

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
“ANTONIO NARRO”**

**DIVISIÓN DE AGRONOMÍA  
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO**



**EVALUACIÓN DE PRODUCTOS ORGÁNICO-HORMONALES QUE  
ESTIMULAN LA GERMINACIÓN EN SEMILLA DE  
CEBADA (*Hordeum vulgare L.*)**

**Por:**

**ROBERTO GARCÍA LICONA**

**T E S I S**

**Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Título de:**

**INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN**

**Buenavista, Saltillo, Coahuila, México**

**Junio de 2006**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
“ANTONIO NARRO”**

**DIVISIÓN DE AGRONOMÍA**

**DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO**

**EVALUACIÓN DE PRODUCTOS ORGÁNICO-HORMONALES QUE  
ESTIMULAN LA GERMINACIÓN EN SEMILLA DE  
CEBADA (*Hordeum vulgare*, L.)**

**POR:**

**ROBERTO GARCÍA LICONA**

**TESIS**

**QUE SOMETE A CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR  
COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN**

**Aprobada por:**

---

**Ing. René A. de la Cruz Rodriguez**

PRESIDENTE DEL JURADO

---

**Dr. Mario Ernesto Vázquez Badillo**

SINODAL

---

**Ing. Nelson Alonso Ruiz**

SINODAL

---

**Ing. Ángel Ramón Rivera Muñiz**

SINODAL

---

**M.C. Arnoldo Oyervides García**  
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

**Buenavista, Saltillo, Coahuila, México**

**Junio de 2006**

# ÍNDICE

Contenido	Pág.
Índice de Cuadros.....	i
Índice de Figuras .....	ii
Agradecimientos .....	iii
Dedicatoria.....	v
INTRODUCCIÓN .....	1
Objetivos .....	3
Hipótesis .....	3
REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
Concepto de semilla .....	4
Germinación.....	4
Dormancia de la semilla.....	6
Mecanismos de dormancia.....	8
Vigor de la semilla.....	9
Análisis de vigor de las semillas .....	10
Relación entre vigor y deterioro .....	11
Deterioro de la semilla .....	11
Características del deterioro de las semillas .....	12
Relación entre deterioro y germinación .....	13
Calidad de la semilla .....	13
Componentes de la calidad de semillas.....	15
Reguladores de crecimiento .....	18
Auxinas .....	18
Giberelinas.....	19
Citoquininas .....	20
Los abonos orgánicos .....	21
Composta.....	21
Lombricomposta .....	24
Ácidos húmicos y fúlvicos .....	27
Evaluación de la calidad de las plántulas.....	30
Prueba de germinación estándar .....	32
MATERIALES Y METODOS.....	34
Ubicación del sitio experimental .....	34
Material genético .....	34
Tratamientos.....	34
Descripción de los tratamientos.....	35
Preparación de los tratamientos .....	40
Laboratorio (proceso de siembra).....	40
Variables evaluadas .....	41
Invernadero (proceso de siembra).....	43
Variables evaluadas .....	44
Análisis estadístico .....	45
Modelo estadístico.....	46
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	47
Laboratorio .....	47

Germinación estándar .....	49
Plántulas anormales.....	50
Semillas sin germinar .....	51
Longitud media de plúmula .....	52
Longitud media de radícula .....	53
Peso fresco de plántula.....	54
Peso seco de plántula .....	55
Invernadero .....	56
Emergencia total .....	57
Longitud media de plúmula .....	58
Longitud media de radícula .....	59
Peso fresco de plántula.....	60
Peso seco de plántula .....	61
CONCLUSIONES .....	63
RECOMENDACIONES .....	66
LITERATURA CITADA .....	67

## INDICE DE CUADROS

<b>Contenido</b>	<b>Pág.</b>
Cuadro 2.1. Nutrientes contenidos en estiércoles y humus de lombriz.....	24
Cuadro 2.2.- Composición del humus.....	26
Cuadro 3.1.-Dosis de aplicación en base al peso de 600 semillas, (equivalente a 25 gr.), según la dosis por kilogramo de semilla dada por la Zeatina de los productos comerciales.....	38
Cuadro 3.2. Análisis de laboratorio para detectar el contenido de fitohormonas en los productos orgánico-hormonales, derivados de la lombricultura y composteo .....	39
Cuadro 3.3. Resultados de laboratorio para detectar el contenido de microelementos en los productos orgánico-hormonales, derivados de la lombricultura y composteo .....	39
Cuadro 4.1. Cuadrados medios y significancia del Análisis de Varianza para las variables evaluadas en el Laboratorio en semilla y plántula de cebada .	47
Cuadro 4.2. Comparación de medias de las variables evaluadas en laboratorio, en semillas y plántulas de cebada, tratadas con productos orgánico-hormonales. ....	48
Cuadro 4.3. Cuadrados medios del análisis de varianza para las variables evaluadas en invernadero, en semilla y plántula de cebada tratadas con productos orgánico-hormonales.....	56
Cuadro 4.4. Comparación de medias de las variables evaluadas en invernadero, en semillas y plántulas de cebada, tratadas con productos orgánico-hormonales. ....	57

## INDICE DE FIGURAS

<b>Contenido</b>	<b>Pág.</b>
Figura 4.1. Porcentaje de germinación en semilla de cebada tratada con productos orgánico-hormonales, evaluado 8 días después de la fecha de siembra .....	49
Figura 4.2. Porcentaje de plántulas anormales de semilla de cebada tratada con productos orgánico-hormonales, evaluado 8 días después .....	50
Figura 4.3. Porcentaje de semilla sin germinar de cebada, tratadas con productos orgánico-hormonales, evaluado 8 días después de la fecha de siembra .....	51
Figura. 4.4. Longitud media de plúmula (cm) en plántulas de cebada, evaluada 8 días después de la fecha de siembra .....	52
Figura 4.5. Longitud media de radícula (cm), en plántula de cebada, evaluada 8 días después de la fecha de siembra .....	53
Figura 4.6. Peso fresco de plántula de cebada (mg/plántula), al tratar la semilla con productos orgánico-hormonales, evaluado 8 días después de la fecha de siembra .....	54
Figura 4.7. Peso seco de plántula de cebada (mg/plántula), al tratar la semilla con productos orgánico-hormonales, evaluado 8 días después de la fecha de siembra .....	55
Figura 4.8. Porcentaje de emergencia total en semilla de cebada bajo invernadero tratada con abonos orgánicos evaluada a los 15 días .....	58
Figura 4.9. Longitud de plúmula en plántula de cebada bajo invernadero tratada con abonos orgánicos evaluada a los 15 días .....	59
Figura 4.10. Longitud de radícula en plántula de cebada bajo invernadero tratada con abonos orgánicos a los 14 días .....	60
Figura 4.11. Peso fresco de plántulas de cebada bajo invernadero tratadas con abonos orgánicos evaluadas a los 15 días .....	61
Figura 4.12. Peso seco de plántulas de cebada bajo invernadero tratadas con abonos orgánicos evaluadas a los 14 días .....	62

## **AGRADECIMIENTOS**

### **A DIOS**

Por darme la vida, tenderme su mano y estar conmigo en los momentos mas difíciles de mi vida dándome fuerzas para seguir adelante y hacerme saber que todo se puede en la vida si de verdad se quiere. Gracias señor.

