, km 90 vía Costa.

Propuesta para la Transformación de Residuos Orgánicos a través de Compostaje y Lombricompost en Huertas y Jardines Agroecológicos en Poblaciones Vulnerables

Proposal for the Organic Waste Transformation through Composting and Worm Compounding in Vegetable Gardens and Agroecological Gardens in Vulnerable Populations

Agudelo-Gutiérrez, Luz Dary.¹

¹Jardín Botánico de Bogotá - JBB, Colombia

Luz_dary_agudelo@hotmail.com

Fecha de recepción: julio de 2016 / Fecha de aceptación: noviembre de 2016

Resumen

Si bien no existe un corpus teórico claro y determinado en torno a la agricultura urbana, este concepto reúne en la práctica aspectos teóricos, metodológicos e instrumentales de distintas disciplinas de los ámbitos social, económico, ecológico y espacial. Dado su carácter transdisciplinario, es una estrategia potencial de intervención sobre el territorio orientada a la recuperación integral de ambientes urbanos y periurbanos. En este contexto, el objetivo de este estudio fue implementar la agricultura urbana como estrategia pedagógica y didáctica para la formación en producción y consumo de alimentos sanos, tendientes a la seguridad alimentaria. Para realizar la propuesta de los diseños que potencialmente se implementarían como huertas y jardines agroecológicos, se realizó una validación participativa (con la comunidad y el apoyo de los profesionales presentes en la zona) con el fin de promover el conocimiento y lograr la apropiación del proyecto por parte de la comunidad. Cabe resaltar que esta iniciativa tiene como fin el aprovechamiento de los terrenos baldíos en procesos de agricultura urbana, con un incremento de la biodiversidad con jardinería y fortalecimiento de la seguridad alimentaria.

Palabras clave: agricultura urbana, pedagogía, ambiente, validación participativa.

Abstract

Although there is no clear and determined theoretical corpus about Urban Agriculture, this concept brings together in practice theoretical, methodological and instrumental aspects of different disciplines of the social, economic, ecological and spatial. It is, given its transdisciplinary nature, a potential strategy of intervention on the territory oriented to the integral recovery of urban and peri-urban environments. In this context, the objective of this study was to implement urban agriculture as a pedagogical and didactic strategy for training in production and consumption of healthy foods, aimed at food security. To carry out the structuring of the proposal of the designs that could potentially be implemented as agroecological gardens and gardens, a participatory validation was carried out (with the community and the support of the professionals present in the area) in order to promote knowledge and achieve appropriation of the project by the community. It should be noted that this initiative aims to take advantage of vacant land in urban agriculture processes with an increase in biodiversity with gardening and strengthening of food security.

Keywords: urban agriculture, pedagogy, environment, participatory validation.

Introducción

En términos generales, la agricultura urbana (AU) considera el cultivo, el procesamiento, la distribución y el consumo de productos agrícolas dentro del área de la ciudad, empleando con fines productivos recursos insuficientemente utilizados, como terrenos baldíos, aguas residuales tratadas, desechos reciclados y mano de obra desempleada. Incluye no sólo la producción de vegetales comestibles, como frutas y hortalizas, sino también una amplia gama de especies destinadas a la medicina natural, así como fibras vegetales para cestería y floricultivos, entre otros. Además, distintas experiencias de agricultura en las ciudades incorporan, junto al cultivo de plantas, actividades de crianza de animales menores y acuicultura.

Según informes de la FAO (2006), se calcula que unos 800 millones de habitantes de ciudades de todo el mundo participan en actividades relacionadas con AU, que generan ingresos y producen alimentos. Una combinación de datos de censos nacionales, encuestas por hogares y proyectos de investigación de diversas agencias señalan que hasta dos tercios de los hogares urbanos y periurbanos participan en la agricultura mediante programas gubernamentales locales, institucionales, comunitarios o familiares.

