



Año II, Vol. 2, Núm. 3 · Septiembre - Diciembre de 2005, Buenavista, Saltillo, Coah.

***Editorial***

***Aportaciones de la Biotecnología al Incremento  
en la Producción Agrícola***

***Pág. 5***

***Origen, Importancia y Aplicación de Vermicomposta  
para el Desarrollo de Especies Vegetales***

***Pág. 15***

***Aplicación del Costeo Basado en Actividades (ABC)  
en la Determinación de un Índice de Calidad del Agua***

***Pág. 29***

### **Comité Editorial**

**Dr. Miguel A. Capó Arteaga**  
Editor en Jefe

**Dr. Jesús Valdés Reyna**  
Editor Ejecutivo

### **Editores Técnicos**

**Dr. José L. Puente Manríquez**  
Fitomejoramiento, Unidad Laguna

**Dr. Raúl Rodríguez García**  
Riego y Drenaje

**Dr. Jesús M. Fuentes Rodríguez**  
Producción Animal

## DIRECTORIO

**Dr. Eladio Heriberto Cornejo Oviedo**  
Rector

**Ing. Lorenzo Castro Gómez**  
Secretario General

**Raul Villegas Vizcaíno**  
Director General Académico

**M. C. Alfredo Sánchez López**  
Director de Investigación

**Dr. Alfredo de la Rosa Loera**  
Subdirector de Programación y Evaluación

**M. C. José A. Nájera Castro**  
Subdirector de Operación de Proyectos

## UNIDAD LAGUNA

**Dr. Armando Espinoza Banda**  
Subdirector de Investigación

**M. C. Francisca Sánchez Bernal**  
Area de Programación, Operación y Evaluación Científica

**Ing. Enrique L. Hernández Torres**  
Area de Operación Programas y Proyectos de Investigación

**Diseño y Formación**  
Miguel A. Estrada Villarreal

**Colaboradores**  
M. C. Ricardo Cuéllar Flores  
M. C. José H. Rancaño Arrijoja  
Dr. Rubén López Cervantes

---

*Agraria -Nueva Epoca-* es una publicación científica, cuatrimestral, de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, con domicilio conocido en Buenavista, Saltillo, Coah., México y se imprime en sus Talleres Gráficos.

Tiraje digital (PDF) para su distribución en medios múltiples.

[http://www.uaaan.mx/DirInv/portal\\_agraria/portal.htm](http://www.uaaan.mx/DirInv/portal_agraria/portal.htm) · email: [agraria\\_ne@uaaan.mx](mailto:agraria_ne@uaaan.mx)

Tel (844) 411-02-00, Ext. 2404 · Fax 411-02-11

*Agraria -Nueva Epoca-* está indexada en Latindex (Directorio de publicaciones Científicas seriadas de América Latina, el Caribe, España y Portugal), <http://www.latindex.org/larga.php?opcion=1&folio=15150> según folio 1550 de fecha 07-03-2006.



---

**Centéotl**, deidad azteca de la agricultura, es una advocación de Chicomecóatl, diosa del maíz. La Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en su afán de rescatar los valores del pasado histórico de México, la ha adoptado como logotipo de su revista científica, como símbolo que evoca y reafirma nuestras raíces culturales

---

## NUESTRA PORTADA.

Composición en la que se muestra un clutivo de maíz.

## Normas Editoriales

### Tipo de materiales para publicación

La revista *Agraria -Nueva Epoca-* acepta, para su publicación, materiales en español e inglés, sobre temas relacionados con las ciencias agrícolas, pecuarias y forestales, incluyendo las áreas de ingeniería, agroindustria y socioeconómicas. Todo material deberá venir acompañado de la solicitud correspondiente.

Estos materiales pueden ser artículos científicos, notas de investigación o ensayos.

Los materiales que se envíen para su publicación deberán ceñirse a las normas que, para tal efecto establezca *Agraria -Nueva Epoca-* y estarán sujetos a revisión y arbitraje por el Comité Editorial de la revista -o por quienes éste designe-, como requisito previo a su publicación.

No se aceptan trabajos ya publicados, o que estén sometidos a consideración en otros medios científicos de difusión.

Es de desear que la realización de la investigación, cuyos materiales sean enviados para su publicación, no exceda de 4 años anteriores a la fecha de su remisión.

### Formato

El respeto a las siguientes indicaciones respecto al formato solicitado facilitará grandemente nuestro trabajo de edición.

### Textos

Los textos, con todos sus anexos, deberán enviarse empaquetados (nosotros preferimos WinZip), sin contraseñas de seguridad, por correo electrónico, escritos en un procesador de textos de uso común (preferimos Word), en formato tamaño carta (21.57 x 27.94 cm), sin sangría, y a renglón seguido, con márgenes de 2.5 cm por lado. Agradeceremos evitar nombres de archivo excesivamente largos o con espacios en blanco. Los textos se redactarán en un tipo formal conocido ttf (True Type Font) tales como Arial, Times New Roman o similares, de 12 puntos. Las notas se escribirán en 9 puntos.

Todos los renglones, incluidos los encabezados, se iniciarán, invariablemente, a partir del margen izquierdo, sin sangría.

Todos los encabezados, independientemente de su orden, se escribirán en altas y bajas, y negrillas.

Los párrafos se escribirán sin pasar renglón entre ellos; para separarlos, a fin de hacer el texto fácil de leer y corregir, se utilizará el formato automático de párrafo del procesador, para darles un espaciado posterior de 6 puntos.

Las palabras no se separarán, en ningún caso, por sílabas. Es conveniente desactivar el comando automático de inserción de guiones (*hyphenation*) de su procesador.

El material no deberá exceder de 520 líneas para artículos científicos y ensayos, y de 200 líneas para una nota científica, incluidos cuadros y figuras.

Las unidades que se empleen serán las del Sistema Internacional de Unidades (<http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/unidades/unidades/unidades.htm>)

Las páginas, al igual que los cuadros y las figuras, se numerarán progresivamente con números arábigos.

**Cuadros y figuras.** Los cuadros y las figuras contendrán sólo la información esencial y en ningún caso repetirán los datos que se presenten en el texto, o en otra forma. Cuadros y figuras deben ser claros, simples, concisos e ilustrativos.

Los cuadros no excederán, en ningún caso, los márgenes de impresión arriba mencionados y deberán presentarse en el cuerpo del texto, con el formato correspondiente, con las columnas separadas por tabulaciones, sin espacios a mano, y en la posición en que se espera que aparezcan, con el número de orden correspondiente.

En los cuadros se empleará sólo el número de cifras significativas necesarias para destacar el punto que se desee.

Los cuadros se realizarán en formato básico con tres líneas horizontales continuas: al inicio del cuadro, al inicio del cuerpo del cuadro (no en el encabezamiento) y al final. El campo y el encabezamiento de las columnas se pueden dividir a conveniencia del autor. No se deben añadir líneas verticales. Los encabezamientos, de columnas y líneas, se escribirán con minúsculas, excepto la primera letra de la oración. Las unidades se colocan debajo de la segunda línea horizontal, como en el ejemplo que se proporciona.

Las figuras tampoco excederán, en ningún caso, los márgenes de impresión establecidos. La posición que vaya a ocupar cada figura, deberá estar indicada en el texto con negrillas, en renglón aparte, con el número correspondiente.

Cada figura se enviará en archivo por separado, en formato tif (compresión LZW), o jpg, con el tamaño exacto en que se pretende que aparezca en la publicación, en una resolución no inferior a 150 pixeles por pulgada, con el número que le corresponda (p. ej: fig 01.jpg).

Los puntos experimentales deberán marcarse visiblemente. Para dividir los ejes, se escogerán intervalos constantes para cada uno. Los mosaicos fotográficos deberán entregarse montados en un solo archivo gráfico (tif, o jpg), totalmente terminados. El aumento de las microfotografías debe indicarse en la leyenda.

En archivo por separado se enviará un listado de las figuras incluidas en el material enviado, con el número de orden y el pie de grabado correspondientes (p. ej.: listafigs.doc)

Las figuras pueden ser fotos a color o en tonos de gris -según sea su original-, gráficas (de preferencia a color), ilustraciones, dibujos, o grabados (de preferencia a color).

Los cuadros deberán redactarse en el mismo procesador de textos y formato señalado arriba.

Las ecuaciones, si las hubiera, se insertarán en el texto con un editor de ecuaciones compatible con su procesador.

### Notas de pie de página

Sólo se podrán utilizar, cuando sean absolutamente indispensables, para identificar información adicional y se numerarán progresivamente en el texto. Los asteriscos se reservarán para indicar significancia a 5% (\*) y 1% (\*\*), respectivamente. En el pie de grabado -o de cuadro- se incluirán las notas o llamadas que sean pertinentes, y serán señaladas con números arábigos.

### Citas bibliográficas

Las citas bibliográficas deberán ser de literatura reciente, relevante y sólo las exclusivamente necesarias para sustentar los planteamientos hechos.

Más detalles en [http://www.uaaan.mx/DirInv/Convoc/conv\\_web/normas.htm](http://www.uaaan.mx/DirInv/Convoc/conv_web/normas.htm), o [http://www.uaaan.mx/DirInv/porta1\\_agraria/porta1.htm](http://www.uaaan.mx/DirInv/porta1_agraria/porta1.htm)

## Contenido

Normas Editoriales / Instructions for authors	2
Convocatoria/ Paper call	4
Editorial / Editorial	
<b>Aportaciones de la Biotecnología al Incremento en la Producción Agrícola</b>	<b>5</b>
Artículos / Articles	
<b>Asociación entre Calidad Proteica de Grano y Poliembriónia en Población Braquítica de Maíz / Association among Grain Quality Protein and Polyembryony in A Dwarf Maize Population</b>	<b>6</b>
<i>Epifanía Lizbeth Valdez Lara, José Espinoza Velázquez, María de la Luz Reyes Vega, Aída E. García Valdés, Humberto de León Castillo, y Antonio Francisco Aguilera Carbó</i>	
<b>Efecto de Inoculación de Semilla de Canola con <i>Azospirillum brasilense</i>, Fertilización Nitrogenada y Azúcar a la Siembra, sobre el Rendimiento de Canola (<i>Brassica napus</i> L.) en Riego / Effect of Inoculation of Canola Seed with <i>Azospirillum brasilense</i>, Nitrogen Fertilization, and Sugar Application on Canola Yield under Irrigation</b>	<b>10</b>
<i>Mario Alberto Cepeda-Villegas, Eulalio Venegas-González, y Blanca Leticia Gómez-Lucatero</i>	
<b>Origen, Importancia y Aplicación de Vermicomposta para el Desarrollo de Especies Vegetales / Origin, Importance and Application of Vermicompost for the Development of Plant Species</b>	<b>15</b>
<i>Alejandro Moreno Reséndez</i>	
<b>Tratamientos para Romper Latencia en Semilla de Dos Especies de <i>Atriplex</i> Bajo Condiciones de Laboratorio e Invernadero / Break Latency Treatments in Seed of Two Species of <i>Atriplex</i> in Laboratory and Greenhouse Conditions</b>	<b>24</b>
<i>Antonio Valdés-Oyervides, Ignacio Ceballos-Rios, María Alejandra Torres-Tapia, Federico Facio-Parra y Leopoldo Arce-García</i>	
<b>Aplicación del Costeo Basado en Actividades (ABC) en la Determinación de un Índice de Calidad del Agua / Application of Activity-Based Costing (ABC) for Determining Water Quality Index</b>	<b>29</b>
<i>Félix Susana Juárez-López, Rafael Rodríguez-Martínez, Héctor Manuel López-Pérez, Joel López-Pérez, Miguel Arenas- Vargas</i>	

## CONVOCATORIA

La Dirección de Investigación de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro

### CONVOCA

a los investigadores, nacionales y extranjeros, interesados en publicar artículos científicos, a enviar sus contribuciones a la revista **Agraria -Nueva Epoca-**, bajo las siguientes bases:

Los trabajos recibidos se someterán al proceso de revisión descrito en las *Normas Editoriales* de la Revista.

Se recibirán contribuciones inéditas de todos los interesados, nacionales o extranjeros, en español o inglés.

Los artículos deberán versar sobre temas de contenido agrícola, pecuario, forestal, y socioeconómico del entorno regional, nacional e internacional.

Las modalidades de publicación son las siguientes:

#### Artículo científico

Es el resultado de un trabajo de investigación en el cual se aplicó, de forma rigurosa, el método científico, estudiando el efecto que tienen diferentes tratamientos sobre la respuesta medible de un sistema, como metodología para comprobar o rechazar una hipótesis claramente establecida en el trabajo.

Los artículos científicos que se envíen deberán constar de las siguientes partes: Título, Título en inglés, Autor(es), Institución(es) de adscripción y datos de localización del autor responsable (domicilio, teléfono, fax, e-mail), Abstract, que es la traducción al inglés del Resumen, incluidas las palabras clave; Resumen, que incluirá al pie las palabras clave hasta un máximo de seis, Introducción, Materiales y métodos, Resultados y discusión, Conclusiones, Literatura citada, Agradecimientos.

#### Ensayo científico

Consiste en el análisis crítico de una recopilación actualizada de artículos científicos, informes de investigación, o materiales similares, en los que el autor o autores aportan su opinión personal sobre un tema, estableciendo conclusiones respecto al estado actual del conocimiento sobre el mismo.

Partes de que consta el Ensayo: Título, Título en inglés, Autor(es), Institución(es) de adscripción y datos de localización del autor responsable (domicilio, teléfono, fax, e-mail), Abstract, que es la versión al inglés del Resumen, incluye las palabras clave, Resumen, incluidas las palabras clave hasta un máximo de siete, Introducción, Desarrollo del tema, con los subtítulos que se estimen convenientes, Discusión, cuando proceda, Conclusiones, Literatura citada.

#### Nota de investigación

Son materiales basados en trabajos experimentales que, sin perjuicio del método y rigor científicos, presentan aspectos metodológicos innovadores o resultados que, por su carácter novedoso, el autor considera de interés publicar antes de finalizar su investigación.

La nota, aunque de menor extensión, cubre todos los aspectos relevantes del proceso de investigación. Su estructura es similar a la del artículo científico, y trata cada uno de sus apartados, con menor profundidad y detalle, aunque no tiene que incluir los encabezados.

La excepción a lo anterior son el Abstract, que se omite, y la Literatura citada, apartado que deberá incluirse expresamente.

De ser necesario, podrán incluirse -también- algún cuadro o ilustración, cuando resulten relevantes para la mejor comprensión de la nota.

Los trabajos a publicar deberán hacerse llegar en versión electrónica, acompañados de una solicitud, de conformidad con las especificaciones marcadas en las Normas Editoriales arriba mencionadas, a la siguiente dirección electrónica: [agraria\\_ne@uaaan.mx](mailto:agraria_ne@uaaan.mx), con atención a:

Editor en Jefe de la Revista Agraria -*Nueva Epoca*-

Dirección de Investigación, UAAAN, Domicilio conocido, Buenavista,

Saltillo, Coahuila, México. CP. 25315

Para mayor información respecto a esta Convocatoria visite [http://www.uaaan.mx/DirInv/portal\\_agraria/portal.htm](http://www.uaaan.mx/DirInv/portal_agraria/portal.htm) para consultas diríjase al Editor en Jefe: [agraria\\_ne@uaaan.mx](mailto:agraria_ne@uaaan.mx).

# Editorial

---

## **Aportaciones de la Biotecnología al Incremento en la Producción Agrícola**

El uso y manejo de residuos orgánicos y biofertilizantes, así como el manejo de algunos aspectos del mejoramiento genético de semillas, buscando mejores características para que la planta optimice su constitución, y se haga más resistente a condiciones medioambientales adversas, para aumentar la producción de alimentos, son el tema predominante de este volumen

En los últimos 20 años, en México, como consecuencia, entre otras cosas, del auge de la agricultura sostenible y sustentable, el uso de residuos orgánicos y biofertilizantes para el aumento en calidad y cantidad de alimentos, se ha ido colocando en un primer lugar en la perspectiva de los investigadores.

Así pues, el apropiado reciclaje de residuos orgánicos, tanto de origen animal como vegetal, los efluentes de animales, y el uso de microorganismos como biofertilizantes, son recursos sumamente valiosos en los sistemas agrícolas debido al interés que generan los resultados obtenidos con su uso y aplicación en los cultivos.

El nutrimento que sirve para que los vegetales formen proteínas -el Nitrógeno- junto con otros elementos complementarios de la nutrición vegetal, pueden ser proporcionados por estos residuos orgánicos, y por los biofertilizantes, para suprimir o reducir al mínimo indispensable el empleo de productos químicos, contribuyendo así a la conservación y al aumento de la calidad del suelo, mejorando, o adicionándole características físicas y químicas.

A partir de los últimos años del siglo pasado, se han alcanzado altos niveles de eficiencia gracias, en gran parte, a los procesos empleados por los científicos en la agricultura, en general, y en la genética, en particular, sobre todo en lo que se refiere al desarrollo de las técnicas de manipulación genética de los vegetales, entre las que destacan los logros de la Biotecnología moderna.

# Asociación entre Calidad Proteica de Grano y Poliembriónía en Población Braquítica de Maíz Enano

Epifanía Lizbeth Valdez Lara<sup>1\*</sup>, José Espinoza Velázquez<sup>1</sup>, María de la Luz Reyes Vega<sup>2</sup>, Aída E. García Valdés<sup>3</sup>, Humberto de León Castillo<sup>1</sup> y Antonio Francisco Aguilera Carbó<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Instituto Mexicano del Maíz, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coah., México. E-mail: lvaldezlara@yahoo.com.mx (\*Autor responsable). <sup>2</sup>Facultad de Ciencias Químicas en la Universidad Autónoma de Coahuila.

<sup>3</sup>Centro de Investigación en Química Aplicada.

---

## Abstract

High frequency polyembryony (PE) belonging to a dwarf maize population (BAP), could be associated to the essential aminoacids content in the grain. The objective of this assay was to establish the probable relation between polyembryony of a population of braquitic maize, and the grain content of lysine, tryptophan and raw protein. The following variables were evaluated: relation between PE and raw protein levels (PC), lysine (LI), and tryptophan (TR). The chemical determinations of these variables, in four generations of selection, were compared (1994; 1997; 2000, and 2003) of BAP, and two witnesses; one of a high protein quality (QPM), and another one representing the common maize. The PC was determined by the Kjeldhal method; LI and TR were quantified via gas chromatography. The data of the treatments, and witnesses, were analyzed under a completely randomized design, with two replications; average comparison via Tukey test ( $P < 0.05$ ) and a linear simple regression analysis to detect possible relations between protein quality and cycles of selection for a high PE. The treatments showed differences ( $P < 0.01$ ) attributable to the genetic diversity, and the changes that the PE has undergone in this population due to the selection. For PC, the material QPM did not overcome the different cycles from BAP groups; whereas generation 2003 was equal to material QPM in the content of LI and approximated like the one of TR. Polyembryony showed a significant and positive relation in the content of LI and TR but not with PC; the gain per generation in aminoacids, LI, and TR was of 1.09 and 0.1 g respectively. The PE in this population turned out to be an alternative route to increase the protein quality of the maize grain.

**Key words:** *Zea mays* L., braquitic, lysine, selection, tryptophan.

## Resumen

La poliembriónía (PE) en alta frecuencia correspondiente a una población de maíz enano (BAP), podría estar asociada al contenido de aminoácidos esenciales en el grano. El objetivo de este trabajo fue establecer la probable relación entre la poliembriónía, de una población de maíz braquítico y el contenido de lisina, triptófano y proteína cruda en el grano. Se evaluaron las siguientes variables: relación entre PE y niveles de proteína cruda (PC), lisina (LI), y triptófano (TR). Se compararon las determinaciones químicas de estas variables en cuatro generaciones de selección (1994; 1997; 2000 y 2003) de BAP y dos testigos, uno de alta calidad proteica (QPM) y otro representando al maíz común. La PC se determinó por el método Kjeldhal; LI y TR se cuantificaron vía cromatografía de gases. Los datos de los tratamientos y testigos se analizaron bajo un diseño completamente al azar, con dos repeticiones; comparación de medias por la prueba de Tukey ( $P < 0.05$ ) y un análisis de regresión lineal simple para detectar la posible asociación entre calidad proteica y ciclos de selección para alta PE. Los tratamientos presentaron diferencias ( $P < 0.01$ ) atribuibles a la diversidad genética, y a los cambios que ha sufrido la PE en dicha población debido a la selección. Para PC, el material QPM no superó los diferentes ciclos de los grupos BAP; en tanto que la generación 2003 fue igual al material QPM en el contenido de LI y aproximado al de TR. La poliembriónía presentó una relación significativa y positiva en el contenido de LI y TR pero no con PC; la ganancia por generación en los aminoácidos LI y TR fue de 1.09 y 0.1 g respectivamente. La PE en esta población resultó una vía alterna para incrementar la calidad proteica del grano de maíz.

