

**DERIVADOS DE LOMBRICULTURA Y COMPOSTEO EN LA  
PROMOCION DE LA GERMINACION DE SEMILLAS HORTICOLAS  
DETERIORADAS**

**ÁNGEL RAMÓN RIVERA MUÑOZ**

**TESIS**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE:**

**MAESTRO  
EN TECNOLOGÍA DE GRANOS Y SEMILLAS**



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
“ANTONIO NARRO”**

**Buenavista, Saltillo, Coahuila, México**

**Junio de 2007**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
“ANTONIO NARRO”**

**SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO**

**DERIVADOS DE LOMBRICULTURA Y COMPOSTEO EN LA  
PROMOCION DE LA GERMINACION DE SEMILLAS HORTICOLAS  
DETERIORADAS**

**TESIS**

**POR**

**ÁNGEL RAMÓN RIVERA MUÑIZ**

**Elaborada bajo la supervisión del Comité Particular de Asesoría y  
aprobada como requisito parcial para optar al grado de:**

**MAESTRO**

**EN TECNOLOGÍA DE GRANOS Y SEMILLAS**

**COMITÉ PARTICULAR**

**Asesor principal:** \_\_\_\_\_  
**Dr. Mario Ernesto Vázquez Badillo**

**Asesor:** \_\_\_\_\_  
**Dr. Víctor Manuel Zamora Villa**

**Asesor:** \_\_\_\_\_  
**M.C. José Ángel Daniel González**

\_\_\_\_\_  
**Dr. Jerónimo Landeros Flores**  
**Subdirector de Postgrado**

**Buenavista, Saltillo, Coahuila, Junio de 2007**

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por haberme facilitado el apoyo económico suficiente para culminar una meta más en mi camino y terminar mis estudios de postgrado.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, mi alma mater quien me abrió las puertas una vez mas para superarme.

Al Centro de Capacitación y Desarrollo en Tecnología de Granos y Semillas (CCDTS) por aceptarme como un miembro mas en esta maestría

Al Dr. Mario E. Vázquez Badillo por su gran apoyo en la culminación de este trabajo, su paciencia, dedicación, conocimientos y amistad son gestos de admirarse y tomarse como gran ejemplo.

Al Ing René De la Cruz Rodríguez por su amistad y apoyo incondicional en los diferentes proyectos realizados, así como transmitirme conocimientos muy importantes para la culminación y desarrollo de este documento.

Al Dr. Víctor M. Zamora Villa, por las sugerencias dadas para la mejora de esta investigación y por sus conocimientos dados en el aula de clases

Al Mc. José A. Daniel Gonzáles por su apoyo en la revisión de este proyecto.

## DEDICATORIA

A Dios por darme salud, paciencia, inteligencia y fuerzas para sacar mis estudios aun estando fuera de casa.

A la virgen de Guadalupe, por cuidarme en todo momento.

A mis padres Lorenza Muñiz Domínguez y Rogelio Rivera Jiménez, gracias a ustedes he llegado hasta este lugar, me han dado las enseñanzas y valores que me han forjado como una persona de bien, gracias y los quiero mucho.

A mis hermanos Elizabeth y Erick por su amistad, cariño y apoyo.

A Zurivey por tu cariño, apoyo y compañía gracias por ser parte de mi vida, te quiero mucho.

A mis compañeros Roberto, Guille, Yeny, Rudy, Edgar, Enrique, Cesar, Fidel, Rodrigo, Mario.

A mis compañeros de generación Magda, Nelson, Cesar, Gabriel con ustedes compartí bonitos momentos que quedaran grabados por siempre en mis recuerdos.

**COMPENDIO**

**DERIVADOS DE LOMBRICULTURA Y COMPOSTEO EN LA  
PROMOCION DE LA GERMINACION DE SEMILLAS HORTICOLAS  
DETERIORADAS**

**POR**

**ÁNGEL RAMÓN RIVERA MUÑIZ**

**MAESTRO**

**EN TECNOLOGÍA DE GRANOS Y SEMILLAS**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”  
BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, JUNIO 2007**

**Dr. Mario Ernesto Vázquez Badillo -Asesor-**

**Palabras claves:**

Germinación, Agricultura orgánica, Hormonas, Microelementos, Hortalizas.

Esta investigación se realizó con el objeto de conocer los efectos de los productos orgánicos derivados de los procesos de composteo y lombricomposteo sobre la estimulación de la germinación en semillas de tomate, chile, sandía y betabel con diversos grados de deterioro, comparando estos efectos con productos comerciales, que ayuden a mejorar su potencial fisiológico, principalmente su germinación. El trabajo se llevó a cabo en tres etapas; en la primera se analizó la actividad hormonal y mineral de siete productos orgánicos derivados de la lombricultura; y en función de los resultados obtenidos se obtuvieron 15 tratamientos (productos solos y combinados), estos fueron estandarizados en base al contenido hormonal de zeatinas (128.7 ppm) presentes en el producto comercial Biozyme TS.

La tercera etapa consistió en probar dichos tratamientos (15) junto con los productos comerciales Biozyme TS y Biozyme PP además de su testigo absoluto para determinar cuales de ellos promovieron mejor la germinación de la semilla. La evaluación se llevó a cabo en dos ambientes: Laboratorio e invernadero. Los parámetros evaluados en laboratorio fueron germinación, longitud media de plúmula, y peso fresco de plántula, mientras que en invernadero se evaluaron emergencia total, peso fresco de plántula y longitud media de plúmula , estas variables solo se midieron en sandía y betabel.

El experimento fué analizado mediante un diseño de parcelas divididas, donde la parcela grande fueron las especies y los tratamientos fueron tomados como parcela chica, además se corrieron contrastes ortogonales para corroborar los resultados y dar una conclusión mas precisa hacia los resultados obtenidos.

En los contrastes ortogonales no se encontraron diferencias significativas para las variables evaluadas y las combinaciones analizadas en el ambiente laboratorio, sin embargo numéricamente para la variable germinación estándar todos los productos experimentales superaron en mas del 10 % a los testigos relativos, siendo el liquido mixto + liquido de composta quien propició una mejor activación fisiológica, mientras que en invernadero se detectaron diferencias altamente significativas y significativas para la variable longitud media de plúmula en las comparaciones solos Vs combinados y polvos Vs líquidos respectivamente, siendo el liquido mixto y Biozyme TS los tratamientos que estimularon mejor esta variable, se encontraron también diferencias significativas para el peso fresco de plántula en la comparación solos Vs combinados, siendo los tratamientos polvo de composta + polvo de lombriz y liquido mixto + liquido de lombriz quienes propiciaron mayor peso fresco de plántula, numéricamente en cuanto a germinación y emergencia total el betabel fue quien obtuvo un mejor comportamiento al tener mejor porcentaje de germinación. Este comportamiento fue dado por la composición hormonal y

mineral de cada uno de los tratamientos, además de la calidad inicial de las semillas y del tiempo de contacto de los productos sobre ellas, en donde los productos de base líquida (biodigestados) fueron asimilados más fácil y rápidamente por las semillas que los sólidos, ayudando en el proceso de germinación y propiciando un mayor desarrollo de plúmula y radícula al estimular una mayor división celular.

Por lo antes expuesto, los productos orgánicos evaluados promovieron una mejor activación fisiológica en las semillas que los productos que se encuentran actualmente en el mercado, ofreciendo una alternativa más eficaz para reducir una de las problemáticas del mercado de semillas hortícolas.

**ABSTRACT**

**WORM CULTURE AND COMPOST DERIVATIVES IN THE PROMOTION  
OF DAMAGED HORTICULTURAL SEEDS GERMINATION**

**BY**

**ANGEL RAMÓN RIVERA MUÑIZ**

**MASTER GRAIN AND SEED TECHNOLOGY**

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**

**BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, JUNE 2007**

**Dr. MARIO ERNESTO VASQUEZ BADILLO -ADVISOR-**

**Key words:**

**Germination, Organic Agriculture, Hormones, Microelements,  
Garden produce.**

This research was carried out in order to know the effects of organic products derived from compost and worm compost processes on green tomato, hot pepper, watermelon, and beet seed germination stimulation with different damage degrees, comparing these effects with commercial products, which help to improve its physiological potential, mainly its germination. The work was carried out in three stages; on the first stage, the hormonal and mineral activity of seven organic products derived from worm culture were analyzed; based on the results, 15 treatments were obtained (alone and combined products), these were standardized based on the hormonal content of zeatine (128.7 ppm) found in Biozyme TS, which is a commercial product.

The third stage was to test such treatments (15) together with the commercial products Biozyme TS and Biozyme PP as well as with its absolute witness, to determine which of them best promoted seed germination. The evaluation was carried out in two environments: laboratory and greenhouse. Laboratory evaluated parameters were germination, mean length of plumule, and fresh weight of plantule; while total emergency, fresh weight of plantule and mean length of plumule were evaluated in the greenhouse. These variables were only measured on watermelon and beet.

The experiment was analyzed through a divided parcel design, where species were the large parcel and treatments were taken as the small parcel,

besides orthogonal contrasts were carried out to corroborate the results and to give a more accurate conclusion towards the obtained results.

No significant differences were found in the orthogonal contrasts for the evaluated variables and for the analyzed combinations in laboratory environment, nevertheless, numerically for the standard variable germination, experimental products surpassed in a 10% the relative witnesses, being the mixed liquid + compost liquid the one which favored a better physiological activation, while highly significant differences were detected in the greenhouse; and significant for the mean length variable of plumule in the comparisons alone Vs combined and powder Vs liquids respectively, being mixed liquid and Biozyme TS the treatments which best stimulated this variable. Significant differences were also found for fresh weight of plantule compared to alone Vs combined, being compost powder + worm powder and mixed liquid + worm liquid treatments, the ones which favored higher fresh weight of plantule. Numerically, according to germination and total emergency, beet got a better behavior by obtaining a better germination percentage. This behavior was due to the hormonal and mineral composition of each of the treatments, together with the initial quality of the seeds and the time the products were in contact with them, where liquid based products (bio-digested) were assimilated by the seeds in an easier and faster way than the solid ones, thus helping germination process and favoring plumule and radicle development when stimulating a major cell division.

For what has been exposed, the organic products which were evaluated, promoted a better physiological activation on seeds than products actually found in the market, thus offering a more effective alternative to reduce one of the market's horticultural seeds problematic.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

|  | <b>Página</b> |
|--|---------------|
| AGRADECIMIENTOS.....                             | iii           |
| DEDICATORIAS.....                                | iv            |
| COMPENDIO.....                                   | v             |
| ÍNDICE DE CUADROS.....                           | XVI           |
| ÍNDICE DE FIGURAS .....                          | XVII          |
| <br>   |               |
| INTRODUCCIÓN.....                                | 1             |
| Objetivos.....                                   | 3             |
| Hipótesis.....                                   | 5             |
| <br>   |               |
| REVISIÓN DE LITERATURA.....                      | 6             |
| Agricultura orgánica.....                        | 6             |
| Importancia económica.....                       | 7             |
| Ventajas de la producción orgánica.....          | 8             |
| Materia orgánica.....                            | 9             |
| Propiedades clave de la materia orgánica.....    | 10            |
| Efecto de los ácidos húmicos en las plantas..... | 10            |
| Ácidos fúlvicos.....                             | 11            |
| Fitohormonas.....                                | 12            |
| Auxinas.....                                     | 14            |
| Citocininas.....                                 | 15            |
| Giberelinas .....                                | 17            |
| Etileno.....                                     | 18            |
| Ácido abscisico .....                            | 20            |
| <br>   |               |
| Semilla.....                                     | 21            |
| <br>   |               |
| Germinación.....                                 | 22            |
| Factores que afectan la germinación .....        | 24            |
| Factores internos.....                           | 24            |
| Factores externos.....                           | 26            |
| <br>   |               |
| Fisiología de semillas.....                      | 28            |
| Vigor.....                                       | 29            |
| Deterioro.....                                   | 31            |
| <br>   |               |
| Los microelementos .....                         | 32            |
| Papel fisiológico de los microelementos .....    | 33            |

|   |    |
|---|----|
| Hierro.....   | 33 |
| Manganeso.....                                      | 34 |
| Zinc.....   | 34 |
| Cobre .....   | 34 |
| Boro.....   | 34 |
| Molibdeno.....                                      | 34 |
| Investigaciones realizadas .....                    | 35 |
| MATERIALES Y METODOS.....                           | 37 |
| Localización del área experimental.....             | 37 |
| Productos utilizados .....                          | 37 |
| Composta .....                                      | 37 |
| Líquido de composta .....                           | 38 |
| Lombricomposta .....                                | 38 |
| Líquido de lombricomposta .....                     | 38 |
| Polvo de composta.....                              | 38 |
| Polvo de lombricomposta .....                       | 39 |
| Líquido mixto.....                                  | 39 |
| Polvo mixto.....                                    | 39 |
| Biozyme TS .....                                    | 39 |
| Biozyme PP.....                                     | 40 |
| Testigo absoluto.....                               | 40 |
| Extracto de sábila .....                            | 40 |
| Etapas del trabajo experimental .....               | 40 |
| Etapa I.....  | 41 |
| Método para evaluar la actividad giberelínica ..... | 42 |
| Procedimiento.....                                  | 42 |
| Método para evaluar la actividad citocinínica ..... | 42 |
| Método para evaluar la actividad auxínica .....     | 43 |
| Etapa II.....                                       | 43 |
| Etapa III.....                                      | 44 |
| Semilla utilizada .....                             | 44 |
| Tratamiento de la semilla.....                      | 44 |
| Parámetros evaluados en laboratorio .....           | 47 |
| Germinación estándar.....                           | 47 |
| Longitud de plúmula .....                           | 47 |
| Peso fresco de plántula.....                        | 47 |

|  |    |
|--|----|
| Parámetros evaluados en invernadero .....  | 48 |
| Emergencia total.....                      | 48 |
| Longitud media de plúmula y radícula ..... | 48 |
| Peso fresco de plántula.....               | 48 |
| Diseño experimental.....                   | 49 |
| Análisis estadístico.....                  | 49 |
| Modelo lineal.....                         | 49 |
| Comparación de medias .....                | 50 |
| RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....                | 51 |
| Etapa I.....                               | 51 |
| Etapa II.....                              | 58 |
| Etapa III.....                             | 61 |
| Laboratorio.....                           | 61 |
| Comparación de medias .....                | 62 |
| Germinación estándar.....                  | 62 |
| Longitud media de plúmula.....             | 65 |
| Peso fresco de plántula.....               | 68 |
| Invernadero.....                           | 71 |
| Comparación de medias .....                | 72 |
| Emergencia total.....                      | 72 |
| Longitud media de plúmula.....             | 74 |
| Longitud media de radícula.....            | 76 |
| Peso fresco de plántula.....               | 78 |
| CONCLUSIONES.....                          | 85 |
| RECOMENDACIONES.....                       | 86 |
| LITERATURA CITADA.....                     | 88 |
| APENDICE.....                              | 91 |

## ÍNDICE DE CUADROS

| <b>Cuadro</b> | <b>Contenido</b>   | <b>Página</b> |
|---------------|--|---------------|
| 3.1           | Descripción de tratamientos y dosis empleadas en semillas de hortalizas con diferentes grados de deterioro...  | 46            |
| 4.1           | Actividad giberelinica, citocininica y auxinica de los productos orgánicos derivados de la lombricultura y composteo.....  | 55            |
| 4.2           | Contenido mineral en los productos orgánicos derivados de la lombricultura y composteo.....  | 57            |
| 4.3           | Tratamientos, dosis, contenido hormonal y mineral de los tratamientos orgánicos derivados de la lombricultura y composteo, aplicados a semillas de tomate, chile, sandia y betabel con diferentes grados de deterioro..... | 60            |
| 4.4           | Cuadrados medios, coeficiente de variación y nivel de significancia, para las variables fisiológicas evaluadas en laboratorio .....  | 62            |
| 4.5           | Cuadrados medios, coeficiente de variación y nivel de significancia, para las variables fisiológicas evaluadas en invernadero.....   | 72            |

## INDICE DE FIGURAS

| Figura | Contenido   | Página |
|--------|---|--------|
| 2.1    | Clasificación de los reguladores de crecimiento.....  | 13     |
| 4.1    | Longitud de hipocotilo de lechuga ( <i>Lactuca sativa</i> L) y elongación de coleoptilos de trigo ( <i>Triticum aestivum</i> L) de siete muestras tratadas con productos orgánicos derivados de la lombricultura y composteo..... | 52     |
| 4.2    | Acumulación de betacianinas en cotiledones de amaranto ( <i>Amaranthus hybridus</i> L) tratados con productos orgánicos derivados de la lombricultura y composteo.....  | 54     |
| 4.3    | Porcentaje de germinación para semillas de hortalizas tratadas con productos orgánicos derivados de la lombricultura y composteo en laboratorio.....  | 63     |
| 4.4    | Comportamiento de la germinación en cuatro especies de semillas hortícolas tratadas con productos orgánicos derivados de la lombricultura y composteo .....   | 65     |
| 4.5    | Longitud media de plúmula en semillas y plántulas de hortalizas tratadas con productos orgánicos derivados de la lombricultura y composteo.....   | 66     |
| 4.6    | Comportamiento de la longitud media de plúmula en semillas de hortalizas tratadas con productos orgánicos derivados de la lombricultura y composteo.....  | 68     |
| 4.7    | Peso fresco de plántula en semillas de hortalizas tratadas con productos orgánicos derivados de la lombricultura y composteo .....  | 69     |
| 4.8    | Comportamiento del peso fresco de plántula en semillas hortícolas tratadas con productos orgánicos derivados de la lombricultua composteo .....   | 71     |

| <b>Figura</b> | <b>Contenido</b>   | <b>Página</b> |
|---------------|--|---------------|
| 4.9           | Emergencia total en semillas y plántulas de hortalizas tratadas con productos orgánicos derivados de la lombricultura y composteo en invernadero.....                    | 73            |
| 4.10          | Comportamiento de emergencia total en semillas y plántulas de hortalizas tratadas con productos orgánicos derivados de la lombricultura y composteo en invernadero ..... | 74            |
| 4.11          | Longitud media de plúmula en plántulas de hortalizas tratadas con productos orgánicos derivados de la lombricultura y composteo en invernadero.....                      | 75            |
| 4.12          | Comportamiento de la longitud media de plúmula en plántulas de hortalizas tratadas con productos orgánicos derivados de la lombricultura y composteo en invernadero ...  | 76            |
| 4.13          | Longitud media de radícula en plántulas de hortalizas tratadas con productos orgánicos derivados de la lombricultura y composteo en invernadero.....                     | 77            |
| 4.14          | Comportamiento de la longitud media de radícula en plántulas de hortalizas tratadas con productos orgánicos derivados de la lombricultura y composteo en invernadero ... | 78            |
| 4.15          | Peso fresco de plántula en plántulas de hortalizas tratadas con productos orgánicos derivados de la lombricultura y composteo en invernadero.....                        | 79            |
| 4.16          | Comportamiento del Peso fresco de plántula en plántulas de hortalizas tratadas con productos orgánicos derivados de la lombricultura y composteo en invernadero .....    | 80            |

## INTRODUCCIÓN

La agricultura moderna ha obligado a buscar formas de aumentar rendimientos por hectárea, esta búsqueda ha sido mayor en los cultivos mas rentables e importantes, tal es el caso de las hortalizas. Por tal motivo, la gran demanda y la superficie tan extensa destinada a su producción requieren de semilla de alta calidad que permita la obtención de buenos rendimientos.

Se sabe la gran importancia que tienen los cultivos hortícolas, y uno de los problemas en las semillas de hortalizas es su calidad fisiológica, debido a su susceptibilidad a las condiciones ambientales a que están expuestas, que van desde la temperatura, humedad, además de las malas condiciones de manejo agronómico que en ocasiones se les dan, lo cual ocasiona una reducción del poder germinativo y un pobre establecimiento en campo, generando una baja del rendimiento por superficie sembrada; por ejemplo, las empresas semilleras de los Estados Unidos han sido demandadas por más de 2 millones de dólares por suministrar semilla con bajo poder germinativo (Montaño, comunicación personal), por lo que han implementado metodologías como aplicar hormonas sintéticas a base de giberelinas, citocininas y ácido indolacético, con lo cual se han tenido incrementos en la germinación.

Ing. Arnulfo Montaño, External Consultant, Seminis vegetable seeds, Inc,  
Comunicación personal.

En la actualidad las semillas hortícolas tienen un alto costo unitario, por lo que se requiere que tengan una buena capacidad germinativa con el fin de eficientar el gasto en este insumo.

En los últimos años, la agricultura orgánica ha tenido gran auge, principalmente como fertilización al suelo y foliar, creciendo así la demanda por el uso de productos producidos orgánicamente pues obtenemos beneficios al consumirlos y logramos un equilibrio ambiental al minimizar o anular el uso de productos químicos.

El uso de estos productos orgánicos en el tratamiento de semillas ha sido poco estudiado, a pesar de que en el mercado existen productos para tal fin, sin embargo tienen poco sustento técnico en la promoción de la germinación. A pesar de que se conocen ciertas sustancias hormonales que ayudan a eficientar el potencial fisiológico de las semillas, específicamente en la germinación y desarrollo de la planta, tal es el caso de las giberelinas y citoquininas, además de ácidos húmicos y fúlvicos, productos que se obtienen de un proceso orgánico.

A partir del año 1995, en la Sección de Agrotecnia del Departamento de Fitomejoramiento de esta Universidad, se han realizado trabajos relacionados al uso de productos orgánicos y sus derivados sobre el crecimiento y desarrollo de diversos cultivos, como el chile, calabacita y

cilantro con buenos resultados en el desarrollo de cultivos, sin embargo, estos productos no han sido probados sobre semillas que posean cierto grado de deterioro y que proporcionan un estímulo al elevar su poder germinativo, es por esto que el Centro de Capacitación y Desarrollo en Tecnología de Semillas en coordinación con la sección Agrotecnia plantearon estudiar dichos productos sobre las semillas de diversos cultivos hortícolas con el fin de formular un producto de origen orgánico capaz de competir con productos comerciales.