Para López (2007), la agricultura urbana en el contexto escolar permite la aplicación de la información y del conocimiento contenidos en el currículo de ciencias naturales a través de las tareas cotidianas; la agricultura urbana articula las ciencias

naturales con otras áreas del conocimiento como las ciencias sociales, pues vincula al estudiante con temáticas como el manejo del capital, problemas alimenticios de los hogares colombianos, así como situaciones de desplazamiento y abandono de los cultivos por parte de los campesinos y sus familias.

Este proyecto involucra también el área de matemáticas, pues la construcción de gráficas permite a los estudiantes observar el crecimiento de las hortalizas, teniendo en cuenta las variables tiempo y longitud. Otra de las áreas involucradas fue la de humanidades; los estudiantes presentaban informes escritos en los que se evaluaba la redacción, la caligrafía, la ortografía, además de la expresión comunicativa en el marco de eventos escolares donde los estudiantes socializaron las temáticas de la agricultura urbana.

En el contexto de las ciudades latino-americanas, el fenómeno de la AU se caracteriza por su gran adaptabilidad y movilidad, sirviendo de base alimentaria y económica a las comunidades urbanas y periurbanas en condiciones de pobreza, a través del desarrollo creativo de estrategias agroproductivas que contribuyan a mejorar la calidad nutricional de su dieta alimentaria, y también a liberar ingresos de su canasta familiar que pueden ser destinados a la obtención de otros servicios necesarios.

Pero el ámbito de incumbencia de la AU no se limita exclusivamente al nivel de subsistencia. También incorpora la posibilidad de cultivos recreativos y de autoconsumo en grupos socioeconómicos

medios, de operaciones comerciales de pequeña escala para microempresarios y familias, y actividades terapéuticas y educativas, mediante el desarrollo agrícola en patios traseros, terrazas, balcones, jardines escolares, hospitales, prisiones y otros establecimientos (Mougeot, 2006).

Materiales y Métodos

Para realizar la estructuración de la propuesta de los diseños que potencialmente se implementarían como huertas y jardines agroecológicos, se realizó una validación participativa (con la comunidad y el apoyo de los profesionales presentes en la zona) con el fin de promover el conocimiento y lograr la apropiación del proyecto por parte de la comunidad. Cabe resaltar que esta iniciativa pretende generar el aprovechamiento de los terrenos baldíos en procesos de agricultura urbana con un incremento de la biodiversidad con jardinería.

A continuación se relacionan aquellos elementos que fueron tenidos en cuenta a la hora de seleccionar los terrenos que se ajustaban a las necesidades del proceso de establecimiento de huertas y jardines agroecológicos. Estos elementos son:

Información general del terreno a intervenir.

Como información general se deben contemplar aspectos tales como: zona, localidad, extensión, tenencia de la tierra, condiciones climáticas, precipitación anual, temperatura media, altitud, topografía,

influencia de otros factores y humedad relativa.

Mapa de acceso al terreno. Declarar las vías de acceso al terreno; el conocimiento de las vías de acceso permite programar de forma efectiva la movilización de personal, materiales e insumos.

Historia o trayectoria del terreno. Conocido como historial de campo, incluye el uso del suelo en el tiempo.

Características del suelo. PH predominante, problemas de humedad y capa efectiva.

Otros elementos. Disponibilidad de agua para riego, presencia de animales mayores o menores, presencia de vectores y otros elementos relevantes.

Resultados y Análisis

Con el fin de dar respuesta a los requerimientos de las diferentes zonas a impactar, a continuación, se presentan diseños ajustados a la línea de compostaje (compostaje en módulos y pilas) con y sin cubierta, así como el establecimiento de lombricompost como alternativa para la descomposición de la materia orgánica. Los diseños propuestos pueden variar en dependencia del área que se disponga para el montaje *in situ*, pues en caso de que los terrenos sean pequeños se podrían realizar ajustes a los modelos para que aún bajo esas condiciones puedan ser productivos.