**Palabras clave:** *Zea mays* L., braquítico, lisina, selección, triptófano.

## Introducción

El grano de maíz es de importancia mundial ya que se utiliza de diversas maneras en la alimentación humana y animal, así como en la elaboración de productos industriales de aplicación diversa; pobladores de América, algunos de África y Asia consumen maíz como uno de los ingredientes principales de su dieta (Vasal, 1994).

Pese a lo anterior, este grano, al igual que otros cereales, presentan una característica común en su estructura proteica, comúnmente son deficientes en lisina (LI) y triptófano (TR) (Bressani, 1992). Esta es una desventaja nutricional ya que los dos son aminoácidos esenciales para humanos y animales monogástricos, quienes no los sintetizan de manera suficiente y deben obtenerlos de proteínas de origen animal (Martínez *et al.*, 1996).

La importancia del maíz como alimento ha propiciado que diversos grupos de investigación agrícola desarrollen y promuevan nuevas variedades del gen mutante *Opaco-2*, el cual origina cambios en la composición de las proteínas del maíz, incrementando substancialmente los contenidos de LI y TR en el grano. Las variedades en cuestión son las que forman el grupo QPM por sus siglas en inglés (Quality Protein Maize), los cuales se proponen como una vía para mejorar la calidad nutritiva del maíz (Bjarnason y Vasal, 1992; Magnavaca *et al.*, 1989; Pixley y Bjarnason, 1993).

Otra vía probable para incrementar la calidad proteica del grano es a través del fenómeno de poliembriónía (PE), que genera dos o más embriones por semilla, dando origen a mayores contenidos de nutrimentos en el grano; ya que los aminoácidos, forman parte del flujo nutricional que la estructura seminal suministra al embrión, propiciando que éste se desarrolle en una planta en su oportunidad; por lo tanto, si el grano desarrolla más de un embrión es de esperarse que el endospermo se obligue a sintetiza mayor cantidad de aminoácidos, los cuales se integran de algún modo a las estructuras del embrión (Pesev y Petrovic, 1976).

En este contexto, el objetivo de este estudio fue establecer la probable relación entre la poliembriónía, de una población de maíz braquítico y el contenido de lisina, triptófano y proteína cruda en el grano.

## Materiales y Métodos

El trabajo incluyó cuatro generaciones de selección recurrente de medio hermanos (ciclos: 1994, 1997, 2000 y 2003) de una población braquítica de alta poliembriónía (BAP) generada en el Instituto Mexicano de Maíz Dr. Mario E. Castro Gil (IMM) de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN). En el periodo, el fenómeno ha presentado una ganancia aproximada anual

de 1.4 %, alcanzando 60 % de PE para el año 2004. Otros materiales utilizados en el trabajo fueron: la población 63 del CIMMYT, mejorada para alta calidad proteica y una variedad criolla, en uso por los agricultores de secano, del sureste de Saltillo, Coah., México; los dos se utilizaron como testigos, con el propósito de tener referencias contrastadas.

Para situar a BAP en su calidad proteica, se tomaron muestras aleatorias de semilla de cada ciclo de selección, del QPM y del criollo que fueron la base para obtener harina del grano completo para cada determinación química: por ciento de proteína cruda (PC) bajo el método Kjeldhal descrito por la AOAC (1980); cuantificación de los aminoácidos lisina (LI) y triptófano (TR), los cuales fueron esterificados con clorofornato de etilo produciendo ésteres etílicos y analizados por cromatografía de gases, siguiendo la metodología de Pert (1991).

Los datos fueron analizados, bajo un diseño completamente al azar con dos repeticiones. La comparación de medias fue por el método de Tukey ( $P < 0.05$ ). Se realizó un análisis de regresión lineal para las tres variables con el fin de estimar la magnitud de cambio por generación de la variable de respuesta. Para cuantificar la relación entre LI y TR, se realizó un análisis de correlación entre estas dos variables.

## Resultados y Discusión

Los resultados indican diferencias entre tratamientos ( $P < 0.01$ ) en las tres variables (Cuadro 1); atribuido, por una parte, a la diversidad genética de los tratamientos, y por la otra, al efecto que causó la selección a favor de la PE en las diferentes generaciones de BAP, observadas en este trabajo.

**Cuadro 1.** Cuadrados medios de cuatro generaciones de una población de maíz enano (BAP) y testigos, QPM y Criollo, para las variables proteína cruda (PC), lisina (LI) y triptófano (TR). Análisis Químico del 2004. M

F. V.	g. l.	PC %	LI <sup>†</sup>	TR <sup>†</sup>
Trat	5	0.866**	4.536**	0.112**
Error	6	0.011	0.006	0.0006
$\bar{x}$		10.127	3.243	0.418
C. V.		1.044	2.421	5.770

\*\* = Diferencias significativas al 0.01 de probabilidad, <sup>†</sup> = g por 100 g de proteína cruda.

Es de conocimiento general que la población QPM del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), es un maíz con endospermo modificado para lograr altos niveles de lisina (LI) y triptófano (TR), mientras

que BAP ha sido seleccionado centralmente con respecto a su capacidad poliembriónica y buen comportamiento agronómico; y el criollo regional es sólo una variedad adaptada a las condiciones agro-climáticas del lugar. En este contexto, era de esperarse que la población QPM fijara los niveles altos de referencia en calidad proteica, y que el criollo demostrara los niveles del maíz común, quedando por observar el comportamiento de las cuatro generaciones ascendentes de BAP.

La prueba de comparación de medias (Cuadro 2) presentó evidencias de que los niveles generales de proteína cruda (PC) obtenidos ocurrieron en una banda estrecha entre 9.19 y 10.77 %, similar a lo que reportan Paulis *et al.* (1993); Moro *et al.* (1995); y Espinoza *et al.* (1998), no importando si es maíz común o QPM. Se sabe que el contenido de PC no tiene ninguna influencia sobre la calidad de la misma (Pohelman, 1987). Por ello no es extraño que, en este trabajo, la PC de la población QPM fuera igual a los diferentes ciclos del grupo BAP, sin ninguna asociación con los niveles de aminoácidos.

Los niveles de LI y TR alcanzaron su máximo en el testigo QPM y sus mínimos en el criollo regional y la generación 1994 de BAP, ésta última fue la referencia de selección hacia alta PE. Sin duda, el maíz común presentó niveles bajos en estos aminoácidos esenciales; siendo relevante el hecho de que la generación 2003 de BAP haya sido estadísticamente igual al material QPM en el contenido de LI y aproximado al de TR. Esta fue una condición favorable ya que al seleccionar hacia mayor PE, se logró indirectamente una buena repuesta en los contenidos de LI y TR, cualidad que repercutió en la calidad de producto. Estos niveles en BAP fueron coincidentes con los reportados por Pesev y Petrovic (1976) para maíces con semillas gemelas; y los exhibidos por QPM son los niveles reportados en la literatura para este tipo de maíz.

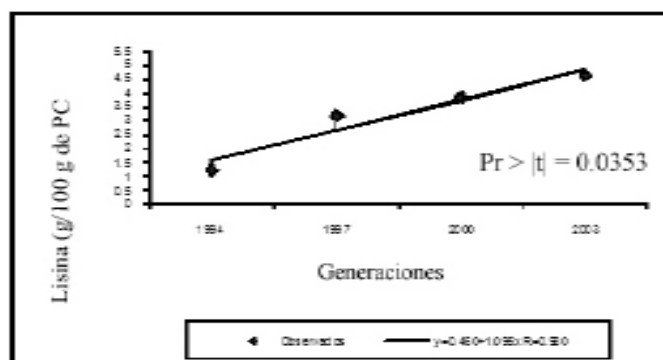
**Cuadro 2.** Comparación de medias de 4 generaciones de población de maíz enano (BAP), y testigos QPM y Criollo de sur de Saltillo, Coah. Análisis químico 2004.

Población	Generaciones	PC %	LI <sup>†</sup>	TR <sup>†</sup>
BAP	94	10.71 <sup>a</sup>	1.20 <sup>c</sup>	0.20 <sup>c</sup>
	97	9.52 <sup>c</sup>	3.17 <sup>c</sup>	0.30 <sup>cd</sup>
	00	10.77 <sup>a</sup>	3.82 <sup>b</sup>	0.40 <sup>c</sup>
	03	10.04 <sup>b</sup>	4.62 <sup>a</sup>	0.50 <sup>b</sup>
Testigos	QPM	10.52 <sup>a</sup>	4.89 <sup>a</sup>	0.85 <sup>a</sup>
	Criollo	9.19 <sup>c</sup>	1.77 <sup>d</sup>	0.25 <sup>de</sup>

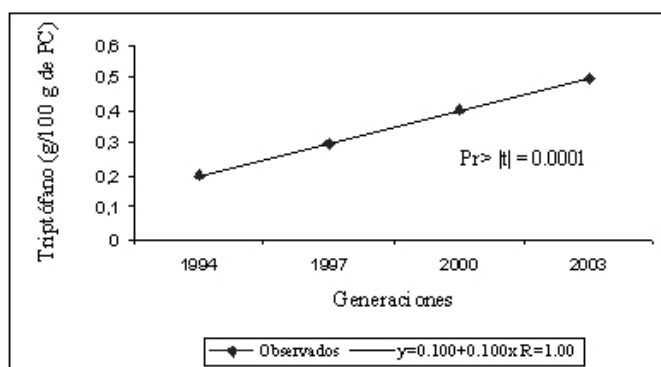
Tukey al  $\alpha=0.05$ , medias con letras iguales son estadísticamente iguales, <sup>†</sup> = g por 100 g de proteína cruda.

Las diferencias significativas apreciadas entre

generaciones merecieron un análisis de regresión lineal, para detectar alguna relación entre las generaciones y el comportamiento de las variables LI y TR. Aún cuando la población BAP presentó en alguna de sus generaciones el contenido más alto en PC, el análisis de regresión no documenta una relación significativa con los incrementos que tiene la población en cuanto PE.



**Figura 1.** Respuesta de contenido de lisina a la selección para alta poliembriónia, en una población de maíz enano (BAP), durante cuatro generaciones de selección. Análisis químico, 2004.



**Figura 2.** Respuesta del contenido de triptófano a la selección para alta poliembriónia, en una población de maíz enano (BAP), durante cuatro generaciones de selección. Análisis químico, 2004.

Las variables LI y TR sí presentaron una relación directa positiva con las diferentes generaciones (Figuras 1 y 2). Se observó una ganancia de 1.095 g por tramo generacional para LI, mientras que TR presentó una relación exacta con las generaciones, con una ganancia de 0.1 g por generación. Esto demostró la efectividad de la selección recurrente en esta población, ya que se ha logrado un cambio en su estructura genética que ha generado una respuesta a la selección mejorando simultáneamente el nivel de poliembriónia y el contenido de estos dos aminoácidos esenciales. El incremento puede deberse a la presencia de dos o más embriones por semilla ya que en el embrión se concentra el 15 % de la proteína, y

también puede deberse a un incremento en la capacidad de almacenar nutrientes de calidad en el endospermo debido a que éste tiene que suministrar nutrientes a dos o más embriones por semilla.

El incremento en LI y TR alcanzando en un periodo de nueve años (1994 a 2003) en la población BAP para alta PE en ambos casos es superior al doble; se observó también una alta correlación lisina-triptófano, cuyo coeficiente en este trabajo fue de  $r^2 = 0.96$ , por lo tanto, al incrementarse la lisina también aumentó el triptófano (Sullivan *et al.*, 1989).

### Conclusiones

La alta frecuencia poliembriónica (60% promedio) en una población de maíz de porte enano está asociada a la mayor calidad proteica del grano, demostrando niveles de lisina iguales a los que presentan maíces especializados QPM, y muy cercanos en niveles de triptófano.

### Agradecimientos

Al Laboratorio de Química de Aditivos del Centro de Investigación en Química Aplicada, en Saltillo, Coah., México; al Laboratorio de Nutrición y Alimentos de la División de Ciencia Animal de la UAAAN, en Buenavista, Saltillo, Coah., México. Al Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología de Coahuila (COECYT-Coahuila) y al CONACYT, México, por el apoyo financiero, proyecto COAH. 2002-CO1-4565. A la UAAAN, proyecto 0203 0605 2122. Al CIMMYT por facilitar la población QPM.

### Literatura Citada

AOAC. 1990. Métodos oficiales de análisis. Association of Official Agricultural Chemists. 15<sup>th</sup> ed. Virginia, USA. pp. 384.

Bjarnason, M. and Vasal, S. K. 1992. Breeding of quality protein maize. *Plant Breed Rev.* 9: 181-216.

Bressani, R. 1992. Nutritional value of high-lysine maize in humans. In: E. T. Mertz ed. *Quality protein maize.*

*American Association of Cereal Chemists.* pp. 205-224.

- Espinoza, V. J.; Vega S. C. y Jasso C. D. 1998. Poliembriónia en maíces de porte normal y enano. *Agronomía Mesoamericana* 9 (2): 83-88.
- Magnavaca, R., Oliveira, A. C., Morais, A. R., Gama, E. E. and Santos, M. D. 1989. Family hybrid selection of quality protein maize. *Maydica* 34: 63-71.
- Martínez, B. F.; Figueroa, J. D.; Larios, A. A. 1996. High Lysine extruded products of quality protein maize. *J. Sci. Food Agric.* 71:151-155
- Moro, G. L.; Lopes, M. A.; Habben, J. E.; Hamaker, B. R.; Larkind, B. A. 1995. Phenotypic effects of opaque-2 modifier genes in normal maize endosperm. *Cereal Chem.* 72:94-99.
- Paulis, J. W.; Peplinski, A. J.; Bietz, J. A.; Nelson, T. C.; Bergquist, R. R. 1993. Relation of kernel hardness and lysine to alcohol-soluble protein composition in quality protein hybrids. *J. Agric. Food Chem.* 41:2249-2253.
- Pesev, N. R and Petrovic, L. 1976. Study of possibility in raising maize inbred lines with tow embryos. *Theoretical and Applied Genetics.* 47: 197-201
- Petr, H. 1991. Rapid derivatization and gas chromatography determination of amino acids. *Journal of Chromatography.* 552:289-299.
- Pixley, K.V. and Bjarnason, M. 1993. Combining ability for yield and protein quality among modified endosperm opaque-2 tropical maize inbreds. *Crop Sci.* 33:1229-1234.
- Poehlman, J. M. 1987. *Breeding Field Crops.* Westport, CT, USA, AVIPublishing Company. pp. 1-5.
- Sullivan, J. S.; Knabe, D. A.; Bockholt, A. J.; Gregg, E. J. 1989. Nutritional value of quality protein maize and food corn for starter and growth pigs. *J. Anim Sci.* 67:1285-1292.
- Vasal, S. K. 1994. High quality protein corn. In A.R. Hallauer, ed. *Specialty corns,* pp. 79-121.

# Efecto de Inoculación de Semilla de Canola con *Azospirillum Brasilense*, Fertilización Nitrogenada y Azúcar a la Siembra, sobre Rendimiento de Canola bajo Condiciones de Riego

Mario Alberto Cepeda-Villegas\*, Eulalio Venegas-González y Blanca Leticia Gómez-Lucatero

Campo Experimental del Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Producción Sostenible (CENAPROS), INIFAP. Km 18.5 Carretera Morelia-Aeropuerto. Álvaro Obregón, Mich., México. Tel. 01(455)3-52-31-73, Fax 01(455) 3-52-31-72. E-mail: m\_cepedav@yahoo.com.mx. (\*Autor responsable).

---

## Abstract

The objective of this assay was to evaluate the effect of the inoculation of canola seed with *Azospirillum brasilense*, plus the application of nitrogen fertilization, and commercial sugar at sowing time, on the yield of canola cultivated under irrigation. The following treatments were applied: a) inoculation of seed with *Azospirillum brasilense* at sowing time, plus fertilization with 60 kg of N ha<sup>-1</sup> during the development of the culture, and b) application of 120 kg of N ha<sup>-1</sup> to non inoculated plants, and the interaction with the levels of 0, 50, 100 and 150 kg ha<sup>-1</sup> of commercial sugar. In the same sense, an economic analysis by Turrent graphical method was performed. No significant difference between the treatments with inoculated seed, and seed without inoculation, when no sugar was applied. Nevertheless, when interacting with the different sugar levels, the highest yield was obtained with the application of *A. brasilense* plus 50 kg ha<sup>-1</sup> of sugar, followed by the treatment without inoculation plus 100 kg ha<sup>-1</sup> of sugar, with yields of 2,355 and 2,190 kg ha<sup>-1</sup>, respectively (P<0.05). The use of *A. brasilense*, plus the application of low levels of chemical N, allowed the same yields to be kept when high amounts of chemical fertilizer are supplied. The economically more viable treatment was to inoculate the seed with *A. brasilense*, and to apply 60 N units, plus 50 kg ha<sup>-1</sup> of sugar.

**Key words:** *Brassica napus* L., biofertilizer, vegetal nutrition, nitrogen fertilization, sustainable agriculture.

## Resumen

El objetivo de este estudio, fue evaluar el efecto de la inoculación de semilla de canola con *Azospirillum brasilense*, más la aplicación de fertilización nitrogenada y azúcar comercial al momento de la siembra, sobre el rendimiento de canola cultivada en riego. Se aplicaron los siguientes tratamientos: a) inoculación de semilla con *Azospirillum brasilense* en la siembra, mas fertilización con 60 kg de N ha<sup>-1</sup> durante el desarrollo del cultivo, y b) aplicación de 120 kg de N ha<sup>-1</sup> en plantas sin inocular y la interacción con los niveles de 0, 50, 100 y 150 kg ha<sup>-1</sup> de azúcar comercial. También se realizó un análisis económico mediante el método gráfico de Turrent. No se encontró diferencia significativa entre los tratamientos con semilla inoculada y sin inocular cuando no se aplicó azúcar. Sin embargo, al interactuar con los diferentes niveles de azúcar, se obtuvo el mayor rendimiento con la aplicación de *A. brasilense* más 50 kg de azúcar ha<sup>-1</sup>, seguido del tratamiento sin inocular más 100 kg ha<sup>-1</sup> de azúcar, con rendimientos de 2355 y 2190 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente (P<0.05). El uso de *A. brasilense*, más la aplicación de niveles bajos de N químico, permite que se mantengan los mismos rendimientos que cuando se suministran altas cantidades de fertilizante químico. El tratamiento económicamente más viable fue inocular la semilla con *A. Brasilense*, y aplicar 60 unidades de nitrógeno y 50 kg de azúcar por ha.

**Palabras clave:** *Brassica napus* L., biofertilizante, nutrición vegetal, fertilización nitrogenada, agricultura sustentable.

## Introducción

La canola (*Brassica napus* L.), también conocida como colza, nabo aceitero, o colza doble cero, es una variante de planta dentro de las especies *Brassica napus* y *B. rapa*. (Pua y Douglas, 2004) En 1978 la industria canadiense del nabo adoptó el nombre de “canola” (Canadian oil low acid) para identificar la colza, que genéticamente contiene menos del 2 % de ácido erúxico en el aceite, y menos de 30  $\mu\text{mol g}^{-1}$  de glucosinolatos en pasta, lo que marcó el inicio de la industria de la canola en el ámbito mundial.

El cultivo de la canola requiere principalmente de nitrógeno, P y S. Las necesidades de fertilizante químico nitrogenado de canola varían desde 100  $\text{kg ha}^{-1}$  (Valenzuela y Gallardo, 1995), hasta 200  $\text{kg ha}^{-1}$  (Jackson, 2000), lo que depende principalmente del tipo de suelo. Al aplicar al cultivo 75 unidades de nitrógeno, 12 de P y 26 de S, se obtuvo un incremento en rendimiento del 117 % respecto al testigo no fertilizado, lo que se debió principalmente a un aumento del número de ramificaciones fértiles por  $\text{m}^2$ .