Por lo anterior, se realizó este trabajo con la finalidad de obtener información actualizada sobre la acción de los productos orgánicos en las semillas, además de tener alternativas para incrementar su eficiencia germinativa, pues actualmente no existe mucha información relacionada con los productos orgánicos y su relación con la estimulación de la germinación. Por lo antes mencionado se fijaron los siguientes objetivos:

### **Objetivo general**

- Evaluar productos orgánicos que estimulen la germinación en semillas hortícolas y que sean competitivos con los existentes en el mercado

## **Objetivos específicos**

1. Determinar la actividad hormonal de siete productos orgánicos derivados de la lombricultura y composteo
2. Determinar la composición mineral de siete productos orgánicos
3. Formular productos orgánicos a partir de la actividad hormonal y mineral, tomando como base la composición hormonal y mineral del producto comercial Biozyme TS
4. Evaluar los productos orgánicos en semillas de cuatro especies hortícolas bajo condiciones de laboratorio e invernadero y observar su respuesta en la germinación

## Hipótesis

- Los productos orgánicos estudiados presentaran heterogeneidad en cuanto a su composición hormonal y mineral
- Los productos orgánicos formulados tendrán un mayor número de componentes en su formula que influirán de manera positiva en la inducción de la germinación
- El (los) producto (s) a desarrollar incrementarán la germinación de las semillas tratadas y superarán la inducida por los productos existentes en el mercado, debido a su mayor composición hormonal y mineral.
- Al menos uno de los productos orgánicos evaluados será mejor que los testigos.

## **REVISIÓN DE LITERATURA**

### **Agricultura orgánica**

Labrador (1996), explica que una nueva forma de hacer agricultura vinculada con la producción de alimentos sanos y orientados al mercado de exportación, ha venido ganando importancia en la agricultura mundial desde los años 80; se refiere a la agricultura orgánica, ecológica o biológica. Dice también que el surgimiento de esta agricultura se explica porque en las últimas décadas se han presentado en el mundo cambios importantes en la demanda y consumo de alimentos. Dichos cambios responden principalmente a una fuerte preocupación por la salud y las nuevas exigencias en los gustos y preferencias de los consumidores, así como a la mayor conciencia que ahora se tiene por proteger el medio ambiente. Por ello, la producción orgánica se caracteriza por la no utilización de productos de síntesis química en los sistemas de producción agrícola, sino solo insumos naturales y prácticas agroecológicas, con el fin de obtener un producto libre de productos tóxicos en toda la cadena productiva, lo que ha logrado un gran auge en el mercado mundial.

Dándole una definición como "un sistema global de gestión de la producción que fomenta y realza la salud de los agroecosistemas, inclusive la diversidad biológica, los ciclos biológicos y la actividad biológica del suelo.

Esto se consigue aplicando métodos agronómicos, biológicos y mecánicos, en contraposición a la utilización de materiales sintéticos para desempeñar cualquier función específica dentro del sistema".

Jeavons (1994), define a la agricultura orgánica o ecológica como "todos los sistemas agrícolas que promueven la producción sana y segura de alimentos y fibras textiles desde el punto de vista ambiental, social y económico. Estos sistemas parten de la fertilidad del suelo como base para una buena producción, respetando las exigencias y capacidades naturales de las plantas, los animales y el paisaje, busca optimizar la calidad de la agricultura y el medio ambiente en todos sus aspectos. La agricultura orgánica reduce considerablemente las necesidades de aportes externos al no utilizar abonos químicos ni plaguicidas u otros productos sintéticos. En su lugar permite que sean las poderosas leyes de la naturaleza las que incrementen, tanto los rendimientos como la resistencia de los cultivos".

### **Importancia económica**

Gómez (1999), menciona que la producción orgánica representa un rubro sobresaliente de la economía nacional, gracias a que cubre mas de 54,000 hectáreas certificadas bajo un esquema de producción sostenible, además genera al año mas de 70 millones de dólares en divisas, propiciando la revalorización de la agricultura tradicional, la generación de empleos (8.7 millones de jornales anuales) y mayores ingresos, principalmente para los

pequeños productores. El mismo autor menciona también que la agricultura orgánica se considera un sistema de producción con una alta utilización de mano de obra, por lo que en México se ha convertido en una posibilidad real para reducir el desempleo en el sector agropecuario; ello significa que una hectárea de agricultura orgánica requiere para su cultivo mas fuerza de trabajo que otra de producción convencional en los mas de 50 productos cultivados en México.

### **Ventajas de la producción orgánica**

Torres y Trapaga (1997), enlistan una serie de ventajas al productor que cultiva alimentos orgánicos:

- ✓ Obtiene mayores precios por sus productos (entre 20 y 40% sobre los precios de los productos convencionales)
- ✓ Conserva y mejora sus recursos (suelo y agua)
- ✓ Trabaja en un ambiente sano, sin peligro de intoxicaciones y enfermedades ocasionadas por los agroquímicos
- ✓ Promueve la producción sostenible y la conservación del medio ambiente en su región

## **Materia orgánica**

Torrez y Trapaga (1997) señalan que el término materia orgánica del suelo, se refiere al conjunto de sustancias orgánicas que contienen carbón. Químicamente y físicamente, consiste en una mezcla de residuos de plantas y animales en varios estados de descomposición, sustancias sintetizadas microbiológicamente y/o químicamente de productos desmenuzados y de cuerpos vivos y muertos de microorganismos, pequeños animales que permanecen descompuestos. Por convención, esta se divide en dos grupos: sustancias no húmicas y húmicas. Las sustancias no húmicas son los carbohidratos, proteínas, grasas, ceras, resinas, pigmentos y ácidos orgánicos de bajo peso molecular, los cuales son relativamente fáciles de descomponer por los microorganismos, por lo que tienen poca duración en el suelo, mientras que la celulosa, hemicelulosa y lignina por su estructura molecular son difíciles de alterar.

Por su parte Fründ *et al.*, (1994), reportan que la transformación de las sustancias no húmicas en húmicas se efectúan en dos procesos: La mineralización y la humificación, donde la mineralización es la formación de compuestos solubles (nitratos y fosfatos) o gaseosos ( $\text{CO}_2$ ), por la acción de microorganismos, mientras que la humificación consiste en la síntesis y/o unión química y/o biológica de compuestos de la degradación de residuos de plantas y animales por la actividad enzimática de los microorganismos. En

este último punto, Schnitzer (2000) menciona que la humificación origina las sustancias húmicas, las cuales son una mezcla heterogénea de macromoléculas orgánicas, con estructura química compleja, distinta y más estable que su forma original, provienen de la degradación de residuos de plantas y animales, así como de la actividad de síntesis de microorganismos.

### **Propiedades clave de la materia orgánica**

Jeavons (1994), reporta que la materia orgánica esta compuesta principalmente de ácidos húmicos y fúlvicos, además de fitohormonas como auxinas, giberelinas y citocininas, esta es fuente continua de nutrientes con efecto prolongado, los ácidos orgánicos del humus ayudan a disolver los materiales del suelo, permitiendo su asimilación por las plantas; además hacen más permeables a las membranas de las raíces, lo que favorece la absorción de agua y nutrientes

### **Efecto de los ácidos húmicos en las plantas**

Los ácidos húmicos incrementan la permeabilidad de la membrana, además se favorece la asimilación radical y aplicaciones foliares de nutrimentos. Así como la translocación de macro y microelementos dentro de la planta, lográndose una mejor nutrición de la misma; acelera la fotosíntesis e incrementa la clorofila aumentando la producción favorablemente. Las

sustancias húmicas influyen directamente en el crecimiento de las plantas  
([http://www.infoagro.com/agricultura\\_ecologica/agricultura\\_ecologica14.asp](http://www.infoagro.com/agricultura_ecologica/agricultura_ecologica14.asp))

Acción de los ácidos húmicos en las plantas:

- ✓ Trasladan los nutrientes desde las raíces hasta la parte aérea de las plantas y del exterior de las hojas hasta los sitios de acumulación
- ✓ Incrementa la permeabilidad de las membranas y favorecen los procesos energéticos de las plantas relacionadas con la respiración
- ✓ Son activadores y estabilizadores de algunas enzimas, además de estimular algunas reacciones, procesos, funciones bioquímicas y fisiológicas de las plantas
- ✓ Aceleran la germinación de las semillas e incrementan su porcentaje de germinación y uniformidad bajo condiciones adversas
- ✓ Incrementa la biomasa total de la planta, peso fresco y peso seco.

### **Ácidos fúlvicos**

Jeavons (1994), describe al ácido fúlvico como el material sobrante en la solución una vez que se ha extraído el ácido húmico por acidificación. Tiene carga negativa y es soluble en álcalis y ácidos, este incrementa la permeabilidad de las membranas celulares, pues participa directamente en la apertura de los estomas, también mejora la translocación de los nutrimentos dentro de la planta.

Por su parte Sparks (2000) dice que los ácidos fúlvicos son más eficientes como potencializadores de aplicaciones foliares que los ácidos húmicos, además que el pH no afecta la solubilidad de los ácidos fúlvicos en la solución de aspersión, en cambio los ácidos húmicos tienden a precipitarse en soluciones ácidas.

Schnitzer (2000), encontró que en raíces de tomate producidas en solución nutritiva, los ácidos húmicos fueron mas efectivos que los ácidos fúlvicos en el aumento del crecimiento, sin embargo, podría parecer que estas dos fracciones húmicas influyen diferentes aspectos del crecimiento y solo los ácidos húmicos aumentan la elongación celular, mientras que los ácidos fúlvicos producen efectos opuestos.

### **Fitohormonas**

Las plantas no sólo necesitan para crecer, luz solar y bióxido de carbono. Ellas, como otros seres vivos, necesitan hormonas para lograr un crecimiento armónico, esto es, pequeñas cantidades de sustancias que se desplazan a través de sus fluidos regulando su crecimiento.

Parra (2002), menciona que se entiende por hormonas vegetales aquellas sustancias que son sintetizadas en un determinado lugar de la planta y se translocan a otro, donde actúan a muy bajas concentraciones, regulando el crecimiento, desarrollo ó metabolismo vegetal. Así mismo

apunta que las fitohormonas pertenecen a cinco grupos conocidos de compuestos que ocurren en forma natural, cada uno de los cuales exhibe propiedades de regulación del crecimiento en plantas, y cada uno con su estructura particular y activos a muy bajas concentraciones dentro de la planta, clasificándolas de la siguiente manera:



Figura. 2.1. Clasificación de los reguladores de crecimiento

Weaver (1996), cita que los reguladores de las plantas se definen como compuestos orgánicos diferentes de los nutrientes, que en pequeñas cantidades fomentan, inhiben o modifican de una u otra forma cualquier proceso fisiológico vegetal. Las hormonas de las plantas o fitohormonas son reguladores producidos por las mismas plantas que en bajas concentraciones regulan los procesos fisiológicos de aquellas. Por lo común, las hormonas se desplazan en el interior de las plantas de un lugar de producción a un sitio de acción. Dice también que el término hormona,

empleado correctamente se aplica en exclusiva a los productos naturales de las plantas; sin embargo, el término “regulador” no se limita a los compuestos sintéticos, sino que puede incluir también hormonas. Dicho término cubre un terreno muy amplio, puede aplicarse a cualquier material que pueda modificar los procesos fisiológicos de cualquier planta.

### **Auxinas**

El nombre auxina significa en griego “crecer” y es dado a un grupo de compuestos que estimulan la elongación. El ácido indolacético (IAA) es la forma predominante, sin embargo, evidencia reciente sugiere que existen otras auxinas indólicas naturales en plantas, aunque la auxina se encuentra en toda la planta, las más altas concentraciones se localizan en las regiones meristemáticas en crecimiento activo. Se le encuentra tanto como molécula libre o en formas conjugadas inactivas. La auxina es transportada por medio de un mecanismo dependiente de energía, alejándose en forma basipétala desde el punto apical de la planta hacia su base, este flujo de auxina reprime el desarrollo de brotes axilares laterales a lo largo del tallo, manteniendo de esta forma la dominancia apical. El movimiento de la auxina fuera de la lámina foliar hacia la base del pecíolo parece también prevenir la abscisión. (<http://www.efn.uncor.edu/dep/biologia/intrbiol/auxinas.htm>)

Weaver (1996), menciona que la auxina es un término genérico que se aplica al grupo de compuestos caracterizados por su capacidad para

inducir la extensión de las células de los brotes, sin embargo las auxinas pueden actuar sobre otros procesos, además del alargamiento ha sido implicada en la regulación de un número de procesos fisiológicos, ya que promueve el crecimiento y diferenciación celular, y por lo tanto en el crecimiento en longitud de la planta, estimula el crecimiento y maduración de frutas, floración, senectud y geotropismo.

Por su parte Rojas y Ramírez (1993), dicen que el principal efecto auxinico es la estimulación del alargamiento celular o su depresión, según la concentración del producto, la acción principal de esta hormona es la formación de órganos y tejidos, además de estimular la división celular (interactúa con las citocininas), estimula la formación de raíces, engrosamiento celular y dormancia apical.

### **Citocininas**

Parra (2002), describe a las citocininas como hormonas vegetales naturales que estimulan la división celular en tejidos no meristemáticos. Inicialmente fueron llamadas quininas, sin embargo, debido al uso anterior del nombre para un grupo de compuestos de la fisiología animal, se adaptó el término citocinina (citocinesis o división celular). Son producidas en las zonas de crecimiento, como los meristemas en la punta de las raíces.

Rojas y Vásquez (1995), dicen que los diferentes tipos de citocininas son zeatina, kinetina y benziladenina (BAP), donde la zeatina es una hormona de esta clase y se encuentra en el maíz. Las mayores concentraciones de citoquininas se encuentran en embriones y frutas jóvenes en desarrollo. La presencia de altos niveles de citoquininas puede facilitar su habilidad de actuar como una fuente demandante de nutrientes. Las citoquininas también se forman en las raíces y son translocadas a través del xilema hasta el brote. Sin embargo, cuando los compuestos se encuentran en las hojas son relativamente inmóviles.

Devlin (1982), dice que las citocininas se sintetizan en los meristemos apicales de las raíces, aunque también se producen en los tejidos embrionarios y en las frutas. Se transportan en la planta por vía acropétala, desde el ápice de la raíz hasta los tallos, moviéndose a través de la savia en los vasos correspondientes al xilema. Además enlista las funciones de estas hormonas:

- Estimulan la división celular y el crecimiento
- Inhiben el desarrollo de raíces laterales
- Rompen la latencia de las yemas axilares
- Retrasan la senescencia ó envejecimiento de los órganos vegetales
- Promueven la expansión celular en cotiledones y hojas

- Promueven el desarrollo de los cloroplastos.
- Estimulan la germinación de semillas
- Ruptura del letargo de semillas
- Mejora la floración
- Ruptura de la dominancia apical.

Por todas estas funciones se optó por estandarizar todos nuestros tratamientos sobre la concentración de zeatinas, ya que además de ser la hormona que está presente en mayor cantidad en los productos comerciales a comparar; es quien tiene mayor importancia sobre la estimulación de los parámetros a estudiar.

### **Giberelinas**

Salisbury y Ross (1994), mencionan que el ácido giberélico ( $GA_3$ ) fue la primera de esta clase de hormonas en ser descubierta en Japón como derivada del extracto del hongo *Giberella fujikori*, afirman que las giberelinas son sintetizadas en los primordios apicales de las hojas, en puntas de las raíces y en semillas en desarrollo. La hormona no muestra el mismo transporte fuertemente polarizado como el observado para la auxina, aunque en algunas especies existe un movimiento basipétalo en el tallo, afirman que su principal función es la de incrementar la tasa de división celular (mitosis), además de ser encontradas en el floema, las giberelinas también han sido

aisladas de exudados del xilema, lo que sugiere un movimiento más generalmente bidireccional de la molécula en la planta.

Rojas y Vásquez (1995), señalan que las giberelinas tienen la acción básica de modificar el mensaje genético que conlleva el ARN, presentando el síntoma típico de ausencia de amilasa en la planta, enzima que deshace el almidón, lo cual permite utilizarlo para obtener energía, también promueve el crecimiento de variedades enanas, así como florecer algunas plantas en condiciones inadecuadas de luz o frío.

Por su parte Weaver (1996), menciona que las semillas inmaduras son una buena fuente para el estudio de las giberelinas, pues se presentan en altas concentraciones; se encuentran también en la maduración de estas, aunque en concentraciones menores, sin embargo, en las semillas en germinación se localizan principalmente en el eje embrionario, cotiledones y testa.

## **Etileno**

Gómez (1999) asevera que el etileno, siendo un hidrocarburo no saturado es muy diferente a otras hormonas vegetales naturales. Aunque se ha sabido desde principios de siglo que el etileno provoca respuestas tales como geotropismo y abscisión, no fue sino hasta los años 60s que se

empezó a aceptar como una hormona vegetal. Se sabe que el efecto del etileno sobre las plantas y secciones de las plantas varía ampliamente. Ha sido implicado en la maduración, abscisión, senectud, dormancia, floración y otras respuestas. El etileno parece ser producido esencialmente por todas las partes vivas de las plantas superiores, y la tasa varía con el órgano y tejidos específicos, su estado de crecimiento y desarrollo.

El mismo autor menciona que se han encontrado alteraciones en la tasa sintética de etileno asociadas cercanamente al desarrollo de ciertas respuestas fisiológicas en plantas y sus secciones, por ejemplo, la maduración de frutas climatéricas y la senectud de flores.

Las funciones principales del etileno son:

- Promover la maduración de los frutos
- Promover la senescencia (envejecimiento)
- Caída de las hojas
- Geotropismo en las raíces

Además, define al etileno o eteno como el miembro más simple de la clase de compuestos orgánicos llamados alquenos, que contienen al menos un doble enlace carbono – carbono. El etileno es un gas incoloro, con un olor ligeramente dulce, poco soluble al agua y se produce comercialmente

mediante craqueo y destilación fraccionada del petróleo, así como del gas natural, en la agricultura se utiliza como colorante y agente madurador de muchas frutas.

### **Ácido abscísico**

Weaver (1996) menciona que este regulador es un inhibidor del crecimiento celular y fotosíntesis, conocido anteriormente como dormina o agcisina, es un inhibidor del crecimiento natural presente en las plantas.

Parra (2002), describe que el ácido abscísico es un potente inhibidor del crecimiento que ha sido propuesto para jugar un papel regulador en respuestas fisiológicas tan diversas como el letargo, abscisión de hojas y frutos y estrés hídrico, por lo tanto, tiene efectos contrarios a las de las hormonas de crecimiento (auxinas, giberelinas y citocininas). Típicamente la concentración en las plantas es entre 0.01 y 1 ppm, sin embargo, en plantas marchitas la concentración puede incrementarse hasta 40 veces.

El ácido abscísico se encuentra en todas las partes de la planta, sin embargo, las concentraciones más elevadas parecen estar localizadas en semillas y frutos jóvenes y la base del ovario. A continuación se enlistan sus funciones:

- Promueve la latencia en yemas y semillas
- Inhibe la división celular
- Causa el cierre de los estomas
- Antagónico de las giberelinas
- Inhibe el crecimiento

Actualmente se conocen cuatro tipos principales de reguladores; pero es muy posible que se descubran otros muchos mas en el futuro.

Los avances logrados en la genética molecular han hecho posible estudiar el crecimiento y desarrollo en relación con el efecto de las hormonas en la actividad de los genes, también se amplían rápidamente las investigaciones sobre la modificación del crecimiento vegetal mediante el empleo de reguladores exógenos de crecimiento; en consecuencia, aumenta constantemente el número de aplicaciones comerciales y practicas de esos reguladores. Resulta definitivamente posible que en algún momento futuro puedan controlarse mediante reguladores vegetales.

### **Semilla**

Moreno (1996), apunta que en términos agronómicos y comerciales se conoce como semilla a toda clase de granos, frutos y estructuras más complejas (unidad de semilla) que se emplean en las siembras agrícolas, por

su parte Serrato (1994), dice que desde el punto de vista botánico, una semilla verdadera es un embrión en estado latente, acompañado o no de tejido nutricional y protegido del epispermo, mientras que Hartman y Kester (1999), mencionan que la semilla es un óvulo fecundado, independiente de la planta madre, que ha madurado hasta adquirir la diferenciación y capacidad fisiológica para originar un nuevo ser, ésta usualmente consta de un embrión, tejido nutritivo y cubierta seminal. La forma, el tamaño, la estructura, la consistencia y el color de estas partes son variables entre especies, variedades y aun entre lotes de la misma variedad, y finalmente, Moreno (1996) dice que la pureza física, pureza varietal, poder germinativo, el vigor y la sanidad definen la calidad de las semillas.

## **Germinación**

Camacho (1994), menciona que la germinación es el proceso mediante el cual el embrión adquiere el metabolismo necesario para reiniciar el crecimiento y transcribir las porciones del programa genético que la convertirán en una planta adulta. Por su parte Salisbury y Ross (1994), la definen como la protrusión de la radícula a través del tegumento seminal y el subsecuente desarrollo de la plántula.

La Internacional Seed Testing Assosiation (ISTA) (1996), define la germinación de una semilla como la emergencia y desarrollo de la plántula a

un estado donde el aspecto de sus estructuras esenciales indican si son o no capaces de desarrollar una planta satisfactoria y productiva bajo condiciones favorables de suelo y clima, es un proceso en el cual las enzimas son activadas por factores como humedad y temperatura, dando origen a estructuras bien diferenciadas conocidas como radícula y plúmula, con la capacidad fisiológica y carga genética para desarrollar una plántula.

Moreno (1996), explica que el objetivo de las pruebas de germinación es la de obtener información respecto a la capacidad de las semillas para producir plántulas normales, permiten establecer comparaciones del poder germinativo entre diferentes lotes de semillas de la misma especie. También menciona que normalmente no es satisfactorio probar la germinación bajo condiciones de campo, ya que no es posible reproducir con seguridad los resultados. Por lo tanto, los métodos de laboratorio han sido desarrollados de tal manera que sea posible controlar la mayoría de las condiciones externas. Esto permite obtener resultados uniformes y rápidos sobre la germinación de la muestra de semillas de una determinada especie, para lo cual se han estandarizado las condiciones controladas de las pruebas de germinación, con el fin de permitir que estas sean reproducibles dentro de los límites determinados por la variación al azar.

## **Factores que afectan la germinación**

Los factores que afectan a la germinación los podemos dividir en factores internos (intrínsecos) y externos (extrínsecos).

### **Factores internos (intrínsecos)**

Los factores internos se refieren a las características propias de la semilla; como lo son la madurez de las mismas; una semilla es madura cuando ha alcanzado su completo desarrollo, tanto desde el punto de vista morfológico como fisiológico. La madurez morfológica se consigue cuando las distintas estructuras de la semilla han completado su desarrollo, dándose por finalizada cuando el embrión ha alcanzado su máximo desarrollo. También se relaciona con la deshidratación de los diferentes tejidos que forman la semilla. La madurez se suele alcanzar sobre la misma planta, sin embargo, existen algunas especies que diseminan sus semillas antes de que se alcance.