A mi “**ALMA TERRA MATER**” por permitir superarme y abrigarme en sus aulas que nunca olvidaré.

Al Ing. René Arturo de la Cruz Rodríguez, por su esfuerzo y dedicación durante la realización del presente trabajo, por sus conocimientos brindados y darme la oportunidad de realizar mi trabajo de tesis, es una persona de la cual siempre estaré agradecido, gracias maestro.

Al Dr. Mario E. Vázquez Badillo, por su valiosa colaboración en la realización de este trabajo que aunque no tuve la oportunidad de que me impartiera un curso, se que es una buena persona. Muchas gracias.

Al Ing. Nelson Alonso Ruiz, por la valiosa participación y esfuerzo para la realización de este trabajo es una persona con la cual estoy muy agradecido. Muchas gracias.

Al Ing. Ángel R. Rivera Muñiz, por su apreciada participación en el presente trabajo. Muchas gracias.

A la Ing. Martina de la Cruz Casillas, por su valiosa participación en la realización de este trabajo de investigación. Muchas Gracias.

Al personal académico del Departamento de Fitomejoramiento por haber compartido conmigo sus experiencias y conocimientos que me sirvieron para mi formación profesional.

Al Lic. Carlos Livas Hernández por su gran apoyo incondicional y aquellos consejos tan valiosos que me sirvieron para tomar buenas decisiones en mi carrera profesional. Gracias maestro.

A mis amigos (as) Jeremías, Hugo, Rafa, Ismael, Carlos, Víctor, Vicky, Lucy, Lupita, Laura, Yessi, Guendy, Eneida, Vianka, Verónica e Isabel. Porque estuvieron conmigo en los momentos difíciles y agradables de mi carrera y compartieron un poco de su tiempo para alegrar mi estancia, Dios quiera que nunca se pierda nuestra amistad.

A mis compañeros de la generación **CI**. De la Especialidad de Producción, por su amistad y compañerismo, con los cuales compartí grandes momentos de mi carrera.

A todas aquellas personas que de una u otra forma contribuyeron con su valiosa participación para lograr mi más anhelado deseo, "TITULARME" gracias.

## **DEDICATORIAS**

### **A MIS PADRES**

#### **SR. VENANCIO GARCÍA HERNÁNDEZ**

A ti padre, te dedico este trabajo con cariño y respeto porque siempre quisiste lo mejor para mí y me enseñaste a ser un hombre de bien, siempre estarás en mi corazón.

#### **SRA. LORENZA LICONA MENDOZA**

A la mujer más linda quien me dio la vida, por el gran amor que me has brindado, el cariño, cuidados, desvelos, sacrificios y valiosos consejos, a ti con mucho cariño y respeto madrecita.

### **A MIS HERMANOS**

Por motivarme a salir siempre adelante, por compartir conmigo sus alegrías, amistad y consejos con mucho cariño para ustedes. Que Dios los bendiga.

**ALEJANDRO**

**CAYETANO**

**NICOLASA**

**ROSA**

A la Ing. Nicolasa García Licona por tu apoyo y confianza, ánimos para salir siempre con la frente en alto, para ti este trabajo porque me pusiste el ejemplo que podemos lograr lo que más queremos si en verdad se quiere gracias con cariño.

A mi cuñada **GUADALUPE CRUZ FELIPE**, por su gran apoyo, cariño y confianza que siempre demuestra con sus seres queridos, gracias por creer en mí.

### **A MIS SOBRINOS**

Esmeralda Cristal, Karla Joseline, Alejandro Isai, José Armando, José Eduardo, Kevin Israel y el bebé. Gracias a estos angelitos que con su cariño, sonrisas y alegrías siempre son un motivo para salir adelante.

A mi padrino, el Ing. Teodoro González Urbano por su apoyo incondicional, porque hizo lo que nadie haría, porque me enseñó a elegir el camino correcto y con buenos pasos para ser alguien en la vida, a él le dedico este trabajo.

A una persona muy especial para mi, **YESENIA CEBALLOS JALOMA** por los momentos felices que paso a su lado, por que siempre está cuando más la necesito, por su amor, cariño y confianza, por tantas otras cosas que pasamos juntos y que nunca olvidaré.

A la Sra. Guadalupe Alvarado Cordero por abrirme las puertas de su casa y permitirme compartir un poco de su espacio, por sus consejos, su ayuda incondicional en los momentos más difíciles, siempre la recordaré.

## INTRODUCCIÓN

La cebada común (*Hordeum vulgare*), es una gramínea que se cultiva en casi todos los climas desde hace muchos siglos, siendo éste el cereal cultivado más antiguo, teniendo su origen en el Asia Occidental, y que desde tiempos muy remotos ha sido utilizado para la elaboración de pan, incluso antes que el trigo. En la actualidad se encuentra distribuida en todo el mundo, empleándose tanto por el grano como por el forraje y además resulta más tolerante que muchas otras gramíneas. La mayoría de la producción mundial se encuentra concentrada en la Unión Europea, Canadá, Europa Oriental, Turquía y Australia.

El cultivo de la cebada fue introducido en México por los primeros pobladores españoles, iniciando siembras de temporal en los valles altos y la producción era destinada a la alimentación humana y pecuaria, actualmente tiene gran importancia por su utilización como materia prima básica para la elaboración de cerveza, así como su importancia en la producción de granos y en las industrias semilleras.

Por ello, es evidente que la producción de semilla de alta calidad es insuficiente para cubrir la demanda de los productores, por lo que es importante buscar nuevas medidas que evadan estos problemas que actualmente enfrenta tanto la industria como los consumidores directos e

indirectos de este producto, además de superar su calidad física, fisiológica, genética y sanitaria, mediante el uso de productos orgánicos que mejoren estas características y favorezcan la producción para así poder cubrir la demanda de este cultivo y de alguna manera contribuir con el grado de calidad y rendimiento de las cosechas.

Uno de los problemas primordiales en la calidad de las semillas es el deterioro, el cual es un proceso irreversible e inexorable, desmeritando la calidad fisiológica de estas, presentando un porcentaje bajo de germinación, principalmente en aquellas que han tenido un manejo inadecuado de poscosecha, transporte, almacenamiento, etc., lo cual ocasiona que se tenga poca emergencia y por consecuencia un bajo establecimiento de plántulas en el campo, generando así una reducción en los rendimientos por unidad de superficie.

El propósito de éste trabajo de investigación, es la creación y búsqueda de nuevos y mejores productos para el tratamiento de semillas que presentan cierto grado de deterioro y a su vez un bajo porcentaje de germinación, mediante el uso de sustancias orgánicas derivadas de la lombricultura y el composteo.

Sabiendo los beneficios de los productos orgánicos y la necesidad de encontrar nuevas técnicas para el tratamiento de semillas deterioradas que presentan un bajo porcentaje de germinación se realizó el presente trabajo de investigación, planteándose los siguientes objetivos.