*Azospirillum brasilense* es una rizobacteria fijadora del nitrógeno atmosférico que promueve el crecimiento de las plantas, especialmente de gramíneas (Bellone *et al.*, 1999). Uno de los principales mecanismos de acción del *A. brasilense* es la producción de sustancias promotoras de crecimiento durante la colonización de las raíces, lo cual estimula la longitud, la densidad de las raíces laterales, y el incremento del área superficial de las raíces. Cuando se evaluó el efecto de la inoculación junto con la aplicación de niveles intermedios de fertilización con nitrógeno, P y potasio, se observó que la inoculación de los cultivos con *A. brasilense* permitió reducir en 40-50 % el nivel de aplicación de los fertilizantes sin que disminuyera el rendimiento (Okon y Labandera-González, 1994; Martínez, 1997).

En maíz, las plantas inoculadas con *A. brasilense* presentaron mayor acumulación de materia seca después de la etapa de grano lechoso, que fue todavía mayor cuando se complementó con 100  $\text{kg de N ha}^{-1}$ , y similar a la que se obtuvo con 200  $\text{kg de N ha}^{-1}$ ; las plantas tuvieron el mismo comportamiento en la producción de grano (Stancheva *et al.*, 1992).

La inoculación de semilla de maíz y trigo duro con *A. brasilense* más la aplicación de niveles bajos de fertilizante químico permitió un incremento del rendimiento de, 80 y 30 %, respectivamente, en tanto que en girasol, el efecto fue de alrededor de 15 %; sin embargo, con la bacteria y niveles altos de fertilización nitrogenada, el efecto fue negativo en maíz y trigo duro, por lo que se concluyó que la asociación entre la bacteria y las plantas, confiere a éstas una mayor capacidad para superar el estrés

nutricional y de agua en regiones semiáridas (Palazzo *et al.*, 1997).

Niveles de 80, 120 y 160  $\text{kg ha}^{-1}$  de nitrógeno mineral provocaron la eliminación de *Azospirillum spp.* en el rizoplano de cultivos de cebada y trigo; resultado similar se obtuvo con 170 y 340  $\text{kg ha}^{-1}$  de nitrógeno, con fertilización orgánica. (Jaskowska, 1999).

En maíz de secano bajo labranza cero, y con residuos de trigo, la aplicación de 100  $\text{kg ha}^{-1}$  de azúcar comercial y un 50 % de la dosis recomendada de 210 unidades de nitrógeno, permitió disminuir el grado de daño por *Fusarium moniliforme* (Shell Snyder & Hansen) en el tallo.

El objetivo de este estudio, fue evaluar el efecto de la inoculación de semilla de canola con *Azospirillum brasilense*, más la aplicación de fertilización nitrogenada y azúcar comercial al momento de la siembra, sobre el rendimiento de canola cultivada en riego. Bajo la hipótesis de que *A. brasilense* aumenta su actividad fijadora de nitrógeno al aprovechar como nutrimentos a los carbohidratos proporcionados en la aplicación de azúcar comercial, lo que permite reducir los costos de producción, al obtener con dosis bajas de fertilización nitrogenada, rendimientos similares de semilla de canola, a los obtenidos con fertilización convencional basada en dosis altas de nitrógeno.

## Materiales y Métodos

### Ubicación

El trabajo se realizó en el Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Producción Sostenible (CENAPROS) localizado dentro del Valle Morelia Queréndaro, en el estado de Michoacán, el cual está ubicado en la región templada húmeda de la parte centro occidente de México, a los 19° 49' de latitud Norte, y 101° 01' de longitud Oeste, a una altitud de 1828 m, en suelos vertisoles, con más de 70 % de arcilla, un pH que varía de 7.8 a 8.8, y un contenido de materia orgánica del 2.87 % en estrato 0-15 cm.

### Conducción del Experimento

El experimento se estableció en el ciclo otoño-invierno 2001-2002, bajo régimen de riego. La siembra se realizó a chorrillo, el 18 de diciembre del 2001 con una densidad de 3  $\text{kg ha}^{-1}$  de semilla, con siembra en húmedo, a una profundidad de 1 a 2 cm, se utilizó semilla del híbrido Hyola 401; la parcela total fue de 5 x 1.6 m. La semilla se inoculó el día de la siembra con un biofertilizante comercial elaborado por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), a base de *Azospirillum brasilense* (100 x 10<sup>6</sup> bacterias  $\text{g}^{-1}$ ).

Durante el desarrollo del cultivo se aplicaron tres riegos; de emergencia el 17 de diciembre de 2001, y dos de auxilio, el 23 de febrero y 13 de marzo, respectivamente. La cosecha se realizó el 17 de mayo de 2002.

### Diseño experimental

El diseño experimental fue bloques completos al azar con arreglo en parcelas divididas, donde las parcelas grandes fueron: inoculación de la semilla con *A. brasilense* y 60 kg de N, y sin inocular más 160 kg de N; la parcela chica: azúcar comercial en niveles de 50, 100 y 150 kg ha<sup>-1</sup>, y testigo sin azúcar.

#### VARIABLES A EVALUAR

La humedad del grano se determinó con el Moisture meter Motomco model 919, para ajustar el rendimiento por hectárea al 8 % de humedad de acuerdo con los requerimientos de la industria aceitera y se realizó el análisis estadístico ANDEVA con la variable rendimiento, con el paquete estadístico MSTAT (MSTAT Development Team, 1989) y la prueba de Tukey al 0.05 (Steel y Torrie 1980); además se efectuó el análisis económico para cada tratamiento de estudio (Turrent, 1978).

Durante el periodo de desarrollo del cultivo, las condiciones climáticas fueron muy variables, con temperaturas mínimas por debajo de cero durante los primeros quince días de enero. La Temperatura más baja se registró el 23 de febrero del 2002, con - 2.1 °C, lo que provocó daños en las hojas jóvenes y en las primeras flores.

### Resultados y Discusión

El análisis estadístico (Cuadro 1), mostró diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) para la aplicación de azúcar, sin embargo, no se encontraron diferencias significativas para la aplicación de *A. brasilense* ni para la interacción biofertilizante-azúcar.

Al comparar los tratamientos de semilla inoculada con los que no se inocularon, se encontró que la aplicación de *A. Brasilense* más 60 kg de N presentó un rendimiento similar ( $P < 0.05$ ) al tratamiento de fertilización química con 160 kg de N sin inocular, con lo que se deduce que la bacteria aplicada a la semilla de canola y complementada con un nivel bajo de N permite mantener el rendimiento al actuar como fijadora de N ambiental (Cuadro 2), lo que concuerda con lo reportado por Okon y Labandera-González (1994), al mencionar que la inoculación con la bacteria fijadora de N permite disminuir los niveles del fertilizante nitrogenado entre 40 y 50 % sin que el rendimiento se vea afectado, así como con lo asentado por Palazzo *et al.* (1997), quienes señalan que la oleaginosa girasol respondió, aunque en menor escala, a la aplicación de *A. brasilense*.

**Cuadro 1.** Cuadrados medios para rendimiento de canola en respuesta a la aplicación de *A. Brasilense*, fertilización química nitrogenada y azúcar, durante el ciclo Otoño-Invierno de 2001-2002, en el Valle Morelia Queréndaro, en el estado de Michoacán, México

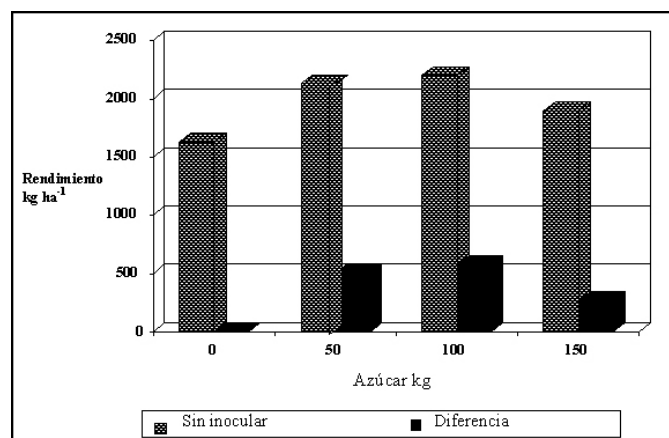
Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrado medio	Valor de F
Repetición	3	138303	0.85
<i>A. brasilense</i>	1	92622	0.57 <sup>NS</sup>
Error (a)	3	162389	
Azúcar	3	546162	5.42 *
<i>A. brasilense</i>			
X Azúcar	3	191211	1.90 <sup>NS</sup>
Error (b)	18	100764	

<sup>NS</sup> No significativo

\*Valores con diferencia significativa de acuerdo a la prueba de Tukey a una  $P \leq 0.05$ .

**Cuadro 2.** Comparación del rendimiento de canola como respuesta a la aplicación de *A. Brasilense*, fertilización química nitrogenada y azúcar, durante el ciclo Otoño-Invierno de 2001-2002, en el Valle Morelia Queréndaro, en el estado de Michoacán, México

Tratamiento a la Semilla	Fertilización química (kg N ha <sup>-1</sup> )	Rendimiento (kg ha <sup>-1</sup> )	Diferencia (kg ha <sup>-1</sup> )
Sin <i>A. Brasilense</i>	60	1621	—
Con <i>A. Brasilense</i>	160	1693	72



**Figura 1.** Incremento en rendimiento de grano de canola en plantas sin inocular con *A. brasilensis* como respuesta a la aplicación de azúcar, fertilización química nitrogenada y azúcar, durante el ciclo Otoño-Invierno de 2001-2002, en el Valle Morelia Queréndaro, en el estado de Michoacán, México.

La prueba de Tukey para el factor azúcar con biofertilizante formó dos grupos de significancia, donde el primero se formó con los niveles de 50 y 100 kg por lo que son estadísticamente iguales ( $P < 0.05$ ) (Cuadro 3).

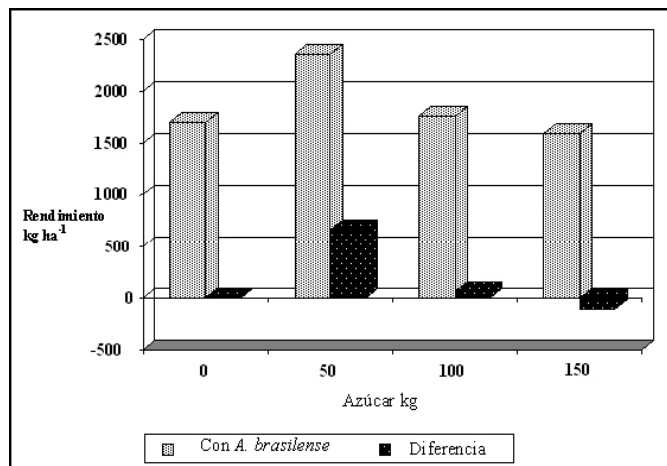
**Cuadro 3.** Rendimiento de canola en respuesta a la inoculación con *A. brasilense* más la aplicación de niveles de azúcar

Tratamiento (kg ha <sup>-1</sup> )	Rendimiento (kg ha <sup>-1</sup> )
50	2355 a <sup>z</sup>
100	1759 ab
0	1693 b
150	1593 b

<sup>z</sup>Valores con la misma letra dentro de columnas, son iguales, estadísticamente, de acuerdo a la prueba de Tukey a una  $P < 0.05$ .

En lo referente a la aplicación de los niveles de azúcar en las plantas sin inocular se detectó respuesta del cultivo a la dosis de 100 kg ha<sup>-1</sup> con un rendimiento de 2190 kg ha<sup>-1</sup>, seguido por 50 kg ha<sup>-1</sup> con 2126 kg ha<sup>-1</sup>, lo que se reflejó en incrementos de 569 y 505 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente en relación con el testigo (Figura 1).

Con el tratamiento con *A. brasilense*, el nivel de 50 kg ha<sup>-1</sup> de azúcar produjo un rendimiento medio de 2355 kg ha<sup>-1</sup>, el cual superó al testigo con *A. brasilense*, que obtuvo 662 kg (Figura 2); este resultado se debió a que, al incorporar el azúcar, se suministra una fuente de carbono soluble que provoca la liberación de N que aprovecha la planta (Dr. Etchevers., profesor investigador del Colegio de Postgraduados. Montecillo, Mex., 2004 comunicación personal).



**Figura 2.** Comportamiento del rendimiento de canola con *A. brasilense* en tres niveles de azúcar. Durante el ciclo Otoño-Invierno de 2001-2002, en el Valle Morelia Queréndaro, en el estado de Michoacán, México.

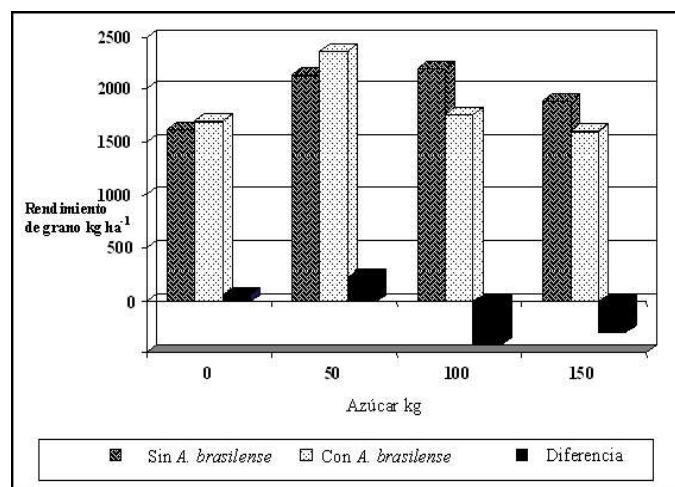
Al comparar los tratamientos sin biofertilizante y con él, con diferentes niveles de azúcar, se observó que el cultivo tuvo una tendencia de incremento en rendimiento de 505 kg ha<sup>-1</sup> de grano al aplicar azúcar de 0 a 50 kg; de sólo 64 kg ha<sup>-1</sup> de grano, al aumentar de 50 a 100 kg ha<sup>-1</sup>; en tanto que a dosis de 150 kg ha<sup>-1</sup> de azúcar, el rendimiento disminuyó en 297 kg ha<sup>-1</sup>. Respuesta similar se presentó cuando se aplicó el tratamiento de biofertilizante donde al primer nivel de azúcar tuvo un incremento de 662 kg ha<sup>-1</sup> de grano, y una disminución en rendimiento en los niveles tres y cuatro de 596 y 762 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente (Figura 3).

Para el análisis económico de los tratamientos de canola evaluados, se seleccionó al de biofertilizante con la fórmula de fertilización de 60-60 de N y P, el cual tuvo un costo de cultivo de \$ 5,546.00 por hectárea, con un ingreso bruto de \$ 6,145.55 y un ingreso neto de \$ 600.55 (Cuadro

**Cuadro 4.** Análisis económico de los tratamientos evaluados en el cultivo de canola durante el ciclo Otoño-Invierno de 2001-2002, en el Valle Morelia Queréndaro, en el estado de Michoacán, México.

Tratamiento Semilla	Azúcar (kg ha <sup>-1</sup> )	Rendimiento (kg ha <sup>-1</sup> )	Precio (\$ kg <sup>-1</sup> )	Ingreso Bruto (\$ ha <sup>-1</sup> )	Costo Cultivo (\$ ha <sup>-1</sup> )	Ingreso Neto (\$ ha <sup>-1</sup> )	Tasa de Retorno
Sin <i>A. Brasilense</i>	0	1621	2.61	4230.81	5649.00	-1418.19	-0.25
	50	2126	2.61	5548.86	5955.00	-406.14	-0.07
	100	2190	2.61	5715.90	6192.00	-476.10	-0.08
	150	1893	2.61	4940.73	6428.00	-1487.27	-0.23
Con <i>A. Brasilense</i>	0	1693	2.61	4418.73	5240.00	-821.27	-0.16
	50	2355	2.61	6146.55	5546.00	600.55	0.11
	100	1759	2.61	4590.99	5783.00	-1192.01	-0.21
	150	1593	2.61	4157.73	6020.00	-1862.27	-0.31

4). Estos valores no son nada satisfactorios, sin embargo, son resultado del daño que provocaron las heladas registradas los días 23 y 24 de febrero, así como el precio de compra que regía en la bolsa de Winnipeg.



**Figura 3.** Rendimiento de grano de canola con los tratamientos de semilla inoculada y sin inocular con *A. brasilense* en tres niveles de azúcar. Durante el ciclo Otoño-Invierno de 2001-2002, en el Valle Morelia Queréndaro, Mich., México.

### Conclusiones

Inocular la semilla de canola con *A. Brasilense* y utilizar 60 unidades de N, permite obtener un rendimiento similar al obtenido cuando sólo se aplica fertilización química de 160 unidades de N. El tratamiento con los mejores rendimientos fue el de aplicación de *A. brasilense* a la semilla, y 50 kg<sup>ha-1</sup> de azúcar. La tecnología más viable, económicamente, es tratar la semilla con *A. Brasilense*, y aplicar 60 unidades de N y 50 kg<sup>ha-1</sup> de azúcar.

### Agradecimientos

A la Asociación Nacional de la Industria del Aceite y la Manteca (ANIAME), que financió este proyecto.

### Literatura Citada

Bellone C. H., Carrizo de Bellone S, Monzón de Asconegui, M. A. 1999. *Azospirillum* en el Interior de las Raíces de Caña de Azúcar (*Saccharum* sp. L.). II Reunión Científica Técnica - Biología del suelo – Fijación Biológica del Nitrógeno. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Catamarca. Catamarca, Argentina. pp. 263-265.

Jackson, G.D. 2000. Effects of nitrogen and sulfur on canola yield and nutrient uptake. *Agronomy Journal* 92: 644-649.

Jaskowska, H. 1999. Effect of mineral fertilization with nitrogen and an organic fertilization on the occurrence of *Azospirillum* spp. in the rhizosphere of cereals. *Biological and Technological Progress in Plant Production. Proceedings of Conference, Warsaw, Poland. 13-14 June 1996. Zeszyty-Problemy-Postepow-Nauk-Rolniczych.* 439: 79-83.

Martínez V. R. 1997. Los biofertilizantes como pilares básicos de la agricultura sostenible en Cuba. Conferencias I. Taller Nacional de Producción Agroecológica de Cultivos Alimenticios en Condiciones Tropicales. IIIH "Liliana Dimitrova". La Habana, Cuba: 88 p.

MSTAT Development Team. 1989. MSTAT user's guide: A microcomputer program for the design management and analysis of agronomic research experiments, Michigan State Univ. East Lansing, IL., USA.

Okon, Y., and C. A. Labandera-González. 1994. Agronomic applications of *Azospirillum*: an evaluation of 20 years worldwide field inoculation. *Soil Biology & Biochemistry* 26: 1591-1601

Palazzo D, Capotorti G, Montemurro F. and Sunseri F. 1997. Productive responses of herbaceous crops to the inoculation of *Azospirillum*. *Informatore-Agrario* 53(12): 53-55

Pua, E.C. and C.J. Douglas. 2004. Origin, Taxonomy and Distribution of Brassica Species. pp: 3-11. In: *Biotechnology in Agriculture and Forestry.* 54 Brassica. T. Nagata, H. Lorz and J.M. Widholm (Eds.). Springer, Berlin, Germany.

Stancheva I., I Dimitrov, N. Kaloyanova, N. Dinev and N. Poushkarov. 1992. Effects of inoculation with *Azospirillum brasilense* on photosynthetic enzyme activities a grain yield in maize. *Agronomie* 12(4): 319-324.

Steel RGD, Torrie JH. 1980. Principles and procedures of statistics: A biometrical approach. 2nd ed. McGraw-Hill Book Co. New York, USA.

Turrent F. A. 1978. El Método gráfico-estadístico para la interpretación económica de experimentos conducidos con la matriz Plan Puebla I. SARH-Colegio de Postgraduados. Rama de suelos. 49 p.

Valenzuela, O. R. y C. S. Gallardo. 1995. Respuesta a la fertilización nitrogenada en diferentes estadios fenológicos del cultivo de canola. Actas Segunda Reunión Nacional de Oleaginosas, Pergamino, Argentina. Tomo II. pp. 154-159.

# Origen, Importancia y Aplicación de Vermicomposta para el Desarrollo de Especies Vegetales

Alejandro Moreno Reséndez<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Depto. Suelos, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro – UL. Periférico y Carretera a Santa Fé s/n. Torreón, Coahuila, México. CP 27059. E-mail: alejamorsa@yahoo.com.mx (\*Autor responsable).