Aunque la semilla sea morfológicamente madura, muchas de ellas pueden seguir siendo incapaces de germinar porque necesitan experimentar aún una serie de transformaciones fisiológicas. Lo normal es que requieran la pérdida de sustancias inhibitoras de la germinación o la acumulación de sustancias promotoras. En general, necesitan reajustes en el equilibrio hormonal de la semilla y/o en la sensibilidad de sus tejidos para las distintas sustancias activas (<http://www.euita.upv.es>).

Thomson (1989), dice que otra de las características propias de la semilla es su viabilidad, en donde podemos decir que es el período de tiempo durante el cual conservan su capacidad para germinar. Es un período variable y depende del tipo de semilla y de las condiciones de almacenamiento. En este sentido Salisbury (1994) cita que la viabilidad se pierde a menudo con más rapidez si las semillas se almacenan en aire húmedo y en temperaturas de 35 °C o más. Parte de la pérdida quizá se deba a organismos patógenos internos. En algunos casos se puede considerar que la viabilidad puede aplicarse también como longevidad, es decir, el tiempo que las semillas permanecen viables, pueden haber semillas que germinan todavía después de decenas o centenas de años; se da en semillas con una cubierta seminal dura como las leguminosas.

### **Factores externos (extrínsecos)**

Khan (1987), explica que estos factores dependen del ambiente; entre los más importantes que inciden en el proceso de germinación destacan la humedad, temperatura y gases.

Con respecto a **la humedad**, la absorción de agua es el primer paso y el más importante que tiene lugar durante la germinación; para que la semilla recupere su metabolismo, es necesaria la rehidratación de sus tejidos. La entrada de agua en el interior de la semilla se debe exclusivamente a una

diferencia del potencial hídrico entre la semilla y el medio que la rodea. En condiciones normales, este potencial hídrico es menor en las semillas secas que en el medio exterior. Por ello, hasta que emerge la radícula, el agua llega al embrión a través de las paredes celulares de la cubierta seminal; siempre a favor de un gradiente de potencial hídrico. Aunque es necesaria el agua para la rehidratación de las semillas, un exceso de la misma actuaría desfavorablemente para la germinación, pues dificultaría la llegada de oxígeno al embrión.

También dice que la semilla seca cae al suelo, ya sea en reposo o aletargada, ésta se hidrata más o menos rápida y completamente, salvo que posea cubiertas impermeables. La rapidez de la hidratación depende de tres factores principales que son:

1. La diferencia del potencial hídrico entre la semilla y el suelo, o cualquier otro sustrato
2. La amplitud del contacto entre semilla y suelo
3. Los obstáculos que existan en la semilla a la entrada del agua

En el caso de **la temperatura**, Moreno (1996) afirma que es un factor decisivo en el proceso de la germinación, ya que influye sobre las enzimas que regulan la velocidad de las reacciones bioquímicas que ocurren en la semilla después de la rehidratación. La actividad de cada enzima tiene lugar

entre un máximo y un mínimo de temperatura, existiendo un óptimo intermedio. Del mismo modo, en el proceso de germinación pueden establecerse unos límites similares. Por ello, las semillas sólo germinan dentro de un cierto margen de temperatura. Si la temperatura es muy alta o muy baja, la germinación no tiene lugar, aunque las demás condiciones sean favorables.

Expresa también que la temperatura mínima sería aquella por debajo de la cual la germinación no se produce; y la máxima, aquella por encima de la cual se anula el proceso. La temperatura óptima puede definirse como la más adecuada para conseguir el mayor porcentaje de germinación en el menor tiempo posible. La alternancia de las temperaturas entre el día y la noche actúan positivamente sobre las etapas de la germinación. Por lo que el óptimo térmico de la fase de germinación y el de la fase de crecimiento no tienen por que coincidir. Así, unas temperaturas estimularían la fase de germinación y otras la fase de crecimiento.

Para el caso de **los gases**, Khan (1997) afirma que la mayor parte de las semillas requieren para su germinación un medio suficientemente aireado que permita una adecuada disponibilidad de  $O_2$  y  $CO_2$ , de esta forma, el embrión obtiene la energía imprescindible para mantener sus actividades metabólicas. La mayoría de las semillas germinan bien en atmósfera normal con 21 % de  $O_2$  y 0.03 % de  $CO_2$ . Sin embargo, existen

algunas semillas que aumentan su porcentaje de germinación al disminuir el contenido de  $O_2$  por debajo del 20 %. Se trata de especies que viven en medios acuáticos o encharcados, donde la concentración de este gas es baja.

El mismo autor explica que para que la germinación tenga éxito, el  $O_2$  disuelto en el agua de imbibición debe llegar hasta el embrión. A veces, algunos elementos presentes en la cubierta seminal como compuestos fenólicos, capas de mucílago, macroesclereidas, etc. pueden obstaculizar la germinación de la semilla por que reducen la difusión del  $O_2$  desde el exterior hacia el embrión.

Hay que tener en cuenta que la cantidad de  $O_2$  que llega al embrión disminuye a medida que aumenta la disponibilidad de agua en la semilla. A todo lo anterior hay que añadir que la temperatura modifica la solubilidad del  $O_2$  en el agua que absorbe la semilla, siendo menor la solubilidad a medida que aumenta la temperatura.

### **Fisiología de semillas**

La semilla posee una testa o pericarpio, cuya finalidad es proteger al embrión de factores externos cuando esta se encuentra en forma latente (con una actividad metabólica baja); de esta manera, la semilla vive tanto

tiempo como las condiciones externas (humedad, temperatura, concentración de CO<sub>2</sub> y O<sub>2</sub>, luz, ataque de hongos, insectos y presencia de algunos componentes químicos) e internas (actividad enzimática, equilibrio químico, etc) lo permitan.

Algunas semillas son capaces de germinar antes de terminar su desarrollo inmediatamente después de ser cosechadas, mientras que otras pueden ser dormantes o latentes; en estas se requiere un periodo de descanso de adicional desarrollo para que la germinación pueda ocurrir. Dependiendo de la especie este periodo puede ser de pocos días o varios años.

### **Vigor**

La calidad de las semillas esta determinada principalmente por la germinación y el establecimiento de las plantas en el campo, estas dependen en gran medida del vigor de las semillas. Moreno (1996), define al vigor como la suma total de aquellas propiedades que determinan el nivel de actividad y comportamiento de la semilla o lote de semilla durante su germinación y emergencia de la plántula, las que se comportan bien se llaman semillas de alto vigor y las que se comportan pobremente son denominadas semillas de bajo vigor. Así mismo explica que evaluar el vigor de las semillas es de gran utilidad para predecir el comportamiento de un lote cuando las condiciones del medio ambiente no son del todo favorables

para la germinación y emergencia de las plántulas. Igualmente, es de valor para comparar el potencial biológico de lotes con porcentajes de germinación similares y también para tomar decisiones sobre el tiempo de almacenaje al que pueden ser sometidas las semillas, ya que se ha visto que el vigor y la longevidad están altamente correlacionados.

Entre las causas de la variabilidad del vigor de la semilla se encuentran:

- ✓ Genotipo
- ✓ Medio ambiente y nutrición de la planta
- ✓ Estado de madurez en el momento de la cosecha
- ✓ Tamaño, peso y peso volumétrico
- ✓ Daño físico
- ✓ Deterioro y/o envejecimiento y
- ✓ La presencia de patógenos

La capacidad de las semillas para producir rápida y uniformemente plántulas normales en condiciones específicas de laboratorio, depende fundamentalmente de la maquinaria bioquímica de la semilla, la amplitud de reservas nutritivas y de la constitución genética de la semilla.

## Deterioro

Se entiende por deterioro al proceso irreversible e inexorable en el que la semilla reduce el contenido de aceites, lípidos y carbohidratos en el embrión, así como la pérdida de su potencial genético propias de la misma y que son reflejadas en algunas ocasiones en la estructura de la cubierta, ocasionando un bajo porcentaje de germinación y malformación de las estructuras esenciales de la plántula.

Copeland y McDonald (1985), dicen que conforme pasa el tiempo, la semilla se va degradando, pero estos síntomas del deterioro en algunos casos no son visibles de momento, sino hasta que se evalúa la germinación y crecimiento de plántulas observándose un bajo funcionamiento durante el desarrollo de éstas. Por su parte Moreno (1996), define al deterioro de semillas como la incapacidad morfológica y/o fisiológica para la germinación y desarrollo normal de la plántula. El deterioro engloba todos los cambios progresivos negativos de la semilla hasta que esta muere. El mismo autor cita las características que distinguen el deterioro en una semilla, el cual es considerada como:

- Inexorable,
- Irreversible,

- Es mínimo el tiempo en que la semilla alcanza su madurez fisiológica,
- Varía entre especie
- Varía entre lotes de la misma especie y
- Varía entre semillas de un mismo lote

### **Los microelementos**

Domínguez (1990), dice que los microelementos son todavía denominados elementos trazas, oligoelementos, elementos menores, etc. Que estas denominaciones no son totalmente satisfactorias, sobre todo la última que los contrapone a los elementos mayores como el nitrógeno, fósforo y potasio, ya que parece darle un papel secundario, igualmente inferior al de los medio elementos que son azufre, calcio y magnesio; dice también que la expresión más completa es la de microelementos nutritivos, dado que evoca a la vez su papel nutritivo indispensable y su presencia en muy pequeña cantidad en la planta. Afirma que los microelementos son por lo tanto elementos indispensables para la vida de las plantas que se encuentran presentes en proporciones muy pequeñas en los tejidos biológicos.

## **Papel fisiológico de los microelementos**

Se menciona que los microelementos considerados como esenciales participan en el metabolismo de la planta. Son necesarios para las enzimas, ya sea como activadores o como constituyentes específicos de sistemas enzimáticos, explican que los elementos que presentan valencias múltiples pueden jugar papeles muy importantes en los sistemas enzimáticos, participando en el juego de las reacciones de oxidación-reducción.

Domínguez (1990), dice que los microelementos que son actualmente reconocidos como esenciales para las plantas superiores son el hierro (Fe), el manganeso (Mn), el zinc (Zn), el cobre (Cu), el boro (B) y el molibdeno (Mo), además enlista cada una de sus funciones.

### **Hierro**

Interviene para catalizar las reacciones de oxidación-reducción, interviene de una manera esencial en la respiración, la síntesis de la clorofila, la fotosíntesis, el metabolismo de las proteínas, la fijación del nitrógeno y la reducción de nitratos.

## **Manganeso**

Tiene un papel activador de enzimas, interviene en la segunda parte del sistema de la fotosíntesis y juega un papel esencial en el estado final de la reducción de los nitratos.

## **Zinc**

Interviene en la síntesis de los ácidos nucleicos y de las proteínas, es un elemento esencial para la formulación de Triptofan, aminoácido considerado como precursor en la síntesis de auxinas

## **Cobre**

Interviene en la fotosíntesis, en el metabolismo en la síntesis de lignina compuesto que causa endurecimiento de tejidos y resistencia a la planta (vigor)

## **Boro**

Crecimiento meristemático, migración y utilización de los glucidos, metabolismo de los ácidos nucleicos y síntesis de proteínas.

## **Molibdeno**

Forma parte de dos enzimas importantes: la nitro reductasa, que interviene en la reducción de nitratos y la nitrogenasa que interviene en la fijación de nitrógeno.

## Investigaciones Realizadas

Carballo (2001), trabajó con reguladores de crecimiento en la estimulación fisiológica de semillas de maíz, trigo, sorgo y arroz, donde encontró que el Biozyme Polvo Plus y GBM-044 a dosis altas provocaron los mejores efectos en maíz, trigo y sorgo en el cultivo de arroz, los productos Biozyme PP y Biozyme TS en sus dosis medias fueron los más eficientes en germinación.

García (2002), estudio la aplicación de reguladores de crecimiento para promover la germinación, en semilla de lechuga, encontró que el Biozyme TS en sus tres dosis (50,100 y 150 cc/1500 ml agua/100kg de semilla.) y el Biozyme PP en su dosis baja (0.25, 0.50 y 1.0 gr/100 gr de semilla.), estimularon la germinación.

Rivera (2004), en un trabajo relacionado al efecto de productos orgánicos sobre la germinación y vigor de semilla de tomate, comparando estos con productos comerciales (Biozyme TS y Biozyme PP) encontró que los productos orgánicos superaron a los productos comerciales, aclarando que estos últimos tuvieron efectos positivos en combinación con los productos orgánicos, aunque sin superar al humus de estiércol y al extracto de liquido de lombriz, siendo estos los que resultaron con mayor porcentaje de germinación, longitud media de plúmula, longitud media de radícula y

peso fresco de plántula y solo los comerciales repuntaron por la combinación con orgánicos.

Velasco (2005), al probar el efecto de la aplicación de productos orgánicos en semilla de avena, demostró que los productos orgánicos sobre todo el biodigestado líquido mixto presentó una diferencia notoria en cuanto a la germinación en comparación con los demás tratamientos, además en las variables de crecimiento vegetativo y peso seco, los productos orgánicos superaron a los productos comerciales Biozyme TS y Biozyme PP además del testigo.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Localización del área experimental**

El presente trabajo se realizó en el Laboratorio de Ensayos de Semillas del Centro de Capacitación y Desarrollo de Tecnología de Semillas y en el invernadero número 5, ambos pertenecientes a la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, la cual se localiza al sur de Saltillo, Coahuila, México, cuyas coordenadas geográficas son: 25<sup>0</sup> 22" latitud Norte y 101<sup>0</sup> 00" longitud Oeste, con una altura de 1742 msnm. Para el análisis hormonal y mineral de los productos orgánicos se contó con el apoyo del laboratorio de investigación biológica perteneciente al Grupo Bioquímico Mexicano (GBM) localizado en la misma ciudad.

### **Productos utilizados**

#### **Composta (C)**

Este material se obtiene una vez que la materia orgánica pasa por un proceso de descomposición por microorganismos mesófilos y termófilos (hongos, bacterias y actinomicetes) hasta llegar a la humificación y mineralización.

### **Líquido de composta (LC)**

Se obtiene a partir de los escurrimientos de la composta, la cual se somete a riegos para mantener niveles de 70 - 80 % de humedad y favorecer los procesos de humificación, separando así los compuestos mineralizados.

### **Lombricomposta (LO)**

Resultado del estiércol procesado (alimento de la lombriz *Eisenia foetida*) y los microorganismos presentes en el sustrato, el proceso es un poco largo pero el material que se obtiene es un abono orgánico rico en compuestos húmicos y elementos minerales, además de otros compuestos (ácido fúlvico y elementos menores) que propician el buen desarrollo de las plántulas.

### **Líquido de lombricomposta (LLO)**

Se obtiene a partir de la lombricomposta, la cual se somete a riegos para mantenerla húmeda entre 70 – 80% para que se realice de manera apropiada el proceso de humificación.

### **Polvo de composta (PC)**

Resulta de precipitar el líquido de composta al ser sometido a un proceso de secado en una estufa a 45 °C, para posteriormente ser tamizado para su uso y aplicación en polvo a la semilla

### **Polvo de lombricomposta (PLO)**

Se obtiene de la misma manera que el anterior, solo que se utiliza el biodigestado líquido de lombricomposta, se tamiza y aplica en forma de polvo a la semilla.

### **Líquido mixto (LM)**

Es el resultado de la combinación del líquido de composta y del líquido de lombricomposta a una proporción 1:1.

### **Polvo mixto (PM)**

Este es el resultado de la combinación del polvo de composta (PC) y del polvo de lombricomposta (PL), en relación 1:1.

### **Biozyme Tratamiento a Semillas (BTS)**

Es un estimulante hormonal de origen natural para tratamiento a semillas. Su acción principal es la de acelerar los procesos metabólicos de transformación de los materiales energéticos de reserva, promoviendo una rápida y uniforme germinación, así como mejorar el desarrollo del sistema radicular.

Estimula la división celular y activa la germinación de semillas, además hace que la semilla y plántula manifiesten su máximo potencial fisiológico durante su primera etapa de crecimiento.

### **Biozyme Polvo Plus (BPP)**

Es un estimulante hormonal de origen natural para tratamiento de semillas. Estimula la división celular y activa la germinación de ciertas semillas, además hace que la semilla y plántula manifiesten su máximo potencial fisiológico durante su primera etapa de crecimiento.

### **Testigo absoluto (AA)**

Aplicación uniforme de agua y adherente a base de extracto de sábila

### **Extracto de sábila (adherente)**

Para la obtención del adherente se usaron pencas de sábila, las cuales fueron cortadas en pequeños pedazos, posteriormente se agregó agua (100 ml) para facilitar ser molidas, y coladas hasta obtener una consistencia viscosa y de fácil aplicación por aspersión.

**El trabajo experimental se realizó en tres etapas, consistiendo estas en:**

- I. Determinación de la actividad hormonal y mineral de los productos orgánicos bajo estudio
- II. Obtención de los productos solos o combinados que presentan un contenido base de zeatinas presentes en un producto comercial (Biozyme TS)

III. Evaluación de productos obtenidos en la etapa II en semillas de hortalizas con diferentes grados de deterioro, y su efecto en la germinación.

## **Etapa I**

### **Determinación de la actividad hormonal y mineral de los productos orgánicos bajo estudio.**

En esta etapa se utilizaron la composta, líquido de composta, lombricomposta, polvo de composta, polvo de lombricomposta, líquido mixto y polvo mixto, los cuales se les determinó la actividad giberelínica, citocinínica y auxínica.

Para este estudio se contó con el apoyo del laboratorio de investigación biológica de GBM. Empleando para tal efecto los instructivos de trabajo: IT-IN-P001, IT-IN-P002, IT-IN-P003. Por cuestiones de confidencialidad no se proporcionaron información respectiva a detalle de los protocolos de trabajo, sin embargo se tiene la metodología empleada.

### **Método para evaluar actividad giberelínica (IT-IN-PO01).**

Para la actividad giberelínica se utilizaron soluciones de prueba y soluciones para determinar la curva estándar a concentraciones de 10 a  $1 \times 10^{-4}$  ml/l y mg/l respectivamente. Aplicando los tratamientos en un arreglo completamente al azar.

### **Procedimiento**

Los resultados se expresaron como promedios para cada una de las concentraciones evaluadas, determinando en milímetros el valor de la longitud emitida por cada hipocotilo de lechuga (*Lactuca sativa L.*) cv. Grandes lagos. Con los valores obtenidos se elaboro una curva dosis – respuesta para la curva estándar y de las muestras de prueba para determinar la actividad equivalente en ppm por kilogramos de producto.

### **Método para evaluar actividad citocinínica (IT-IN-P002)**

Para esta prueba, los resultados se expresaron de acuerdo a la acumulación de betacianinas por acción de las citocininas en cada una de las concentraciones evaluadas, determinando la densidad óptica en el espectrofotómetro, obteniendo el valor de la cuantificación de betacianinas final de cada grupo de cotiledones de Amaranto (*Amaranthus hybridus L.*). Con los valores obtenidos se elaboró una curva dosis- respuesta para el

estándar y las muestras de prueba, y se determinó la actividad equivalente en ppm por kilogramo de producto.

### **Método para evaluar actividad auxínica (IT-IN-P003)**

En esta prueba los resultados se expresaron como promedios para cada una de las concentraciones evaluadas, determinando en milímetros el valor de la elongación final de cada segmento de coleóptilo de trigo.

Con los valores obtenidos se elaboró una curva dosis-respuesta para la curva estándar y las muestras de prueba, de esta manera se determinó la actividad auxínica equivalente en ppm por kilogramo de producto.

### **Etapa II**

Conociendo el contenido hormonal y mineral de los productos experimentales se procedió a combinar los productos en base al contenido de Zeatinas (Citocininas), igualando este al producto comercial Biozyne TS, quien posee la mayor concentración de esta hormona, y es el más utilizado para el tratamiento a semillas

Para esto, también se utilizaron dos productos comerciales (testigos relativos), Biozyme TS y Biozyme PP, los cuales están formulados a base de hormonas que favorecen y aceleran los procesos metabólicos de las semillas, además de siete productos orgánicos experimentales y sus combinaciones (15) y un testigo absoluto (semilla sin tratar); estos fueron

estandarizados a las dosis de Citocininas (128.7 ppm) contenidas en el producto Biozyme TS.

### **Etapa III**

Para esta etapa se evaluaron los productos orgánicos obtenidos en la etapa II, además de los productos Biozyme TS y Biozyme PP en semillas de chile, tomate, sandía y betabel, las cuales presentaron diverso grado de deterioro y en consecuencia baja germinación, esto con el fin de probar el efecto potencializador de los productos sobre las semillas en relación a su estado fisiológico.

#### **Semilla utilizada**

Se utilizaron diferentes especies de semillas hortícolas con diversos porcentajes de germinación siendo estas: tomate (32%), chile (35%), sandía (70%) y betabel (83%).

#### **Tratamiento de la semilla**

Se contaron 400 semillas de cada una de las especies a evaluar por tratamiento, pesándose individualmente cada especie en una balanza analítica, el resultado de su peso sirvió para calcular las dosis de producto a aplicar, para esto se tomo como base el producto comercial Biozyme TS que esta compuesto de 128 ppm de Zeatinas (hormona con mayor actividad en nuestros productos experimentales), cada producto cuenta con cierta cantidad de zeatinas en su composición (Cuadro 4.1), en base a eso se

calculó la cantidad de producto a aplicar en la semilla de acuerdo a su actividad hormonal reportada en dicho cuadro, para el caso de las combinaciones de productos se mezclaron de tal manera que la cantidad a aplicar de hormonas sea la indicada (128 ppm) en cada tratamiento, las dosis recomendadas en el Cuadro 3.1 están dadas por kilogramo de semilla. Una vez calculadas las dosis se colocaron las semillas en cajas petri para facilitar el manejo y homogenización del producto, rociando el adherente de forma uniforme sobre ella para espolvorear o pipetear el tratamiento de acuerdo a su presentación de polvo o líquido y facilitar su adherencia, agitando vigorosamente la caja una vez colocado el tratamiento en ella hasta impregnar totalmente la semilla con el producto utilizado.

Una vez tratada las semillas estas se sembraron de acuerdo a las reglas estipuladas en ISTA (2004) para cada una de las especies y en los dos ambientes de evaluación, que fueron laboratorio e invernadero, para el caso de laboratorio y para tomate se sembraron cuatro repeticiones de 100 semillas, estas fueron colocadas en cajas petri, las cuales tenían como sustrato una capa de papel filtro para mantener la humedad e incubadas a 25 °C por 14 días, la misma técnica se empleo para chile, solo que el conteo final se realizo a los 21 días, mientras que para sandía y betabel, la técnica empleada fue entre papel (en tacos) colocando cuatro repeticiones (tacos), de 100 semillas sobre el papel previamente humedecido, enrollándose en

forma de taco y colocándose por último en una bolsa de polietileno transparente debidamente identificada y llevándose a incubación a 25 ° C.