## **Objetivo general**

- Encontrar un producto orgánico-hormonal derivado de la composta y lombricomposta que tenga el potencial estimulante de la germinación en semilla de cebada, que a su vez compita con los productos comerciales.

## **Objetivos específicos**

- Determinar el o los mejores productos orgánico-hormonales que manifiesten la mejor respuesta en las concentraciones dadas a los parámetros evaluados.
- Evaluar los productos orgánico-hormonales derivados del proceso de lombricomposta y composteo en la estimulación de la germinación en semilla de cebada y comparar los productos derivados orgánicos con productos comerciales.

## **Hipótesis**

- Al menos un producto orgánico-hormonal estimulará la germinación en semilla de cebada.
- Al menos un producto orgánico-hormonal igualará o en su caso superará a los productos comerciales.

## **REVISION DE LITERATURA**

### **Concepto de semilla**

Camacho (1994), define a la semilla en un sentido Botánico estricto, como un óvulo fecundado, independiente de la planta madre, que ha madurado hasta adquirir la diferenciación y capacidad fisiológica para originar un nuevo vegetal.

Moreno (1996), menciona que en términos agronómicos y comerciales se conoce como semilla a toda clase de granos, frutos y estructuras más complejas (unidad semilla) que se emplean en las siembras agrícolas. Y desde el punto de vista de la Botánica, una semilla verdadera es un embrión en estado latente, acompañado o no de tejido nutricional y protegido por el epispermo.

### **Germinación**

Camacho (1994), menciona que la germinación es el proceso mediante el cuál un embrión adquiere el metabolismo necesario para reiniciar el crecimiento y transcribir las porciones del programa genético que lo convertirán en una planta adulta.

Esparza (1996), menciona que la germinación puede definirse como la serie secuenciada de eventos morfogénéticos que resultan en la transformación de un embrión en una plántula. Dicho proceso involucra la división y expansión celular y la formación de órganos de la planta como tallos, hojas y raíces. El proceso de germinación puede subdividirse en la siguiente serie de eventos: imbibición de agua, activación enzimática, iniciación del crecimiento del embrión, ruptura del crecimiento de la semilla, emergencia y establecimiento de la plántula. Dicho proceso se ve grandemente influenciado por los factores: especie, variedad, madurez de la semilla y composición ambiental.

Sandoval (2001), Menciona que el 2% de los trabajos sobre germinación de semillas desarrollados indican que los investigadores han mostrado una preocupación constante al respecto por lo que continúan en la búsqueda de nuevos substratos y relaciones de temperatura, agua, luz y oxígeno que les permita la máxima expresión de las diferentes estructuras del embrión durante el proceso de germinación de las diferentes especies vegetales. Se busca caracterizar las diversas condiciones y exigencias de la semilla para producir una nueva planta bajo condiciones de campo, pues es eso lo que al final le interesa al productor.

Moreno (1984), señala que las semillas que son capaces de extender la raíz durante la germinación, pueden no tener vigor para establecer una planta en condiciones de campo. El vigor es por lo tanto un indicador de la calidad de la semilla, es un concepto nuevo comparado con el de

germinación, y surgió de la observación de diferencias en el establecimiento de plántulas entre lotes de semillas. Considerando la prueba de germinación insuficiente para predecir la emergencia y detectar diferencias de calidad entre lotes.

### **Latencia de la semilla**

Sandoval (2001), dice que latencia, es un mecanismo que inhibe a la germinación y que algunas especies han desarrollado principalmente como una alternativa que favorece su sobrevivencia, es también un fenómeno que ocupa la atención de los investigadores de semillas, se buscan alternativas que permitan obtener una germinación uniforme y segura en el esfuerzo por domesticar y cultivar aquellas especies que presentan cualidades de interés económico, para lo cual, han sido realizados una gran cantidad de trabajos, buscando conocer y dominar los mecanismos físicos, fisiológicos y genéticos involucrados en tales procesos, así como los efectos de las hormonas vegetales y otras sustancias en los mecanismos que inhiben la germinación.

Cunha (2005), menciona que una vez madura, la semilla es desprendida de la planta madre, tornándose un organismo autónomo, pues tiene en su estructura un embrión que, en condiciones adecuadas de ambiente, se desenvolverá, originando una plántula. No obstante, como esto no siempre ocurre, la pregunta es: por que las semillas de algunas especies no germinan, inclusive cuando son sembradas en condiciones adecuadas.

La respuesta puede parecer simple: porque ya están en proceso avanzado de deterioración, que culmina con la muerte del embrión o, estas están latentes. En el primer caso, las semillas absorben agua, pero no completan las actividades metabólicas esenciales para el crecimiento del eje embrionario, o sea, no originan una plántula completa con raíz y parte aérea.

Las semillas latentes son aquellas que mas allá de que estén vivas y en condiciones de ambiente que normalmente favorecen el proceso de germinación no germinan por causa de alguna restricción interna, la cuál impide el desarrollo del embrión. La germinación solamente ocurrirá cuando tal restricción sea superada, lo que en la naturaleza puede llevar días, meses o años, dependiendo de la especie.

Cunha (2005), menciona que de esta forma, la latencia de la semilla es un importante estadio del ciclo de vida de las plantas, caracterizada por la ausencia temporaria de la capacidad de germinación, permitiendo que las especies vegetales sobrevivan a las adversidades, principalmente a aquellas que dificulten o impidan el crecimiento vegetativo de la planta.

También es gracias a la latencia que semillas de muchas especies no germinan en el fruto cuando aun está prendido a la planta, pues luego de la maduración fisiológica, y en condiciones ambientales favorables a la germinación como, el aumento de la humedad por el exceso de lluvias, semillas sin bloqueos al crecimiento del embrión, podrán germinar en la planta madre.

Cabe resaltar que la mayoría de las plantas cultivadas actualmente es representada por variedades, cultivares e híbridos genéticamente mejorados por procesos de selección que eliminaron la dormancia, pues los objetivos de la agricultura moderna son la rapidez y la uniformidad de la germinación de la semilla y de la emergencia de la plántula en campo.

Este es el caso de las semillas de soya, poroto, girasol, maíz y otras cuya sobrevivencia es dependiente del hombre.

### **Mecanismos de latencia**

Cunha (2005), también dice que para facilitar el entendimiento, podemos considerar que básicamente son tres los mecanismos de latencia:

- 1) Física, relacionada a la impermeabilidad del envoltorio de la semilla al agua;
- 2) Fisiológica, relacionada a los procesos fisiológicos que bloquean el crecimiento del embrión; y
- 3) Morfológica, relacionada al embrión inmaduro. Algunas especies presentan el envoltorio impermeable al agua, debido a la presencia de lignina, suberina y otros compuestos bases.

## **Vigor de la semilla**

Delouche (2002), menciona que el interés y la atención hacia el vigor que se había iniciado en los primeros tiempos del análisis de semillas, disminuyendo en los años 30 y esencialmente desaparecido en la década de los 50's, renacieron en los años 70's para ocupar una posición de creciente desarrollo, discusión y temas de agenda de tecnólogos en semillas, investigadores y asociaciones semilleras.