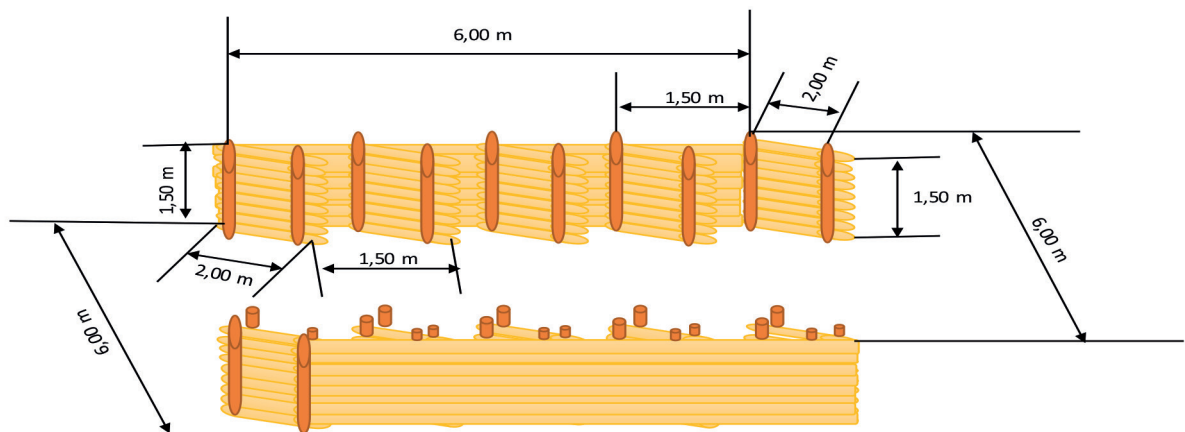


Figura 1. Bloque de ocho módulos de compost en paralelo (cuatro por cada lado)

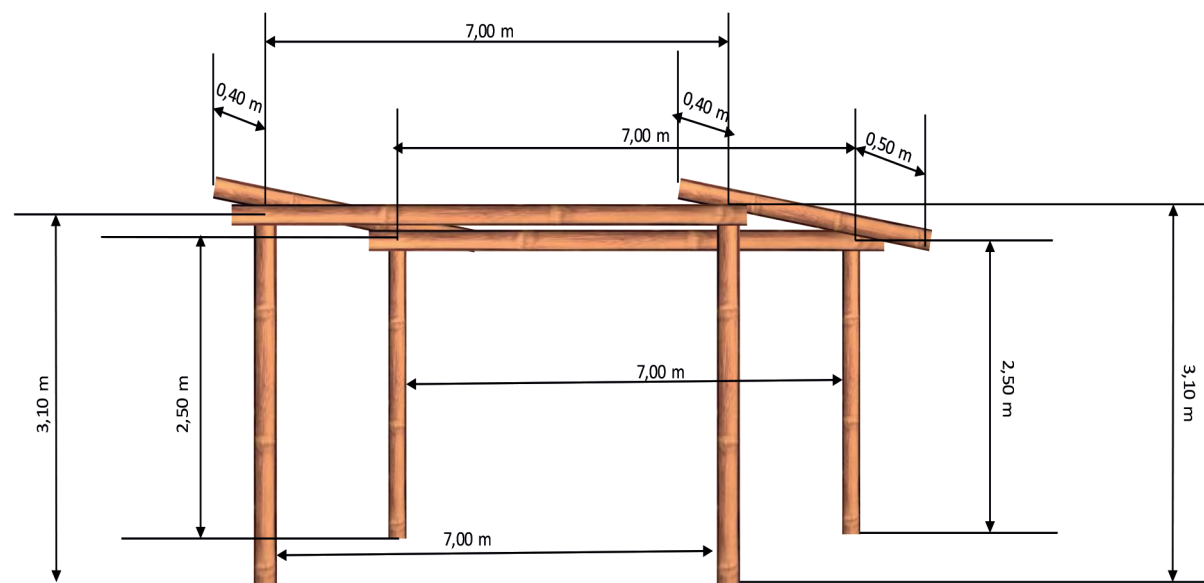


Figura 2. Estructura para la protección de bloque de ocho módulos de compost en paralelo (también para módulos de lombricompost) con cubierta de polietileno y polisombra