---

## Abstract

Nowadays, evidences exist that a diversity of earthworm species like *Eisenia fetida* Savigny, *Eisenia andrei* Bouché, *Lumbricus rubellus* Hoffmeister, and *Perionyx excavatus* Perrier can live outside their natural habitat. These species have a high capacity to adapt and to reproduce themselves, a voracious appetite, and a great growth rate because they take advantage of diverse organic residues like manure, urban and agro-industrial slug, food and garden residues, as sources of elements and energy to satisfy their nutritional demands. As a result of their metabolic process, the earthworms use, approximately, 40% of the insumed materials for their vital functions, and expel the rest as excrete, which receives the name of vermicompost or earthworm humus. The effects of vermicompost, as an organic fertilizer in the cultures, has been studied under greenhouse conditions, replacing the traditional commercial growth means used like substrates and, only to a certain degree, under field conditions. The described results show that the commercial means of growth, that in a traditional way are used in the greenhouses for the development of cultures, can be replaced by mixtures that include different proportions of vermicompost and sand.

**Key words:** *Eisenia fetida*, means of growth, earthworm humus, vermicompost, organic agriculture.

## Resumen

Hoy en día existen evidencias de que diversas especies de lombrices de tierra como la *Eisenia fetida* Savigny, *Eisenia andrei* Bouché, *Lumbricus rubellus* Hoffmeister y *Perionyx excavatus* Perrier pueden vivir fuera de su hábitat natural. Estas especies tienen elevada capacidad para adaptarse y reproducirse, apetito voraz y gran velocidad de crecimiento debido a que aprovechan diversos residuos orgánicos como el estiércol, lodos urbanos y agroindustriales, residuos de comida y de jardín como fuentes de elementos y energía para satisfacer su demanda alimenticia. Como resultado de su proceso metabólico, las lombrices utilizan, aproximadamente, el 40% de los materiales consumidos para sus funciones vitales y el resto lo expulsan como excretas, las cuales reciben el nombre de vermicomposta o humus de lombriz. Los efectos de la vermicomposta como abono orgánico en los cultivos han sido estudiados bajo condiciones de invernadero sustituyendo a los medios de crecimiento comercial que de manera tradicional se utilizan como sustratos y solo en cierto grado bajo condiciones de campo. Los resultados descritos determinaron que los medios de crecimiento comerciales, que de manera tradicional se utilizan en los invernaderos para el desarrollo de los cultivos, pueden ser sustituidos por mezclas que incluyan diferentes proporciones de vermicomposta y arena.

**Palabras clave:** *Eisenia fetida*, medios de crecimiento, humus de lombriz, composta, agricultura orgánica.

---

## Introducción

Entre los métodos disponibles para realizar el reciclaje de los residuos orgánicos se encuentra el proceso de formación de composta (PFC), definido por Wescott (1998) como: “la degradación controlada de residuos sólidos orgánicos, para generar un producto que se puede utilizar como acondicionador del suelo”. El PFC consiste en la oxidación biológica acelerada de la materia orgánica

conforme pasa a través de una etapa termofílica (45 a 65 °C) (Atiyeh *et al.*, 2000a; Raviv, 2005). Sin embargo, para facilitar la descomposición de los residuos orgánicos se ha empleado otro proceso biológico similar, que excluye la etapa termofílica e incluye el empleo de lombrices de tierra, el cual recibe el nombre de proceso de formación de vermicomposta (PFVC) (Atiyeh *et al.*, 2000a; Valadares-Veras y Povinelli, 2004; Contreras – Ramos *et*

*al.*, 2005). El PFVC debe realizarse a temperaturas menores a 35 °C, ya que la exposición de las lombrices a mayores temperaturas, incluso durante cortos períodos de tiempo, provoca su muerte (Valadares-Veras y Povinelli, 2004).

Además de participar en el PFVC, la actividad de las lombrices es de gran importancia para las plantas. Así pues, diversos estudios de laboratorio, invernadero y de campo, han demostrado que las lombrices y la vermicomposta (VC) que generan, juegan un papel clave para el ciclo de los elementos nutritivos, particularmente respecto a: a) la velocidad y la variabilidad espacial de la descomposición de los residuos; b) el desarrollo de las plantas, al mejorar las características del suelo y de los sustratos empleados como medios de crecimiento; c) la porosidad del suelo y la estructura de los agregados; d) la velocidad de infiltración y la retención de humedad; e) la regulación de otros organismos, particularmente sobre la composición, la biomasa y la actividad de las comunidades microbianas; y f) la germinación de las semillas y el crecimiento de las plantas, al incrementarse la capacidad de absorción de los elementos nutritivos (Muscolo *et al.*, 1999; Rasmussen, 1999; Brown *et al.*, 2000; Shuster *et al.*, 2000; Gajalakshmi *et al.*, 2001; Whalen y Costa, 2003).

Por lo anteriormente señalado se pretende describir la participación de las lombrices sobre la transformación de diversos residuos orgánicos, originando la vermicomposta (VC) así como resaltar sus características físico-químicas y biológicas, e identificar los efectos que este material provoca sobre el desarrollo de los cultivos cuando se ha empleado como abono orgánico o componente de los sustratos de crecimiento

### **Origen de la vermicomposta o humus de lombriz**

La descomposición de los residuos orgánicos, bajo condiciones ambientales variables, es una característica fundamental de los ecosistemas terrestres. En el PFVC las interacciones complejas entre residuos orgánicos, microorganismos, lombrices y otros organismos de la fauna del suelo provocan la oxidación biológica y estabilización de dichos residuos, provocando igualmente su descomposición. El PFVC soporta complejas cadenas alimenticias, y al mismo tiempo, modifica las formas químicas de los compuestos contenidos en los materiales orgánicos, los cuales son importantes para la dinámica de los elementos nutritivos (Domínguez *et al.*, 2003).

La vermicomposta (VC) es un tipo de composta (Soto y Muñoz, 2002) en la cual diversas lombrices de tierra, e.g., *Eisenia fetida*, *Eisenia andrei*, *Lumbricus rubellus*, *Perionyx excavatus*, transforman residuos orgánicos en subproductos estables (Atiyeh *et al.*, 2001; Chaudhuri *et*

*al.*, 2003). La VC se genera en el tubo digestor de la lombriz, y de acuerdo al uso que se destine, se puede clasificar como: fertilizante orgánico, mejorador del suelo y medio de crecimiento (MC) para el desarrollo de las plantas bajo condiciones de invernadero (Atiyeh *et al.*, 2000a, 2000b, 2000c, 2001, 2002; Brown *et al.*, 2000; Buck *et al.*, 2000; Ndegwa *et al.*, 2000; Domínguez *et al.*, 2000; Gajalakshmi *et al.*, 2001).

### **Papel de las lombrices en la generación de vermicomposta**

La importancia de las lombrices para los sistemas del suelo y la formación de su estructura fue reconocida desde tiempos de Carlos Darwin, y hoy en día un número importante de investigadores se han enfocado al estudio de la actividad de estos organismos en los ecosistemas del suelo (Six *et al.*, 2004). Lo anterior se debe a que existen evidencias de que las lombrices de tierra provocan efectos benéficos, físicos, químicos y biológicos sobre los suelos, los cuales repercuten favorablemente sobre el crecimiento de la planta y el rendimiento de los cultivos tanto en ecosistemas naturales como en los sistemas controlados (Atiyeh *et al.*, 2001; Gunadi *et al.*, 2002; Valadares-Veras y Povinelli, 2004).

Las lombrices son consumidoras voraces de residuos orgánicos, de los cuales sólo utilizan una pequeña porción, aproximadamente 40% del material ingerido es absorbido para la síntesis de sus cuerpos, su crecimiento y su actividad metabólica, el resto lo excreta en una forma medio digerida (Ghosh *et al.*, 1999; Sharma *et al.*, 2005). Los materiales medio digeridos se descomponen rápidamente y son transformados a una forma de humus de lombriz (HL), o VC, en un período de tiempo relativamente corto (Ghosh *et al.*, 1999). Durante el proceso de alimentación, las lombrices fragmentan los residuos, incrementan la actividad microbiana (Ndegwa y Thopmson, 2001; Domínguez *et al.*, 2003) y los índices de descomposición y mineralización de los residuos orgánicos (Brown *et al.*, 2000), alteran las propiedades físicas y químicas de los materiales, provocando un efecto de humificación (Atiyeh *et al.*, 2000a). Como resultado de esta actividad, las lombrices generan abonos orgánicos, o biofertilizantes, de alta calidad (Sharma *et al.*, 2005).

Mientras los microorganismos son responsables de la degradación bioquímica de la materia orgánica (MO) en el PFVC, las lombrices son importantes para acondicionar el sustrato y para promover la actividad microbiana (Brown *et al.*, 2000). Las lombrices actúan como batidoras mecánicas, desintegran el material orgánico, incrementan el área superficial de los residuos que se expone a los microorganismos y mueven los fragmentos y los

excrementos ricos en bacterias, homogenizando el material orgánico (Domínguez *et al.*, 2003). El conjunto formado por las lombrices, la microflora que vive en sus intestinos, y los organismos del sustrato de crecimiento, incrementan el proceso de descomposición de los sustratos (Ndegwa y Thompson, 2001).

Adicionalmente, la actividad de las lombrices en el PFVC es tanto física, como mecánica, y bioquímica (Ndegwa *et al.*, 2000; Sharma *et al.*, 2005). La participación física consiste en la degradación de los sustratos orgánicos provocando su fragmentación. Los procesos mecánicos incluyen la aireación, mezclado, y molienda del sustrato (Buck *et al.*, 2000; Mangrich *et al.*, 2000; Ndegwa *et al.*, 2000; Sharma *et al.*, 2005). Por su parte, los cambios bioquímicos en la descomposición de la MO son realizados a través de la digestión enzimática, enriquecida por el N excretado y el transporte de materiales orgánicos e inorgánicos (Sharma *et al.*, 2005). Además, el proceso bioquímico es afectado por la descomposición microbiana de los residuos en el intestino de las lombrices (Buck *et al.*, 2000; Ndegwa *et al.*, 2000). A diferencia del tratamiento microbiano tradicional de los residuos, el PFVC provoca la conversión biológica de los desechos en dos productos de utilidad: la biomasa de la lombriz y la VC (Ghosh *et al.*, 1999; Ndegwa *et al.*, 2000; Domínguez *et al.*, 2001).

### **Materias primas utilizadas en la generación de vermicomposta**

De acuerdo con Atiyeh *et al.* (2000b) el principio del PFVC se origina en el supuesto de que, la aplicación de lombrices a los residuos orgánicos puede acelerar la estabilización de estos materiales en términos de descomposición y mineralización de la MO, generando un medio más apropiado para el crecimiento de la planta. El PFVC, favorecido por la actividad de las lombrices y como método de reciclaje, es ideal para el tratamiento tanto de las deyecciones animales, como de los residuos urbanos de tipo orgánico, ya que, además de favorecer la producción de abonos orgánicos de calidad (Ghosh *et al.*, 1999; Ramesh *et al.*, 2005), evita la contaminación del ambiente (Castillo *et al.*, 2000). Gunadi y Edwards (2003) señalan que las clases principales de residuos orgánicos apropiados para el PFVC son de origen animal, vegetal y urbano.

En el PFVC, debido a la capacidad de las lombrices, se puede lograr la descomposición de diversos materiales como: biosólidos o lodos de aguas negras, residuos de animales, de cultivos y desechos industriales orgánicos (Atiyeh *et al.*, 2000a). De hecho, el mezclado de los biosólidos con otros materiales, e.g. residuos de jardín, residuos de alimentos, pulpa de papel periódico u otros

residuos ricos en carbono, pueden acelerar su descomposición, debido a la maceración y al mezclado de tales materiales durante su paso a través del intestino de las lombrices y su transformación en VC (Domínguez *et al.*, 2000).

Para el desarrollo y crecimiento de las lombrices se han utilizado diversos materiales entre los cuales destacan: estiércoles de ganado vacuno, equino y porcino y estiércol de patos (Atiyeh *et al.*, 2000a, 2000b, 2001, 2002; Santamaría-Romero y Ferrera-Cerrato, 2002; Gunadi y Edwards, 2003; Sharma *et al.*, 2005), de aves de corral, cunicula y ovinos (Mangrich *et al.*, 2000; Santamaría-Romero y Ferrera-Cerrato, 2002), incluso se han utilizado residuos de plantas como pastos compostados, recortes de pastos, malezas de ríos, de cultivos, café molido (Domínguez *et al.*, 2000; Gunadi y Edwards, 2003; Sharma *et al.*, 2005) y residuos municipales tal como aserrín, biosólidos, y sobrantes de restaurantes y supermercados (Benitez *et al.*, 1999; Atiyeh *et al.*, 2000a; Domínguez *et al.*, 2000; Ndegwa y Thompson, 2000; Ndegwa y Thompson, 2001; Santamaría-Romero y Ferrera-Cerrato, 2002; Gunadi y Edwards, 2003; Contreras-Ramos *et al.*, 2005; Sharma *et al.*, 2005).

El efecto físico-químico y biológico de las lombrices sobre los materiales sometidos al PFVC es significativo. Por ejemplo la inoculación de las lombrices *Eisenia andrei* al estiércol fresco de vaca, durante cuatro meses, provocó la reducción del pH del estiércol. Por su parte, la relación C:N del estiércol con o sin lombrices disminuyó de 36 a 21. En cambio, el contenido de cenizas y de N total se incrementó en las siguientes semanas después de la inoculación, reflejando una rápida descomposición de los carbohidratos y la mineralización del N. Una semana después de la inoculación, la evolución del CO<sub>2</sub> disminuyó rápidamente (44%), y alcanzó una concentración más baja en la semana 17 (51% de reducción comparado con el 22% sin lombrices), indicando una creciente estabilidad de la MO. Las lombrices redujeron la biomasa microbiana inicial del proceso, pero incrementaron la mineralización del N e incrementaron los índices de conversión del N amoniacal a nitrato (Atiyeh *et al.*, 2000b).

Como resultado de la comparación de seis diferentes sustratos (100% paja de avena agotada en el cultivo de hongos comestibles, 100% estiércol de ganado bovino, 100% desechos orgánicos de mercado, mezcla 50% estiércol y 50% desechos orgánicos de mercado, mezcla 50% desechos orgánicos de mercado y 50% paja y mezcla 30% estiércol, 30% desechos orgánicos de mercado y 40% paja) utilizados para evaluar la dinámica poblacional de las lombrices *Eisenia andrei*, Santamaría-Romero y Ferrera-Cerrato (2002) concluyeron que los desperdicios orgánicos de mercado son un excelente sustrato

alimenticio para este tipo de lombrices, ya que en sólo cuatro meses obtuvieron un incremento superior a 1200% en el número de lombrices. Por otro lado, aunque una amplia gama de materiales, principalmente diferentes tipos de estiércol, se han utilizado para el crecimiento y desarrollo de las lombrices, Gunadi y Edwards (2003) determinaron que no es recomendable el uso de estiércoles frescos de ganado vacuno y de cerdos, pues bajo estas condiciones la temperatura de las camas tiende a incrementarse, afectando su supervivencia.

Como se mencionó anteriormente, los biosólidos o lodos de aguas negras también pueden ser transformados biológicamente por la acción de las lombrices. En este proceso, las lombrices e.g. *Eisenia fetida*, ingieren biosólidos, los descomponen y los estabilizan, convirtiéndolos en materiales inocuos. Durante el proceso los olores inaceptables de los lodos desaparecen rápidamente. Además existe una reducción significativa de poblaciones de microorganismos patógenos como *Salmonella enteritidis*, *E. coli* y otras Enterobacterias (Domínguez *et al.*, 2000).

### Características de la vermicomposta

El incremento en el crecimiento y en la productividad de las especies vegetales, tanto en los sistemas de producción a cielo abierto como en los sistemas controlados, reportado en diversos estudios, se ha atribuido a las características físicas, químicas y biológicas que presenta la VC (Atiyeh *et al.*, 2000a, 2000b, 2000c, 2002). Esto se debe a que la VC generada a partir de la actividad de las lombrices, es un fertilizante orgánico estabilizado, posee una gran capacidad de retención de humedad, con efectos adhesivos para el suelo y de estimulación para el crecimiento de la planta, más apropiado para las aplicaciones agrícolas, y ambientalmente favorable (Sharma *et al.*, 2005). Se ha demostrado que bajo la acción de las lombrices se incrementa la velocidad de mineralización del N y los índices de conversión del  $N-NH_4^+$  a  $N-NO_3^-$  (Atiyeh *et al.*, 2000b, 2000c, 2002)

Dentro de las características físicas que presenta la VC destacan las siguientes: es un material de color oscuro por la presencia de sustancias húmicas (Pereira y Zezzi-Arruda, 2003) con agradable olor a mantillo de bosque, que se encuentra finamente dividido como la turba, debido a la actividad de fragmentación que realizan las lombrices (Sharma *et al.*, 2005); presenta una elevada porosidad, aireación, drenaje, capacidad de retención de humedad (Canellas *et al.*, 2002) aumentado la retención hídrica (4 – 27%) (Canellas *et al.*, 2002; Pereira y Zezzi-Arruda, 2003) disminuyendo el consumo de agua por los cultivos. Además, la VC posee una gran área superficial (Pereira y Zezzi-Arruda, 2003; Sharma *et al.*, 2005), que le permite

poseer una fuerte capacidad de adsorción y de retención de elementos nutritivos (Atiyeh *et al.*, 2000b). También mejora las características estructurales del suelo (Canellas *et al.*, 2001), desligando suelos arcillosos y agregando suelos arenosos.

Por otro lado, la VC presenta las siguientes características químicas: es rica en MO total y baja conductividad eléctrica (Sharma *et al.*, 2005), contiene elementos nutritivos en formas fácilmente asimilables por las especies vegetales, tales como nitratos, P intercambiable, K, Ca y Mg en formas solubles (Ndewga y Thompson, 2001; Atiyeh *et al.*, 2000a, 2000b, 2000c, 2002; Canellas *et al.*, 2002; Sharma *et al.*, 2005). Posee un pH neutro (Atiyeh *et al.*, 2000a). Amortigua el efecto de los compuestos químicos aplicados al suelo. Incrementa la superficie activa de las partículas minerales aumentando la capacidad de intercambio catiónico (CIC) de los suelos (Atiyeh *et al.*, 2000a, Atiyeh *et al.*, 2002; Pereira y Zezzi-Arruda, 2003, Pereira y Zezzi-Arruda, 2004; Contreras – Ramos *et al.*, 2005). La elevada CIC se debe a la presencia de grupos carbonilos e hidroxilos fenólicos y alcohólicos, entre otros, y a la presencia de ácidos húmicos y fúlvicos (Pereira y Zezzi-Arruda, 2004), los cuales ayudan en la regeneración de las características químicas del suelo favoreciendo el desarrollo de las especies vegetales, al igual que cierto tipo de hormonas de crecimiento (Sharma *et al.*, 2005)

Desde el punto de vista biológico, la VC utilizada a dosis adecuadas, incrementa la germinación de las semillas y el desarrollo de las plántulas, contienen una creciente población microbiana y metabolitos biológicamente activos como los reguladores y hormonas de crecimiento y diversas sustancias húmicas (Sharma *et al.*, 2005), controla y regula la incidencia de plagas y enfermedades, así como la presencia de organismos patógenos (Ndewga y Thompson, 2001; Contreras-Ramos *et al.*, 2005) e.g., *Salmonella enteritidis*, *Escherichia coli* y otras Enterobacterias (Domínguez *et al.*, 2000), los cuales son nocivos para el hombre, e incrementa la actividad de las micorrizas (Atiyeh *et al.*, 2002). Adicionalmente, favorece e incrementa la actividad biótica del suelo (Domínguez *et al.*, 2003). Debido a su bioestabilidad evita su fermentación o putrefacción, contiene una elevada carga enzimática y bacteriana que incrementa la solubilidad de los elementos nutritivos, liberándolos en forma paulatina, facilita su asimilación por las raíces e impide que éstos sean lixiviados con el agua de riego manteniéndolos disponibles por más tiempo en el suelo. Durante el trasplante previene enfermedades que afectan a las plantas y evita el choque por heridas o cambios bruscos de temperatura y humedad.

Sharma *et al.* (2005) destacan que la VC contiene enzimas tales como proteasas, amilasas, lipasas, celulasas

y quitinasas, las cuales una vez que son expulsadas del intestino de las lombrices continúan desintegrando la materia orgánica. Las enzimas son de gran importancia debido a que su presencia acelera el proceso de humificación (Cruz-Rodriguez *et al.*, 2003) y la formación de VC (Quintero-Lizaola *et al.*, 2003).