Existirían muchas razones para el renacimiento del interés y de las actividades relacionadas al vigor de las semillas en los años 70. Algunas de las más importantes eran la modernización, mecanización y profesionalismo de la producción agrícola a la mayor disponibilidad de cultivares mejorados y de híbridos, la creciente dependencia de los agricultores de las empresas de semillas para la obtención de las mismas, el aumento de los precios de las semillas, el aumento de los costos de producción de los cultivos, un conocimiento ampliado sobre el deterioro de semillas y sus efectos y una mejoría de las tecnologías para la evaluación de la calidad de semillas.

Y lo más importante, muchos agricultores empezaron a reconocer que el establecimiento de una satisfactoria población de plantas en los cultivos era el primer paso crítico en la producción de cultivos económicamente bien sucedida, y que el fracaso en este primer paso era un riesgo que exigía cuidado.

Para responder a las necesidades expresadas por los agricultores y por algunas empresas productoras de semillas, los investigadores refinaron y renovaron algunas pruebas de vigor, ya en uso, desarrollaron nuevas pruebas y las tornaron disponibles para, agricultores y empresas de semillas.

### **Análisis de vigor de las semillas**

El objetivo de los ensayos de vigor de semillas es proveer información acerca del valor de implantación en un amplio rango de condiciones de ambiente y/o de potencial de almacenamiento. Las pruebas de vigor proporcionan una información adicional a la brindada por la Prueba de Germinación Estándar. ([http://www.inta.gov.ar/oliveros/info/documentos/dia\\_campo/artic11.htm](http://www.inta.gov.ar/oliveros/info/documentos/dia_campo/artic11.htm))

Moreno (1996), dice que las causas de la variabilidad del vigor de las semillas son causadas por el:

- 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 envejecimiento.
- Patógenos.

## **Relación entre vigor y deterioro**

Delouche (2002), menciona que vigor de semillas y deterioro están fisiológicamente ligados, son aspectos recíprocos, imágenes reflejadas en el espejo de la calidad de semillas. El deterioro tiene una connotación negativa, en cuanto que el vigor tiene una connotación extremadamente positiva; el vigor disminuye a medida que el deterioro aumenta. Deterioro es el proceso de envejecimiento y muerte de las semillas, en cuanto vigor es el principal componente de la calidad afectado por el proceso de deterioro. La relación entre germinación con deterioro y vigor es similar.

### **Deterioro de la semilla**

Miranda (1984), caracteriza al deterioro como un proceso natural que envuelve cambios fisiológicos, físicos y bioquímicos en la semilla, hasta que esta avanza hacia su muerte.

Duffus y Slaughter (1985), mencionan que algunas de las manifestaciones del deterioro de semillas son: cambios en el color, disminución de la tolerancia a condiciones desfavorables de almacenamiento, reducido crecimiento de plántulas, disminución de la capacidad germinativa e incremento de plántulas anormales. Es probable que sea imposible definir, en términos exactos y no ambiguos, deterioro de semillas, de manera práctica, el deterioro de semillas puede ser visto como un complejo de cambios que ocurren con el pasar del tiempo, causando

perjuicios a sistemas y funciones vitales, resultando disminución en el grado de la capacidad de desempeño de la semilla. El deterioro empieza después que la semilla alcanza la maduración fisiológica y continua hasta perder su capacidad de germinar. La duración del proceso de deterioro es determinada principalmente por la interacción entre herencia genética, su contenido de humedad y la temperatura.

### **Características del deterioro de las semillas**

- 1) El deterioro de la semilla es un proceso inexorable o inevitable;
- 2) El deterioro es irreversible;
- 3) Existen diferencias inherentes entre especies en cuanto a la longevidad de la semilla;
- 4) El deterioro es mínimo en la maduración de la semilla;
- 5) La velocidad de deterioro varía entre lotes de semillas de la misma variedad;
- 6) La velocidad de deterioro varía entre semillas individuales dentro de un lote.

Las tres primeras características pretendían definir las limitaciones biológicas en el control del deterioro de las semillas, dos de ellas pueden no ser consideradas tan válidas actualmente. Hay evidencias substanciales de que existen mecanismos de reparación activos con la finalidad de revertir algunos de los efectos del deterioro en semillas en el suelo y en aquellas sometidas a varios tipos de acondicionamiento osmótico.

Diferencias inherentes en la longevidad de semillas entre especies y mismo entre cultivares son una realidad y esta limitación debe ser llevada en consideración en los sistemas de control de calidad.

La cuarta característica establece la época de madurez de la semilla como el último punto de partida para la implementación de procedimientos de control de calidad. Las dos últimas características del deterioro de semillas son críticas para que podamos entender las relaciones entre el deterioro y la germinación, germinación y vigor, y, entre vigor y deterioro.

### **Relación entre Deterioro y Germinación**

Delouche (2002), menciona que los aspectos más importantes de la relación entre deterioro de semillas y la germinación puede ser declarado simplemente como: la pérdida de la capacidad de germinación, es la consecuencia o el efecto final práctico del deterioro; es la última cosa que ocurre en el proceso de deterioro. Dos cuestiones surgen naturalmente de la premisa de que la pérdida de la capacidad de germinar es la consecuencia final del deterioro de la semilla.

### **Calidad de la Semilla**

Fernández (1985), menciona que la calidad de la semilla es un término relativo y significa el grado de excelencia cuando se compara con un estándar aceptable.

Hampón (2001) dice que si definimos calidad como un "grado o padrón de excelencia", entonces la calidad de semillas puede ser vista como un padrón de excelencia en ciertos atributos que van a determinar el desempeño de la semilla en la siembra o en el almacén. En la práctica, la expresión "calidad de semillas" es utilizada libremente para reflejar el valor de la semilla para propósitos específicos; el desempeño de la semilla debe estar a la altura de las expectativas del consumidor.

Terenti (1996), menciona que en el contexto de las semillas, la calidad puede subdividirse en cuatro cualidades básicas: genética, fisiológica, sanitaria y física. La presencia de las cuatro cualidades esenciales en su máximo nivel permite que la semilla esté en su máxima calidad integral. Cada una de ellas aporta su capacidad para originar plantas productivas. La debilidad en cualquiera de ellas introduce un factor limitante y como consecuencia plantas pocos productivas. Por ejemplo, la mejora genética no puede expresar su verdadero potencial si la semilla está fisiológicamente deteriorada mostrando mala germinación.

Missio (2002), menciona que, la calidad de la semilla es la suma de sus características genéticas, físicas, fisiológicas, y sanitarias, que se reflejan en el campo. La semilla se caracteriza, por su buena o mala calidad. En una semilla que garantiza los mejores resultados están involucrados atributos como: variedad, germinación, vigor, sanidad, pureza, padronización, entre otros. Con certeza la calidad de la semilla no puede ser definida solamente por su poder germinativo.