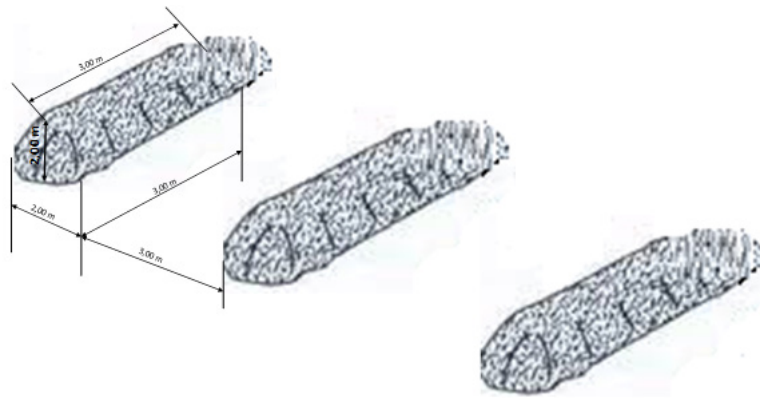


Figura 3. Modelo para la producción de compost en pilas (módulos de tres pilas)

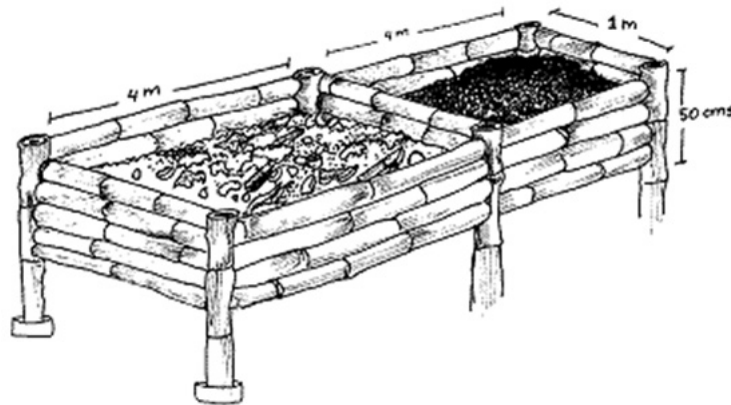


Figura 4. Modelo para la producción de lombricompost en cajones

Después de proponer los diseños a la comunidad de Nodo Cerros - Corinto y ser aceptados por la misma, se estandarizaron los diseños para la implementación del proceso de compostaje. Estos diseños estandarizados pueden observarse en las siguientes figuras.

La propuesta técnica de procesos de compostaje está conformada por metodologías preexistentes con ajustes a las diferentes zonas productivas. El método base, conocido como método

Indore es un método de transformación de residuos orgánicos desarrollado por el botánico inglés Albert Howard (1873-1947), pionero de la agricultura ecológica y personaje protagonista en los principios del movimiento ecologista. Considerado el padre de la agricultura ecológica moderna, trabajó en la India como asesor en agricultura y estuvo al frente de una granja de investigación del gobierno en Indore. [] Después de estudiar la agricultura hindú tradicional pasó a ser partidario de ella en detrimento de la agricultura convencional.

Aunque viajó a la India para enseñar las técnicas agrícolas de Occidente descubrió que, definitivamente, los hindúes podían enseñarle más a él. Un aspecto importante

del que se dio cuenta fue la conexión entre los terrenos de cultivo sanos y la población, el ganado y las cosechas sanas.