Para el caso de invernadero, las semillas tratadas se llevaron a sembrar en charolas de unicel de 200 cavidades previamente humedecidas y preparadas con hojarasca y vermiculita a una proporción de 3:1 respectivamente, realizando los conteos a los 14 días después de sembrados.

En el Cuadro 3.1 se presenta la descripción de tratamientos y dosis utilizada para cada uno de ellos, en donde la dosis presentada se utilizó para tratar un kilogramo de semilla.

**Cuadro 3.1. Descripción de tratamientos y dosis empleadas en semillas de hortalizas con diferentes grados de deterioro**

| <b>Tratamiento</b> | <b>Descripción</b>                               | <b>DOSIS</b>  |
|--------------------|--|---------------|
| LM                 | LM (Líquido mixto)                               | 2.34 ml       |
| PM                 | PM (Polvo mixto)                                 | 1.66 gr       |
| PC                 | PC (Polvo de composta)                           | 3.74 gr       |
| LM+LC              | LM+LC (Líquido mixto + líquido de composta)      | 2.125 + 2.125 |
| LM+LL              | LM+LL (Líquido mixto + líquido de lombriz)       | 2.245+2.245   |
| LM+PLO             | LM+PLO (Líquido mixto + polvo de lombricomposta) | 2.01+2.01     |
| LM+LO              | LM+LO (Líquido mixto + lombricomposta)           | 2.335+2.335   |
| PM+LC              | PM+LC (Polvo mixto + líquido de composta)        | 1.555+1.555   |
| PM+LL              | PM+LL (Polvo mixto + líquido de lombriz)         | 1.615+1.615   |
| PM+PLO             | PM+PLO (Polvo mixto + polvo de lombricomposta)   | 1.49+1.49     |
| PM+LO              | PM+LO (Polvo mixto + lombricomposta)             | 1.66+1.66     |
| PC+LC              | PC+LC (Polvo de composta + líquido de composta)  | 3.225+3.225   |
| PC+LL              | PC+LL (polvo de composta + líquido de lombriz)   | 3.51+3.51     |
| PC+PL              | PC+PL (Polvo de composta + polvo de lombriz)     | 2.965+2.965   |
| PC+LO              | PC+LO (Polvo de composta + lombricomposta)       | 3.735+3.735   |
| BIOZYME TS         | BIOZYME TS                                       | 1 ml          |
| BIOZYME PP         | BIOZYME PP                                       | 2.69 gr       |
| TESTIGO            | TESTIGO (Agua + adherente)                       | -             |

La evaluación se desarrollo en dos ambientes que son laboratorio e invernadero. Siendo para laboratorio los siguientes parámetros:

### **Parámetros evaluados en laboratorio**

#### **Germinación estándar**

Se realizó conforme a las reglas de la ISTA (2004) y de acuerdo a la naturaleza de las semillas evaluadas, como se explico en el apartado anterior.

#### **Longitud de plúmula**

Se utilizaron 25 plántulas, estas provinieron de la prueba de germinación estándar, en donde se midió la longitud de plúmula total con una regla graduada, para posteriormente tomar el promedio, esta medición se reportó en centímetros.

#### **Peso fresco de plántula**

Estas plántulas fueron provistas de las pruebas anteriores y consistió en pesar las plántulas en una balanza analítica de precisión (0.001g), reportando el peso en miligramos por plántula, estos pesos fueron

promediados de acuerdo a las 25 plántulas utilizadas, el resultado se reportó en miligramos.

### **Parámetros evaluados en Invernadero**

#### **Emergencia total**

Esta variable se registró una vez emergidas todas las plántulas de las especies para cada uno de los tratamientos y repeticiones reportándose el resultado en porcentaje.

#### **Longitud media de plúmula y radícula**

Las 25 plántulas utilizadas para determinar estas variables provinieron de la prueba de emergencia total, en donde se midió la longitud de plúmula y radícula total con una regla graduada, esta medición se reportó en milímetros.

#### **Peso fresco de plántula**

Estas plántulas provinieron de las pruebas anteriores y consistió en pesar las 25 plántulas en una balanza analítica, promediando los valores y reportando el peso en miligramos por plántula.

## **Diseño experimental**

El experimento fue establecido mediante un diseño de parcelas divididas, donde se tomo como parcela grande a las especies (4) y los tratamientos (18) se consideraron como parcela chica, además se corrieron contrastes ortogonales para corroborar el efecto de los diversos tratamientos en la fisiología de las semillas, comparando los productos: solos Vs combinados, polvos Vs líquidos y los productos comerciales Biozyme TS y Biozyme PP Vs los productos experimentales.

### **Análisis estadístico**

El análisis de los datos fué bajo un diseño de parcelas divididas, utilizando el paquete estadístico SAS versión 7.0. Utilizando para ello el siguiente modelo lineal:

#### **Modelo lineal**

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + d_{ij} + B_k + (AB)_{ik} + \xi_{ijk}$$

## **Donde**

$Y_{ijk}$  = Variable de respuesta

$\mu$  = Media general

$A_i$  = Efecto de la parcela grande a su nivel  $i$ .

$d_{jj}$  = Error asociado con parcelas grandes  $E(a)$

$b_k$  = Efecto de la parcela chica a su nivel  $k$ .

$(AB)_{ijk}$  = Efecto de la interacción AB al nivel  $i, k$ .

$\xi_{ijk}$  = Error experimental

## **Comparación de medias**

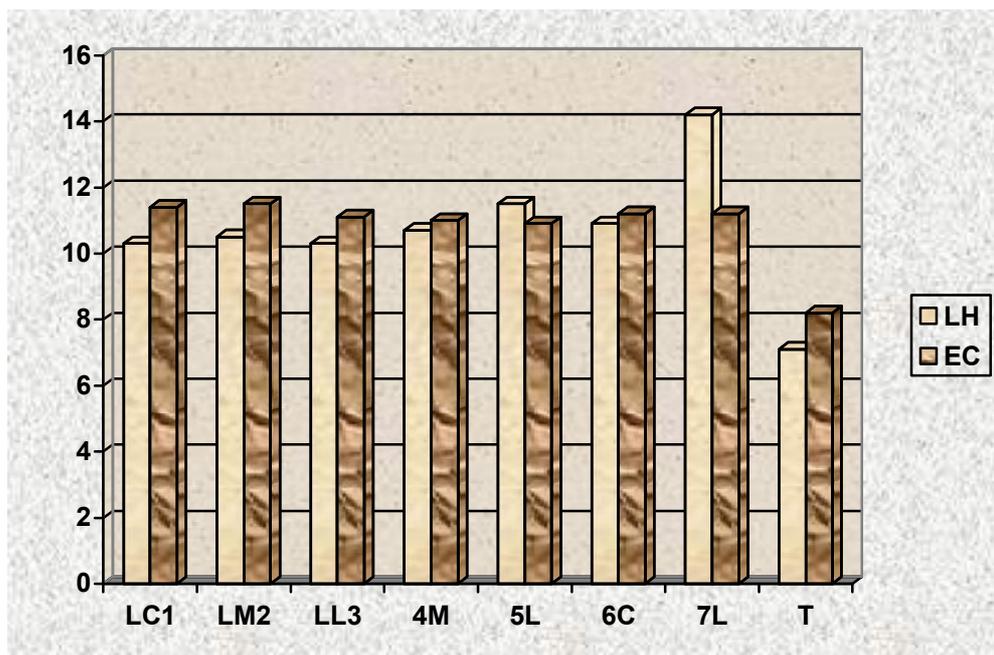
La comparación de medias se llevo a cabo mediante la prueba de Tukey al 0.05 de probabilidad para aquellas variables que presentaron significancia estadística, además de contrastes ortogonales.

## RESULTADOS Y DISCUSION

### Etapa I

En este apartado se presentan los resultados pertinentes a la actividad hormonal y mineral de los productos orgánicos evaluados en el laboratorio de investigación biológica de GBM.

En la Figura 4.1 se observa la longitud de hipocotilo de lechuga y elongación de coleoptilo de trigo de productos derivados de la lombricultura y composteo, donde observamos que la lombricomposta (7L) y el polvo de lombricomposta (5L) propiciaron un mayor crecimiento de hipocotilo con 14.2 y 11.5 milímetros. Superando al testigo y liquido de lombriz (LL3) con 7.1 y 10.3 milímetros de longitud de hipocotilo, se observa también la elongación de coleoptilo de trigo tratados con siete productos derivados de la lombricultura donde el liquido mixto (LM2) y liquido de composta (LC1) alcanzaron valores de 11.5 y 11.4 mm de elongación de coleoptilo, mientras que el testigo y polvo de lombricomposta (5L) alcanzaron los valores mas bajos con 8.2 y 10.9 mm respectivamente.



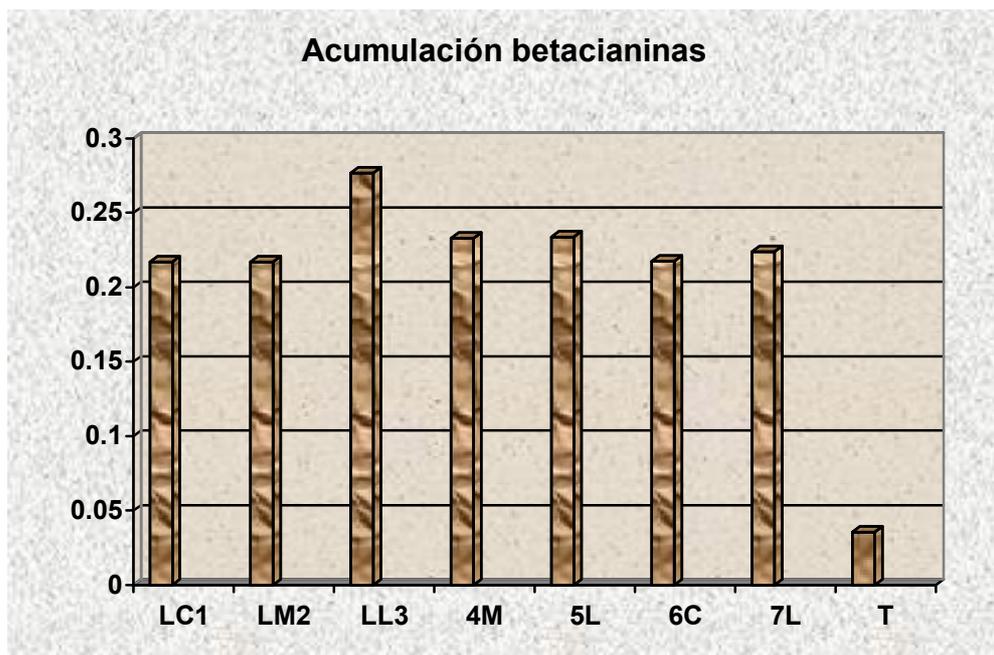
\* LC-1 (liquido de composta), LM-2 (liquido mixto), LL3 (liquido de lombriz), 4-M (polvo mixto), 5-L (polvo de lombricomposta), 6-C (composta), 7-L (lombricomposta), T (testigo), LH (longitud hipocotilo), EC (elongacion coleoptilo).

Figura 4.1. Longitud de hipocotilo de lechuga (*Lactuca sativa* L) y elongación de coleoptilos de trigo (*Triticum aestivum* L) de siete muestras tratadas con productos orgánicos derivados de la lombricultura y composteo.

Estos resultados fueron dados por la cantidad de microelementos presentes en los productos experimentales, en donde para longitud de hipocotilo de lechuga; los mejores tratamientos poseen en su composición todos los microelementos analizados, en mayor cantidad y proporción, caso contrario con aquellos que no estimularon dicha variable pues solo poseen Mg y Fe en pequeñas cantidades que no estimulan esta variable en esta especie, por otra parte para la elongación de coleoptilos los microelementos

de Mg y Fe jugaron un papel importante, ya que los primeros lugares de respuesta poseían cantidades que van de los 30 a 124 ppm de Mg y 32 a 55 ppm de Fe, cantidades que propiciaron la respuesta en esta variable, estos microelementos son los únicos presentes en la composición de estos tratamientos y cabe mencionar que sus altos valores 1200 ppm de Mg y 2800 ppm de Fe detuvieron la elongación del coleoptilo.

La Figura 4.2 muestra la acumulación de betacianinas encontradas en cotiledones de amaranto tratados con siete productos derivados de la lombricultura, donde se observa que el líquido de lombriz (LL3) propicio una mayor acumulación de betacianinas al reportar 0.2770 de absorbancia, seguido del polvo de lombricomposta (5L) con 0.2340. Por otro lado, el testigo reporto 0.0355 y el líquido mixto (LM2) 0.2171 de absorbancia, siendo este quien propició una menor acumulación de betacianinas en lo que a productos derivados de la lombricultura se refiere.



\* LC-1 (liquido de composta), LM-2 (liquido mixto), LL3 (liquido de lombriz), 4-M (polvo mixto), 5-L (polvo de lombricomposta), 6-C (composta), 7-L (lombricomposta), T (testigo).

Figura 4.2. Acumulación de betacianinas en cotiledones de amaranto (*Amaranthus hybridus* L) tratados con productos orgánicos derivados de la lombricultura y composteo.

El Cuadro 4.1 muestra los valores referentes a la actividad giberelica, auxinica y citocininica de lo productos orgánicos derivados de la lombricultura y composteo, observándose que en cuanto a giberelinas, el polvo de lombricomposta (5L) superó por mucho a los demás muestras al reportar 1.20 ppm, mientras que el liquido de lombriz (LL3) fue quien presentó la menor cantidad de actividad giberelica con 0.002 ppm, siendo estos valores imperceptibles para propiciar una reacción giberelica al ser aplicados, por lo que respecta a la actividad biológica en partes por millón (ppm) de zeatina, el polvo mixto (4M) reporta la mayor cantidad de Zeatina

en ppm que todos los demás productos con 77.27 ppm, seguido del liquido mixto (LM2) con 55 ppm. Los productos con menos cantidad de esta hormona fueron la lombricomposta (7L) y el liquido de lombriz (LL3) con 0.07 y 2.30 ppm respectivamente, observandose que las combinaciones de productos fueron quienes presentaron mayor cantidad de esta hormona superando por mucho a los productos solos a excepción del polvo de composta (6C), quien tuvo un valor de 34.38 ppm de zeatinas. Para la actividad biológica de ácido indol acetico, el polvo de lombricomposta (5L) y la lombricomposta (7L) tuvieron valores de 3.33 y 2.92 ppm, en tanto el liquido de lombriz (LL3) y polvo mixto (4M) tuvieron valores de 0.12 y 0.24 ppm de esta hormona.

Cuadro 4.1. Actividad giberelinica, citocininica y auxinica de los productos orgánicos derivados de la lombricultura y composteo.

| <b>Muestra</b> | <b>Actividad biológica equiv. ppm de GA3/ l ó Kg de producto</b> | <b>Actividad biológica equiv. ppm de zeatina/ l ó Kg de producto</b> | <b>Actividad biológica equiv. ppm de AIA/ l ó Kg de producto</b> |
|----------------|--|--|--|
| LC-1           | 0.02   | 5.50   | 0.27   |
| LM-2           | 0.01   | 55.00  | 0.29   |
| LL-3           | 0.002  | 2.30   | 0.12   |
| 4-M            | 0.09   | 77.27  | 0.24   |
| 5-L            | 1.20   | 9.00   | 3.33   |
| 6-C            | 0.14   | 34.38  | 0.27   |
| 7-L            | 0.04   | 0.07   | 2.92   |
| TESTIGO        | 0  | 0  | 0  |

\* LC-1 (liquido de composta), LM-2 (liquido mixto), LL3 (liquido de lombriz), 4-M (polvo mixto), 5-L (polvo de lombricomposta), 6-C (composta), 7-L (lombricomposta).

## **Contenido mineral**

El Cuadro 4.2 muestra la cantidad de micro elementos, pH y densidad aparente de los productos orgánicos derivados de la lombricultura utilizados en esta investigación, donde se observa que los productos en estado sólido presentan la mayor cantidad de micro elementos, tanto en cantidad como en proporción, ya que la lombricomposta reportó cantidades de 3500 y 2800 ppm de magnesio y fierro, superando a todos los productos analizados en todos los micro elementos que los componen a excepción del cobre, donde la composta reportó 56 ppm. Los productos a base de líquido (biodigestados) presentaron bajas cantidades de micro elementos, incluso no se detectaron algunos micro elementos en su composición como el cobre, manganeso y zinc que en estado sólido si están presentes. Todos los productos orgánicos poseen un pH alcalino, ya que sus valores oscilan de un 8.50 a un 10.25.

Cuadro 4.2. Contenido mineral en los productos orgánicos derivados de la lombricultura y composteo.

| <b>Producto</b> | <b>Mg<br/>ppm</b> | <b>Cu<br/>ppm</b> | <b>Fe<br/>ppm</b> | <b>Mn<br/>ppm</b> | <b>Zn<br/>ppm</b> | <b>pH<br/>(%)</b> | <b>Da<br/>g/mL</b> |
|-----------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------|
| BLC             | 30                | ND                | 32                | ND                | ND                | 8.50              | 0.995              |
| BLM             | 124               | ND                | 55                | ND                | ND                | 8.59              | 1.038              |
| BLL             | 184               | ND                | 78                | ND                | ND                | 8.56              | 1.080              |
| SM              | 1300              | 43                | 398               | 28                | 64                | 10.25             | ----               |
| SL              | 1200              | 41                | 366               | 26                | 61                | 10.14             | ----               |
| SC              | 2100              | 56                | 686               | 99                | 107               | 9.98              | ----               |
| LP              | 3500              | 37                | 2800              | 212               | 133               | 9.83              | ----               |

\* BLC (líquido de composta), BLM (líquido mixto), BLL (líquido de lombriz), SM (polvo mixto), SL (polvo de lombriz), SC (polvo de composta), LP (lombricomposta).

Fuente: Laboratorio de Investigación Biológica de GBM (2005).

De acuerdo a los resultados obtenidos de las muestras evaluadas se concluye que las muestras presentan actividad citocinínica, sin embargo no presentan actividad biológica equivalente a giberelinas y auxinas, por lo que los resultados obtenidos en la longitud de hipocotilos, acumulación de betacianinas y elongación de coleoptilos, son debidos a la acción de las zeatinas y microelementos presentes en los productos orgánicos derivados de la lombricultura y composteo. Analizando esto, podemos observar (Cuadro 4.1) que el polvo mixto (4M), líquido mixto (LM2) y polvo de composta (6C) fueron quienes desarrollaron mayor acumulación de betacianinas en cotiledones de amaranto que los demás tratamientos, dado que estos son quienes poseen las mayores cantidades de microelementos

(Cuadro 4.2), a excepción del líquido mixto quien solo presenta magnesio y hierro, al parecer las cantidades extremas en estos microelementos (Mg y Fe) causan toxicidad y por ende inhibición en la acumulación de betacianinas, ya que el tratamiento lombricomposta (LP), reporta ser el menos apropiado para estimular esta variable y es quien tiene los mayores niveles de estos microelementos que los demás tratamientos analizados.

## **Etapa II**

El Cuadro 4.3 muestra los tratamientos, dosis aplicadas y la cantidad de hormonas y microelementos aplicados a la semilla deteriorada de chile, tomate, sandía y betabel, estos tratamientos son resultado de la combinación de los siete productos orgánicos derivados de la lombricultura y composteo, estos están estandarizados a la dosis de 128 ppm de Zeatinas (citocininas), donde en lo referente a giberelinas y ácido indolacético, todos los productos orgánicos derivados de la lombricultura y composteo presentan una cantidad mínima o nula de estas hormonas, lo que no ocurre con los productos Bioyme TS y Biozyme PP, quienes los superan por cantidades muy superiores reportando valores de 77.44 y 76.66 ppm de giberelinas y 33.0 y 32.9 ppm de ácido indolacético respectivamente, sin embargo en lo que respecta a microelementos, estos productos (Biozyme TS y Biozyme PP) no reportan valores. Caso contrario con los tratamientos orgánicos derivados de la lombricultura y composteo, quienes sobresalen en la composición mineral, ya que los tratamientos resultantes de combinaciones, tal es el caso del

polvo de composta + lombricomposta (PC+LO) y polvo de composta + polvo de lombricomposta (PC+PLO), están compuestos de todos los elementos analizados como magnesio, hierro, cobre, manganeso y zinc, superando a todos los tratamientos en cuanto a cantidades de microelementos se refiere. Estos tratamientos son seguidos de aquellos que no fueron combinados (solos), tal es el caso del polvo de composta (PC) y polvo mixto (PM), quienes sobresalen de los demás en su categoría (solos) en los primeros lugares.

Cuadro 4.3. Tratamientos, dosis, contenido hormonal y mineral de los tratamientos orgánicos derivados de la lombricultura y composteo, aplicados a semillas de tomate, chile, sandía y betabel con diferentes grados de deterioro.

| Tratamiento | DOSIS         | GA3    | ZEATINA | AIA    | Mg       | Cu     | Fe       | Mn      | Zn     |
|-------------|---------------|--------|---------|--------|----------|--------|----------|---------|--------|
| LM          | 2.34 ml       | 0.046  | 128.7   | 0.678  | 290.16   | ND     | 128.70   | ND      | ND     |
| PM          | 1.66 gr       | 0.149  | 128.2   | 0.398  | 2158.00  | 71.38  | 660.68   | 46.48   | 106.24 |
| PC          | 3.74 gr       | 0.523  | 128.5   | 1.009  | 7854.00  | 209.44 | 2565.64  | 370.26  | 400.18 |
| LM+LC       | 2.125 + 2.125 | 0.063  | 128.5   | 1.190  | 327.25   | ND     | 184.87   | ND      | ND     |
| LM+LL       | 2.245+2.245   | 0.026  | 128.6   | 0.920  | 691.46   | ND     | 298.58   | ND      | ND     |
| LM+PLO      | 2.01+2.01     | 2.432  | 128.6   | 7.276  | 2661.24  | ND     | 846.21   | ND      | ND     |
| LM+LO       | 2.335+2.335   | 0.116  | 128.5   | 7.495  | 8462.04  | ND     | 6666.42  | ND      | ND     |
| PM+LC       | 1.555+1.555   | 0.171  | 128.7   | 0.793  | 2068.15  | ND     | 668.65   | ND      | ND     |
| PM+LL       | 1.615+1.615   | 0.148  | 128.5   | 0.581  | 2396.66  | ND     | 768.74   | ND      | ND     |
| PM+PLO      | 1.49+1.49     | 1.922  | 128.5   | 5.319  | 3725.00  | 125.16 | 1138.36  | 80.46   | 186.25 |
| PM+LO       | 1.66+1.66     | 0.215  | 128.3   | 5.245  | 7968.00  | 132.80 | 5308.68  | 398.40  | 327.02 |
| PC+LC       | 3.225+3.225   | 0.516  | 128.6   | 1.741  | 6869.25  | ND     | 2315.55  | ND      | ND     |
| PC+LL       | 3.51+3.51     | 0.498  | 128.7   | 1.368  | 8016.84  | ND     | 2681.64  | ND      | ND     |
| PC+PLO      | 2.965+2.965   | 3.973  | 128.6   | 10.674 | 9784.50  | 287.60 | 3119.18  | 370.625 | 498.12 |
| PC+LO       | 3.735+3.735   | 0.672  | 128.6   | 11.914 | 20916.00 | 347.35 | 13020.21 | 1161.58 | 896.40 |
| BIOZYME TS  | 1 ml          | 77.400 | 128.7   | 33.000 | 0        | 0      | 0        | 0       | 0      |
| BIOZYME PP  | 2.69 gr       | 76.665 | 128.5   | 32.952 | 0        | 0      | 0        | 0       | 0      |
| TESTIGO     | -             | 0      | 0       | 0      | 0        | 0      | 0        | 0       | 0      |

\* LM (líquido mixto), PM (polvo mixto), PC (polvo de composta), LM+LC (líquido mixto + líquido de composta), LM+LL (líquido mixto + líquido de lombriz), LM+PLO (Líquido mixto + polvo de lombricomposta), LM+LO (líquido mixto + lombricomposta), PM+LC (polvo mixto + líquido de composta), PM+LL (polvo mixto + líquido de lombriz), PM+PLO (polvo mixto + polvo de lombricomposta), PM+LO (polvo mixto + lombricomposta), PC+LC (polvo de composta + líquido de composta), PC+LL (polvo de composta + líquido de lombriz), PC+PLO (polvo de composta+ lombricomposta), PC+LO (polvo de composta+ lombricomposta).