Missio (2002), también señala que, los riesgos de una semilla de mala calidad son bien conocidos, la baja calidad trae problemas con el stand en el cultivo, problemas con la distribución de las plantas, pues la compensación tiene límites y una planta de semilla vigorosa produce más, la investigación ya lo ha demostrado, que la diferencia en la producción entre semilla de alta y baja calidad alcanza entre 10 a 15%. La diferencia es causada por el stand, mala distribución de las plantas y el vigor en sí.

### **Componentes de la calidad de semillas**

Hampón (2001), dice que la calidad de semillas es un concepto múltiple que comprende diversos componentes, a pesar de que para muchos agricultores, semilla de calidad es aquella que germina y está libre de especies invasoras indeseadas. Este concepto se refleja en el hecho de que para muchos laboratorios de análisis de semillas, entre 80 y 90% de todos los análisis solicitados son de pureza y germinación. Sin embargo existen otros componentes de la calidad de semillas que pueden ser agrupados en tres categorías:

- Descripción: especie y pureza varietal, pureza analítica, uniformidad, peso de semillas.
- Higiene: contaminación con plantas invasoras nocivas, sanidad de semillas, contaminación con insectos y ácaros.
- Potencial de desempeño: germinación, vigor, emergencia y uniformidad en campo.

Estos componentes no presentan todos los mismos valores, ni el orden de importancia relativa es el mismo en todas las circunstancias. Para dar un ejemplo obvio, un lote de semillas de cierto cultivar que presente una pureza de 98%, una humedad de 10%, que esté libre de semillas de invasoras nocivas y patógenos, más que tenga una germinación de 5% es de poca utilidad para el agricultor que quiera cultivarlo.

**Calidad genética.** Terenti (1996), menciona que, ésta se produce en la etapa del mejoramiento genético. Los trabajos de cruzamiento, selección y las redes de verificación que han desarrollado los centros especializados en mejoramiento genético (públicos y privados), están orientados a obtener variedades e híbridos de mayor productividad, precocidad, adaptabilidad, calidad del grano, mayor eficiencia en el uso del agua y nutrientes. Obtenida una nueva variedad o híbrido comienza la etapa de multiplicación bajo normas estrictas de aislamiento, eliminación de plantas fuera de tipo y verificación permanente que permitan asegurar la identidad y pureza genética evitando la degeneración o dilución del genotipo. En este momento se le asigna un nombre y es liberada para su aprovechamiento por parte del productor.

**Calidad fisiológica.** Terenti (1996), dice que la calidad fisiológica, es la capacidad de la semilla para germinar, emerger y dar origen a plantas uniformes y vigorosas. En el momento que la semilla madura llega a la máxima vitalidad; a partir de ese momento comienza a envejecer o perder vigor, porque la misma sigue respirando y gastando energía para mantener

sus funciones vitales. Por ello el ambiente en que se almacene debe ser seco y fresco. El nivel extremo de envejecimiento es la muerte o pérdida de la capacidad para dar una planta normal y vigorosa. Cuando nos decidimos a sembrar "debemos preguntarle" a la semilla cerca de qué extremo se encuentra: de la máxima vitalidad o de la muerte. Esta pregunta se responde en los laboratorios de análisis de semilla con pruebas específicas de germinación y vigor.

**Calidad física.** Terenti (1996), menciona que se le asocia con el color, brillo, daños mecánicos (fracturas, cuarteos), la presencia o ausencia de cualquier contaminante distinto de la semilla deseable. Estos contaminantes pueden ser: materiales inertes, semillas de malezas comunes y nocivas, formas reproductivas de plagas y enfermedades. Siendo exigente en la calidad física podemos evitar la diseminación de enfermedades, insectos y malezas.

**Calidad sanitaria.** Sandoval (2001), dice que, la calidad sanitaria sigue siendo uno de los aspectos que mantiene preocupada a la comunidad semillera de este país, pues es bien sabido que las semillas son consideradas como el vehículo mas eficiente para el transporte e introducción de los patógenos, por lo que se han venido intensificando los estudios que permitan la identificación de los hongos o bacterias que mayor incidencia tienen en las diferentes especies agrícolas, así como, sobre el uso y la evaluación del efecto de los tratamientos químicos sobre el vigor y sanidad de la semilla, buscándose además, tratamientos alternativos a base de extractos naturales.

## **Reguladores de Crecimiento**

Bidwell (1996), dice que durante muchos años se tuvo la creencia que las hormonas de crecimiento determinaban directamente los procesos de desarrollo y que estas actuaban sobre la emisión de raíces, flores, etc.

En la actualidad, existe evidencia suficiente para postular dos hechos básicos sobre la acción fundamental de las fitohormonas.

- Las fitohormonas no actúan directamente a nivel del organismo, sino a nivel celular, por ejemplo, en la mitosis y el alargamiento celular, de tal modo que sus efectos se hacen sentir en todos los fenómenos fisiológicos que se basan en los fenómenos citológicos afectados.
- La acción básica de las hormonas ocurre sobre los ácidos nucleicos y nivel de la transcripción del mensaje (DNA-RNA) o de su traducción (RNA-aminoácido).

### **Auxinas**

Weaver (1996), menciona que por lo general, estos compuestos son ácidos de núcleo cíclico insaturado o derivados de estos ácidos. Los precursores de las auxinas son compuestos que se pueden transformar en auxinas dentro de la planta.

González *et. al.*, (1999) dice que la auxina ha sido implicada en la regulación de un número de procesos fisiológicos, como:

- La promoción del crecimiento y diferenciación celular y por lo tanto en el crecimiento en longitud de la planta.
- Estimulación del crecimiento y maduración de los frutos.
- Floración, senectud y geotropismo.
- Retrazo en la caída de las hojas, flores y frutos jóvenes y la dominancia apical.
- La auxina es dirigida a la zona oscura de la planta lo que ocasiona que las células de esa zona crezcan más en relación a las células que se encuentran en la zona clara de la planta. Esto produce una curvatura de la punta de la planta hacia la luz movimiento que se conoce como fototropismo.

### **Giberelinas**

Del mismo modo, los mismos autores hacen una descripción relacionada con las giberelinas, en donde el Ácido giberélico y específicamente el GA<sub>3</sub> fue la primera de esta clase de hormonas en ser descubierta. Las giberelinas son sintetizadas en los primordios apicales de las hojas, en puntas de las raíces y en las 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. Su función es incrementar la división celular (mitosis).

Además de ser encontradas en el floema, las giberelinas han sido aisladas de exudados del xilema, lo que sugiere un movimiento más generalmente bidireccional de la molécula en la planta. Actualmente existen varios tipos de giberelinas, siendo las más comunes: GA<sub>1</sub>, GA<sub>3</sub>, GA<sub>4</sub>, GA<sub>7</sub> y GA<sub>9</sub>. Mientras que algunos efectos de éstas sobre las plantas son:

- La sustitución de las necesidades de frío o de fotoperíodos largos requeridas por muchas especies para su floración.
- La inducción de la partenocarpia en algunas especies de frutos.
- El retraso de la maduración de frutos (cítricos).
- La estimulación en la síntesis de RNA m (RNA mensajero).
- La inducción a la brotación de yemas.
- La interrupción en el período de latencia de las semillas, haciéndolas germinar y movilizar las reservas en azúcares.
- La germinación de semillas de cebada en la elaboración de cerveza.
- La inducción del alargamiento de entrenudos de tallos.