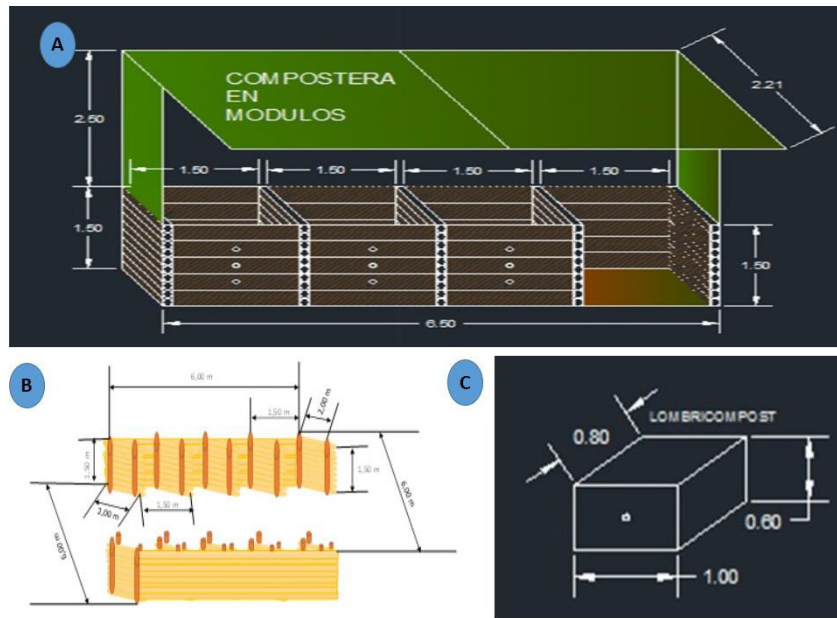


Figura 5. Prototipo de transformación de residuos orgánicos (Nodo Cerros-Corinto)

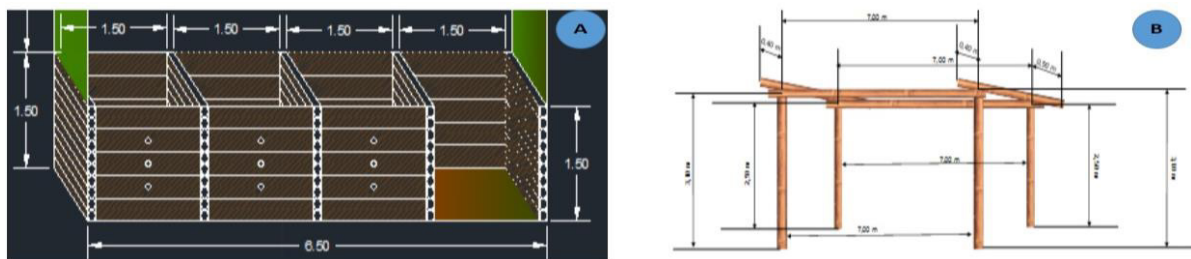


Figura 6. A. estructura en guadua para cajones con tapa y cerradura. B. Estructura para protección de bloques de módulos de compost (cubierta de polietileno- polisombra).

Adicionalmente a los prototipos para la producción de las diferentes alternativas de biofertilizantes o acondicionadores de suelo, se propone a continuación el diseño de huerta ajustable a diferentes topografías.

Este diseño de huerta puede surtir cambios en el proceso de concertación con la comunidad y con las condiciones particulares del terreno.