## Etapa III

Respecto a la evaluación de los productos obtenidos en la etapa II los resultados se encuentran agrupados en dos categorías que son: variables de laboratorio y variables de invernadero.

### **Laboratorio**

En el Cuadro 4.4, se presentan los cuadrados medios del análisis de varianza, así como su significancia para las variables de laboratorio. En dicho cuadro se detectaron diferencias altamente significativas ( $p \geq 0.01$ ) para la fuente de especies, tratamientos y la interacción tratamientos / especie en las variables de germinación estándar (GE), longitud media de plúmula (LMP) y peso fresco de plántula (PFP). Para la fuente Repeticiones / especie no se reportan diferencias significativas para todas las variables evaluadas. Los coeficientes de variación (CV) son considerados aceptables, ya que estos oscilaron entre 11.94 y 16.92 %.

**Cuadro 4.4.** Cuadrados medios, coeficiente de variación y nivel de significancia, para las variables fisiológicas evaluadas en laboratorio.

| FV         | GL  | Variables    |              |                |
|------------|-----|--------------|--------------|----------------|
|            |     | GE           | LMP          | PFP            |
| Spp        | 3   | 72235.768 ** | 689.826 **   | 2632961.804 ** |
| Rep * Spp  | 12  | 24.835       | 0.911        | 1174.736       |
| Trat       | 17  | 134.690 **   | 2.921 **     | 4670.985 **    |
| Trat * Spp | 51  | 110.011 **   | 2.287 **     | 8018.754 **    |
| Error      | 204 | 42.046       | 0.732        | 930.615        |
| CV %       |     | <b>11.94</b> | <b>12.98</b> | <b>16.92</b>   |

GE (Germinación estándar), LMP (Longitud media de plúmula), PFP (Peso fresco plántula)  
 CV (Coeficiente de variación), SPP (Especies), REP\*SPP (Repeticiones \*especies),  
 TRAT\*SPP (Tratamientos \* especies), GL (Grados de libertad).

\*, \*\* Significativo al 0.05 y 0.01 % del nivel de probabilidad respectivamente

### **Comparación de medias**

#### **Germinación estándar**

En la Figura 4.3 se presentan las medias de germinación estándar, en donde se aprecia que los tratamientos de Polvo mixto (PM), Líquido mixto + líquido de lombriz (LM+LL) y Polvo mixto + líquido de lombriz (PM + LL) mostraron los valores más altos de respuesta con 58.1, 57.9 y 57.6 % respectivamente, los cuales se comportaron estadísticamente iguales entre sí, por otro lado, los tratamientos de Biozyme PP, Biozyme TS y Agua + adherente fueron superados por todos los productos orgánicos, además de presentar los valores más bajos con 48.7, 49.1 y 51.2 %; estos tratamientos tuvieron un comportamiento estadístico igual entre ellos.

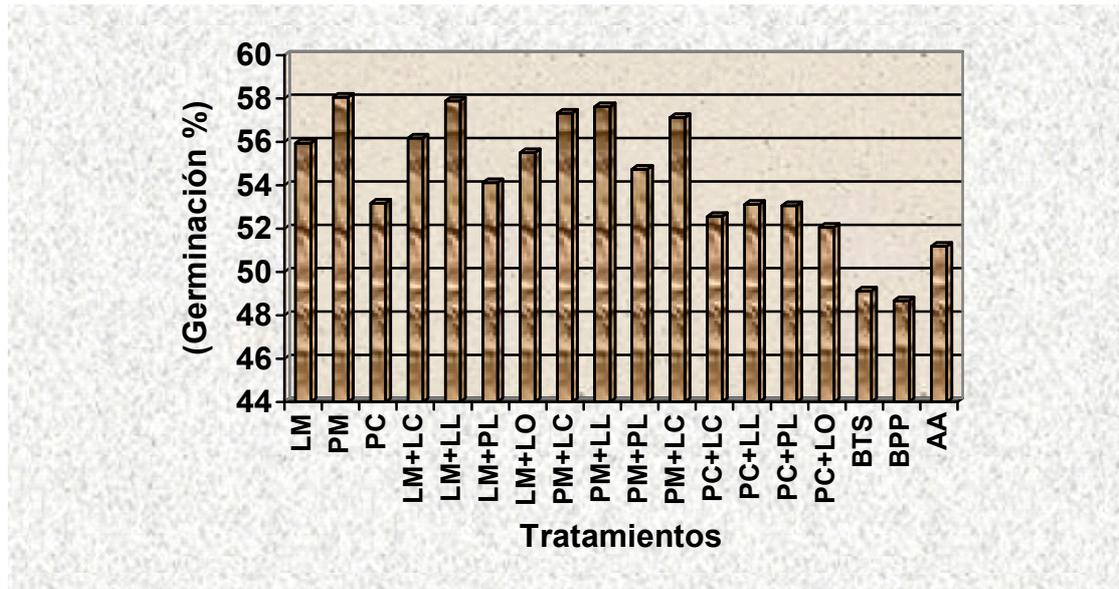


Figura 4.3. Porcentaje de germinación para semillas de hortalizas tratadas con productos orgánicos derivados de la lombricultura y composteo en laboratorio.

Por lo que concierne al comportamiento de la germinación entre especies se observó que el Betabel registró el mayor porcentaje de germinación a través de los tratamientos al reportar 97 por ciento, seguido de la sandía (77.25%), tomate (41%) y chile (29.75%).

Para la interacción tratamientos \* especies, la Figura 4.4 muestra el comportamiento de la germinación en las especies y su relación con el efecto de los tratamientos. Es importante precisar que los resultados están dados por las calidades iniciales de cada una de las especies evaluadas pues presentaban diferencias muy contrastantes, donde el tomate tuvo 32%, Chile 35%, Sandía 70% y Betabel 83%. Con esto podemos señalar que dentro de especies si existen diferencias en germinación debido a la

acción de los tratamientos. Por ejemplo en el caso del Betabel, el tratamiento a base de Polvo de composta + liquido de composta (PC+LC) presentó los valores mas altos con 97%, seguido del Polvo mixto + liquido de composta (PM+LC) con 94 %, mientras que los tratamientos de Biozyme PP y agua + adherente (AA) presentaron los valores mas bajos con 82 y 84 % respectivamente.

Para la especie sandia, el tratamiento de polvo mixto + polvo de lombriz (PM+PL) y Polvo de composta + liquido de composta (PC+LC) tuvieron los valores mas altos de respuesta con 77.3 y 76.8 % por otro lado, los tratamientos de Liquido mixto + lombricomposta (LM+LO) y Agua + adherente tuvieron valores de 70.5 y 68 por ciento.

Para semilla de chile, los tratamientos de Liquido mixto + lombricomposta (LM+LO) y Polvo mixto + liquido de lombriz (PM+LL) alcanzaron valores de 29.8 % en ambos casos, mientras que los valores de menor respuesta corresponden a Polvo de composta + liquido de lombriz (PC+LL) y Polvo de composta + polvo de lombriz (PC+PL) con 18 y 20.5 % respectivamente.

En cuanto a tomate, los tratamientos a base de Liquido mixto + liquido de lombriz (LM+LL) y Polvo mixto tuvieron valores de 41 y 40 % de germinación, mientras que el Polvo de composta + liquido de composta y Biozyme TS reportaron valores de 10.5 y 12.25 % respectivamente.

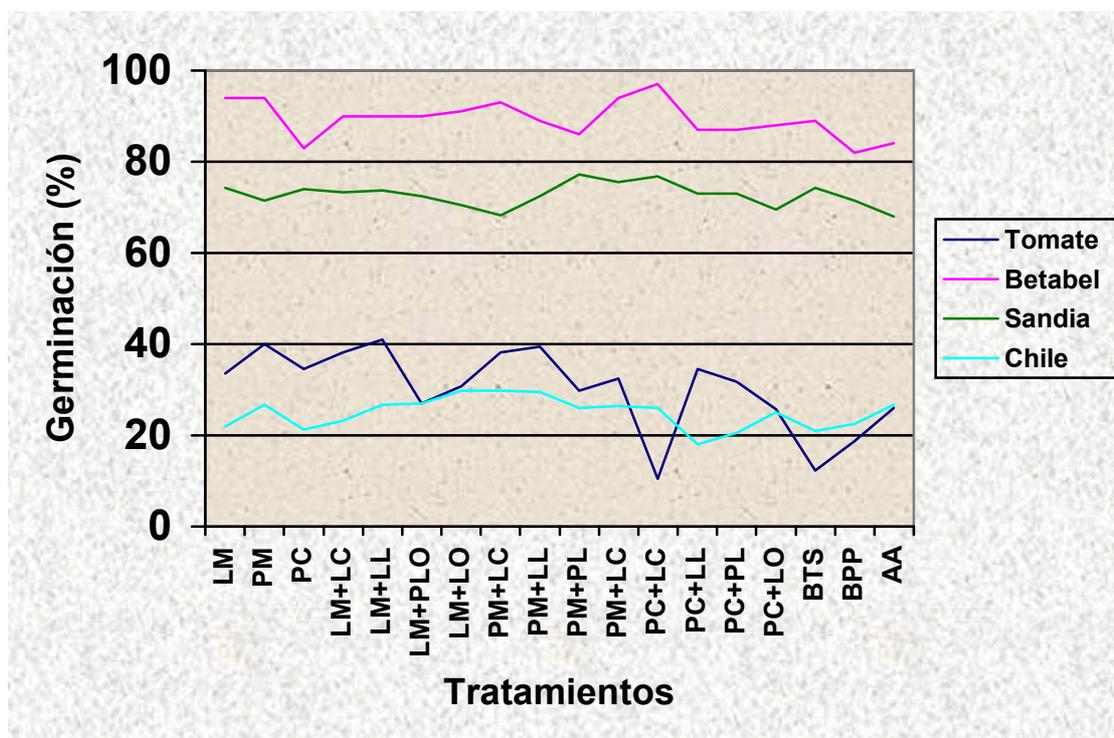


Figura 4.4. Comportamiento de la germinación en cuatro especies de semillas hortícolas tratadas con productos orgánicos derivados de la lombricultura y composteo.

### Longitud media de plúmula

La Figura 4.5 muestra las medias de longitud media de plúmula (LMP), en donde se aprecian que el Líquido mixto + lombricomposta (LM + LO), Polvo mixto + líquido de lombriz (PM + LL) y Líquido mixto + polvo de lombricomposta (LM + PLO) sobresalieron de los demás tratamientos al tener 8.55, 8.21 y 8.17 en Longitud media plúmula; por otro lado, el Biozyme PP, Polvo de composta + líquido de composta (PC+LC) y agua + adherente,

presentaron los valores mas bajos con 6.78, 6.68 y 6.48 cm, los cuales son estadísticamente diferentes entre si.

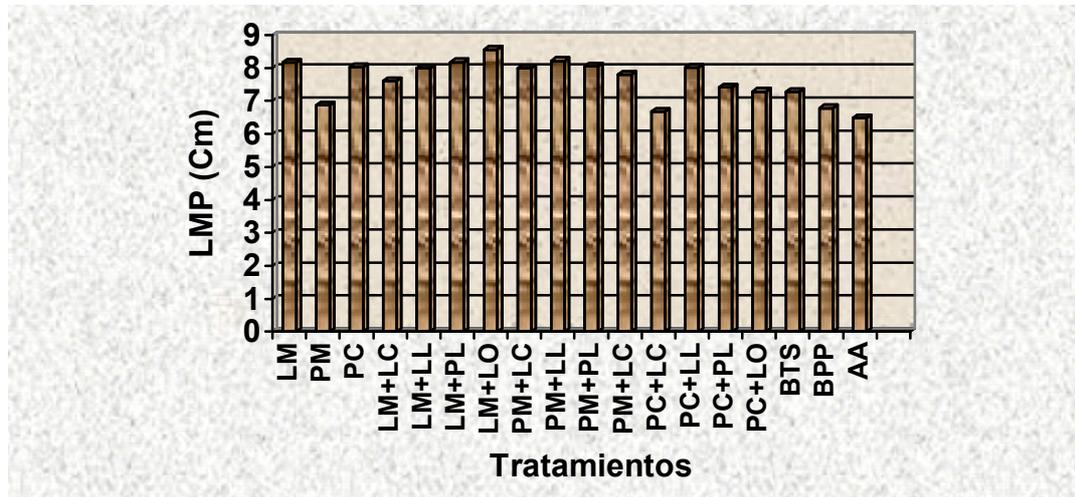


Figura 4.5. Longitud media de plúmula en semillas y plántulas de hortalizas tratadas con productos orgánicos derivados de la lombricultura y composteo.

Por lo que respecta al comportamiento de la longitud media de plúmula entre especies, se observó que la sandía registró el mayor valor a través de los tratamientos, al reportar 12.8 cm, seguido del betabel (7.39 cm), tomate (7.03 cm) y chile (4.13 cm).

Para la interacción tratamientos \* especies, la Figura 4.6 muestra el comportamiento de la longitud media de plúmula en las diferentes especies y su relación con el efecto de los tratamientos.

Para el caso del betabel se observó que el polvo mixto + liquido de composta (PM +LC) presentó el valor mas alto con 7.39 cm, seguido del liquido mixto + polvo de lombricomposta (LM+PLO) con 7.32 cm, mientras que el tratamiento de Polvo mixto (PM) y Liquido mixto + liquido de lombriz (LM+LL) presentaron valores de 5.33 y 5.01 cm, siendo los valores mas bajos de longitud media de plúmula.

En semilla de sandia, los tratamientos de Liquido mixto + lombricomposta (LM+LO) y Liquido mixto + liquido de lombriz representaron los valores mas altos de longitud con 12.8 y 12.48 cm respectivamente, por otro lado, los tratamientos de Biozyme TS y Agua + adherente tuvieron valores mas bajos con 8.74 y 9.33 cm.

En cuanto al tomate, se encontró que el Liquido mixto + lombricomposta (LM+LO) y Liquido mixto + liquido de lombriz (LM+LL) tuvieron valores de 12.8 y 12.48 cm, mientras que los tratamientos de agua + adherente y Biozyme PP reportaron 9.33 y 8.44 cm respectivamente, siendo a la vez los valores mas bajos.

Para la especie de chile, el Polvo mixto (PM) y Polvo composta + liquido de composta (PC+LC) alcanzaron valores de 4.13 y 3.91 cm , por otra parte, los valores de menor respuesta correspondieron al Biozyme TS y Liquido mixto + polvo de lombricomposta (LM+PLO) con 3.018 y 3.098 cm.

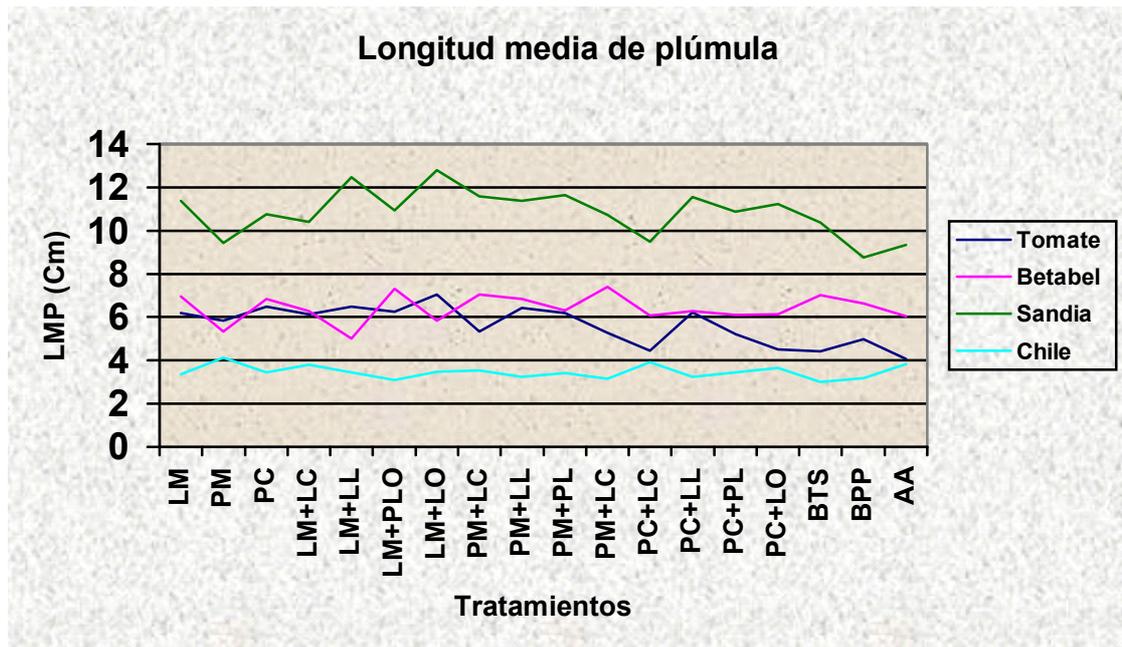


Figura 4.6. Comportamiento de longitud media de plúmula en semillas de hortalizas tratadas con productos orgánicos derivados de la lombricultura y composteo.

### Peso fresco de plántula

La Figura 4.7 presenta las medias para Peso fresco de plántula, en donde se observó que los tratamientos de líquido mixto + polvo de lombriz, líquido mixto y polvo mixto + polvo de lombriz, sobresalieron con valores más altos con 216.90 , 204.55 y 200.71 mg pl<sup>-1</sup>, mientras que el polvo de composta + líquido de lombriz, líquido mixto + líquido de lombriz y líquido mixto + lombricomposta mostraron las menores respuestas a la estimulación de esta variable con 156.28, 158.73 y 164.04 mg pl<sup>-1</sup>, siendo superados por los tratamientos relativos por 10 mg aproximadamente.

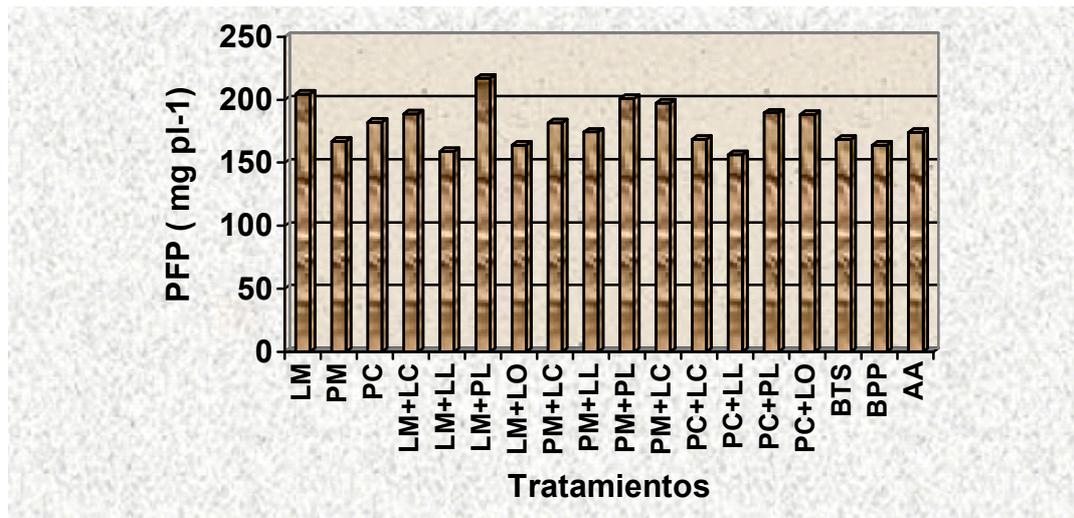


Figura 4.7. Peso fresco de plántula en semillas de hortalizas tratadas con productos orgánicos derivados de la lombricultura y composteo.

Referente al comportamiento del Peso fresco de plántula entre especies de semillas, se observó que la sandía registró el mayor valor a través de los tratamientos, al reportar 12.8 mg pl<sup>-1</sup>, seguido del betabel (7.395), tomate (7.035) y chile (4.13).

Para la interacción tratamientos / especies (Figura 4.8), para el caso del Tomate se observó que el tratamiento de Polvo mixto + líquido de lombricomposta (PM + LLO) y Líquido mixto + lombricomposta (LM+LO) presentaron valores de 0.351, 0.343 mg pl<sup>-1</sup>, por otro lado, los tratamientos Polvo de composta y líquido de composta (PC + LC) y Agua + adherente presentaron los valores más bajos con 0.126 y 0.0189 mg pl<sup>-1</sup>.

En semilla de sandia, el Polvo de composta + lombricomposta (PC+LO) y Liquido mixto + polvo de lombricomposta (LM+ PLO) adquirieron los valores mas altos con 527.86 y 481.75 mg pl<sup>-1</sup>, mientras que el Biozyme PP y Agua + adherente tuvieron valores de 286.87 y 39.336 mg pl<sup>-1</sup>

En cuanto al betabel, encontramos que el Polvo mixto + liquido de composta (PM+LC) y Liquido mixto + liquido de composta (LM+LC) lograron valores de 377.65 y 363.7 mg pl<sup>-1</sup>, mientras que el Agua + adherente y Polvo de composta + lombricomposta (PC+LO) reportaron 41.238 y 188.375 mg pl<sup>-1</sup> .