### **Citoquininas**

Weaver (1996), señala que son sustancias del crecimiento de las plantas que provocan la división celular. Muchas citocininas exógenas y todas las endógenas se derivan probablemente de la adenina, una base nitrogenada de purina. La primera citoquinina fue descubierta en la década de 1950 en la Universidad de Wisconsin, a partir de una muestra de ADN envejecido.

Por su parte, González *et. al*, (1999), también establece que estas hormonas inicialmente fueron llamadas quininas, sin embargo debido al uso anterior del nombre para un grupo de compuestos de la fisiología animal se adoptó el término citoquinina (citocinesis o división celular). Otros efectos generales de las Citoquininas en plantas incluyen:

- La estimulación de la germinación de semilla, estimulación de la formación de frutos sin semilla y ruptura del letargo de semillas.
- Inducción de la formación de brotes y mejora de la floración.
- Alteración del crecimiento de frutos y ruptura de la dominancia apical.

### **Los abonos orgánicos**

Suquilanda (1996), menciona que antes de definir las clases de abonos orgánicos se debe explicar lo que son: Abono orgánico es un producto natural resultante de la descomposición de materiales de origen vegetal o animal, que tienen la capacidad de mejorar la fertilidad del suelo, como la gallinaza con el humus de lombriz, pero primero es importante conocer las características de los diferentes abonos.

#### **Composta**

Una composta es la mezcla de materiales orgánicos, de tal manera que fomenten su degradación y descomposición. El producto final se usa para

fertilizar y enriquecer la tierra. Añadir composta, reciclando así nutrientes y minerales son las mejores llaves para combatir enfermedades de los cultivos. Así, agregamos y reponemos humus para revitalizar y estabilizar los suelos empobrecidos (<http://www.tierramor.org/permacultura/composta.htm>).

Jeavons (1991), menciona que el proceso de la compostación es una fuente importante de nutrientes. Tratando de seguir el ejemplo de la naturaleza, regresa al suelo y reutiliza todos los residuos orgánicos; hojas, pastos, hierbas, árboles, residuos de animales, etc. También dice que la composta está lista, para usarse cuando su color es oscuro y resulta imposible distinguir la naturaleza de los diversos residuos incorporados. El abono debe desmoronarse en las manos. El olor de la composta madura es agradable. La composta biointensiva debe estar lista para usarse después de dos meses y medio o tres.

Martínez (1996), menciona que compostación, consiste en la descomposición de la materia orgánica como consecuencia de varios factores como la acción de microorganismos, calor, humedad, etc. Dando como producto final un humus; mismo que aparte de proporcionar nutrimentos disponibles a las plantas, mejora la estructura del suelo.

### **Importancia de la composta**

Dentro de un suelo sano, la materia orgánica y el humus son esencialmente importantes, si queremos conservar nuestras tierras para

asegurar nuestra sobrevivencia. Añadir composta y reciclando así nutrientes y minerales son las mejores llaves para combatir enfermedades de los cultivos. Se necesita urgentemente humus en todo el mundo para revitalizar y estabilizar los suelos empobrecidos.

Composta y materia orgánica dan cuerpo a los suelos arenosos y ligeros y mejora el drenaje en los suelos arcillosos. Hortalizas, que se abonan con composta producen mejores cosechas, una mejor calidad, con una buena resistencia a las plagas y enfermedades.

(<http://www.tierramor.org/permacultura/composta.htm>)

### **Beneficios al elaborar composta**

La composta contiene nitrógeno, fósforo y potasio, que son los tres macronutrientes que refuerzan a las plantas. Contienen también muchos minerales como el zinc, cobre, magnesio y selenio, los cuales son indispensables (en pequeñas cantidades) para la fertilidad de la tierra e inclusive para la salud del hombre. Pero lo más importante es que contiene humus (materia orgánica).

La tierra rica en humus es sumamente suave y fácil de labrar. La tierra con alto contenido de humus se mantiene húmeda por más tiempo y necesita menos agua de riego la cual es escasa y es conveniente aprovecharla lo más eficientemente posible.

Por otra parte, también:

- Se obtiene uno de los mejores fertilizantes orgánicos
- Nutre y mejora el suelo.
- Sirve para el mantenimiento y mejoramiento de las plantas.
- Evita la contaminación (olores y atracción de fauna nociva) al no depositar materia orgánica en la basura.

(<http://html.rincondelvago.com/composta.html>)

### Nutrientes contenidos en distintos estiércoles y humus de lombriz

**Cuadro 2.1.** Nutrientes contenidos en distintos estiércoles y humus de lombriz

Tipo de estiércol	Materia seca	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	OK <sub>2</sub>
Equino	33%	0.67	0.25	0.55
Bovino	18%	0.60	0.15	0.45
Gallina	45%	1.00	0.80	0.40
Lombriz	30-50%	2.42	2.74	1.10

### Lombricomposta

Es el proceso en el cual se utiliza la lombriz de tierra para la transformación de residuos orgánicos, principalmente estiércoles en abonos orgánicos para utilizarlos en los cultivos. La especie de lombriz que se utiliza es la roja californiana *Eisenia foetida*, es una especie domesticada que se

reproduce rápidamente, alcanzando en poco tiempo altas densidades de población, además su manejo es muy fácil. Los abonos orgánicos que se obtienen son humus líquido y lombricomposta, que se pueden aplicar en los cultivos libremente ya que con este tipo de abonos es muy difícil causar intoxicación por exceso.

Otro de los beneficios que se obtiene es la misma reproducción de lombrices. Ya que su propagación es muy acelerada y los excedentes de lombriz se pueden comercializar como: pie de cría para instalar otras plantas de lombricomposta, carnada para pesca, alimentación de peces, aves y ganado o usándola en forma de harina. También puede utilizarse en la alimentación humana, la lombriz tiene un alto contenido de proteínas, además de un excelente contenido de aminoácidos y vitaminas.

([www.uaaan.mx/academic/Horticultura/Memhort05/aprov\\_residuos.pdf](http://www.uaaan.mx/academic/Horticultura/Memhort05/aprov_residuos.pdf)).

### **Usos y beneficios de la lombricomposta**

La calidad de la lombricomposta es muy variable de una cosecha a otra ya que las condiciones bajo las que se produce influyen en el producto final, uno de los factores es la cantidad de agua, si se aplican cantidades fuertes de agua se relava el material quedando más pobre. También la calidad de la lombricomposta está en función del valor nutritivo de los desechos que consume, entre mejor sea la calidad del alimento mejor será la calidad de la lombricomposta.

La lombricomposta o humus de lombriz, tiene un color oscuro a negro, se encuentra en forma de gránulos y con olor a tierra húmeda, es rica en hormonas, auxinas, giberelinas y citocininas, siendo esta última la que se encuentra en mayor concentración. La lombricomposta presenta una carga de microorganismos muy alta, de varios millones por gramo de material seco, lo que genera una alta carga enzimática y bacteriana, que ayuda en la solubilización de los nutrientes en el suelo.