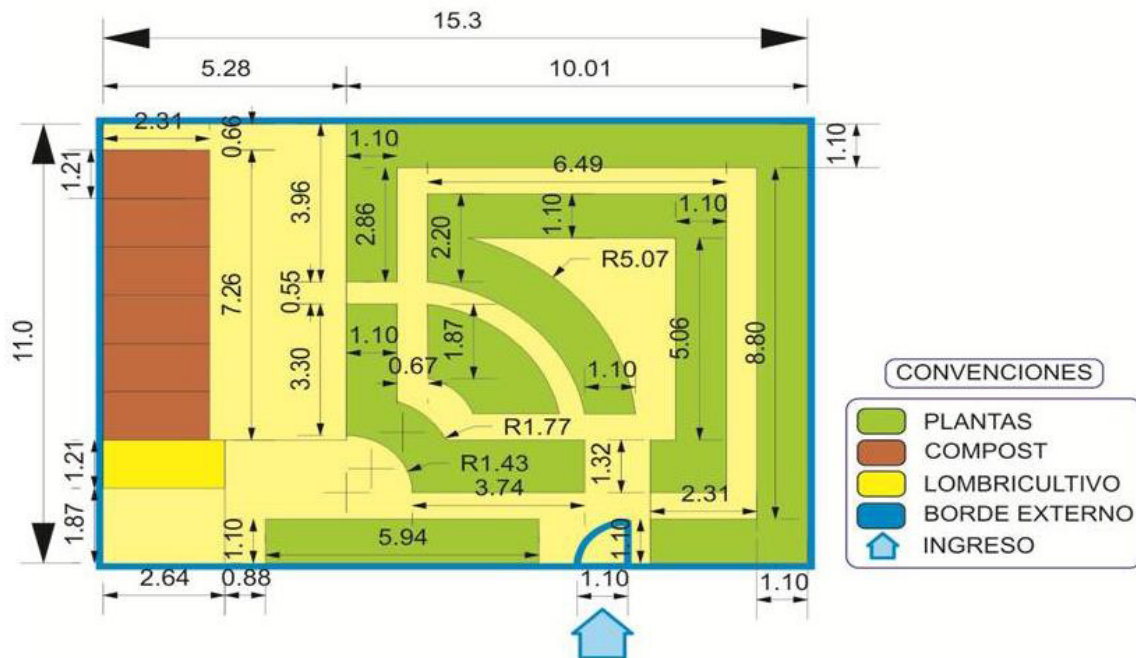


Figura 7. Diseño estándar de huerta

Es un método tradicional de obtención de compost a partir de la implementación de pilas de un metro cuadrado de área. Este modelo fue volteado de forma semanal en las Unidades Integrales de Agricultura Urbana - Uicau seleccionadas. A la fecha, ambos espacios presentan un buen proceso de descomposición, ya no se ven residuos orgánicos enteros, la temperatura promedio se encuentra en 27° Celsius, aproximadamente, y no hay mal olor. A continuación, se muestra el registro fotográfico de la instalación y el seguimiento del método en la Uicau CAD Despertar.

Conclusiones

Aplicar procesos de descomposición de la materia orgánica de forma agroecológica, en el contexto de la AU se convierte en una estrategia educativa de articulación, participación e integración ciudadana, y al mismo tiempo permite ver a la AU como fuente de producción alternativa y sustentable de alimentos.

Referencias Bibliográficas

- Carrasco, M. T. (2007). Apoyo al fortalecimiento de la educación ambiental en el departamento de Córdoba. *Textos*. Bogotá, D.C. Colombia.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). (2006). Estudios realizados por agencias tales como la RUAF Foundation (Resource centres on Urban Agriculture and Food security), y el IDRC (International Development Research Centre) en contexto urbano. Material inédito.
- Fernández, I. (2007). Construcción de una escala de actitudes tipo Likert. Barcelona: Centro de investigación y asistencia técnica de Barcelona. Recuperado de http://www.mtas.es/insht/ntp/ntp_015.htm
- Granados, O. S. C. (2007). *Retos de la gestión ambiental en el establecimiento de huertos urbanos domésticos y comunitarios* (Tesis de maestría). Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana, Maestría en Gestión ambiental.
- Torres, M. (s.f.). L'éducation relative á l'environnement á Colombie: Un contexte de participation et de projection pour Le renforcement de l'action locale. En: *Education relative a l'environnement. Revue: regards, recherches, reflexions*. Montreal, Canadá.
- López, C. C. A. (2007). *Aportes de la agricultura urbana para el avance en el cambio cultural de la comunidad educativa del colegio Chuniza - IED como estrategia de educación ambiental* (Trabajo de grado para optar al título de Especialista en Educación y gestión ambiental). Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Mougeot; Luc, (2006). *Growing better cities. urban agriculture for sustainable development*. Ottawa, Canadá: IDRC (International Development Research Centre).
- Paredes, C. M. (2006). *Agroecología urbana: aplicaciones al diseño y puesta en marcha de procesos productivos en los barrios La Belleza, Juan Rey y San Pedro, de la localidad IV de San Cristóbal, Bogotá D.C.*, (Tesis de grado). Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana, Carrera de Ecología.
- Sahuquillo, E., Jiménez, A., Domingo, F. & Álvarez, M. (1993). Un currículo de ciencias equilibrado desde la perspectiva de género. En: *Revista Enseñanza de las Ciencias*, 11 (1), 51-58.
- Tremínio, R. (2004). *Experiencias en agricultura urbana y peri-urbana en AméricaLatinayelCaribe.Necesidades de políticas e involucramiento institucional*. Recuperado de <http://www.rlc.fao.org/es/agricultura/aup/pdf/expe.pdf>
- Veiga, D. (2000). *Notas para una agenda de investigación sobre procesos*