La acción antibiótica de la VC aumenta la resistencia de las plantas contra plagas, enfermedades y organismos patógenos. La VC se puede utilizar sin inconvenientes en estado natural y se encuentra libre de nemátodos, pues estos organismos se reducen drásticamente en presencia de las lombrices (Domínguez *et al.*, 2003). Las propiedades fisicoquímicas y biológicas de la VC parecen ser de mejor calidad que las de los materiales que dan origen a este abono orgánico (Ghosh *et al.*, 1999; Atiyeh *et al.*, 2000b; Gajalakshmi *et al.*, 2001). En consecuencia, la VC está considerada como un excelente producto, tiene un reducido nivel de contaminantes y tiende a retener un mayor número de elementos nutritivos durante un período más largo, sin impactar el ambiente (Sharma *et al.*, 2005).

Por lo anteriormente señalado, hoy en día se reconoce por diversos autores que el empleo de la VC puede tener un gran potencial en las industrias agrícolas y hortícolas al utilizarse como sustrato, o como abono, para el desarrollo y crecimiento de diversas especies vegetales, ya que produce mejoras significativas en su aspecto, sanidad y rendimiento, además de incrementar significativamente los niveles de fertilidad del suelo (Atiyeh *et al.*, 2000a, 2000b, 2000c; Castillo *et al.*, 2000; Singh *et al.*, 2004).

### **La vermicomposta y el desarrollo de especies vegetales**

*Promoción de crecimiento. El interés por utilizar* las lombrices como un sistema ecológicamente sano para manejar el estiércol se ha incrementado, debido a la nueva reglamentación que restringe la incorporación directa del estiércol al suelo. En respuesta a dicha normatividad, diversos investigadores han estudiado la utilización potencial de la VC dentro de la industria agrícola y hortícola (Atiyeh *et al.*, 2000a, 2000b, 2000c). Los resultados obtenidos han demostrado que la aplicación de VC ha incrementado el crecimiento y desarrollo de las plántulas y la productividad de una amplia gama de cultivos. El incremento en el crecimiento y productividad de las plantas se ha atribuido a las características físicas y químicas que presenta la VC (Atiyeh *et al.*, 2000b).

Los efectos de la VC sobre el crecimiento de diversos cultivos incluyendo cereales y leguminosas, especies vegetales, plantas ornamentales y florales ha sido evaluado bajo condiciones de invernadero y en un menor grado bajo condiciones de campo (Atiyeh *et al.*, 2002). En ensayos

de invernadero, el crecimiento de plántulas de maravilla (caléndula, (*Tagetes patula*) y tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) se incrementó significativamente al sustituir el medio de crecimiento comercial Metro-Mix 360 con 10 o 20% de desechos de cerdo o de residuos de alimentos vermicompostados, cuando todos los requerimientos nutritivos fueron suministrados por medio de soluciones nutritivas (Atiyeh *et al.*, 2000a).

La VC generada a partir de estiércol de ganado vacuno, estimuló el crecimiento de las plantas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) y lechuga (*Lactuca sativa* L.) en comparación con el estiércol a partir del cual se generó ésta. Esto sugiere que las lombrices incrementaron la maduración de los residuos orgánicos. Por lo tanto, el incremento en el crecimiento de las especies vegetales podría deberse a las características fisicoquímicas más favorables de los residuos procesados y al más alto contenido de  $N-NO_3^-$ , una forma de N que es fácilmente disponible para las plantas, o también podría deberse a que el estiércol vermicompostado puede actuar como un fertilizante de lenta liberación (Atiyeh *et al.*, 2000b).

Los estudios desarrollados con VC han demostrado consistentemente, que los residuos orgánicos sometidos al PFVC tienen efectos benéficos sobre el crecimiento de la planta independientemente de las transformaciones y la disponibilidad de los elementos nutritivos. Así, cuando la VC se ha utilizado como mejorador del suelo o como componentes de los MC hortícolas, se ha mejorado la germinación de las semillas, el crecimiento y desarrollo de las plántulas, y una creciente productividad de la planta (Atiyeh *et al.*, 2000a, 2000b, 2000c, 2002). En correspondencia a lo anterior, Atiyeh *et al.* (2002) señalan que la mayor respuesta de crecimiento y de rendimiento de las plantas se ha presentado cuando la VC constituye una proporción relativa (10 - 40%) del volumen total del medio de crecimiento. Las posibles variables asociadas con el hecho de que la VC pueda ser en parte responsable del incremento en el crecimiento de los cultivos, incluyen la fertilidad, el ajuste del pH, las propiedades físicas del sustrato, la actividad microbiana y los componentes de la materia orgánica (McGinnis *et al.*, 2004).

Por lo anteriormente descrito, parece muy probable que la VC, que consiste de una amalgama de heces de lombrices humificadas y MO, estimulan el crecimiento de la planta más allá del generado por los elementos nutritivos minerales, debido a los efectos de las sustancias húmicas presentes en éstas o debido a los reguladores de crecimiento de la planta asociados con los ácidos húmicos (Atiyeh *et al.*, 2002).

**Efecto sobre rendimiento.** Atiyeh *et al.* (2000b) al

sustituir el medio de crecimiento comercial “Metro – Mix 360” con 20 % de VC de estiércol de cerdo, concluyeron que además de mejorar el crecimiento de plántulas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.), también se logró incrementar significativamente su rendimiento bajo condiciones de invernadero, con una producción de 5.1 kg planta<sup>-1</sup>. Este valor resultó 58% más alto que el rendimiento del testigo (Metro – Mix 360 sin VC).

Como resultado de la aplicación de la VC y la inoculación con el hongo endomicorrízico arbuscular *Glomus intraradix* y la bacteria *Azospirillum brasilense* sobre la producción de tomate de cáscara, Velasco-Velasco *et al.* (2003) concluyeron que la adición de VC, sola o combinada con *G. intraradix* y *A. brasilense*, provocó efectos positivos sobre la tasa fotosintética, la acumulación de materia seca y el rendimiento de tomate de cáscara. Además señalaron que el tratamiento que incluía la combinación de VC + *G. intraradix*, superó al testigo en peso seco total en 120% y en rendimiento en 26%.

Por su parte, los resultados de la prueba de campo en Juchitepec, Edomex, México en el cultivo de papa var. Alpha usando combinaciones de abonos orgánicos y fertilizantes minerales para ajustar la recomendación 165-200-300, indicaron que la gallinaza fue el abono que aportó mayor cantidad de nutrimentos de origen orgánico, tuvo la mejor respuesta en rendimiento total, comercial, producción de materia seca, acumulación de N por tubérculos y presentó el mayor contenido de C-biomasa microbiana en suelo. Por cada tonelada de gallinaza se incrementó el rendimiento total de tubérculos en 1468 kg, obteniéndose rendimientos superiores a 43 t ha<sup>-1</sup>. La aplicación de la VC produjo menores niveles de rendimiento que los otros abonos, con reducción de rendimiento al elevar la dosis de 2 a 6 t ha<sup>-1</sup> de VC, pero manteniendo la dosis de fertilización recomendada obtuvo mayor concentración de N en tubérculos y, por tanto mejor calidad biológica al aumentar el contenido de proteína (Romero-Lima *et al.*, 2000). Esto último toma relevancia pues Savvas (2003) señala que la competitividad de los sistemas de producción depende más frecuentemente de la calidad del producto que del rendimiento total.

En la comparación de dos genotipos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) - Adela y André – desarrollados en diferentes mezclas de VC: arena (VC:A; v:v) vs sustrato con arena y solución nutritiva (testigo), en invernadero, se destacó lo siguiente; para el genotipo André el rendimiento fue de 17.05 kg m<sup>-1</sup>, con la mezcla 12.5:87.5 (v:v) aunque resultó estadísticamente igual (P<0.05) al testigo, en el que se obtuvieron 15.10 kg m<sup>-1</sup> (Moreno-Reséndez *et al.*, 2005). Adicionalmente, los mismos autores establecieron que con la misma mezcla (12.5:87.5 de VC):

a) se obtuvieron los valores promedio significativamente más altos para las variables de calidad: número de lóculos (5), sólidos solubles (6.2 ° Brix), diámetro ecuatorial (7.47 cm) y peso de fruto (224.71 g fruto<sup>-1</sup>); b) en el caso del diámetro polar (6.5 cm) esta mezcla sólo fue superada por la mezcla 50:50 (v:v) donde se obtuvo un valor de 6.9 cm; y c) con respecto al espesor de pulpa los diferentes tratamientos fueron estadísticamente iguales con un promedio de 0.8 cm. Los resultados sugieren que la fertilización del genotipo André, a través de la solución nutritiva, puede ser sustituida con la aplicación de VC en el medio de crecimiento.

**Control de enfermedades y organismos patógenos.** Existen pocos datos sobre los posibles mecanismos mediante los cuales las VC generan efectos de incremento en el crecimiento. Sin embargo, se ha demostrado que la incidencia de enfermedades de las plantas puede ser controlada por la VC. Además, debido a la presencia de este material se ha incrementado la actividad de la micorriza vesículo-arbuscular y se ha suprimido la población de nematodos (Atiyeh *ET AL.*, 2002).

Cuando las lombrices se alimentan de residuos orgánicos ingieren una amplia gama de materiales alimenticios, incluyendo bacterias, hongos, protozoarios y nemátodos. Debido a esta situación, Bonkowski *et al.* (2000), concluyeron que las lombrices de diferentes grupos ecológicos, prefieren como alimento a diversas especies de hongos, entre las cuales destacan: *Fusarium nivale*, *Rhizoctonia solani*, *Cladosporium cladosporioides*, *Mucor* sp. La importancia de esta preferencia se debe a que la mayoría de estos hongos son organismos patógenos o parásitos del tejido vegetal, y en consecuencia limitan el óptimo crecimiento de las plantas.

Gajalakshmi *et al.* (2001) señalan que dentro de los beneficios que aporta la VC al comparar su incorporación con el material original (pre-compostado) se encuentran el incremento de la capacidad de la retención de humedad del suelo, una mejor disponibilidad de elementos nutritivos para las plantas. También han establecido que las VC contienen enzimas y hormonas que estimulan el crecimiento de las plantas e impiden la proliferación de organismos patógenos.

Por otra parte, Domínguez *et al.* (2003) determinaron que durante el proceso de vermicomposteo de dos residuos orgánicos: estiércol de vaca y lodos de aguas negras, con lombrices *Eisenia andrei*, se logró reducir significativamente la presencia de nematodos (>50%) en ambos sustratos, debido a la actividad de descomposición que realizan estas lombrices.

## Conclusión

Por lo descrito en los párrafos anteriores es posible

establecer que una amplia gama de residuos orgánicos, entre los que destacan diferentes tipos de estiércol, los residuos caseros, los residuos de mercado y, los lodos residuales (biosólidos) los cuales generan problemas de contaminación ambiental, pueden ser procesados con diversas lombrices de tierra, y una vez que estos residuos se transforman en VC, tienen un amplio potencial para los sistemas de producción agrícola: tanto bajo condiciones de invernadero, como a campo abierto, especialmente dentro de la industria hortícola y ornamental. Ya que la VC, como se ha señalado tiene efectos importantes sobre el crecimiento y el rendimiento de las especies vegetales y en un momento determinado puede sustituir parcialmente la aplicación de fertilizantes sintéticos y ayudar a reducir la presencia de enfermedades fungosas y de organismos patógenos.

Esta conclusión está ampliamente relacionada con éxito actual de la agricultura orgánica, pues este sistema de producción presenta una solución integral a los problemas del sector agropecuario: protección al ambiente, conservación de los recursos renovables y no renovables, mejor calidad de alimentos y direccionamiento de la producción a áreas de mayor demanda del mercado. Además, otro factor clave para promover el desarrollo de la agricultura orgánica ha sido la exigencia de los consumidores, la cual se ha incrementado considerablemente en los últimos años a raíz de los problemas por residuos de los fertilizantes sintéticos y plaguicidas en verduras y frutas, niveles excesivos de hormonas en la producción animal, la contaminación de productos lácteos por dioxinas. Como resultado, el consumidor está exigiendo, cada día, mayores garantías sobre la calidad y sanidad de los alimentos.

### Literatura Citada

- Atiyeh, R. M., Subler, S., Edwards, C. A., Bachman, G., Metzger, J. D., y Shuster, W. 2000a. Effects of vermicomposts and composts on plant growth in horticultural container media and soil. *Pedobiologia* 44: 579-590.
- Atiyeh, R. M., Domínguez, J., Subler, S. y Edwards, C. A. 2000b. Changes in biochemical properties of cow manure during processing by earthworms (*Eisenia andrei*, Bouché) and the effects on seedling growth. *Pedobiologia* 44: 709-724.
- Atiyeh, R. M., Arancon, N., Edwards, C. A. y Metzger, J. D., 2000c. Influence of earthworm-processed pig manure on the growth and yield of greenhouse tomatoes. *Biores. Technol.*, 75: 175-180.
- Atiyeh, R. M., Edwards, C. A., Subler, S. y Metzger, J. D. 2001. Pig manure vermicompost as a component of a horticultural bedding plant medium: effects on physicochemical properties and plant growth. *Biores. Technol.* 78: 11-20.
- Atiyeh, R. M., Lee, S., Edwards, C. A., Arancon, N. Q. y Metzger, J. D. 2002. The influence of humic acids derived from earthworm-processed organic wastes on plant growth. *Biores. Technol.* 84: 7-14.
- Benitez, E., Nogales, R., Elvira, C., Masciandaro, G., y Ceccanti, B. 1999. Enzyme activities as indicator of the stabilization of sewage sludges composting with *Eisenia foetida*. *Bioresource Technology.* 67: 297-303.
- Bonkowski, M., Griffiths, B. S. y Ritz, K., 2000. Food preferences of earthworms for soil fungi. *Pedobiologia.* 44: 666-676.
- Brown, G. G., Barois, I. y Lavelle, P. 2000. Regulation of soil organic matter dynamics and microbial activity in the drilosphere and the role of interactions with other edaphic functional domains. *Eur. J. Soil Biol.*, 36: 177-198.
- Buck, C., Langmaack, M. y Schrader, S. 2000. Influence of mulch and soil compaction on earthworm cast properties. *Appl. Soil Ecol.* 14: 223-229.
- Canellas, L. P., de Araújo-Santos, G., Rumjanek, V. M., Alpande-Moraes, A., y Guridi, F. 2001. Distribuição da matéria orgânica e características de ácidos húmicos em solos com adição de resíduos de origem urbana. *Pesq. Agropec. Bras.* 36(12): 1529-1538.
- Canellas, L. P., Olivares, F. L., Okorokova-Facanha, A. L. y Facanha, A. R. 2002. Humic Acids Isolated from Earthworm Compost Enhance Root Elongation, Lateral Root Emergence, and Plasma Membrane H<sup>+</sup>-ATPase Activity in Maize Roots. *Plant Physiol.* 130(4): 1951-1957.
- Castillo, A. E., Quarín, S. H. y Iglesias, M. C. 2000. Caracterización química y física de compost de lombrices elaboradas a partir de residuos orgánicos puros y combinados. *Agric. Téc. (Chile).* 60(1): 74-79.
- Chaudhuri, P. S., Pal, T. K., Bhattacharjee, G., y Dey, S. K. 2003. Rubber leaf litters (*Hevea brasiliensis*, var RRIM 600) as vermiculture substrate for epigeic earthworms, *Perionyx excavatus*, *Eudrilus eugeniae* and *Eisenia fetida*. *Pedobiologia* 47: 1-5.
- Contreras-Ramos, S. M., Escamilla-Silva, E. M., y Dendooven, L. 2005. Vermicomposting of biosolids with cow manure and oat straw. *Biol. Fertil. Soils.* 41: 190-198.
- Cruz-Rodrigues, V., de Almeida-Theodoro, V. C., de Andrade, I. F., Neto, A. I., do Nascimento-Rodrigues, V., y Villa-Alves, F. 2003. Produção de minhocas e

- composição mineral do vermicomposto e das fezes procedentes de bubalinos e bovinos. Ciênc. Agrotec. Lavras, 27(6): 1409-1418.
- Domínguez, J., Edwards, C. A. y Webster, M. 2000. Vermicomposting of sewage sludge: Effect of bulking materials on the growth and reproduction of the earthworm *Eisenia andrei*. Pedobiologia 44: 24-32.
- Domínguez, J., Edwards, C.A. y Ashby, J. 2001. The biology and population dynamics of *Eudrilus eugeniae* (Kinberg) (Oligochaeta) in cattle waste solids. Pedobiologia 45: 341-353.
- Domínguez, J., Parmelee, R. W. y Edwards, C. A. 2003. Interactions between *Eisenia andrei* (Oligochaeta) and nematode populations during vermicomposting. Pedobiologia 47: 53-60.
- Gajalakshmi, S., Ramasamy, E. V. y Abbasi, S. A. 2001. Potential of two epigeic and two anecic earthworm species in vermicomposting of water hyacinth. Biores. Technol. 76: 177-181.
- Gunadi B, Edwards C. A., y Arancon, Q. 2002. Changes in trophic structure of soil arthropods after the application of vermicomposts. Eur. J. Soil Biol. 38: 161-165.
- Gunadi, B. y Edwards, C.A. 2003. The effects of multiple applications of different organic wastes on the growth, fecundity and survival of *Eisenia fetida* (Savigny) (Lumbricidae). Pedobiologia 47.
- Ghosh, M., Chattopadhyay, G. N. y Baral, K. 1999. Transformation of phosphorus during vermicomposting. Biores. Technol. 69: 149-154.
- Mangrich, A. S., Lobo, M. A., Tanck, C. B., Wypych, F., Toledo, E. B. S., y Guimarães, E. 2000. Criterious Preparation and Characterization of Earthworm-composts in View of Animal Waste Recycling. Part I. Correlation Between Chemical, Thermal and FTIR Spectroscopic Analyses of Four Humic Acids from Earthworm-composted Animal Manure. J. Braz. Chem. Soc., 11(2): 164-169.
- McGinnis, M., Warren, S., y Bilderback, T. 2004. Vermicompost – Potential as Pine Bark Amendment for the Nursery. In: Nursery Short Course. North Carolina State University. 8-10 pp.
- Moreno-Reséndez, A., Valdés-Perezgasga, M. T. y Zarate-López, T. Desarrollo de tomate en sustratos de vermicompost/arena bajo condiciones de invernadero. Agric. Téc. (Chile). 65(1):26-34
- Muscolo, A., Bovalo, F., Gionfriddo, F. y Nardi, S. 1999. Earthworm humic matter produces auxin-like effects on *Daucus carota* cell growth and nitrate metabolism. Soil Biol. Biochem. 31: 1303-1311.
- Ndegwa, P. M., Thompson, S. A. y Das, K. C., 2000. Effects of stocking density and feeding rate on vermicomposting of biosolids. Biores. Technol. 71: 5-12.
- Ndegwa, P. M., y Thompson, S. A. 2001. Integrating composting and vermicomposting in the treatment and bioconversion of biosolids. Biores. Technol. 76: 107-112.
- Pereira, M. G y Zezzi-Arruda, M. A. 2003. Vermicompost as a Natural Adsorbent Material: Characterization and Potentialities for Cadmium Adsorption. J. Braz. Chem. Soc. 14(1): 39-47.
- Pereira, M. G. y Zezzi-Arruda, M. A. 2004. Preconcentration of Cd(II) and Pb(II) Using Humic Substances and Flow Systems Coupled to Flame Atomic Absorption Spectrometry. Microchim. Acta: 215-222.
- Quintero-Lizaola, R. Ferrera-Cerrato, R., Etchevers-Barra, J. D., García-Calderón, N. E., Rodríguez-Kabana, R., Alcántar-González, G., y Aguilar-Santelises, A. 2003. Enzimas que participan en el proceso de vermicompostaje. Terra. 21(1): 73-80.
- Ramesh, P., Singh, M., y Rao, A. S. 2005. Organic farming: Its relevance to the Indian context. Current Sci. 88(4): 561-568.
- Rasmussen, K. J. 1999. Impact of ploughless soil tillage on yield and soil quality: A Scandinavian review. Soil Till. Res. 53: 3-14.
- Raviv, M., 2005. Production of high-quality composts for horticultural purposes: A mini-review. HortTechnology 15(1): 52-57.
- Romero-Lima, M. R., Trinidad-Santos, A., García-Espinosa, R. y Ferrera-Cerrato, R. 2000. Producción de papa y biomasa microbiana en suelo con abonos orgánicos y minerales. Agrociencia 34(3): 261-269.
- Santamaría-Romero, S., y Ferrera-Cerrato, R. 2002. Dinámica poblacional de *Eisenia andrei* (Bouché 1972) en diferentes residuos orgánicos. Terra 20: 303-310.
- Savvas, D., 2003. Hydroponics: A modern technology supporting the application of integrated crop management in greenhouse. Food Agricul. Environ. 1(1): 80-86.
- Sharma, S., Pradhan, K., Satya, S., y Vasudevan, P. 2005. Potentiality of Earthworms for Waste Management and in Other Uses – A Review. J. Am. Sci. 1(1): 1-16.
- Shuster, W. D., Subler, S. and McCoy, E. L. 2000. Foraging by deep-burrowing earthworms degrades surface soil structure of a fluventic Hapludoll in Ohio. Soil Till. Res. 54: 179-189.
- Singh, N. B., Khare, A. K., Bhargava, D. S., y Bhattacharya, S. 2004. Optimum moisture requirement

- during vermicomposting using *Perionyx excavatus*. Appl. Ecol. Environ Res. 2(1): 53-62.
- Six, J., Bossuyt, H., Degryze, S., y Deneff, K. 2004. A history of research on the link between (micro)aggregates, soil biota, and soil organic matter dynamics. Soil Till. Res. 79: 7-31.
- Soto, G., y Muñoz, C. 2002. Consideraciones teóricas y prácticas sobre el compost y su empleo en la agricultura orgánica. Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica). (65):123-129.
- Valadares-Veras, L. R., y Povinelli, J. 2004. A vermicompostagem do lodo de lagoas de tratamento de efluentes industriais consorciada com composto de lixo urbano. Eng. Sanit. Ambient. 9(3): 218-224.
- Velasco-Velasco, J., Ferrera-Cerrato, R. y Almaraz-Suárez, J.J., 2003. Vermicomposta, micorriza arbuscular y *Azospirillum brasilense* en tomate de cáscara. Terra 19(3): 241-248.
- Wescott, H., 1998. Compost facility resource handbook: Guidance for Washington State. Solid Waste & Financial Assistance Program.
- Whalen, J. K. and Costa, C. 2003. Linking spatio-temporal dynamics of earthworm populations to nutrient cycling in temperate agricultural and forest ecosystems. Pedobiologia 47: 1-6.
-

# Tratamientos para Romper Latencia en Semilla de dos Especies de *Atriplex* bajo Condiciones de Laboratorio e Invernadero

Antonio Valdés-Oyervides<sup>1\*</sup>, Ignacio Ceballos-Rios<sup>1</sup>, María Alejandra Torres-Tapia<sup>1</sup>, Federico Facio-Parra<sup>1</sup> y Leopoldo Arce-García<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>Centro de Capacitación de Tecnología de Granos y Semillas del Departamento de Fitomejoramiento, Tel/fax (844) 4110236. E-mail: avaldez@uaaan.mx (\*Autor responsable).