La lombricomposta se puede usar de la misma manera que la composta, pero es un abono de mayor calidad, la forma de distribución es igual y se puede utilizar en todos los cultivos. La lombricomposta tiene más nutrientes, humus y microorganismos por gramo seco que la composta, lo que la convierte en un excelente mejorador de suelos. ([www.uaaan.mx/academic/Horticultura/Memhort05/aprov\\_residuos.pdf](http://www.uaaan.mx/academic/Horticultura/Memhort05/aprov_residuos.pdf)).

### **Composición del humus**

Cuadro 2.2.- Composición del humus

Humedad	30 a 60%
Ph	6.8 a 7.2
Nitrógeno	1 a 2.6%
Fósforo	2 a 8%
Potasio	1 a 2.5%
Calcio	2 a 8%
Magnesio	1 a 2.5%
Materia Orgánica	30 a 70%
Ácido fúlvico	2.8 a 5.8%
Ácido húmico	1.5 a 3%
Sodio	0.02%
Cobre	0.05%
Hierro	0.02%
Manganeso	0.006%
Relación C/N	10 a 11%

## Ácidos húmicos y fúlvicos

Franco y Bañon (1997), mencionan que el humus del suelo no es una sustancia de composición exactamente definida, ni siquiera una agrupación de compuestos en porcentaje determinados, sino que ha de considerarse como un material heterogéneo constituido por un conjunto de sustancias altamente polarizadas, de peso molecular relativamente alto, amorfas, con propiedades coloidales e hidrofílicas muy marcadas, de alta capacidad de intercambio catiónico, gran cantidad de grupos ácidos y constituidas principalmente por carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno.

La mezcla de compuestos orgánicos que se extrae del suelo mediante métodos bien establecidos, o por extensión de materiales orgánicos más o menos humificados pueden denominarse “sustancias húmicas solubles”. Estos materiales solubles constituyen una fracción importante del humus y están formados por ácidos fúlvicos, ácidos húmicos, como polisacáridos y péptidos.

Delbon (2000), menciona que los ácidos fúlvicos provienen de la palabra “fulvus” que significa amarillo; los ácidos fúlvicos son de la misma naturaleza que los ácidos húmicos, pero estos están constituidos por moléculas más pequeñas y menos polimerizadas, son de color rojo oscuro y son llamadas “humus bruto”. Mientras que los ácidos húmicos están formados en el suelo por oxidación de la lignina y de los polifenoles que provocan su polimerización.

Flores (1993), expone que los ácidos húmicos presentan ciertos efectos en la planta como el traslado de nutrientes desde las raíces hasta la parte aérea y del exterior de las hojas hasta lugares de acumulación. Son activadores y estabilizadores de algunas enzimas. Ayudan al desarrollo temprano de las plantas, recuperando la tensión (estrés) de transportes, mayor expansión foliar e incremento del sistema radicular.

Reyna (1996), establece que el efecto de las sustancias húmicas eleva la actividad de los fermentos sintetizantes, en especial la endolasa y sacarosa, lo que conduce a la acumulación de carbohidratos dentro de las plantas. Esto está relacionado con la elevación de la presión osmótica de la planta, que contribuye a una mayor resistencia al marchitamiento en los períodos de sequedad en el aire. Además establece que la participación de estas sustancias húmicas activa los procesos fisiológicos y bioquímicas de las plantas. Señala que dosis bajas de dichas sustancias contribuyen a la elevación de la intensidad de respiración, metabolismo y crecimiento de los organismos vegetales.

### **Acción de las sustancias húmicas**

#### **Sobre la planta**

González y Fernández (2004), mencionan que las sustancias húmicas presentan efectos fisiológicos en la planta. Esto implica que la planta absorbe dichas sustancias.

Los ácidos húmicos se desplazan a la parte aérea en menor cantidad que los fúlvicos siendo estos últimos los que la planta absorbe mejor. Las sustancias húmicas ejercen un efecto favorable sobre la toma y contenido de nutrientes. Para algunos elementos como el cloro, la adición de sustancias húmicas tiene efectos inhibidores, por lo que puede contrarrestar los síntomas de salinidad. Pueden influir directamente en la toma de micronutrientes debido a su capacidad de formar complejos con determinados cationes como hierro, manganeso, zinc, etc. Aumentan la solubilidad del hierro en la disolución del suelo y mejoran su translocación en el interior de la planta. Ya sea mediante aplicación al suelo o foliar, aumentan el crecimiento radicular y la formación de raíces secundarias. Se ha demostrado que en dosis de entre 100 y 300 mg/l de sustancias húmicas se favorece el desarrollo de la parte aérea en plantas de pepino.

Las sustancias húmicas son las formas más comunes de carbón orgánico en el ambiente natural y son extensas en la superficie de la tierra. La mayoría de las sustancias húmicas se unen a los componentes inorgánicos (arcilla y los óxidos), y una parte más pequeña se consigue disuelta en las soluciones del suelo, particularmente bajo condiciones alcalinas. Una característica importante de las sustancias húmicas es que se pueden combinar con los iones de metal, los óxidos y los minerales de la arcilla para formar complejos solubles o insolubles en el agua y puede obrar recíprocamente con los compuestos orgánicos tales como los alkenes, los ácidos grasos las sustancias de capilares activos y los pesticidas. ([http://www.enerex.ca/espanol/productos/humifulvate\\_rx.htm](http://www.enerex.ca/espanol/productos/humifulvate_rx.htm)).

## **Papel biológico de las sustancias húmicas**

Las características físicas y químicas de los ácidos húmicos y de su papel biológico en bacterias, hongos, virus y plantas se han documentado bien. La investigación indica que el ácido húmico está absorbido en vivo, y puede actuar como agente activo que modifica reacciones bioquímicas. Sus efectos sobre el metabolismo de la célula, las enzimas, los radicales libres y los minerales se han documentado en la literatura. La capacidad de los ácidos húmicos de formar enlaces con los iones del metal explica su capacidad de quelatarse con los metales pesados. Los ácidos húmicos también tienen efectos desmutagénicos de actividad antioxidante y anticoagulante ([http://www.enerex.ca/espanol/productos/humifulvate\\_rx.htm](http://www.enerex.ca/espanol/productos/humifulvate_rx.htm)).

## **Evaluación de calidad de las plantas**

En la actualidad se ha ido incrementando la importancia de realizar un estudio detallado de las semillas para distinguir a aquellas que potencialmente pueden producir plántulas normales bajo condiciones favorables en campo de aquellas otras que no tienen valor para siembra (plántulas anormales).

Basándose en observaciones de plántulas individuales y en ensayos comparativos, se ha determinado la importancia de los defectos de las semillas, que pueden repercutir al establecerse en el campo.

El ISTA (1993), señala en sus reglas la determinación de plantas normales y plantas anormales. Mediante este sistema de evaluación se ha agrupado en dos grandes grupos: plantas normales y plantas anormales.