emergentes en la sociedad urbana.
En: Torres Ribeiro, A. C. (Comp.),
Repensando la experiencia urbana de

América Latina: cuestiones, conceptos y valores. Buenos Aires, Clacso, 19-33.

A los autores

La revista *Journal of Research in Engineering Sciences* publica artículos que cumplen con los criterios internacionales de calidad académico-científica, en los cuales se presentan elementos relevantes como la referenciación bibliográfica, las metodologías con base en el diseño experimental científico y el soporte estadístico. Además, el soporte teórico en la discusión de los resultados y conclusiones que aporten al desarrollo sostenible de la sociedad y el ambiente. Los trabajos que se presenten deben ser originales, inéditos, no estar a consideración de otra revista y su contenido debe ser responsabilidad exclusiva de los autores, sin comprometer en forma alguna a la revista. Así mismo, en ella se podrán publicar en inglés, los trabajos originalmente escritos en esa lengua, aunque el idioma oficial de la revista es el español. Se debe especificar a qué tipo de artículo corresponde la propuesta:

- a. **Artículo de investigación científica y tecnológica:** documento que presenta, de manera detallada, los resultados originales de proyectos de investigación. La estructura generalmente utilizada contiene cuatro apartes importantes: introducción, metodología, resultados y conclusiones.
- b. **Artículo de reflexión:** documento que presenta resultados de investigación desde una perspectiva analítica, interpretativa o crítica del autor, acerca de un tema específico, recurriendo a fuentes originales.
- c. **Artículo de revisión:** documento resultado de una investigación donde se analizan, sistematizan e integran los resultados de investigaciones publicadas o no publicadas, sobre un campo de la ingeniería, haciendo énfasis en la sustentabilidad ambiental y en el desarrollo regional con enfoque territorial. Lo anterior, con el fin de dar cuenta de los avances y las tendencias de desarrollo. Se caracteriza por presentar una cuidadosa revisión bibliográfica de al menos, 50 referencias.

Los trabajos y la correspondencia pueden ser enviados al editor a la siguiente dirección:

Editor Journal of Research in Engineering Sciences.

e-mail: journalofresearch@uniagraria.edu.co

Teléfono: 57 (1) 6671515 ext. 158.

Facultad de Ingeniería.

Fundación Universitaria Agraria de Colombia- Uniagraria.
Calle 170 No. 54A - 10, Villa del Prado. Bogotá, Colombia.

El Comité editorial de la publicación *Journal of Research in Engineering Sciences* considerará los siguientes aspectos para aceptar o rechazar en primera instancia los artículos elegidos para su publicación.