Para la semilla de chile, el Polvo de composta (PC) y Polvo mixto + liquido de composta (PM + LC) alcanzaron valores de 38 y 37.01 mg, en cambio los valores de menor respuesta correspondieron a Biozyme TS y Agua + adherente con 30.10 y 0.931mg.

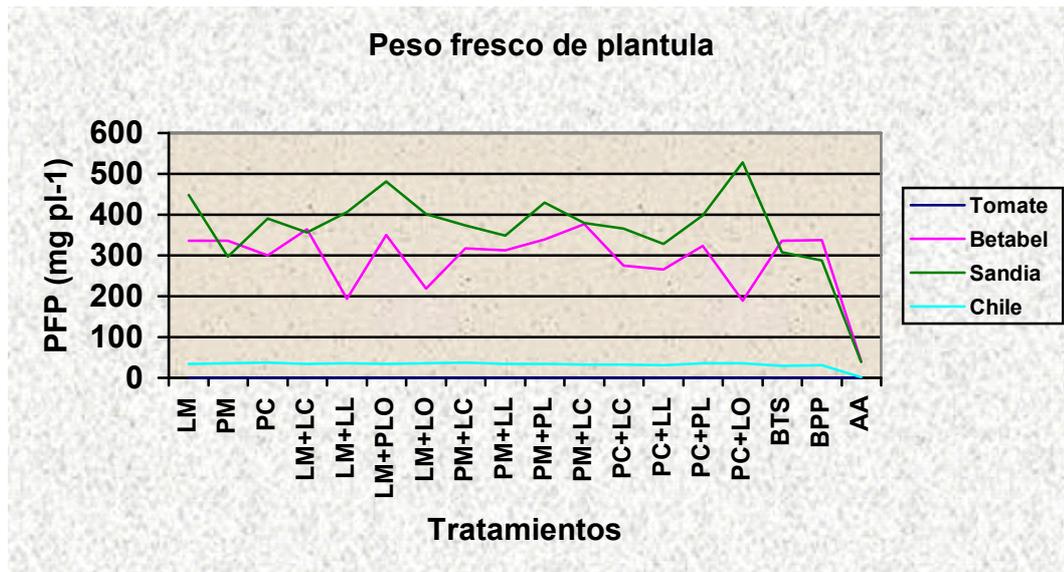


Figura 4.8. Comportamiento del peso fresco de plántula en semillas hortícolas tratadas con productos orgánicos derivados de la lombricultura y composteo.

## Invernadero

En el Cuadro 4.5 se presentan los cuadrados medios del análisis de varianza, así como los niveles de significancia para las variables de invernadero. En dicho cuadro se detectaron diferencias altamente significativas ( $\alpha = 0.01$ ) en la fuente de variación especies para todas las variables evaluadas, no así para la interacción repeticiones / especie, donde no hubo diferencias significativas en ninguna variable. Para la fuente de tratamientos se detectaron diferencias altamente significativas ( $p \geq 0.01$ ) en la variable de longitud media de plúmula, diferencias significativas ( $\alpha = 0.05$ ) en peso fresco de plántula y no significativas en emergencia total, longitud media de radícula y peso seco de plántula, mientras que en la interacción

tratamientos \* especie se detectaron diferencias significativas ( $\alpha = 0.05$ ) en longitud media de plúmula y longitud media de radícula, además de no encontrar diferencias estadísticas (NS) para las variables emergencia total, peso fresco de plántula y peso seco de plántula, los coeficientes de variación se consideran aceptables, ya que estos oscilaron entre 11.67 a 19.73 %.

Cuadro 4.5. Cuadrados medios, coeficiente de variación y nivel de significancia, para las variables fisiológicas evaluadas en invernadero.

| <b>FV</b>         | <b>GL</b> | <b>ET</b>    | <b>LMP</b>   | <b>LMR</b>   | <b>PFP</b>    |
|-------------------|-----------|--------------|--------------|--------------|---------------|
| <b>Spp</b>        | 1         | 22625.174 ** | 5.921 **     | 216.899 **   | 65993.757 **  |
| <b>Rep * Spp</b>  | 6         | 81.192       | 0.043        | 0.410        | 1196.605      |
| <b>Trat</b>       | 17        | 106.342      | 0.312 **     | 0.732        | 1941.340 *    |
| <b>Trat * Spp</b> | 17        | 127.747      | 0.235 *      | 1.145 *      | 1619.249      |
| <b>Error</b>      | 102       | 84.746       | 0.122        | 0.603        | 1064.969      |
| <b>CV %</b>       |           | <b>11.67</b> | <b>11.75</b> | <b>19.73</b> | <b>16.105</b> |

ET (Emergencia total), LMP (Longitud media de plúmula), LMR (Longitud media de radícula), PFP (Peso fresco de plántula)

CV = Coeficiente de variación

\*, \*\* Significativo al 0.05 y 0.01 % del nivel de probabilidad respectivamente

## Comparación de medias

### Emergencia total

A pesar de que en el ANVA del Cuadro 4.6 no se presentaron diferencias estadísticas para esta variable en la fuente tratamientos, en la Figura 4.9 se observa que los tratamientos de líquido mixto + líquido de composta (LM+LC), polvo mixto (PM) y polvo mixto + polvo de lombriz (PM+PL) sobresalen numéricamente con 86.8, 83.1 y 82.5 % de

emergencia, superando al resto de los tratamientos, incluyendo los testigos por mas del diez porciento, mientras que el liquido mixto + liquido de lombriz (LM+LL), Biozyme TS y polvo de composta + liquido de lombriz (PC+LL), muestran los valores mas bajos con 73.13, 74.38 y 74.13 % de emergencia total.

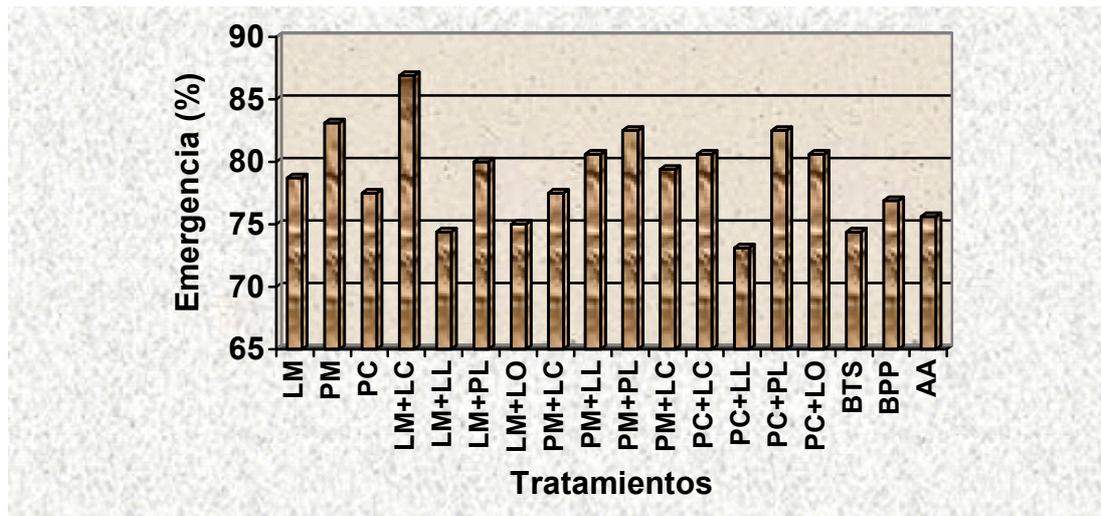


Figura 4.9. Emergencia total en semillas y plántulas de hortalizas tratadas con productos derivados de la lombricultura y composteo en invernadero.

Entre especies de semillas y particularmente en sandía, los mejores tratamientos fueron el liquido mixto + liquido de composta (LM+LC) y Polvo de composta + polvo de lombriz (PC+PL) con 76.25 y 75% respectivamente, mientras que el Biozyme PP y Agua + adherente alcanzaron valores inferiores de 58.75 y 56.25%.

Para el betabel, el Líquido mixto + líquido de composta (LM+LC) y Polvo mixto + líquido de lombriz (PM+LL) alcanzaron valores de 97.5% en ambos casos, en cambio el Biozyme TS y Líquido mixto + líquido de lombriz (LM+LL) reportaron valores de 80 y 82.5% de emergencia.

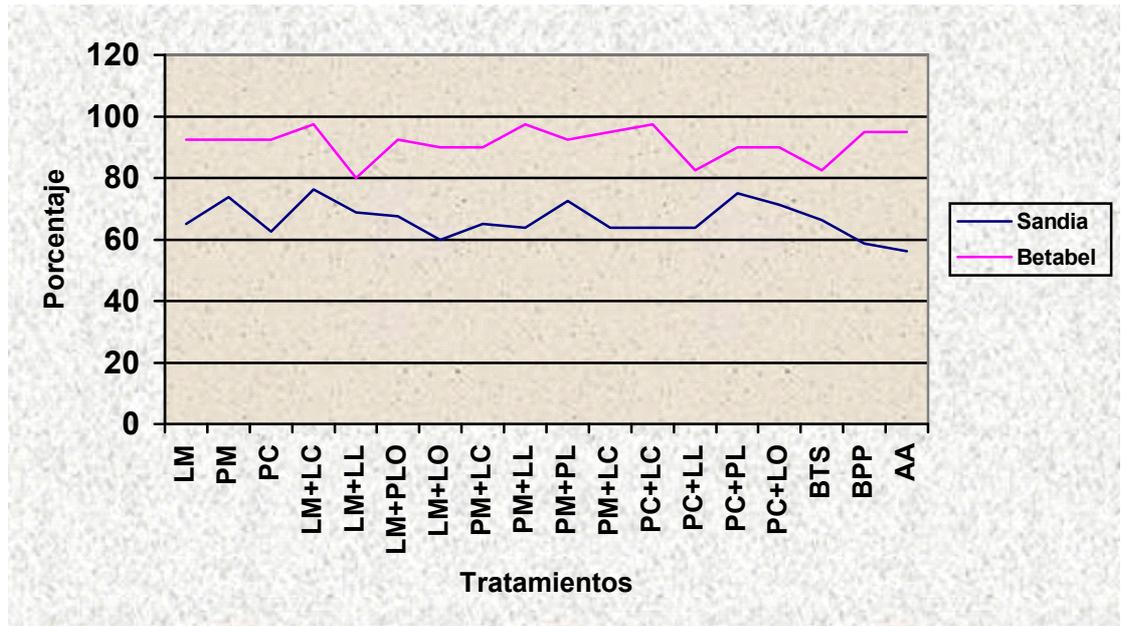


Figura 4.10. Comportamiento de emergencia total en semillas de hortalizas tratadas con productos orgánicos derivados de la lombricultura y composteo bajo condiciones de invernadero.

### **Longitud media de plúmula**

La Figura 4.11 presenta las medias para la longitud media de plúmula, en donde se observó que el tratamiento de Líquido mixto (LM), Biozyme TS y Polvo mixto (PM) alcanzaron los valores más altos con 3.40, 3.30 y 3.24 cm, superando a los tratamientos polvo de composta (PC), polvo mixto + polvo de lombriz (PM+PL) y líquido mixto + lombricomposta (LM+LO)

mostraron menor respuesta a la aplicación de los productos, reportando valores de 2.84, 2.72 y 2.54 cm.

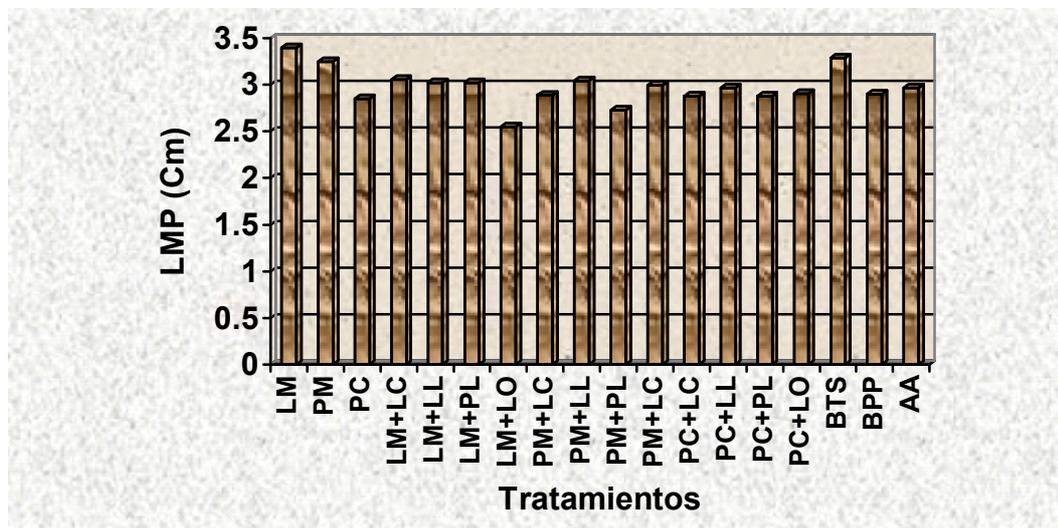


Figura 4.11. Longitud media de plúmula en plántulas de hortalizas tratadas con productos orgánicos derivados de la lombricultura y composteo bajo condiciones de invernadero.

En lo concerniente al comportamiento de la longitud media de plúmula entre especies, se observó que la sandía registró la mayor longitud media de plúmula con 3.79 cm, seguido del betabel con 3.08 cm..

Para la sandía, en la Figura 4.12 observamos que los tratamientos de Líquido mixto (LM) y Biozyme TS superaron al resto de los tratamientos, reportando valores de 3.79 y 3.72 cm; por su parte, el tratamiento de Líquido mixto + lombricomposta (LM+LO) tuvo 2.31 cm resultó ser el de menor respuesta, seguido del Polvo de composta + lombricomposta (PC+LO) con 2.89 cm.

En cuanto al Betabel, el tratamiento Líquido mixto + líquido de composta (LM+LC) y Líquido mixto (LM) se encontraron valores de 3.08 y 3.01 cm, mientras que los tratamientos a base de Polvo de composta + polvo de lombriz (PC+PL) y Polvo mixto + polvo de lombriz (PM+PL) fueron superados por más de 1 cm, pues reportaron valores de 2.52 y 2.45 cm de longitud.

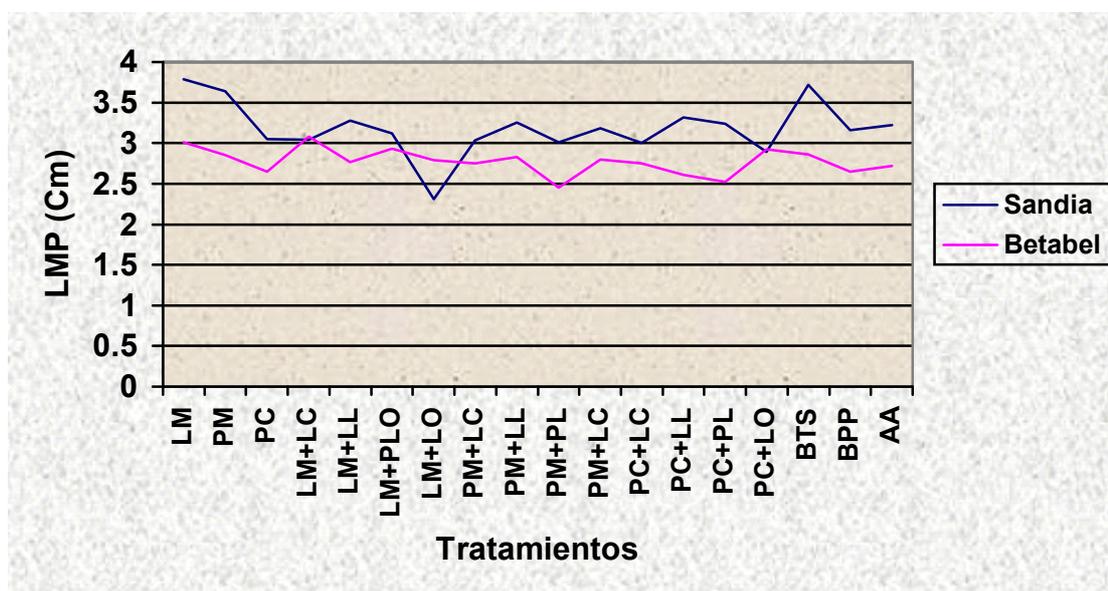


Figura 4.12. Comportamiento de longitud media de plúmula en plántulas de semillas de hortalizas tratadas con productos orgánicos derivados de la lombricultura y composteo bajo condiciones de invernadero.

### Longitud media de radícula

A pesar de que el análisis de varianza no muestra diferencias estadísticas para la fuente tratamientos, en la Figura 4.13 observamos que el Polvo mixto + polvo de lombriz (PM+PL), Polvo de composta + lombricomposta (PC+LO) y polvo de composta + líquido de lombriz (PC+LL)

sobresalen del resto de los tratamientos al tener valores de 4.86, 4.33 y 4.15 cm, resultando tener mejor respuesta superando al Liquido mixto + liquido de composta (LM+LC), Polvo mixto (PM) y Biozyme TS, quienes tuvieron valores de 3.70, 3.69 y 3.53 cm.

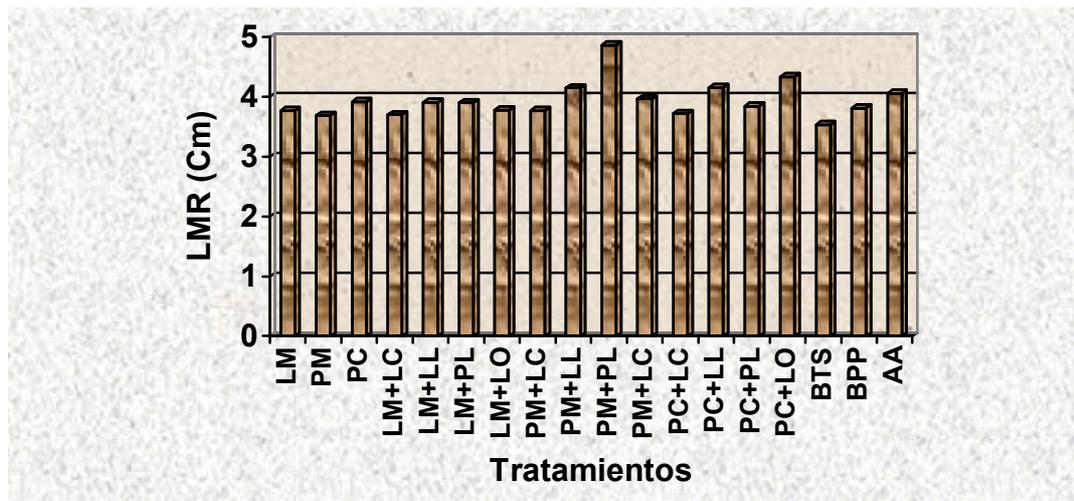


Figura 4.13. Longitud media de radícula en plántulas de semillas de hortalizas tratadas con productos orgánicos derivados de la lombricultura y composteo bajo condiciones de invernadero.

Por lo que respecta al comportamiento de la longitud media de radícula entre especies, se observó que la sandía registro la mayor longitud media de radícula con 6.33 cm, seguido del Betabel con 4.42 cm.

En sandía, se observó que el polvo de composta + Liquido de lombriz (PC+LL) y Polvo de composta + lombricomposta (PC+LO) alcanzaron

valores de 6.33 y 5.92 cm, mientras que el Polvo mixto (PM) y Biozyme TS reportaron valores de 4.3 y 4.46 cm,

Para betabel, los tratamientos a base de Polvo mixto + polvo de lombriz (PM+PL) y Polvo mixto (PM) alcanzaron valores de 4.42 y 3.08 cm, mientras que el Polvo de composta + liquido de lombriz (PC+LL) y Liquido mixto + liquido de lombriz (LM+LL) resultaron con valores inferiores de 1.97 y 2.31 cm respectivamente.

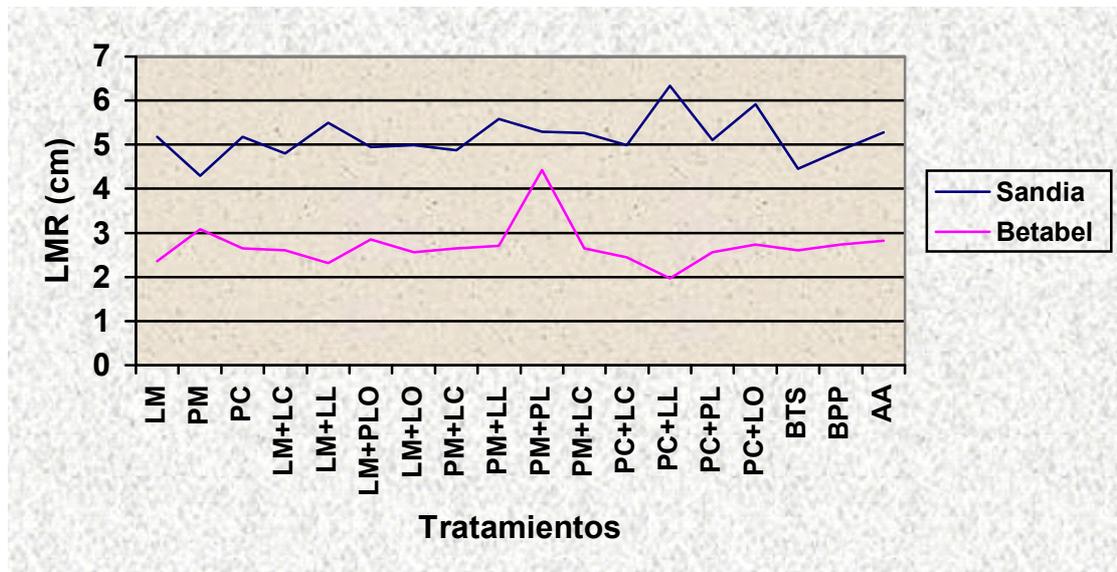


Figura 4.14. Comportamiento de longitud media de radícula en plántulas de semillas tratadas con productos orgánicos derivados de la lombricultura y composteo bajo condiciones de invernadero.