<sup>2</sup>Departamento de Botánica, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, 25315, Buenavista Saltillo, Coah., México.

## Abstract

The freshly harvested *Atriplex* seeds show a state of latency which is a disadvantage for its immediate usage, as well as for the evaluation of its quality. There exist several different methods for suppressing this condition. This assay was carried out with the aim of evaluating the effects of the application of both, physical and chemical treatments to suppress the latency, and to increase the germination in seeds of two species of halophyte of the *Atriplex* genera: *A. nummularia* (four wing saltbush) and *A. canescens* (blue green saltbush) under laboratory and greenhouse conditions. The treatments were: scarification, water soaking for 48 h, water soaking at 60 °C for 10 min, soaking in a solution of KNO<sub>3</sub> at 0,2% for 10 min, and soaking in a H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 140 to µg ml<sup>-1</sup>, solution. An experimental completely randomized design, with four replications was used. The seeds were sowed in Petri boxes in laboratory, and polystyrene seedling trays in a greenhouse. The evaluated variables were: germination percentage, emergency speed index, plumule average length, and radicle average length. Results showed that in *A. nummularia* was obtained a high percentage of germination both, with the seed scarification in laboratory, as well as in the greenhouse; whereas for species *A. canescens* the germination percentage was very low, including scarification in both atmospheres. The temperature of laboratory atmospheres, like in the greenhouse ones, interferes with the germination percentage, as well as with the emergency speed index, while the plumule and radicle average length were not affected by atmospheres in neither of the two studied species.

**Key words:** *Atriplex* genera, seed quality assay, scarification, germination.

## Resumen

Las semillas de plantas del género *Atriplex* recién cosechadas presentan un estado de latencia, lo cual es una desventaja tanto para su uso inmediato como para la evaluación de su calidad. Existen diferentes métodos para eliminar esta condición. Este estudio se realizó con el objetivo de evaluar el efecto de la aplicación de tratamientos físicos y químicos para eliminar la latencia y aumentar la germinación en semillas de dos especies de halofitas del género *Atriplex*: *A. canescens* (costilla de vaca) y *A. nummularia* (zampa australiana) bajo condiciones de laboratorio e invernadero. Los tratamientos fueron: escarificación, remojo en agua durante 48 h, remojo en agua a 60 °C durante 10 min, remojo en solución de KNO<sub>3</sub> al 0.2 % durante 10 min, y remojo en solución de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> a 140 µg ml<sup>-1</sup>. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con cuatro repeticiones. Las semillas se sembraron en cajas Petri en laboratorio y en charolas germinadoras de poliestireno en invernadero. Las variables evaluadas fueron: porcentaje de germinación, índice de velocidad de emergencia, longitud media de plúmula y longitud media de radícula. Los resultados indicaron que, en *A. nummularia*, se obtuvo un alto porcentaje de germinación con la escarificación de la semilla tanto en laboratorio como en invernadero; mientras que para la especie *A. canescens* el porcentaje de germinación fue muy bajo, incluyendo la escarificación en ambos ambientes. La temperatura de los ambientes tanto de laboratorio como invernadero interfieren en el porcentaje de germinación y en el índice de velocidad de emergencia, mientras que la longitud media de plúmula y de radícula no fue afectada por los ambientes en las dos especies estudiadas.

**Palabras clave:** Género *Atriplex*, ensayos de calidad de semillas, escarificación, germinación.

## Introducción

Las especies *Atriplex canescens* y *A. nummularia*, son arbustos nativos del matorral desértico y su principal uso es la producción de forraje, ya que tienen características nutricionales y palatables para el ganado (Soltero y Fierro, 1980). Estas plantas arbustivas son apreciadas debido a que permanecen verdes durante el invierno y periodos de sequía.

En nuestro país se han llevado a cabo investigaciones tendientes a determinar los atributos de *A. canescens* y *A. nummularia*. Diversas instituciones como el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH) y la Comisión Nacional de Zonas Áridas (CONAZA), han trabajado en el estudio de diversos aspectos de la planta, pero no han podido determinar el tratamiento adecuado para romper la latencia de sus semillas, ya que este género presenta una latencia primaria (Camacho y Molina, 1991).

Algunos autores señalan que la mayoría de las especies del género *Atriplex* tienen problemas para germinar en condiciones naturales debido al alto contenido de sal en sus brácteas (Camacho y Molina, 1991; Ungar y Khan, 2001); por su parte, Ruiz y Perera (2001) observaron que la baja germinación se debía a que en la testa existían marcadas concentraciones de cloro y saponinas, por lo cual se está estudiando un pre-tratamiento que facilite la germinación y mejore el vigor, para su posterior establecimiento en campo ya sea con técnicas físicas o químicas (Stutz y Sanderson, 1979; Ruiz y Pereira, 2001), y para determinar la dureza de la cubierta y lo que ocurre cuando existe un desbalance entre promotores e inhibidores de la germinación.

Por lo tanto el objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de tratamientos físicos y químicos para eliminar la latencia y aumentar el porcentaje de germinación en semillas de dos especies de *Atriplex*, bajo condiciones de laboratorio e invernadero.

## Materiales y Métodos

El estudio se llevó a cabo en un invernadero y en el laboratorio del Centro de Capacitación y Desarrollo en Tecnología de Semillas CCDTS de la UAAAN, en Saltillo, Coah., México. Se utilizaron semillas de costilla de vaca (*Atriplex canescens*) y de numularia (*Atriplex nummularia*), las cuales se recolectaron en las zonas áridas del estado de Coahuila en el norte de México, en el año 2002.

## Acondicionamiento de las semillas

Primero se acondicionaron las semillas por limpieza manual para eliminar material biológico como tallos, hojas y otras impurezas; después se aplicó un soplador mecánico South Dakota, el cual separó la semilla por diferencia de peso. Se consideró semilla llena la de mayor peso, y semilla vacía, la de bajo peso. Se dividió el total de la semilla en dos muestras para los dos ambientes. Este proceso se realizó con las dos especies estudiadas.

## Tratamientos

Se utilizaron, un testigo y cinco tratamientos: testigo (T1), escarificación (T2), remojo en agua corriente o de la llave durante 48 h (T3), remojo en agua caliente a 60 °C durante 10 min (T4), remojo en KNO<sub>3</sub> al 0.2 % durante 10 min (T5) y remojo en una solución de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> a 140 µg ml<sup>-1</sup> (T6).

## Germinación en laboratorio

Los tratamientos se aplicaron en sincronía para cada especie. Se utilizaron cuatro repeticiones para cada tratamiento de 50 semillas. Una vez expuestas al tratamiento, las semillas se sembraron en forma equidistante en cajas Petri provistas de papel filtro Watman No.1. El papel se humedeció con agua corriente y las cajas se identificaron, y se colocaron en una cámara de germinación Lab-Line a 25 °C ± 1 °C durante 16 h de oscuridad y 8 h de luz, a lo largo de 15 d.

## Germinación en invernadero

Se utilizaron cuatro repeticiones de 50 semillas por tratamiento. Las semillas se sembraron en charolas de poliestireno de 200 cavidades, en un sustrato de peat moss y perlita, en proporción de 2:1. Las charolas se llevaron a condiciones de invernadero, donde la temperatura osciló entre 27 °C a 30 °C, con una humedad relativa del 80 %; las evaluaciones se realizaron diariamente durante 15 d.

## Variables evaluadas

El porcentaje de germinación (G) se determinó a los 15 días después de la siembra, con el total de plantas normales, multiplicado por dos, para cada repetición. Respecto al índice de velocidad de germinación (IVG), se contaron las plántulas normales emergidas por día hasta completar los 15 d que duró la prueba de germinación. Se utilizó la siguiente fórmula:

$$IVG = \frac{\sum (D_i - D_j)}{i}$$

Donde:

$D_i$  = Semillas germinadas en el día  $i$

$I$  = Número de días al conteo desde la siembra

$D_i$  = Número de semillas germinadas en el conteo anterior al día  $i$

Para obtener la longitud media de plúmula (LP) y la longitud media de radícula (LR), se midió con una regla milimétrica el total de plántulas normales, la estructura aérea (plúmula) y la terrestre (raíz) en las cuatro repeticiones de cada tratamiento. Para el análisis estadístico se utilizó un diseño completamente al azar, con cuatro repeticiones por tratamiento y para la comparación de medias, se empleó la prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ )

## Resultados y Discusión

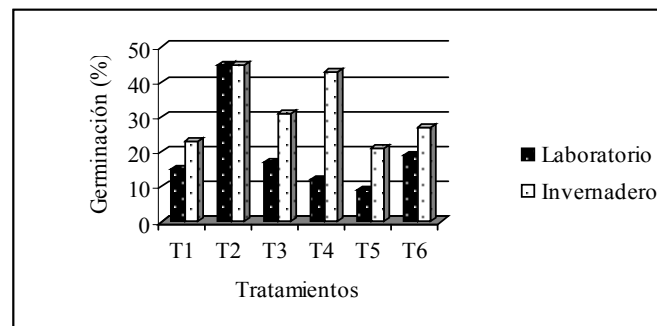
### Germinación

Se observó una gran diferencia entre especies: *A. canescens* presentó un porcentaje de germinación muy bajo, del 8 al 45 % en todos los tratamientos (Figura 1b). Mientras que *A. nummularia* alcanzó valores del 20 al 85 %, aproximadamente el doble con los mismos tratamientos (Figura 1A).

Al comparar el efecto de los dos ambientes evaluados, se encontraron valores superiores para ambas especies cuando la germinación se realizó en invernadero (Figura 1a). Esto debido a la diferencia de temperaturas, la cual fue de 2 a 4 °C mayor en el invernadero.

El tratamiento testigo de *A. nummularia* presentó una germinación del 40 y 56 %, en laboratorio y en invernadero respectivamente. Cuando la semilla de esta especie se trató con escarificación en laboratorio, alcanzó el mayor porcentaje de germinación (85 %), superando en más del doble al testigo en laboratorio. Mientras que los tratamientos de escarificación, remojo en agua corriente y remojo en  $KNO_3$  al 0.2 % durante 10 min, todos ellos aplicados en invernadero presentaron una germinación superior, del 60 al 75 %. Los demás tratamientos permitieron una germinación inferior al 60 % (Figura 1A). Lo anterior puede explicarse porque la semilla cuenta con inhibidores en la testa y en las brácteas, como lo mencionan Camacho y Molina (1991); Sturz y Sanderson (1979) y Ruiz y Perera (2001), ya que al escarificar la semilla se obtienen valores elevados de germinación. El inconveniente es el tiempo que se ocupa en escarificar la semilla manualmente, lo cual es complicado cuando se trabaja con volúmenes grandes de semilla para sembrar en el campo. Por otra parte, *A. canescens* presentó un porcentaje de

germinación muy bajo, del 15 % en laboratorio y 23 % en invernadero; los tratamientos con el mayor porcentaje de germinación fueron escarificación en laboratorio e invernadero y remojo en agua caliente a 60 °C durante 10 min en invernadero, con 45 y 42 % de germinación respectivamente; el resto de los tratamientos mostraron resultados inferiores al 30 %.



**Figura 1.** Porcentaje de germinación en semillas de *A. nummularia* (a) y *A. canescens* bajo condiciones de laboratorio e invernadero (b), sometidas a cinco tratamientos pregerminativos: testigo (T1), escarificación (T2), remojo en agua corriente o de la llave durante 48 h (T3), remojo en agua caliente a 60°C durante 10 min (T4), remojo en  $KNO_3$  al 0.2 % durante 10 min (T5) y remojo en una solución de  $H_2SO_4$  a  $140 \mu g ml^{-1}$  (T6).

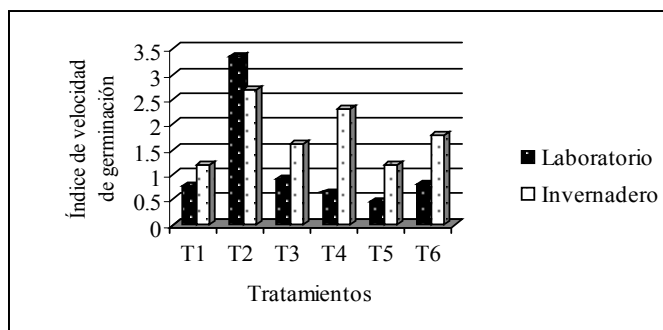
### Índice de velocidad de germinación

*A. canescens* presentó un IVG muy bajo, de 0.4 a 3.4 en todos los tratamientos (Figura 2b); mientras que *A. nummularia* alcanzó valores de 0.8 a 6.7, aproximadamente el doble con los mismos tratamientos (Figura 2a).

Los valores más altos de IVG para ambas especies se presentaron en invernadero (Figura 1a y b), debido probablemente, al igual que en el porcentaje de germinación, a la diferencia de temperaturas, la cual fue mayor en 2 a 4 °C en el invernadero.

El tratamiento testigo de *A. nummularia* presentó un IVG bajo, de 1.8 en laboratorio y 3.0 en invernadero. Los tratamientos con escarificación en laboratorio y remojo en agua corriente o de la llave durante 48 h mostraron IVG más alto, de 6.8 y 5.7 respectivamente. Con los otros tratamientos el IVG presentó valores inferiores a 4.0; incluso, en los tratamientos de remojo en agua corriente o de la llave durante 48 h y remojo en agua caliente a 60 °C durante 10 min, ambos en laboratorio, el IVG fue la mitad del testigo (Figura 2a). *A. canescens* igual que en el porcentaje de germinación, también presentó un IVG de aproximadamente la mitad de los valores de *A. nummularia* en todos los tratamientos. La semilla de esta especie escarificada en laboratorio y en invernadero fue

la que obtuvo el mayor IVG, de 3.4 y 2.7 respectivamente. Lo anterior confirma que el método de escarificación como lo mencionan Ruiz y Perera (2001) es el adecuado para ayudar a la germinación, aunque la diferencia que se observó es que el comportamiento que se presenta en el laboratorio es diferente en el invernadero, lo cual se puede deber a la diferencia de temperaturas de cada ambiente, así como al tipo de sustrato en que se sembró la semilla; puede ser que la semilla, una vez escarificada, requiera de una temperatura más elevada y que el sustrato humedecido ayude aún más a remover los inhibidores de la testa, lo que produce una respuesta favorable en el vigor de la semilla. Igual que sucedió con *A. nummularia*, los tratamientos de remojo en agua corriente durante 48 h y remojo en agua caliente a 60 °C durante 10 min, ambos en laboratorio, el IVG fue de la mitad del testigo, lo que quiere decir que posiblemente el KNO<sub>3</sub> y el ácido sulfúrico afectaron el vigor de la semilla en laboratorio (Figura 2B).



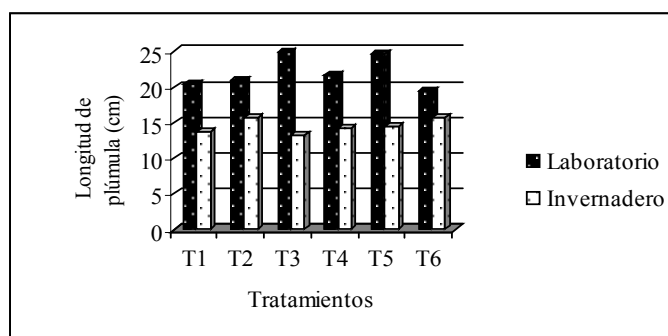
**Figura 2.** Índice de velocidad de germinación en semillas de *Atriplex nummularia* (a) y de *Atriplex canescens* (b) bajo condiciones de laboratorio e invernadero, sometidas a cinco tratamientos pregerminativos: testigo (T1), escarificación (T2), remojo en agua corriente o de la llave durante 48 h (T3), remojo en agua caliente a 60 °C durante 10 min (T4), remojo en KNO<sub>3</sub> al 0.2 % durante 10 min (T5) y remojo en una solución de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> a 140 µg ml<sup>-1</sup> (T6).

### Longitud media de plúmula

Para *A. nummularia*, con excepción de la escarificación, no hubo diferencias entre los tratamientos en laboratorio y en invernadero. Sin embargo, los tratamientos de escarificación en laboratorio, remojo en agua corriente o de la llave durante 48 h en invernadero, remojo en agua caliente a 60° C durante 10 min en laboratorio e invernadero, así como el testigo en ambos ambientes permitieron la mayor longitud de plúmula con valores de 16 a 18 mm. Mientras que con los tratamientos de remojo en KNO<sub>3</sub> y remojo en solución de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> se obtuvo la menor longitud de plúmula, debido a que el KNO<sub>3</sub>, así como el ácido sulfúrico a esta concentración

posiblemente afectaron el desarrollo de la plántula, y por consiguiente su vigor (Figura 3A).

En todos los tratamientos, incluyendo al testigo, las plántulas de *A. canescens* que germinaron en laboratorio presentaron mayor longitud de plúmula que las que germinaron en invernadero. Con los todos los tratamientos aplicados en laboratorio se obtuvieron plúmulas de 19 a 24.9 mm. Los tratamientos en invernadero permitieron una longitud de plúmula inferior a 15 mm. Esto se debió, posiblemente, a que las plántulas estuvieron expuestas directamente a la luz de la cámara germinadora, mientras que las plántulas en las charolas con sustrato, tuvieron un poco de estrés, lo que propició mejores valores de longitud en laboratorio, como lo muestra la Figura 3b.