Solicitamos a nuestros colaboradores que tengan presente estas recomendaciones:

- a) El documento, con excepción de la primera página, no debe contener información que permita identificar a los autores.
- b) Los artículos deberán ser enviados a la revista en el formato establecido por la misma y en forma digital.
- c) Las notas de pie de página son de uso exclusivo de la editorial de la revista, no pueden ser empleadas, con el fin de presentar la bibliografía.
- d) Los autores deben estar en la capacidad de suministrar la información requerida por parte de los evaluadores.
- e) Los artículos que desean postularse para publicación se recibirán continuamente todo el año, sin embargo el envío de los artículos no obliga al Comité editorial de la revista *Journal of Research in Engineering Sciences* a realizar su publicación.
- f) Posteriormente se iniciará la evaluación con el envío de copia del material a dos expertos en el tema que sean miembros del Comité científico asesor, para que de manera independiente conceptúen sobre la posible publicación del trabajo, considerando los siguientes criterios: calidad o nivel académico, originalidad, aporte al conocimiento y a la docencia, claridad en la presentación, claridad de la redacción y de la literatura, interés y actualidad del tema.
- g) Una vez recogidas las evaluaciones, que pueden ser de aceptación plena, aceptación con modificaciones o rechazo, los resultados son comunicados al autor para que de ser necesario realice los ajustes o modificaciones correspondientes; cuando el autor incorpora las modificaciones solicitadas por los evaluadores, los artículos se envían a un corrector de estilo para iniciar con el proceso de edición.
- h) El artículo no puede aparecer en ningún medio masivo de comunicación, sin la autorización expresa de la Decanatura de la Facultad de Ingeniería de la Fundación Universitaria Agraria de Colombia – Uniagraria.

Journal of Research in Engineering Sciences

Publicación de la Fundación Universitaria
Agraria de Colombia, UNIAGRARIA.
Editado en la ciudad de Bogotá por
Entrelibros e-book solutions
Bogotá - 2017

Contenido

Editorial	7
Ing. Gloria González Blair	
Área de Tecnología y Civil	9
Diseño y Construcción de un Sistema de Sujeción Bioinspirado para el Aumento del Área de Contacto en Manipuladores Robóticos.	11
Cruz, G. W.; Cháves, G. C.; Bulla, C. B.; Yepes, R. C.	
Adquisición Electrónica de la Señal Electromiográfica - Fase 1	21
Olarte, L. N.; Orrego, M. C.; Serna, G. S.; Villabón, P. X.	
Comparación de un Curado Adecuado del Concreto Normal entre Antisol, Humedecimiento Constante y Especímenes sin Curar	31
Ruiz, O. V.; Burgos, D.	
Área Agroindustrial y de Alimentos	43
Obtención de Pellets Absorbentes a Base de Aserrín de Raque (<i>Vallea stipularis</i> L.), Especie Presente en el Municipio de Tenjo, Cundinamarca	45
Pineda, A.; Zuluaga, C.	
Evaluación del Proceso de Deshidratación Osmótica de Dos Variedades de Mango (<i>Mangifera indica</i> L.)	57
Martínez, E. A.; Castañeda, D.; Puello, N.; Torregroza, A. C.	
Efecto de la fermentación Láctica sobre las Características Físicoquímicas de un Complemento Nutricional para Aves, Elaborado a partir de Polen Apícola	65
Bautista, J.; Zuluaga, C. M.	
Diseño de un Producto Balanceado en Pellets para Alimentación de Cerdos en Fase de Engorde a base de Subproductos de la Quínoa (<i>Chenopodium quínoa</i>)	75
Patiño, P. A.; Zuluaga, C. M.	
Área Agrícola	85
Evaluación del Efecto de un Extracto de Vermicompost en el Cultivo de Lechuga (<i>Lactuca sativa</i> L.)	87
Suárez, M.; Hernández, O. L.; Ortiz, J.; Puentes, A. E.; Marín, O. Suárez, D.	
Propuesta para el Manejo Nutricional en <i>Cedrela montana</i> Moritz ex Turcz.	101
Suárez, D.; Marín, O.; Agudelo, L. D.; Suárez, M.	
Propuesta para la Transformación de Residuos Orgánicos a través de Compostaje y Lombricompost en Huertas y Jardines Agroecológicos en Poblaciones Vulnerables	117
Agudelo, L. D.	
Instrucciones para los autores	127