### Peso fresco de plántula

La Figura 4.15 presenta las medias para el peso fresco de plántula, donde el polvo de composta + polvo de lombriz (PC+PL), liquido mixto + liquido de lombriz (LM+LL) y liquido mixto (LM) fueron quienes reportaron los mejores valores con 227.69, 221.76 y 219.34 mg. respectivamente, superando al liquido mixto + lombricomposta (LM+LO), polvo mixto + liquido de composta (PM+LC) y liquido mixto + lombricomposta (LM+LO), quienes tuvieron una menor respuesta con 193.85, 188.83 y 157.22 mg respectivamente.

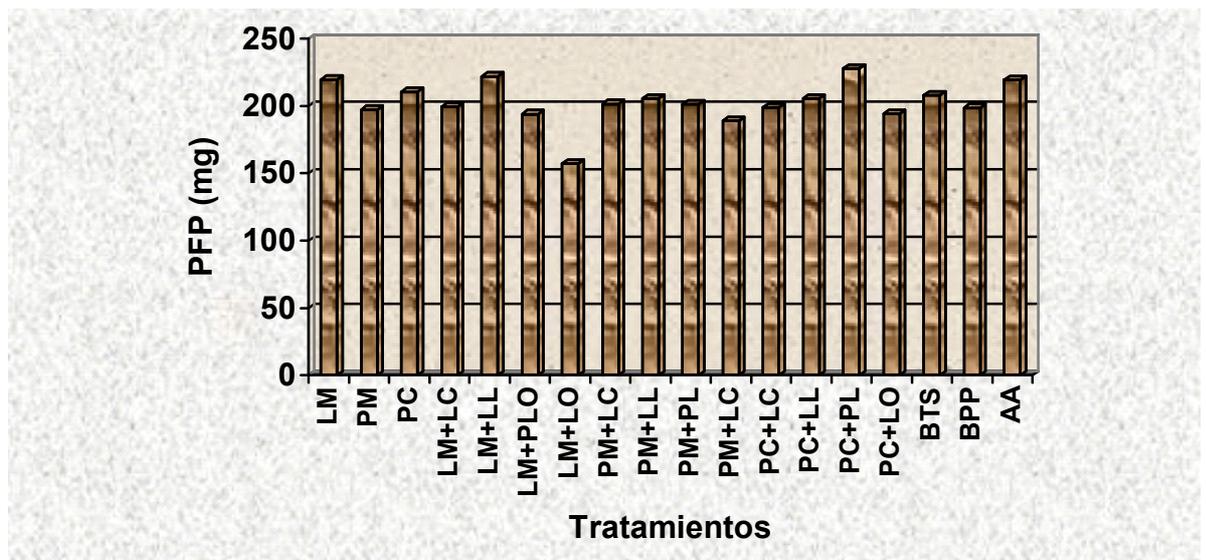


Figura 4.15. Peso fresco de plántula en semillas hortícolas tratadas con productos orgánicos derivados de la lombricultura y composteo bajo condiciones de invernadero.

Por lo que concierne al comportamiento del peso fresco de plántula entre especies, se observó que el betabel registró el mayor peso a través de los tratamientos al reportar 263 mg, por su parte la sandía tuvo 216.82 mg.

Para el caso de sandía, el Agua + adherente y Polvo de composta + lombricomposta (PC+LO) tuvieron el mejor efecto en la estimulación de esta variable, quienes alcanzaron valores de 216.82 y 203.57 mg al superar a los tratamientos Líquido mixto + Lombricomposta (LM+LO) y Polvo de composta + líquido de composta (PC+LC), quienes reportaron 130.51 y 161.81 mg.

En betabel, observamos que los tratamientos Polvo de composta + polvo de lombriz (PC+PL) y Líquido mixto (LM) reportaron valores de 263 y 259.51 mg superando al Polvo de composta + lombricomposta (PC+LO) y Líquido mixto + lombricomposta (LM+LO), quienes presentaron los más bajos valores con 184.63 y 183.93 mg.

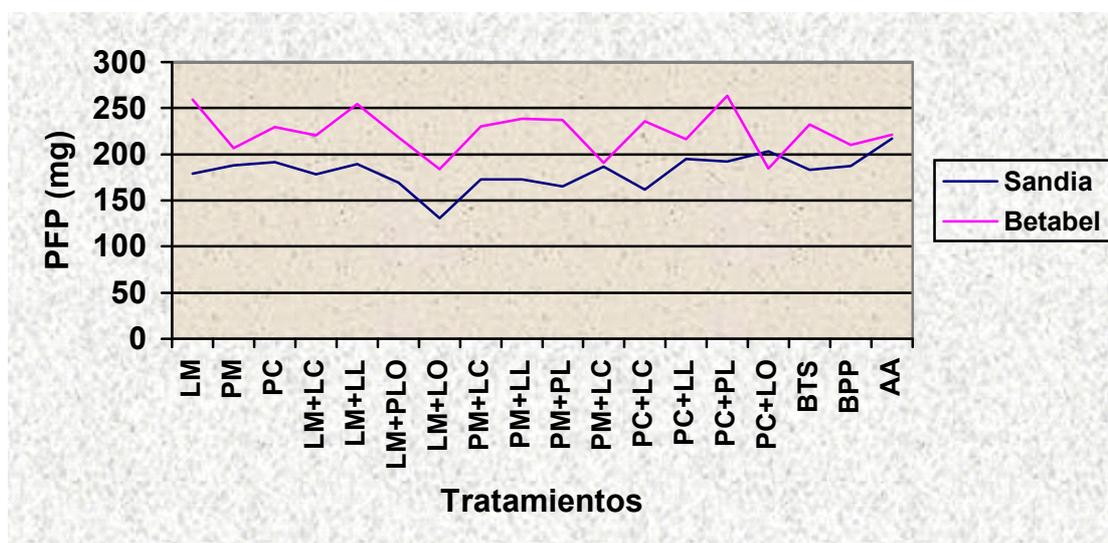


Figura 4.16. Comportamiento de peso fresco de plántula en semillas tratadas con productos orgánicos derivados de la lombricultura y composteo bajo condiciones de invernadero.

Los contrastes ortogonales no detectaron diferencias estadísticas en laboratorio para ninguna de las comparaciones hechas ni variables evaluadas, sin embargo; se reportan diferencias numéricas que corroboran el efecto estimulante de los productos evaluados, para el caso de invernadero se detectaron diferencias altamente significativas y significativas para la variable longitud media de plúmula en las comparaciones solos Vs combinados y polvos Vs líquidos respectivamente, siendo el líquido mixto y Biozyme TS los tratamientos que estimularon mejor esta variable en la categoría de solos y líquidos, se encontraron también diferencias significativas para la variable peso fresco de plántula en la comparación solos Vs combinados, siendo los tratamientos polvo de composta + polvo de lombriz y líquido mixto + líquido de lombriz quienes propiciaron mayor peso fresco de plántula.

De acuerdo a los resultados obtenidos podemos decir que se corroboran los resultados obtenidos por Rivera (2004) y Velasco (2005), donde los tratamientos orgánicos experimentales derivados de la lombricultura y composteo tuvieron un efecto positivo para cada una de las variables evaluadas en las cuatro especies estudiadas, al analizarlas en conjunto observamos que todos los tratamientos se comportaron de manera similar promoviendo o manteniendo el efecto estimulante, se observaron también diferencias entre especies debidas a las calidades iniciales (porcentaje de germinación) de cada una de las especies utilizadas, donde

las variables estudiadas en laboratorio, la especie sandía reportó el mejor comportamiento para las longitudes de plúmula y radícula, mientras que para germinación estándar lo fue el betabel, seguido del tomate y chile.

Para el caso de invernadero, el betabel tuvo un mejor comportamiento para las variables de emergencia total, peso fresco y seco de plántula, por su parte, en la sandía se tuvo mejor respuesta a la aplicación de los productos en las variables de longitud de plúmula y radícula.

En cuanto a germinación y emergencia total el betabel fué quien tuvo un mejor comportamiento, debido a no solo el efecto de los tratamientos, si no que esta tenía la mejor calidad y por ende mejor porcentaje de germinación que todas las demás especies evaluadas.

Los productos orgánicos derivados de la lombricultura y composteo tuvieron una acción diferente en las variables evaluadas, esta variación fue ocasionada por varios factores que van desde el efecto que tiene la composición de cada uno de los tratamientos (concentraciones de hormonas y microelementos) sobre las semillas, su calidad inicial, el tiempo de contacto de las semillas con los productos, hasta la presentación (estado sólido o líquido) de los productos aplicados.

Relacionando a la presentación del producto (sólido o líquido) con los procesos que realiza la semilla sobre todo la imbibición, podemos afirmar que aquellos productos de base líquida (biodigestados) son asimilados más fácil y rápidamente por las semillas, dándonos como resultado la reactivación de los procesos bioquímicos, fisiológicos y enzimáticos dentro de la misma, ayudando en el proceso de germinación y propiciando un mayor desarrollo de plúmula y radícula al estimular una mayor división celular

Los polvos tuvieron un mejor efecto en invernadero, ya que estos deben pasar de estado sólido a líquido, permaneciendo por más tiempo en el suelo poniéndose en disposición para la plántula casi al mismo momento de la germinación y emisión de radícula por parte de la semilla, teniendo el efecto deseado sobre las plántulas tratadas.

La respuesta en desarrollo de plántula y peso de la misma se reflejó en la capacidad fisiológica que presentaba cada especie. Las especies con mejor calidad (germinación y vigor) tuvieron un mejor desarrollo y comportamiento en todas las variables evaluadas, sin embargo dentro de cada especie todos los tratamientos orgánicos evaluados superaron a los testigos, tanto relativos (Biozyme TS y Biozyme PP) como absoluto (agua + adherente), lo que afirma el efecto estimulante de los productos evaluados.

De manera general para laboratorio e invernadero, los mejores tratamientos son aquellos que son polvos o líquidos que al combinarse se complementan con citocininas y microelementos presentes en los productos experimentales (fuente laboratorio GBM), teniendo mayor presencia en los primeros lugares de respuesta para laboratorio aquellos formulados a base de líquidos, mientras en invernadero los polvos predominaron en los primeros lugares de respuesta.

Los productos experimentales superaron a los productos comerciales Biozyme TS y Biozyme PP en todas las variables evaluadas y en ambos ambientes (Laboratorio e invernadero), haciéndose mas notable en la variable germinación estándar para laboratorio, donde todos los productos experimentales superaron a los comerciales por mas del diez porciento, confirmando lo dicho que los productos orgánicos poseen además de fitohormonas reguladoras del crecimiento y microelementos de ácidos humicos y fúlvicos, los cuales tienen la función de activar y estabilizar algunas enzimas degradadoras de almidones, las cuales proveen de energía extra al embrión para realizar sus procesos metabólicos mas eficientemente ayudando a la germinación, acelerándola e incrementándola, además de aumentar el peso fresco y seco de las plántulas.

Los microelementos presentes en los productos experimentales jugaron un papel muy importante y determinante en esta investigación, ya

que influyeron positivamente en la estimulación de la germinación y vigor, pues son precursores de triptofan; aminoácido considerado precursor de la síntesis de auxinas, hormonas que participan en la elongación de tallo, hojas y en la formación de raíces, participan en la activación de varias enzimas como AIA Oxidasa, por lo que están fuertemente ligados a la regulación del metabolismo hormonal, son considerados precursores en la formación de compuestos de reserva para la semilla (vigor), lo que nos da un panorama sólido y contundente de los efectos que tienen al ser aplicados sobre semilla deteriorada y la superioridad de estos para con los productos comerciales Biozyme TS y Biozyme PP.

## **CONCLUSIONES**

En base a los análisis de varianza realizados, las pruebas de medias reportadas y contrastes ortogonales se concluye lo siguiente:

- Todos los productos orgánicos influyeron de manera positiva en la germinación, superando a los testigos en ambos ambientes.
- Los productos solos o en combinación tienen efecto positivo sobre las variables evaluadas en los dos ambientes, los mejores tratamientos fueron el Polvo mixto (solos) al tener el más alto porcentaje de germinación en laboratorio, mientras que en invernadero, el líquido

- Para la Longitud media de plúmula, los mejores tratamientos fueron liquido mixto, liquido mixto + liquido de composta y Biozyme TS
- Para Peso fresco de plántula, los mejores tratamientos fueron el polvo mixto + polvo de lombriz y el liquido mixto + liquido de lombriz, siendo estos los mas apropiados para tratar semillas de Sandia y Betabel en invernadero.
- Los productos experimentales mostraron diferencias notables en todas las variables evaluadas en semillas de chile, tomate, sandia y betabel, además de mejor calidad de plántula.

### **RECOMENDACIONES**

- Cada uno de los tratamientos tienen un efecto diferente en cada una de las variables evaluadas, pues mientras unos productos estimulan la germinación otros lo hacen en estructuras de la plántula (longitud de plúmula y radícula, peso fresco y seco), por lo que es necesario seleccionar el producto más eficaz dependiendo de las estructuras o características a mejorar y la especie a tratar.

- Estos productos no detienen o eliminan el proceso de deterioro de las semillas, pero potencializan y ponen a disposición del embrión las reservas con que cuentan ayudando a lograr una mejor eficiencia germinativa, ya que aportan hormonas y microelementos que intervienen de manera esencial el metabolismo de las proteínas, reducción de nitratos y síntesis de auxinas.

## LITERATURA CITADA:

- Atwater, B.R. 1990. Dormancy and morphology of seeds of herbaceous ornamental plants. seed science and technology. Volumen 8. pp 28.
- Camacho M. F. 1994. Dormición de Semillas. Editorial Trillas. México. pp 15-17.
- Carballo, C. A. 2001 Reguladores de Crecimiento en la Estimulación Fisiológica de Semillas en Cultivos Básicos, Tesis Maestría. UAAAN, Saltillo, Coahuila, México.
- Copeland L. O. and M. B. McDonald. 1985. Principles of Seed Science and Technology. Bed Burges Publishing Company. Mineapolis, Minnesota, U.S.A. pp. 86.
- Devlyn, R. M. 1982. Fisiología Vegetal. 4ta Edición. Ed. Omega. Barcelona. pp 28.
- Domínguez, V. A. 1990. Los microelementos en la agricultura. 1<sup>ra</sup> edición. Editorial Mundi Prensa. Madrid, España. pp.46.
- Flores A., J. 1993. Evaluación de los ácidos húmicos (Humiplex plus) a diferentes dosis en el desarrollo del cultivo de papa. Tesis Licenciatura. UAAAN, Saltillo, Coahuila, México.
- Fründ, R. Guggenberg, H.Knicker, I Kögel-Knaber, H-D. Lüdeman, J. Luster, W. Zech and M.Spiteller.1994. Recent advances in the Spectroscopic characterization of soil humic substances and ecological relevance Z. Pflanzemähr. Bodenk. pp 23.
- García, V.A. 2002. Aplicación de Reguladores del Crecimiento para promover la Germinación de Semillas de Hortalizas y su Efecto en el Almacenamiento, Tesis Maestría, UAAAN, , Saltillo, Coahuila, México.
- Gómez, T. L. 1999. Desafíos de la Agricultura Orgánica, Comercialización y Certificación, 1era Edición. Ed. Mundi-Prensa, México. pp. 15.
- Hartman, H.T y D. E Kester 1999. Propagación de plantas. 2a. Edición, Editorial CECSA. México. pp 53.
- International Seed Testing Association (ISTA). 1994. International Rule for seed Testing. Rules 1996. Seed Sci & Technol. Zurich, Switzeland.

- Jeavons, J. 1994. Cultivo biotensivo de alimentos, más alimentos en menos espacio. Ecology actino of de mid – Península Editor en Español. Impreso en USA. pp 72.
- Khan, A. 1987. Seed dormancy changing concepts and teories, physiology and biochemistry of seed dormancy and germination, Elsevier/ Nort Holland Biomedical press, Holanda. pp 25 – 27.
- Labrador, M. J. 1996. La materia orgánica en los agroecosistemas. Ed. Mundi prensa Barcelona, España. pp 93.
- Lampkin, N. 2001 Agricultura ecológica, Tercera edición. Ed. Mundi prensa. México. pp 16.
- Moreno, M. E. 1996. Análisis físico y biológico de semillas agrícolas. 3ra. Edición. Instituto de Biología. UNAM. México.
- Rivera, L. O. 2004. Efecto de Extractos Orgánicos en la Germinación y vigor de Semilla deteriorada de Tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill). Tesis Licenciatura. UAAAN. Saltillo, Coahuila, México.
- Rojas, G. M. y H. Ramírez, 1993, Control Hormonal de Desarrollo de Plantas”. 2da Edición, Ed. Limusa. México. pp 29.
- Rojas, G. M. y Vázquez R.G. 1995. Manual de Herbicidas y Fitorreguladores, 3era Edición, Ed. Limusa, México. pp 12.
- Salisbury, F. B. y, C. W. Ross. 1994. Fisiología Vegetal, Ed. Grupo Editorial Iberoamerica, S. A. de C. V. México. pp 36.
- Schnitzer, M. 2000. Life Time Perspective on the Chemistry of Soil Organic Matter. D. L. Sparks (Ed.) Advances in Agronomy, Academic Press. Vol. 98: 3-58.
- Serrato, C. S. 1994-1995. Curso de capacitación en tecnología de semillas a extencionistas. Apuntes.
- Sparks D. L. 2000. Advances in agronomy. Department of Plant and Soil Sciences. University of Delaware Network, Delaware. Academic Press. pp 32.
- Thomson, J. R. 1989. Introducción a la tecnología de semillas, Editorial Acribia Black group, Zaragoza, España. pp 11.

- Torres, T. F. y, D. Y. Trapaga. 1997 La agricultura orgánica una alternativa para la economía campesina de la globalización, 1ra edición, UNAM. México. pp 102.
- Tovar, G. L y Gómez, C, M. 1999. Desafíos de la agricultura orgánica comercialización y certificación. Primera edición. Editorial Mundi prensa. México pp 85.
- Velasco, P. L. 2005. Aplicación de Productos Orgánico-Hormonales en la estimulación de la Germinación en Semilla de Avena (*Avena sativa*, L.). Tesis de Licenciatura, UAAAN. Saltillo, Coahuila, México.
- Villiers, T. A. 1972. Seed dormancy. Academic Press, Estados Unidos. pp 24.
- Weaver, J. R. 1996. Reguladores de Crecimiento de las Plantas en la Agricultura, 8va Impresión, Ed. Trillas, México. pp 83.
- Yañez, R. J. 2002. Nutrición y regulación del crecimiento de hortalizas y frutales, Tecnología, comercio y servicios agrícolas mundiales, Saltillo, Coahuila, México.

### Citas de Internet

Franco y Bañom. 1997. Sustancia humicas:  
<http://www.ediho.es/horticom/tem-aut/sust-nut/ahumicos.html>.  
 Fecha de consulta 18 Feb 2006

Parra R. 2002. <http://www.biologia-en-internet.com/default.asp?Id=4&Fs=2>  
 fecha de consulta 26 Feb 2006.

[http://www.infoagro.com/agricultura\\_ecologica/agricultura\\_ecologica14.asp](http://www.infoagro.com/agricultura_ecologica/agricultura_ecologica14.asp)

[http://www.puc.cl/sw\\_educ/biologia/bio100/html/portadaMIval10.4.3.html](http://www.puc.cl/sw_educ/biologia/bio100/html/portadaMIval10.4.3.html)

<http://www.efn.uncor.edu/dep/biologia/intrbiol/auxinas.htm>

<http://www.euita.upv.es>

[http://www.euita.upv.es/variros/biologia/Temas/tema\\_16.htm#Latencia%20de%20semillas](http://www.euita.upv.es/variros/biologia/Temas/tema_16.htm#Latencia%20de%20semillas).

# APÉNDICE

Cuadro A1. Comportamiento de las variables fisiológicas en semilla tratada con productos orgánicos derivados de la lombricultura y composteo bajo condiciones de invernadero.

|                | <b>Variables</b> |            |            |            |            |
|----------------|------------------|------------|------------|------------|------------|
| <b>Especie</b> | <b>ET</b>        | <b>LMP</b> | <b>LMR</b> | <b>PFP</b> | <b>PSP</b> |
| Sandía         | 66.319 B         | 3.179 A    | 5.162 A    | 181.221 B  | 10.149 B   |
| Betabel        | 91.389 A         | 2.773 B    | 2.708 B    | 224.037 A  | 13.622 A   |

ET (Emergencia total), LMP (Longitud media de plúmula), LMR (Longitud media de radícula), PFP (Peso fresco de plántula), PSP (Peso seco de plántula)  
 Letras iguales denotan igualdad estadística

Cuadro A2. Comportamiento de las variables fisiológicas en semilla tratada con productos orgánicos derivados de la lombricultura y composteo en condiciones de invernadero.