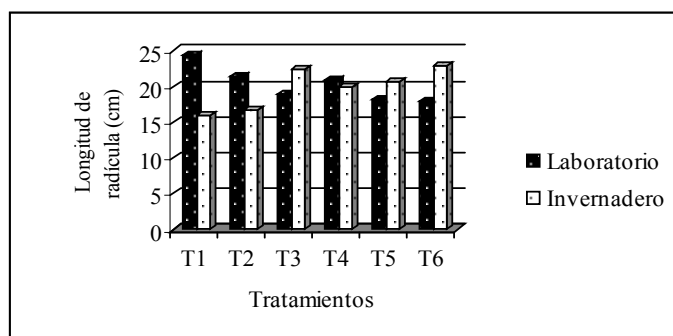


**Figura 3.** Longitud de plúmula en semillas de *Atriplex nummularia* (a) y de *Atriplex canescens* (b) bajo condiciones de laboratorio e invernadero, sometidas a cinco tratamientos pregerminativos: testigo (T1), escarificación (T2), remojo en agua corriente o de la llave durante 48 h (T3), remojo en agua caliente a 60 °C durante 10 min (T4), remojo en KNO<sub>3</sub> al 0.2 % durante 10 min (T5) y remojo en una solución de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> a 140 µg ml<sup>-1</sup> (T6).

### Longitud media de radícula

Para esta variable, en *A. nummularia*, no hubo diferencia significativa entre los tratamientos, ya que la longitud de la radícula fue estadísticamente igual a la del testigo, con valores de 18 a 24.5 mm. Se observó que la longitud media de plúmula fue mayor con algunos tratamientos en laboratorio y con otros en invernadero (Figura 4A).

En el caso de *A. canescens*, bajo condiciones de laboratorio, se obtuvieron diferencias significativas entre tratamientos, mientras que no hubo diferencias significativas entre ambientes, (Figura 4b). El testigo presentó la mayor longitud de plúmula con 24.8 mm en laboratorio, mientras el de mayor valor en invernadero fue de 20.2 mm, con el remojo en solución de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.



**Figura 4.** Longitud de radícula en semillas de *Atriplex nummularia* (a) y de *Atriplex canescens* (b) bajo condiciones de laboratorio e invernadero, sometidas a cinco tratamientos pregerminativos: testigo (T1), escarificación (T2), remojo en agua corriente o de la llave durante 48 h (T3), remojo en agua caliente a 60 °C durante 10 min (T4), remojo en KNO<sub>3</sub> al 0.2 % durante 10 min (T5) y remojo en una solución de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> a 140 µg ml<sup>-1</sup> (T6).

### Conclusiones

En *A. nummularia* se obtiene un alto porcentaje de germinación con la escarificación de la semilla, tanto en laboratorio como en invernadero; mientras que para *A. canescens* el porcentaje de germinación fue muy bajo, incluyendo la escarificación en ambos ambientes. La temperatura de los ambientes, tanto de laboratorio como invernadero, interfieren en el porcentaje de germinación y en el índice de velocidad de emergencia, mientras que la

longitud media de plúmula, y de radícula, no fue afectada por los ambientes en las dos especies estudiadas.

### Literatura Citada

- Camacho, F. y P. Molina. 1991. Enfriamiento en húmedo para eliminar la dormición de las semillas de chamizo, *Atriplex canescens* (Pursh) Nutt. Rev. Cien. For. Mex. 33 (69): 59-75.
- Ruiz, M. y Parera, C. 2001. Efecto del estrés hídrico y salino en la germinación de *Atriplex nummularia*. pp: 133-142. In: Reunión Binacional de Ecología. XX Reunión Argentina de Ecología. X Reunión de la Sociedad de Ecología de Chile. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Universidad Nacional de San Juan, Facultad de Ciencias Exactas. Argentina.
- Soltero, S. y L. C. Fierro. 1980. Contenido y fluctuación de nutrientes del chamizo (*Atriplex canescens*) durante el periodo de sequía, en un matorral micrófilo de *Atriplex Prosopis*. Chih. Méx. Bol. Pastizales. 9 (6): 2-7.
- Stutz, H. C. y Sanderson S. C. 1979. The role of polyploidy in the evolution of *Atriplex canescens*. pp. 615-621. In: Goodin J. R. And Northington D. K. editors. Arid Land Plant Resources. Lubbock, TX: Texas Tech University, International Center for Arid and Semi-Arid Land Studies. Texas, USA.
- Ungar I.A. y Khan M.A. 2001. Effect of bracteoles on seed germination and dispersal of two species of *Atriplex*. Ann. Bot. 87:233-239.

# Aplicación del Costeo Basado en Actividades (ABC) en la Determinación de un Índice de Calidad del Agua

Félix Susana Juárez-López<sup>1\*</sup>, Rafael Rodríguez-Martínez<sup>2</sup>, Héctor Manuel López-Pérez<sup>1</sup>, Joel López-Pérez<sup>1</sup>, Miguel Arenas-Vargas<sup>3</sup>.

<sup>1</sup>Escuela de Administración Agropecuaria y Desarrollo Rural. Universidad Autónoma de Sinaloa. Postal 279, Guamúchil, Sinaloa, México. Tel.: (673) 73-2-32-00, Tel.: (673) 73-2-80-60. E-mail: susyjl@uas.uasnet.mx (\*Autor responsable). <sup>2</sup>Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna, Carretera a Santa Fe y Periférico, Torreón, Coah. México. <sup>3</sup>Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco, Villa Quietud, Coyoacán, México, D. F.

---

## Abstract

During the decade of the 80's world-wide market faced changes in the philosophy of businesses with a globalized approach supported on technological advances pretending to obtain competitive products, reduce production costs, and appropriately respond to the specific needs of the clients. The objectives of this assay were a) to evaluate the application of the Activity-Based Costing system (ABC) in determining the costs of a water quality index (ICA), and b) to compare its results with the Traditional Costing System (SCT). The methodology of both, ABC and SCT was compared, including their technical (CT) and professional components (CP), in a 12 months period. It was found that, in the total cost, 9 out of the 20 parameters were overvalued by the SCT and the remaining 11 were undervalued. In the studied period, the PC were clearly overvalued in 12 out of the 20 parameters, and the remaining 8 were undervalued by SCT. In the same sense, the CT were overvalued in 9 out of the 20 parameters, and the remaining 11 were undervalued by SCT. The obtained results allow to emphasize that the ABC is quite suitable for small enterprises of the service sector, since it represents a more precise method than the SCT, for determining the costs of the studied company.

**Key words:** Activity based costs system, traditional costs system, globalization, competitiveness, small enterprises.

## Resumen

Durante la década de los 80 el mercado mundial enfrentó cambios en la filosofía de negocios con un enfoque globalizado, apoyado en avances tecnológicos con el propósito de obtener productos competitivos, minimizar costos de producción y responder oportunamente a las necesidades específicas del cliente. Los objetivos de este estudio fueron a) evaluar la aplicación del sistema de costeo por actividades (ABC) en la determinación de costos de un índice de calidad del agua (ICA), y b) comparar sus resultados con el sistema de costos tradicional (SCT). Se compararon la metodología de ABC y SCT, incluyendo los componentes técnicos (CT) y componentes profesionales (CP), en un periodo de 12 meses. Se encontró que, en el costo total, nueve de los 20 parámetros estuvieron sobrevalorados por el SCT y los 11 restantes se encontraron subvalorados. En el periodo estudiado, los CP se apreciaron sobrevalorados en 12 de los 20 parámetros y en los ocho restantes fueron subvalorados por SCT. Así mismo, los CT estuvieron sobrevalorados en nueve de los 20 parámetros, y los restantes 11 se encontraron subvalorados por SCT. Los resultados obtenidos permiten señalar que el ABC es aplicable a las pequeñas empresas del sector servicios, ya que representa un método más preciso que el SCT para la determinación de los costos de la empresa estudiada.

**Palabras clave:** Sistema de costeo ABC, sistema tradicional de costos, globalización, competitividad, pequeñas empresas.

---

## Introducción

La globalización obliga a las empresas manufactureras a competir en costos, calidad y tiempo, y a ubicar con precisión los costos de los componentes de manufactura para una operación eficiente y una producción competitiva (Ozbayrak *et al.*, 2004). El sistema de costos tradicional

(SCT) de principios del siglo XX con materiales y la mano de obra como factores predominantes en la producción, una tecnología estable y gastos indirectos de fabricación como soporte de las actividades para los procesos de producción. Era un sistema útil en compañías que elaboran pocos productos y en las que los gastos indirectos de

manufactura no son significativos en comparación con los costos directos, por lo que el SCT satisfacía las necesidades del mercado de su época en donde la participación de los costos directos en el costo total del producto de los componentes era substancialmente más onerosa que la de los componentes de los costos indirectos. (Andrade *et al.*, 1999). Este sistema aún es utilizado por la mayoría de las empresas que confían en el método para la asignación de la parte de los gastos indirectos (Themido *et al.*, 2000). Mientras que en los nuevos ambientes manufactureros se ha observado que el SCT ha perdido relevancia debido a un incremento notable del porcentaje de los costos de los gastos indirectos de fabricación y la utilización de la automatización de los procesos de manufactura por el desarrollo de la tecnología, mientras que el porcentaje en el volumen de la mano de obra directa ha disminuido (Roztocki *et al.*, 1999).

Johnson y Kaplan (1987a, b) afirman que el SCT como herramienta de planeación y control, genera información tardía, global, distorsionada e irrelevante, además de que puede provocar la toma de decisiones estratégicas equivocadas. Desde 1990, varias compañías han reducido su dependencia del SCT y usan el sistema de costeo por actividades (ABC), por sus siglas en inglés: (*Activity-Based Costing*), desarrollado por (Cooper y Kaplan, 1991). Mientras que el sistema ABC es una metodología para medir los costos del desempeño de las actividades, los recursos y objetos de costos, rastrea los recursos en función de las actividades, y el costo de éstas, con los objetos de costos basados en su uso, y reconoce las relaciones causales entre los inductores y las actividades (Themido *et al.*, 2000). El ABC se originó en Estados Unidos de Norteamérica en un contexto manufacturero y se ha extendido a los países de Europa, Australia y Japón (Mitchell, 1994), reduce la distorsión de la información contable de costos, típicamente empleada para las decisiones de planeación y de mercado (Johnson, 1992). Además, el ABC se ha implementado como una propuesta para obtener mayor exactitud, porque rastrea los costos indirectos más estrechamente que otros sistemas (Kaplan y Atkinson, 1998). Además, convierte todos los costos en costos directos, imputados en principio en su respectivo objeto de costos (Andrade *et al.*, 1999). La promoción del ABC por el Consorcio Internacional de Manufactura Avanzada (CAM-I) y del Instituto Nacional de Contabilidad Administrativa (CIMA), permitió que el ABC se desarrollara desde la década de los 80 (Thorne y Gurd, 1999), y representa un panorama de procesos de negocios, en donde una actividad, o red de actividades con un propósito común, define los procesos de negocios, en los que las actividades son secuenciales y aditivas (Themido *et al.*, 2000), sugiriéndose que éstas son una guía para

reducir costos y originar una gama de información nueva –formal e informal– la cual puede servir para medir varios aspectos del desempeño (Innes y Mitchell, 1995).

Aunque el ABC fue desarrollado originalmente para el ambiente manufacturero, se ha generalizado como medio para trazar un verdadero mapa de recursos, costos y objetos de costos, de interés no solamente para los productos, sino también para los servicios, los clientes, las oficinas y los proyectos (Fichman y Kemerer, 2002). El sistema ABC puede mejorar ampliamente la administración de las empresas de servicios (Ruhl y Hartman, 1998), y aplicarse a todo tipo de organizaciones (Cagwin y Bouwman, 2002) del sector público y privado (Davis, 2003). Se ha aplicado en diversas industrias tales como la electrónica, la automotriz, la aeroespacial, la aviación, la naval y la de telecomunicaciones, así como en la de defensa (Ben-Arieh y Qian, 2003). Además, también se reporta su uso en los servicios financieros, educativos, y en las instituciones de salud (Armstrong, 2002; Ruhl y Hartman, 1998), y desarrollo farmacéutico (Jorgensen y Edwards, 1998).

Nisenbaum *et al.* (2000), realizaron un estudio comparativo entre las metodologías de ABC y SCT en un departamento de radiología. El estudio obtuvo información detallada acerca de los tiempos y recursos directos utilizados en los procedimientos individuales de tomografías computarizadas. En primer lugar identificaron los diferentes procedimientos desempeñados en el departamento de radiología. Lo que permitió que se identificaran todas las actividades involucrada en el desempeño de estos servicios. Previamente a la iniciación del estudio, obtuvieron información observando una muestra pequeña de varios estudios de TC durante un periodo de tres semanas. Este proceso permitió la construcción de una información cuidadosamente diseñada para asegurar la exactitud de la información recolectada. Dicha información incluye al personal actual, y el tiempo de producción utilizados en cada procedimiento, además de los materiales directos utilizados. Dieciocho componentes de costos de actividades fueron analizados y divididos en cuatro grupos por su inductor de costos. Los inductores de costos fueron volumen, tiempo, tiempo y volumen, y costo por unidad básica. Este primer grupo basado en el volumen, incluye nueve componentes de costos relacionados con las siguientes actividades: programación, contabilidad, facturación, administración, filmación, impresión de film, y químicos, valoración de medios, investigaciones y misceláneos. Un segundo grupo de inductores basados solamente en el tiempo, incluyó la proporción de costos de atención clínica por radiólogos, la proporción de los costos de vacaciones de académicos y administrativos, la proporción de costos de atención de radiólogos,

depreciación del equipo, mantenimiento. Los componentes de costos relacionados con las actividades de tecnología fueron basados en una combinación de volumen y tiempo. Los costos de transcripción fueron determinados en una base por unidad. Al nivel mundial, el papel de las pequeñas y medianas empresas (PyMEs) en las economías nacionales es relevante, considerando su contribución en la manufactura y a la generación de oportunidades de empleo, por lo que, de acuerdo con (Gunasekaran *et al.*, 1999), para estar en el mercado es necesario que las PyMEs adopten el sistema ABC sugiriendo, además, la necesidad de profundizar en las investigaciones sobre su uso en estas empresas.

En los países en vías de desarrollo, la evaluación de la calidad de agua se ha vuelto un problema crítico, debido especialmente a la preocupación mundial de que el agua potable será un recurso cada vez más escaso en el futuro (Pesce y Wunderlin, 2000). Por lo tanto, los índices de calidad del agua (ICA) juegan un papel importante en la interpretación de la información sobre la tendencia de la calidad de los cuerpos de agua (Tyagi *et al.* (2003). Los ICAs expresan solamente un aspecto de la calidad del agua, ya que para determinarlos se requiere una técnica especial y dispositivos para medir una serie de parámetros, por lo que su costo es alto y el proceso lento (Nakamura *et al.*, 1998).

A la fecha no se ha documentado el uso del ABC en pequeñas empresas en México, tampoco se han generado datos empíricos para analizar su uso en estas empresas, además de que no existen publicaciones a nivel internacional que documenten para medir los costos de los índices de calidad del agua, por lo que los objetivos de este estudio fueron a) evaluar la aplicación del sistema de costeo por actividades (ABC) en la determinación de costos de un índice de calidad del agua (ICA), y b) comparar sus resultados con el sistema de costos tradicional (SCT).

## Materiales y Métodos

Se registraron las actividades en la operación de un laboratorio de análisis de agua, certificado ante la Comisión Nacional del Agua (CNA) y ante la Entidad Mexicana de Acreditación (EMA) (Rama Agua). El registro incluyó los tiempos y recursos utilizados para el análisis de 20 parámetros que conformaron el ICA, de acuerdo con las Normas Oficiales Mexicanas (NOM). Los parámetros evaluados fueron: temperatura, pH, aceites y grasas, sólidos disueltos totales, sólidos totales, demanda bioquímica de oxígeno al 5º día (DBO), demanda química de O<sub>2</sub> (DQO), N de nitratos, N de nitritos, sustancias activas al azul de metileno (SAAM), Oxígeno disuelto,

sulfato, K (como ortofosfato), coliformes totales, amoníaco (NH<sub>4</sub>), Ca, dureza total, Mg, turbiedad y cloruros.

## Determinación de los costos usando el ABC

Los 18 grupos de costos de actividades, utilizados para determinar los índices de calidad del agua fueron: a) Atención a clientes, b) Materiales, c) Control de calidad, d) Administración, e) Contabilidad, f) Facturación, g) Costos diversos, h) Mano de obra, i) Material de laboratorio, j) Depreciación de equipo de laboratorio, k) Conservación de muestras, l) Mantenimiento de equipo de laboratorio, m) Mantenimiento de edificio, n) Renta del edificio, o) Capacitación de personal, p) Energía eléctrica, q) Gas, y r) Agua.

La información analizada corresponde al período del 1º de enero al 31 de diciembre de 2002 y están basados en 15,313 datos. Los parámetros fueron seleccionados de acuerdo al trabajo de Pesca y Wunderlin (2000). Se realizaron 6,433 datos para los 20 parámetros, los que representan el 42 % del total de los análisis elaborados durante dicho periodo en el laboratorio. Los costos individuales se determinaron a partir de una serie de corridas analíticas para un mínimo de 10 muestras. La información para cada parámetro incluyó los costos anuales de: a) Personal del laboratorio, que incluyó las prestaciones de ley correspondientes; b) Tiempo empleado en cada procedimiento; y c) Materiales utilizados. Con base en el trabajo de Nisenbaum *et al.* (2000). Los grupos de costos de actividades se dividieron en tres grupos de acuerdo con su inductor de costos (volumen, tiempo y la combinación de tiempo y volumen).

**Actividades agrupadas por el inductor de costos basado en volumen.** Se procedió de acuerdo con cada uno de los siguientes componentes: a) Atención a clientes: (teléfono, fax, material de oficina, paquetería, depreciación de equipo de cómputo, mantenimiento de equipo cómputo, así como, el recurso humano; b) Materiales: incluyó el volumen consumido de cada uno de los reactivos como se encuentra estipulado en las NOM que le corresponde a cada parámetro; c) Control de calidad: incluyó el costo del material consumido en las determinaciones en los análisis y costos de mano de obra; d) Administración: considerando los recursos humanos del área, recursos físicos, equipos y suministros consumidos; e) Contabilidad: que incluyó los recursos físicos, humanos, equipo y suministros consumidos; f) Facturación: recursos físicos, humanos, equipos y suministros necesarios para la facturación (datos proporcionados por la administración de la empresa); g) Costos Diversos: donde se consideraron los costos eventuales.

**Actividades agrupadas por el inductor de costos basado en el tiempo.** Se consideró: h) Mano de obra: determinado con base en el tiempo dedicado a la obtención del valor de cada uno de los parámetros que constituyen el ICA; i) Depreciación de material de laboratorio: determinado basándose en el tiempo de utilización de cada material de acuerdo a lo prescrito en la NOM. Para obtenerlo se dividió el costo individual de cada uno de los materiales de laboratorio entre el número de horas anuales, obteniendo así el costo por hora y determinando su costo de utilización para cada parámetro; j) Depreciación de equipo de laboratorio: para determinar este costo se aplicó una fracción proporcional del 10 % anual sobre el valor de adquisición del equipo, conforme a lo establecido en la Ley del Impuesto sobre la Renta, artículo 40. Esta fue cantidad dividida entre 8,760 h anuales para obtener el costo por hora y se multiplicó por el número de horas utilizadas para cada parámetro; k) Conservación de muestras: en este rubro se consideró la depreciación del refrigerador y el costo de envases necesarios para la conservación física. Además, se incluyó el costo de los reactivos que se emplean para preservar las muestras, así como la mano de obra del personal encargado de llevar a cabo dicha actividad; l) Mantenimiento equipo de laboratorio: fue calculado como el resultado de los gastos de mantenimiento de equipo de laboratorio más los gastos por servicios de calibración; m) Mantenimiento de edificio: fueron los gastos ocasionados para mantener funcional el área; n) Renta de edificio; o) Capacitación de personal: en esta actividad se registraron los costos de consumo de recursos físicos, humanos, equipos y viajes para llevar a cabo la capacitación del personal y para obtener la renovación anual de la certificación.

**Actividades agrupadas por el inductor de costos basado en tiempo y volumen.** Se refieren a su costo anual. Están constituidas por: p) Energía eléctrica; q) Gas; r) Agua. Para determinar el costo de los componentes de actividades d), e), f), g), l), m), n), o), p), q), r), se dividió su costo total entre el número de análisis (n=6,433) llevados a cabo durante el año.

De acuerdo con Nisembaum *et al.*, (2000), los componentes de costos relacionados con mano de obra se consideraron como un componente profesional (CP) y la suma de los restantes se consideraron como componentes técnicos (CT).

#### Determinación de costos por el SCT

Para determinar los costos por el SCT se utilizó el modelo clásico de distribución de costos diseñado para relacionar los factores que componen el costo de producción: a) Materiales directos b) Mano de obra directa

y, c) Gastos indirectos de fabricación. Los costos directos e indirectos se calcularon multiplicando por una constante ( $k$ ) que aumenta o disminuye. El valor de esta constante está basado en la experiencia (Andrade *et al.* (1999).

Para el cálculo de costos por SCT la constante se multiplicó por el precio de mercado del servicio, siendo las constantes utilizadas en el estudio, basadas en la información proporcionada por la administración del laboratorio: Materiales  $k = 0.1$ ; Mano de obra  $k = 0.2$ ; Gastos indirectos de fabricación  $k = 0.4$

Tanto para el cálculo de costos por el sistema ABC, como para el cálculo de costos por el sistema SCT, la información fue procesada en hojas de cálculo Excell® versión 2000.

#### Resultados y Discusión Componentes de costos

La determinación temperatura representó el menor costo; mientras que la determinación de coliformes totales fue el de mayor costo; el parámetro de menor costo por el SCT fue la determinación de pH y turbiedad y el mayor costo fue para coliformes totales (Cuadro 1).

#### Componentes técnicos y profesionales

En el Cuadro 1 se observan los resultados de los componentes de costos de actividades, agrupados de acuerdo a los componentes técnicos determinados por el ABC. La determinación de coliformes totales fue el parámetro de más alto costo en los componentes técnicos, mientras que el de menor costo fue la de temperatura. Estos costos los conforman todos los componentes de costos de actividades excepto mano de obra y la parte que le corresponde al control de calidad. Los costos profesionales determinados por el ABC indicaron que dureza fue el parámetro de mayor costo y pH el de menor (Cuadro 1).

#### Costos Totales

Se encontró que el SCT sobrevaluó, dentro de un rango de \$4.86 a \$84.49, a nueve de los 20 parámetros (sólidos disueltos totales, sólidos totales, demanda bioquímica de  $O_2$  al 5° día, demanda química de  $O_2$ , N de nitratos, sustancias activas al azul de metileno, sulfatos, P (ortofosfato) y coliformes totales), mientras que los 11 parámetros restantes (temperatura, pH, aceites y grasas, N de nitritos,  $O_2$  disuelto, amoníaco, Ca, dureza total, Mg, turbiedad y, cloruro) fueron subvaluados dentro de un rango de \$2.75 a \$49.95 (Cuadro 1).

Los costos más elevados determinados por ABC fueron: Coliformes totales,  $O_2$  disuelto, demanda bioquímica de  $O_2$  al 5° día y, aceites y grasas. Por otra parte, este sistema

**Cuadro 1.** Comparación de componentes de costos profesionales y técnicos por los sistemas Costeo Basado en Actividades (ABC) y Sistema Tradicional de Costos (SCT). Todos los datos están en pesos mexicanos.

Parámetro	ND <sup>1</sup>	ABC			SCT			Diferencia ABC y SCT		
		Pros	Técnicos	Total	Pros	Técnicos	Total	Pros	Técnicos	Total
1 Temperatura	1717	5.32	28.93	34.25	9.00	22.50	31.50	- 3.68	6.43	2.75
2 pH	1921	5.74	32.24	37.98	8.00	20.00	28.00	- 2.26	12.24	9.98
3 Aceites y grasas	629	15.60	109.74	125.34	26.00	65.00	91.00	- 10.40	44.74	34.34
4 Sólidos disueltos totales	183	12.92	35.26	48.18	18.00	45.00	63.00	- 5.08	- 9.74	- 14.82
5 Sólidos totales	33	6.44	33.49	39.93	18.00	45.00	63.00	- 11.56	- 11.51	- 23.07
6 DBO <sup>2</sup>	607	39.66	77.83	117.49	40.00	100.00	140.00	- 0.34	- 22.17	- 22.51
7 DQO <sup>3</sup>	144	15.26	84.51	99.77	40.00	100.00	140.00	- 24.74	- 15.49	- 40.23
8 N de nitratos	75	25.06	43.75	68.81	22.00	55.00	77.00	3.06	- 11.25	- 8.19
9 N de nitritos	54	16.22	43.75	59.97	14.00	35.00	49.00	2.22	8.75	10.97
10 SAAM	62	18.54	43.97	62.51	42.00	105.00	147.00	- 23.46	- 61.03	- 84.49
11 O disuelto	22	32.68	69.77	102.45	15.00	37.50	52.50	17.68	32.27	49.95
12 Sulfato	128	9.94	33.96	43.90	16.00	40.00	56.00	- 6.06	- 6.04	- 12.10
13 P (ortofosfato)	14	17.64	44.00	61.64	19.00	47.50	66.50	- 1.36	- 3.50	- 4.86
14 Coliformes totales	375	26.78	126.99	153.77	64.00	160.00	224.00	- 37.22	- 33.01	- 70.23
15 Amoniac (NH <sup>+</sup> <sub>4</sub> )	51	24.34	65.86	90.20	19.00	47.50	66.50	5.34	18.36	23.70
16 Cag	29	30.16	39.67	69.83	9.00	22.50	31.50	21.16	17.17	38.33
17 Dureza total	136	40.16	39.93	80.09	9.00	22.50	31.50	31.16	17.43	48.59
18 Mg	31	35.16	39.81	74.97	9.00	22.50	31.50	26.16	17.31	43.47
19 Turbiedad	118	7.98	38.95	46.93	8.00	20.00	28.00	- 0.02	18.95	18.93
20 Cloruros	104	16.56	46.32	62.88	9.00	22.50	31.50	7.56	23.82	31.38
<b>TOTAL</b>	<b>6,433</b>									

ND = Número de determinaciones; <sup>2</sup>DBO = Demanda bioquímica de oxígeno al 5° día; <sup>3</sup>DQO = Demanda química de oxígeno; <sup>4</sup>SAAM = Sustancias activas al azul de metileno. Los números con signo negativo (-) indican que el costo está sobrevaluado por SCT en comparación con el ABC. Pros = Profesionales

calculó como los de menor costo a temperatura, pH, sólidos totales y Sulfato. Los parámetros de mayor volumen por el número de determinaciones (1,921, 1,717 y 629 respectivamente), fueron: pH, temperatura, y aceites y grasas (Cuadro 1).

Con el SCT se determinó que los costos más elevados correspondieron a coliformes totales, sustancias activas al azul de metileno, demanda bioquímica de O<sub>2</sub> al 5° día, y demanda química de O<sub>2</sub>, mientras que como de menor costo a pH y turbiedad (Cuadro 1).

La comparación entre el sistema ABC y el SCT mostró que de los nueve parámetros sobrevaluados por éste último, los más elevados fueron: sustancias activas al azul de metileno, coliformes totales y demanda química de O<sub>2</sub>, mientras que los parámetros subvaluados con mayor diferencia respecto al ABC fueron: O<sub>2</sub> disuelto, dureza total y Mg. Los parámetros de mayor volumen: temperatura, pH y aceites y grasas, fueron sobrevaluados con \$2.75, \$9.98 y \$34.34 respectivamente (Cuadro 1).

Los parámetros de mayor volumen con relación al costo total fueron: temperatura, pH y aceites y grasas (subvaluados por SCT). Por otra parte los parámetros de mayor costo por ABC fueron: coliformes totales; aceites y grasas y demanda bioquímica al 5° día, mientras que los de menor costo fueron temperatura, pH y sólidos totales (Cuadro 1).

### Costos de Actividades

**Inductor de costos basado en volumen.** Los resultados de los inductores de costos basados en el volumen mostraron que, en los parámetros de mayor número de determinaciones (temperatura, pH, y aceites y grasas), la proporción de los costos basados en el volumen con respecto al costo total tuvieron valores que representaron el 64.7 %, 64.9 % y 81.6 % respectivamente del costo total, y que los parámetros que presentaron los costos más elevados fueron: coliformes totales, que corresponde al 75.20 %, y demanda bioquímica de O<sub>2</sub> al 5°, día que

**Cuadro 2.** Comparación de costos por el sistema de Costos Basado en Actividades (ABC) versus Sistema de Costos tradicional (SCT), elaborados durante el 2002. Todos los datos están en pesos mexicanos.

Parámetro	ABC										SCT					Diferencia ABC vs SCT
	ND <sup>1</sup>	Volumen	%	Inductores de costos			Total ABC	Factores de la producción		Total SCT						
				Tiempo	%	TyV <sup>2</sup>		%	Mano de Obra		%	GIP <sup>3</sup>	%			
1 Temperatura	1,717	22.19	64.79	12.06	35.21	-	0	4.50	14.29	9.00	28.57	18.00	57.14	31.50	2.75	
2 pH	1,921	24.66	64.93	12.32	32.44	1	2.63	4.00	14.29	8.00	28.57	16.00	57.14	28.00	9.98	
3 Aceites y grasas	629	102.37	81.67	18.5	14.76	4.47	3.57	13.00	14.29	26.00	28.57	52.00	57.14	91.00	34.34	
4 SDT	183	27.61	57.31	16.1	33.42	4.47	9.28	9.00	14.29	18.00	28.57	36.00	57.14	63.00	-14.82	
5 Sólidos totales	33	22.69	56.82	12.77	31.98	4.47	11.19	9.00	14.29	18.00	28.57	36.00	57.14	63.00	-23.07	
6 DBO <sup>4</sup>	607	80.7	68.69	32.32	27.51	4.47	3.8	20.00	14.29	40.00	28.57	80.00	57.14	140.00	-22.51	
7 DQO <sup>5</sup>	144	77.28	77.46	18.02	18.06	4.47	4.48	20.00	14.29	40.00	28.57	80.00	57.14	140.00	-40.23	
8 N de nitratos	75	42.34	61.53	22.0	31.97	4.47	6.5	11.00	14.29	22.00	28.57	44.00	57.14	77.00	-8.19	
9 N de nitritos	54	37.92	63.23	17.58	29.31	4.47	7.45	7.00	14.29	14.00	28.57	28.00	57.14	49.00	10.97	
10 SAAM <sup>6</sup>	62	38.02	60.82	20.02	32.03	4.47	7.15	21.00	14.29	42.00	28.57	84.00	57.14	147.00	-84.49	
11 O disuelto	22	69.41	67.75	28.57	27.89	4.47	4.36	7.50	14.29	15.00	28.57	30.00	57.14	52.50	49.95	
12 Sulfato	128	24.98	56.9	14.45	32.92	4.47	10.18	8.00	14.29	16.00	28.57	32.00	57.14	56.00	-12.10	
13 P (ortofosfato)	14	38.91	63.12	18.26	29.62	4.47	7.25	9.50	14.29	19.00	28.57	38.00	57.14	66.50	-4.86	
14 Coliformes totales	375	115.64	75.2	33.66	21.89	4.47	2.91	32.00	14.29	64.00	28.57	128.00	57.14	224.00	-70.23	
15 Amoniaco (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )	51	63.24	70.11	22.49	24.93	4.47	4.96	9.50	14.29	19.00	28.57	38.00	57.14	66.50	23.70	
16 Ca	29	40.07	57.38	25.29	36.22	4.47	6.4	4.50	14.29	9.00	28.57	18.00	57.14	31.50	38.33	
17 Dureza total	136	45.33	56.6	30.29	37.82	4.47	5.58	4.50	14.29	9.00	28.57	18.00	57.14	31.50	48.59	
18 Mg	31	42.71	56.97	27.79	37.07	4.47	5.96	4.50	14.29	9.00	28.57	18.00	57.14	31.50	43.47	
19 Turbiedad	118	28.72	61.2	13.74	29.28	4.47	9.52	4.00	14.29	8.00	28.57	16.00	57.14	28.00	18.93	
20 Cloruros	104	40.67	64.68	17.74	28.21	4.47	7.11	4.50	14.29	9.00	28.57	18.00	57.14	31.50	31.38	

<sup>1</sup>ND = Número de determinaciones; <sup>2</sup>TyV = Tiempo y Volumen; <sup>3</sup>GIP = Gastos Indirectos de Producción; <sup>4</sup>DBO = Demanda bioquímica de oxígeno al día 5; <sup>5</sup>DQO = Demanda química de oxígeno; <sup>6</sup>SAAM = Sustancias activas al azul de metileno. Los números con signo negativo (-) indican que el costo está sobrevalorado por SCT en comparación con el ABC.

representa el 68.69 % de su costo total. El parámetro sólidos totales presentó el menor costo que corresponde al 56.82 % de su costo total (Cuadro 2).

**Inductor de costos basado en el tiempo.** En el Cuadro 2 se observa que, en proporción a su costo total, los parámetros de mayor volumen fueron temperatura, pH, y aceites y grasas, que representaron respectivamente 35.21%, 32.44 % y 14.76 %, y que los parámetros que presentaron los valores más altos en los costos basados en el tiempo fueron: coliformes totales, demanda bioquímica de O<sub>2</sub> al 5° día y dureza total, que correspondieron al 21.89 %, 27.51 % y 37.82 % respectivamente del costo total de cada parámetro.

**Inductor de costos basado en tiempo y volumen.** Los parámetros de mayor volumen (temperatura, pH, y aceites y grasas) presentaron el 0 %, 2.63 % y 3.57 % proporcionalmente a su costo total, mientras que los parámetros que presentaron los mayores costos fueron: coliformes totales, demanda bioquímica de O<sub>2</sub> al 5° día y sólidos totales, que representan proporcionalmente el 2.91%, el 3.8 % y el 11.19 % de su costo total (Cuadro 2).

En la determinación de los costos de la prestación de servicios, el consumo de recursos es una medida más confiable que el uso de métodos indirectos (Nisenbaum *et al.*, 2000). Los resultados de este estudio indicaron que, para los parámetros que conforman el ICA, con el ABC la determinación de costos fue más precisa que el SCT. Estos resultados son equiparables con los obtenidos por Koltai *et al.* (2000), quienes estimaron los costos de producción de un sistema de manufactura utilizando el ABC, y al compararlos con los obtenidos por el SCT, encontraron que tres de seis parámetros fueron subvaluados y tres sobrevaluados.

En el trabajo de Nisenbaum *et al.* (2000), los costos totales sobrevaluados fueron el 64.7 % de los parámetros analizados, mientras que el 35.3 % fueron subvaluados. En este estudio reportamos 45 % sobrevaluados y 55 % subvaluados, lo que podría explicarse por el costo de los salarios (\$27.00 por hora) que se pagan a los profesionales encargados de realizar las determinaciones de los parámetros que componen el ICA.

Es conveniente considerar el desarrollo de un sistema de administración basada en actividades (ABM por sus siglas en inglés activity-based management) y relacionar al mismo tiempo las actividades y las unidades de negocios para proveer información más completa de la compañía.

Finalmente, es necesario establecer como influyen los costos de los componentes técnicos y los componentes profesionales, en la determinación de costos a través del sistema ABC y a través del SCT, ya que podrían aclarar

con mayor precisión el papel de estos sistemas de costos y sus características diferenciales a través de una comparación basada en estos elementos.

## Conclusiones

La utilización del sistema ABC para la obtención de costos de parámetros empleados en la determinación de un ICA, permite determinar la sobre-valoración en los costos de los componentes profesionales, y la sub-valoración en los costos de los componentes técnicos. La aplicación correcta de esta metodología permitirá a las empresas una toma de decisiones de acuerdo con los análisis de costos, lo que permitirá asignar con mayor exactitud la trayectoria de cada uno de los componentes de los costos, ya que el sistema de ABC proporciona mayor información sobre los costos de cada uno de los parámetros que conforman el ICA.

## Literatura Citada

- Andrade, M.C., R.C. Pessanha, A.M. Espozel, L.O.A. Maia, y R.Y. Qassim. 1999. Activity-based costing for production learning. *International Journal of Production Economics* 62: 175-180.
- Armstrong, P. 2002. The cost of activity-based management. *Organization and Society* 27: 99-120.
- Ben-Arieh, D., y L. Qian. 2003. Activity based cost management for design and development stage. *International Journal of Production Economics* 83: 169-183.
- Cagwin, D., y M. Bouwman. 2002. The association between activity-based costing and improvement in financial performance. *Management Accounting Research* 13: 1-39.
- Cooper, R., y R.S. Kaplan. 1991. Profit priorities from activity-based costing. *Harvard Business Review* May-June: 130-135.
- Davis, B. 2003. Performance based costing. *The Disam Journal* Fall/winter: 118-124.
- Fichman, R., y C. Kemerer. 2002. Activity based costing for component based software development. *Information Technology & Management* 3: 137-160.
- Gunasekaran, A., H.B. Marri, y R.J. Grieve. 1999. Activity based costing in small and medium enterprises. *Computers & Industrial Engineering* 37: 407-411.
- Innes, J., y F. Mitchell. 1995. A survey of activity based costing in the U.K.'s largest companies. *Management Accounting Research* 6: 137-153.
- Johnson, H.T. 1992. It's time to stop overselling activity based concepts. *Management Accounting (New York)* 74: 26-35.
- Johnson, H.T., y R.S. Kaplan. 1987a. Relevance lost: the rise and fall of management accounting, p. 269 Harvard

- Business School Press, Boston, MA.
- Johnson, H.T., y R.S. Kaplan. 1987b. The rise and fall of management accounting. *Management Accounting* (London) January 22-30.
- Jorgensen, S., y M. Edwards. 1998. Activity-based costing in pharmaceutical development. *Drug Development Research* 43: 164-173.
- Kaplan, R.S., y A.A. Atkinson. 1998. *Advanced management accounting* Prentice Hall International, Inc., New Jersey, USA.
- Koltai, T., S. Lozano, F. Guerrero, y L. Onieva. 2000. A flexible costing system for flexible manufacturing systems using activity based costing. *International Journal of Production Research* 38: 1615-1630.
- Mitchell, F. 1994. A commentary on the applications of activity based costing. *Management Accounting Research* 5: 261-277.
- Nakamura, K., Y. Shimatani, y M. Nishioka. 1998. New water quality index by reflection absorbance method. *Ecosystem and Sustainable Development* 22: 571-580.
- Nisenbaum, H.L., B.A. Birnbaum, M.M. Myers, R.I. Grossman, W.B. Geftter, y C.P. Langlotz. 2000. The costs of CT procedures in an academic radiology department determined by an activity-based costing (ABC) method. *Journal of Computer Assisted Tomography* 24: 813-823.
- Ozbayrak, M., M. Akgun, y A.K. Turker. 2004. Activity based costing estimation in a push/pull advanced manufacturing systems. *International Journal of Production Economics* 87: 49-65.
- Pesce, S., y D.A. Wunderlin. 2000. Use of water quality indices to verify the impact of cordoba (Argentina) on Suquia River. *Water Resources* 34: 2915-2926.
- Roztock, N., J.F. Valenzuela, D.J. Porter, R.M. Monk, y K.L. Needy. 1999. A procedure for smooth implementation of activity based costing in small companies. *American Society of Engineering ASEM National Conference Proceedings Virginia Beach, VA, October 21-23, 279-288.*
- Ruhl, J.M., y B.P. Hartman. 1998. Activity-based costing in the service sector. *Advances in Management Accounting*, 6:147-161.
- Themido, I., A. Arantes, C. Fernandez, y A.P. Guedes. 2000. Logistic costs case study-an ABC approach. *Journal of the Operational Research Society* 51:1148-1157.
- Thorne, H., y B. Gurd. 1999. Activity-based costing: improved product costing or activity management? *Advances in Management Accounting*, 8:173-194.
- Tyagi, A., M.K. Sharma, y K.K. Bhatia. 2003. The study of temporal and spatial trends of water quality of River Kshipra using water quality index. *Indian Journal of Environmental Health* 45:15-20.
-

### **Colofón**

Este ejemplar de la Revista Agraria –*Nueva Epoca*– se terminó de imprimir en formato digital (PDF) en la Dirección de Investigación de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, para su distribución en medios múltiples.

En Saltillo, Coah., México, a los 3 días del mes de febrero  
del año 2011



UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

[www.uaaan.mx](http://www.uaaan.mx) - (844) 411-02-00; Fax (844) 411-02-00, Ext. 2041

e-mail: [investigacion@uaaan.mx](mailto:investigacion@uaaan.mx)