PN (Plántulas normales), LMP (Longitud media de plúmula), PFP (Peso fresco de plántula)  
 Letras iguales denotan igualdad estadística

| <b>Laboratorio</b> | <b>Variables</b> |            |            |
|--------------------|------------------|------------|------------|
| <b>Especie</b>     | <b>PN</b>        | <b>LMP</b> | <b>PFP</b> |
| Tomate             | 30.250 C         | 5.6379 C   | 0.276 D    |
| Betabel            | 89.333 A         | 6.4118 B   | 305.732 B  |
| Sandía             | 72.736 B         | 10.8392 A  | 380.909 A  |
| Chile              | 24.903 D         | 3.4676 D   | 34.284 C   |

Cuadro A3 . Medias para las diferentes variables fisiológicas evaluadas en las 4 especies de semillas hortícolas tratadas con productos orgánicos derivados de la lombricultura y composteo en laboratorio.

| Laboratorio |         | Variables |        |         |
|-------------|---------|-----------|--------|---------|
| Tratamiento | Especie | PN        | LMP    | PFP     |
| LM          | Tomate  | 33.50     | 6.195  | 0.325   |
| LM          | Betabel | 94.00     | 6.945  | 335.75  |
| LM          | Sandia  | 74.25     | 11.365 | 447.75  |
| LM          | Chile   | 22.00     | 3.360  | 34.375  |
| PM          | Tomate  | 40.00     | 5.823  | 0.284   |
| PM          | Betabel | 94.00     | 5.330  | 335.425 |
| PM          | Sandia  | 71.50     | 9.440  | 296.860 |
| PM          | Chile   | 26.75     | 4.130  | 35.573  |
| PC          | Tomate  | 34.50     | 6.475  | 0.290   |
| PC          | Betabel | 83.00     | 6.850  | 299.525 |
| PC          | Sandia  | 74.00     | 10.765 | 390.655 |
| PC          | Chile   | 21.25     | 3.453  | 38.003  |
| LM+LC       | Tomate  | 38.25     | 6.125  | 0.315   |
| LM+LC       | Betabel | 90.00     | 6.290  | 363.700 |
| LM+LC       | Sandia  | 73.25     | 10.395 | 356.480 |
| LM+LC       | Chile   | 23.25     | 3.805  | 34.725  |
| LM+LL       | Tomate  | 41.00     | 6.478  | 0.324   |
| LM+LL       | Betabel | 90.00     | 5.005  | 192.975 |
| LM+LL       | Sandia  | 73.75     | 12.475 | 406.215 |
| LM+LL       | Chile   | 26.75     | 3.455  | 35.423  |
| LM+PLO      | Tomate  | 27.00     | 6.248  | 0.301   |
| LM+PLO      | Betabel | 90.00     | 7.320  | 350.425 |
| LM+PLO      | Sandia  | 72.50     | 10.945 | 481.750 |
| LM+PLO      | Chile   | 27.00     | 3.098  | 35.128  |
| LM+LO       | Tomate  | 30.75     | 7.035  | 0.343   |
| LM+LO       | Betabel | 91.00     | 5.835  | 218.550 |
| LM+LO       | Sandia  | 70.50     | 12.800 | 401.010 |
| LM+LO       | Chile   | 29.75     | 3.483  | 36.250  |
| PM+LC       | Tomate  | 38.25     | 5.335  | 0.294   |
| PM+LC       | Betabel | 93.00     | 7.030  | 316.600 |
| PM+LC       | Sandia  | 68.25     | 11.595 | 373.360 |
| PM+LC       | Chile   | 29.75     | 3.543  | 37.008  |
| PM+LL       | Tomate  | 39.50     | 6.420  | 0.351   |
| PM+LL       | Betabel | 89.00     | 6.825  | 313.025 |
| PM+LL       | Sandia  | 72.50     | 11.380 | 349.150 |
| PM+LL       | Chile   | 29.50     | 3.250  | 34.643  |
| PM+PL       | Tomate  | 29.75     | 6.203  | 0.315   |

|       |         |       |       |         |
|-------|---------|-------|-------|---------|
| PM+PL | Betabel | 86.00 | 6.303 | 338.550 |
|-------|---------|-------|-------|---------|

| Tratamiento | Especie | Variables |        |         |
|-------------|---------|-----------|--------|---------|
|             |         | PN        | LMP    | PFP     |
| PM+LC       | Tomate  | 32.50     | 5.273  | 0.250   |
| PM+LC       | Betabel | 94.00     | 7.395  | 377.050 |
| PM+LC       | Sandia  | 75.50     | 10.725 | 380.290 |
| PM+LC       | Chile   | 26.50     | 3.140  | 32.308  |
| PC+LO       | Tomate  | 10.50     | 4.465  | 0.126   |
| PC+LO       | Betabel | 97.00     | 6.085  | 275.625 |
| PC+LO       | Sandia  | 76.75     | 9.485  | 365.530 |
| PC+LO       | Chile   | 26.00     | 3.915  | 32.445  |
| PC+LL       | Tomate  | 34.50     | 6.210  | 0.280   |
| PC+LL       | Betabel | 87.00     | 6.270  | 264.875 |
| PC+LL       | Sandia  | 73.00     | 11.555 | 328.775 |
| PC+LL       | Chile   | 18.00     | 3.245  | 31.183  |
| PC+PL       | Tomate  | 31.75     | 5.223  | 0.263   |
| PC+PL       | Betabel | 87.00     | 6.115  | 322.700 |
| PC+PL       | Sandia  | 73.00     | 10.875 | 398.830 |
| PC+PL       | Chile   | 20.50     | 3.445  | 36.018  |
| PC+LO       | Tomate  | 25.75     | 4.515  | 0.237   |
| PC+LO       | Betabel | 88.00     | 6.130  | 188.375 |
| PC+LO       | Sandia  | 69.50     | 11.215 | 527.865 |
| PC+LO       | Chile   | 25.00     | 3.640  | 36.008  |
| BTS         | Tomate  | 12.25     | 4.425  | 0.205   |
| BTS         | Betabel | 89.00     | 7.005  | 335.675 |
| BTS         | Sandia  | 74.25     | 10.380 | 308.060 |
| BTS         | Chile   | 21.00     | 3.018  | 30.103  |
| BPP         | Tomate  | 18.75     | 4.978  | 0.234   |
| BPP         | Betabel | 82.00     | 6.625  | 337.675 |
| BPP         | Sandia  | 71.50     | 8.740  | 286.870 |
| BPP         | Chile   | 22.50     | 3.185  | 31.518  |
| AA          | Tomate  | 26.00     | 4.060  | 0.227   |
| AA          | Betabel | 84.00     | 6.055  | 336.675 |
| AA          | Sandia  | 68.00     | 9.330  | 327.815 |
| AA          | Chile   | 26.75     | 3.840  | 31.515  |
| PM+PL       | Sandia  | 77.25     | 11.640 | 429.100 |
| PM+PL       | Chile   | 26.00     | 3.415  | 34.885  |

PN (Plántulas normales), LMP (Longitud media de plúmula), PFP (Peso fresco de plántula)

Cuadro A4 . Medias para las diferentes variables fisiológicas evaluadas en las 4 especies de semillas hortícolas tratadas con productos orgánicos derivados de la lombricultura y composteo en condiciones de invernadero.

| Tratamiento | Especie | Variables |      |      |        |       |
|-------------|---------|-----------|------|------|--------|-------|
|             |         | ET        | LMP  | LMR  | PFP    | PSP   |
| LM          | Sandia  | 65.00     | 3.79 | 5.18 | 179.13 | 11.44 |
| LM          | Betabel | 92.50     | 3.01 | 2.36 | 259.55 | 13.93 |
| PM          | Sandia  | 73.75     | 3.64 | 4.30 | 187.80 | 9.14  |
| PM          | Betabel | 92.50     | 2.85 | 3.08 | 206.35 | 13.77 |
| PC          | Sandia  | 62.50     | 3.04 | 5.19 | 191.51 | 10.54 |
| PC          | Betabel | 92.50     | 2.65 | 2.65 | 229.35 | 14.67 |
| LM+LC       | Sandia  | 76.25     | 3.03 | 4.80 | 178.08 | 9.34  |
| LM+LC       | Betabel | 97.50     | 3.07 | 2.60 | 220.55 | 13.72 |
| LM+LL       | Sandia  | 68.75     | 3.27 | 5.50 | 189.15 | 9.86  |
| LM+LL       | Betabel | 80.00     | 2.76 | 2.31 | 254.38 | 15.23 |
| LM+PLO      | Sandia  | 67.50     | 3.11 | 4.95 | 169.45 | 9.21  |
| LM+PLO      | Betabel | 92.50     | 2.93 | 2.85 | 218.25 | 12.43 |
| LM+LO       | Sandia  | 60.00     | 2.31 | 4.99 | 130.51 | 8.38  |
| LM+LO       | Betabel | 90.00     | 2.78 | 2.56 | 183.93 | 11.70 |
| PM+LC       | Sandia  | 65.00     | 3.03 | 4.88 | 172.47 | 8.41  |
| PM+LC       | Betabel | 90.00     | 2.74 | 2.65 | 230.48 | 14.70 |
| PM+LL       | Sandia  | 63.75     | 3.25 | 5.58 | 172.55 | 8.93  |
| PM+LL       | Betabel | 97.50     | 2.83 | 2.71 | 238.45 | 14.30 |
| PM+PL       | Sandia  | 72.50     | 3.00 | 5.30 | 165.07 | 9.44  |
| PM+PL       | Betabel | 92.50     | 2.45 | 4.42 | 237.30 | 13.78 |
| PM+LC       | Sandia  | 63.75     | 3.18 | 5.28 | 186.93 | 10.98 |
| PM+LC       | Betabel | 95.00     | 2.80 | 2.65 | 190.73 | 11.38 |
| PC+LC       | Sandia  | 63.75     | 3.00 | 4.99 | 161.81 | 8.57  |
| PC+LC       | Betabel | 97.50     | 2.75 | 2.45 | 235.65 | 14.03 |
| PC+LL       | Sandia  | 63.75     | 3.32 | 6.33 | 194.59 | 11.77 |
| PC+LL       | Betabel | 82.50     | 2.61 | 1.97 | 216.18 | 13.30 |
| PC+PL       | Sandia  | 75.00     | 3.24 | 5.11 | 192.25 | 10.80 |
| PC+PL       | Betabel | 90.00     | 2.52 | 2.57 | 263.13 | 15.28 |
| PC+LO       | Sandia  | 71.25     | 2.89 | 5.93 | 203.57 | 11.35 |
| PC+LO       | Betabel | 90.00     | 2.92 | 2.73 | 184.63 | 12.70 |
| BTS         | Sandia  | 66.25     | 3.72 | 4.47 | 182.97 | 10.44 |
| BTS         | Betabel | 82.50     | 2.86 | 2.60 | 232.48 | 14.35 |
| BPP         | Sandia  | 58.75     | 3.16 | 4.88 | 187.35 | 11.43 |
| BPP         | Betabel | 95.00     | 2.64 | 2.74 | 209.95 | 13.03 |
| AA          | Sandia  | 56.25     | 3.21 | 5.28 | 216.82 | 12.67 |
| AA          | Betabel | 95.00     | 2.72 | 2.83 | 221.35 | 12.93 |

ET (Emergencia total), LMP (Longitud media de plúmula), LMR (Longitud media de radícula); PFP (Peso fresco de plántula), PSP (Peso seco de plántula).

Cuadro A5. Actividad Giberelínica en hipocótilos de lechuga (*Lactuca sativa* L.) tratados con productos orgánicos derivados de la lombricultura y composteo

| Muestra | Longitud hipocótilo (mm) | Concentración ml/l | Concentración GA3 equiv. mg/l | Concentración equiv. GA3 g/l | Actividad biológica equiv. ppm de GA3/ l ó Kg de producto |
|---------|--------------------------|--------------------|-------------------------------|------------------------------|---|
| LC-1    | 10.3                     | 1.0E+00            | 2.1E-02                       | 2.1E-05                      | 0.02  |
| LM-2    | 10.5                     | 3.0E+00            | 3.1E-02                       | 3.1E-05                      | 0.01  |
| LL-3    | 10.3                     | 1.0E+01            | 2.1E-02                       | 2.1E-05                      | 0.002   |
| 4-M     | 10.7                     | 4.5E-01            | 4.0E-02                       | 4.0E-05                      | 0.09  |
| 5-L     | 11.5                     | 1.0E-01            | 1.2E-01                       | 1.2E-04                      | 1.20  |
| 6-C     | 10.9                     | 4.5E-01            | 6.2E-02                       | 6.2E-05                      | 0.14  |
| 7-L     | 14.2                     | 1.0E+01            | 4.0E-01                       | 4.0E-04                      | 0.04  |
| TESTIGO | 7.1                      | 0                  |                               |                              | 0   |

\* LC-1 (líquido de composta), LM-2 (líquido mixto), LL3 (líquido de lombriz), 4-M (polvo mixto), 5-L (polvo de lombricomposta), 6-C (composta), 7-L (lombricomposta).

Cuadro A6. Actividad citocinínica (acumulación de betacianinas) en cotiledones de amaranto (*Amaranthus hybridus* L) tratados con productos orgánicos derivados de la lombricultura y composteo.

| Muestra | Absorbancia | Concentración ml/l | Concentración Zeatina equiv. mg/l | Concentración equiv. Zeatina g/l | Actividad biol. equiv. ppm de zeatina/ l ó Kg de producto |
|---------|-------------|--------------------|-----------------------------------|----------------------------------|---|
| LC-1    | 0.2173      | 1.0E-02            | 5.5E-02                           | 5.5E-05                          | 5.50  |
| LM-2    | 0.2171      | 1.0E-03            | 5.5E-02                           | 5.5E-05                          | 55.00   |
| LL-3    | 0.2770      | 1.0E-01            | 2.3E-01                           | 2.3E-04                          | 2.30  |
| 4-M     | 0.2330      | 1.1E-03            | 8.5E-02                           | 8.5E-05                          | 77.27   |
| 5-L     | 0.2340      | 1.0E-02            | 9.0E-02                           | 9.0E-05                          | 9.00  |
| 6-C     | 0.2177      | 1.6E-03            | 5.5E-02                           | 5.5E-05                          | 34.38   |
| 7-L     | 0.2242      | 1.0E+00            | 6.6E-02                           | 6.6E-05                          | 0.07  |
| TESTIGO | 0.0355      | 0                  |                                   |                                  | 0   |

\* LC-1 (líquido de composta), LM-2 (líquido mixto), LL3 (líquido de lombriz), 4-M (polvo mixto), 5-L (polvo de lombricomposta), 6-C (composta), 7-L (lombricomposta).

Cuadro A7. Actividad auxínica en coleóptilos de trigo (*Triticum aestivum* L.) tratados con productos orgánicos derivados de la lombricultura y composteo

| Muestra | Elongación coleóptilo | Concentración ml/l | Concentración AIA equiv. mg/l | Concentración equiv. AIA g/l | Actividad biol. equiv. ppm de AIA/l ó Kg de producto |
|---------|-----------------------|--------------------|-------------------------------|------------------------------|--|
| LC-1    | 11.4                  | 1.0E+00            | 2.7E-01                       | 2.7E-04                      | 0.27   |
| LM-2    | 11.5                  | 7.5E-01            | 2.2E-01                       | 2.2E-04                      | 0.29   |
| LL-3    | 11.1                  | 1.5E+00            | 1.7E-01                       | 1.7E-04                      | 0.12   |
| 4-M     | 11.0                  | 5.5E-01            | 1.3E-01                       | 1.3E-04                      | 0.24   |
| 5-L     | 10.9                  | 3.0E-02            | 1.0E-01                       | 1.0E-04                      | 3.33   |
| 6-C     | 11.2                  | 7.0E-01            | 1.9E-01                       | 1.9E-04                      | 0.27   |
| 7-L     | 11.2                  | 6.5E-02            | 1.9E-01                       | 1.9E-04                      | 2.92   |
| TESTIGO | 8.2                   | 0                  |                               |                              | 0  |

LC-1 (líquido de composta), LM-2 (líquido mixto), LL3 (líquido de lombriz), 4-M (polvo mixto), 5-L (polvo de lombricomposta), 6-C (composta), 7-L (lombricomposta).

Cuadro A8. Cuadrados medios de los contrastes ortogonales para las variables fisiológicas evaluadas en laboratorio, comparando los tratamientos solos vs combinados, polvos vs líquidos y Biozymes vs productos experimentales.

| FV                     | GL        | Variables |        |         |
|------------------------|-----------|-----------|--------|---------|
|                        |           | PN        | LMP    | PFP     |
| Solos Vs combinados    | 1         | 0.836     | 0.201  | 0.209   |
| Polvos Vs líquidos     | 1         | 0.015     | 0.073  | 39.211  |
| Biozyme Vs experimento | 1         | 65.785    | 0.670  | 446.340 |
|                        | <b>CV</b> | 52.834    | 43.175 | 97.265  |

**PN (Plántulas normales), LMP (Longitud media de plumula), PFP (Peso fresco de plántula)**

CV = Coeficiente de variación

\*, \*\* Significativo al 0.05 y 0.01 % del nivel de probabilidad respectivamente

Cuadro A9. Cuadrados medios de los contrastes ortogonales para las variables fisiológicas evaluadas en invernadero, comparando los tratamientos solos vs combinados, polvos vs líquidos y Biozyme TS, Biozyme PP vs productos experimentales.

| FV                     | GL        | Variables |          |        |           |
|------------------------|-----------|-----------|----------|--------|-----------|
|                        |           | ET        | LMP      | LMR    | PFP       |
| Solos Vs combinados    | 1         | 0.687     | 0.063 ** | 0.032  | 212.248 * |
| Polvos Vs líquidos     | 1         | 5.693     | 0.025 *  | 0.096  | 0.001     |
| Biozyme Vs experimento | 1         | 11.728    | 0.016    | 0.078  | 0.348     |
|                        | <b>CV</b> | 17.789    | 9.406    | 34.815 | 13.444    |

ET (Emergencia total), LMP (Longitud media de plumula), LMR (Longitud media de radícula), PFP (Peso fresco de plántula), PSP (Peso fresco de plántula).

CV = Coeficiente de variación

\*, \*\* Significativo al 0.05 y 0.01 % del nivel de probabilidad respectivamente

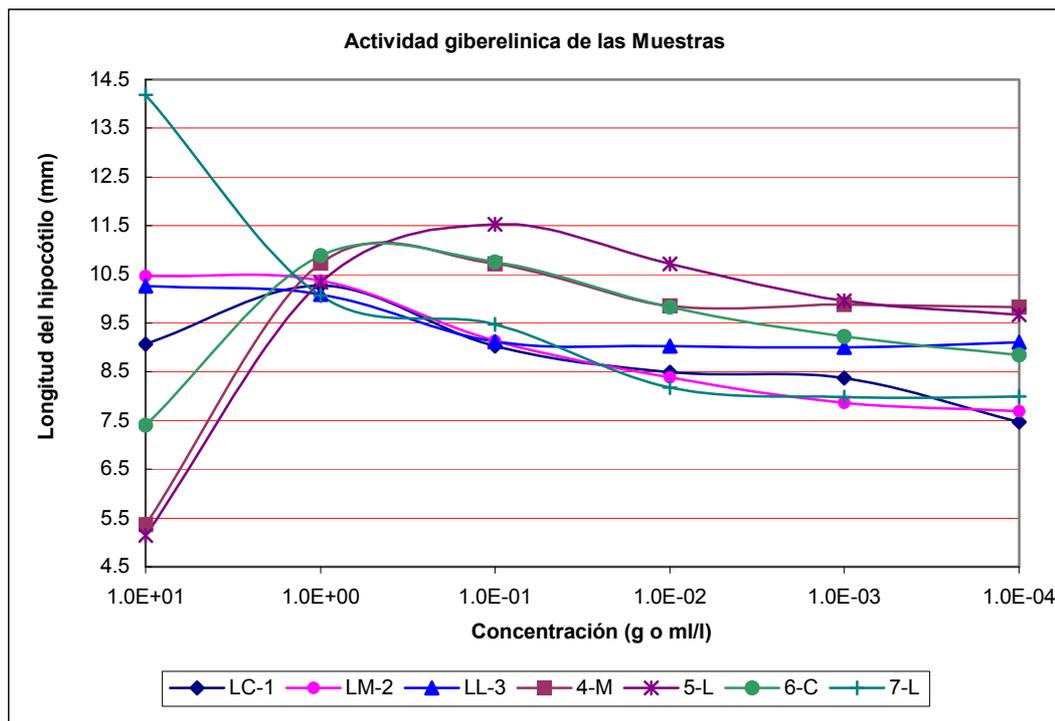


Figura A1. Actividad Giberélica en hipocótilos de lechuga (*Lactuca sativa* L.) tratados con productos orgánicos derivados de la lombricultura y composteo

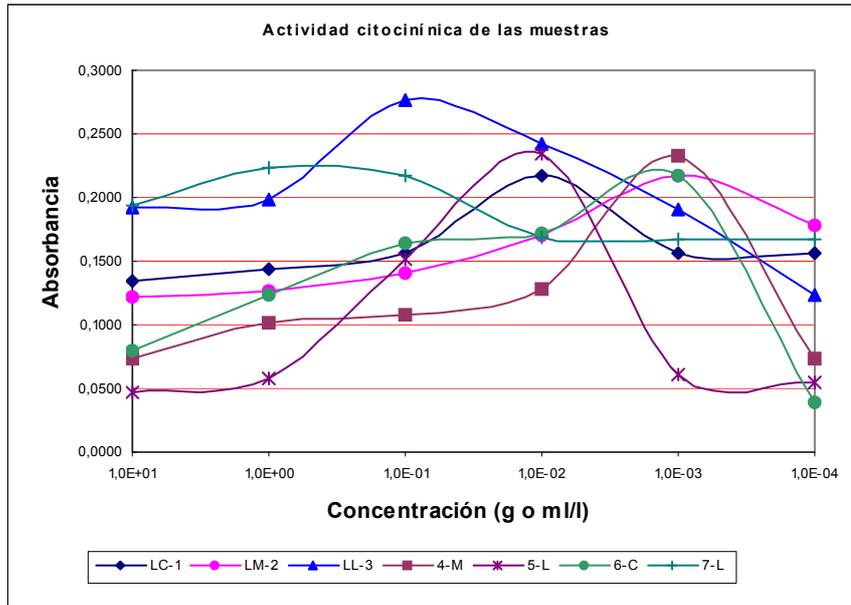


Figura A.2 Actividad citocinínica (acumulación de betacianinas) en muestras de cotiledones de Amarantho (*Amaranthus hybridus* L.) tratadas con productos orgánicos derivados de la lombricultura y composteo.

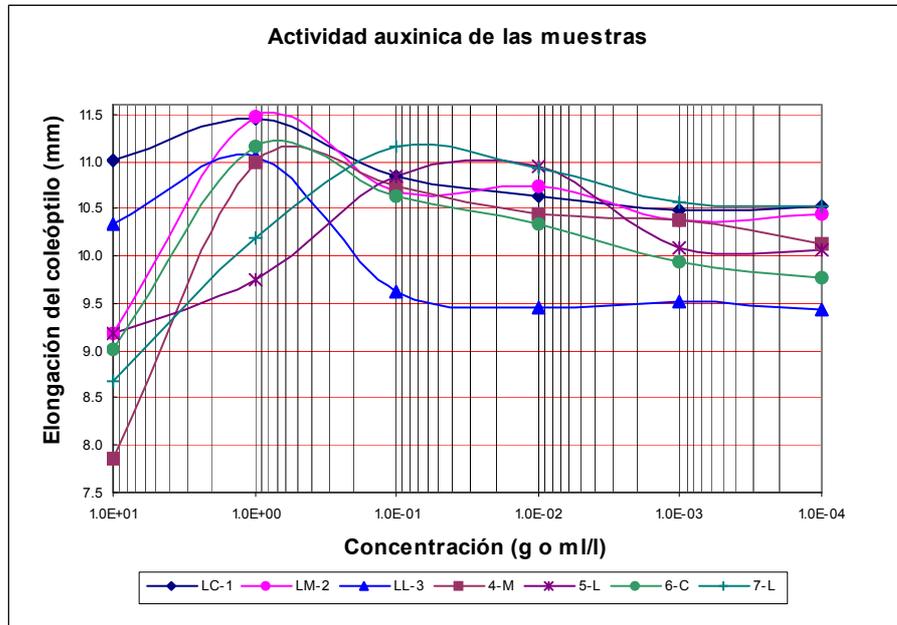


Figura A.3 Actividad auxínica en coleóptilos de trigo (*Triticum aestivum* L.) tratados con productos orgánicos derivados de la lombricultura y composteo.