### **Plántula normal**

Es aquella que presenta capacidad para continuar su desarrollo en planta normal cuando se le cultiva en suelo de buena calidad y bajo condiciones favorables de humedad, temperatura e iluminación. Se ha demostrado que no solo las plántulas intactas, en las cuales las partes esenciales están sanas, completas y bien equilibradas, son capaces de producir una planta normal bajo condiciones favorables, sino que ciertos ligeros efectos no impiden que una plántula se desarrolle en planta normal. Por tanto, se clasifican como normales tres categorías de plántulas:

- Plántulas intactas. Presentan una combinación específica de las estructuras esenciales.
- Plantas con ligeros defectos. Presentan ligeros defectos en sus estructuras esenciales, se clasifican como normales siempre que presenten un desarrollo normal y equilibrado comparándolas con las plántulas intactas.
- Plántulas con infecciones secundarias. Se clasifican como normales siempre que sus estructuras esenciales sean por lo demás normales.

## **Plántula anormal**

Plántula anormal es aquella que no presenta capacidad para desarrollarse en una planta normal cuando crece en el suelo bajo condiciones favorables, debido a que tiene una o más de las estructuras esenciales irreparablemente defectuosas. Se pueden distinguir tres grandes grupos de plántulas anormales:

- Plántulas dañadas. Son aquellas que crecen de alguna de las estructuras esenciales o que están seriamente dañadas que impiden un desarrollo equilibrado.
- Plántulas deformes o desequilibradas. Son aquellas con un desarrollo débil o desequilibrado debido a alteraciones internas de carácter fisiológico-bioquímico.
- Plántulas podridas y/o enfermas. Plántulas con alguna de las estructuras esenciales de tal forma enferma o podrida, como consecuencia de una infección primaria, que impide el normal desarrollo.

## **Prueba de germinación estándar**

Su objetivo es determinar el “potencial máximo de germinación” de un lote de semillas. Este valor puede a su vez usarse para comparar la calidad de diferentes lotes y estimar el valor de siembra. Las condiciones de ejecución de la prueba son las óptimas para la especie, para asegurar que

las semillas germinen en la forma más regular, rápida y completa posible. De esta manera, la germinación en este ensayo se entiende como el crecimiento de una plántula hasta un estado tal en que sus estructuras esenciales pueden evaluarse y estimar su futuro crecimiento bajo condiciones favorables de suelo ([http://www.inta.gov.ar/oliveros/info/documentos/dia\\_campo/artic11.htm](http://www.inta.gov.ar/oliveros/info/documentos/dia_campo/artic11.htm))

## **MATERIALES Y METODOS**

### **Ubicación del sitio experimental**

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en el Laboratorio de Ensayo de Semillas del Centro de Capacitación y Desarrollo de Tecnología de Semillas de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, que se encuentra geográficamente situada en las coordenadas 25° 22" de latitud norte, y 101° 00" de longitud oeste con una altura de 1743 msnm, ubicada en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

### **Material genético**

La semilla utilizada en el presente estudio fue Cebada (*Hordeum vulgare*). La semilla fue previamente sometida a una prueba de germinación para así poder determinar su valor germinativo, se usó semilla deteriorada y se obtuvo un 57% de germinación.

### **Tratamientos**

El presente trabajo consistió en 18 tratamientos, con tres repeticiones cada uno incluyendo un testigo, dichos tratamientos se describen a continuación:

## **Descripción de los tratamientos**

### **Biodigestado líquido de composta**

Este líquido se obtiene al separar la parte humificada y mineralizada de la composta, que se genera durante el escurrimiento al momento de regar la cama que contiene el material compostado, ya que para su mantenimiento se requiere una humedad de 70 a 80 %.

### **Biodigestado líquido de lombricomposta**

Se obtiene de igual manera que el anterior solo que en este caso se emplea a la lombriz que se deposita en las camas y se colectan los escurrimientos que se generan regando la cama a una humedad del 80% y lo constituyen diversos nutrientes.

### **Biodigestado líquido mixto**

Se obtiene a partir de la combinación del Biodigestado líquido de composta y de lombricomposta en una relación de 1:1, los cuales se complementan uno al otro en función de los nutrientes.

### **Sedimento de composta**

Es el material precipitado que resulta a partir del Biodigestado líquido de composta cuando es llevado a una estufa a 45°C. Y es tamizado posteriormente para usarlo y aplicarlo en polvo.

### **Sedimento de lombricomposta**

Para la obtención de este se sigue el mismo proceso que el sedimento de composta, la diferencia es que este se obtiene del Biodigestado líquido de lombricomposta, su utilización también es en polvo.

### **Sedimento mixto**

Es la mezcla de los biodigestados líquidos de composta y lombricomposta en relación 1:1, dicha mezcla se lleva a una estufa a 45°C y el sedimento es tamizado para su utilización en polvo.

### **Lombricomposta en polvo**

Es obtenido de la lombricomposta directamente de una cama, se somete a una temperatura de 45°C en una estufa para eliminar su humedad y posteriormente se tamiza.

### **Biozyme TS (testigo relativo 1)**

Es un producto comercial del Grupo Bioquímico Mexicano (GBM), que es exclusivo para el tratamiento de semillas, es un estimulante de la germinación, regulador de crecimiento vegetal, líquido, que trabaja a partir de extractos de origen vegetal y fitohormonas, como giberelinas (77.4ppm), ácido indolacético (33ppm) y Zeatina (128.7ppm).

## **Biozyme PP (testigo relativo 2)**

Producto comercial de GBM. Es también un estimulante de la germinación, utilizado para el tratamiento de las semillas. Fuente natural de estimulantes biológicamente activos, que promueven una rápida y uniforme germinación de las semillas, un mejor desarrollo del sistema radicular y la protección a algunas condiciones adversas en las primeras fases de desarrollo de las plántulas.

## **Agua (testigo absoluto)**

Se usó para comparar la respuesta de todos los productos. Teniendo este solo la humedad que se aplicó a las hojas de papel que fueron usadas para formar tacos y probar la germinación.

A continuación se presentan los diferentes tratamientos:

**T1:** Biodigestado Líquido Mixto (BLM).

**T2:** Sedimento Mixto (SM).

**T3:** Sedimento de composta (SC).

**T4:** Biodigestado Líquido mixto + Biodigestado Líquido de Composta (BLM + BLC).

**T5:** Biodigestado Líquido Mixto + Biodigestado Líquido de Lombricomposta (BLM + BLL).

**T6:** Biodigestado Líquido Mixto + Sedimento de Lombricomposta (BLM+SL).

**T7:** Biodigestado Líquido Mixto + Lombricomposta en Polvo (BLM + LP).

**T8:** Sedimento Mixto + Biodigestado Líquido de Composta (SM + BLC).

**T9:** Sedimento Mixto + Biodigestado Líquido de Lombricomposta (SM+BLL).

**T10:** Sedimento Mixto + Sedimento de Lombricomposta (SM + SL).

**T11:** Sedimento Mixto + Lombricomposta en Polvo (SM + LP).

**T12:** Sedimento de composta + Biodigestado Líquido de Composta (SC + BLC)

**T13:** Sedimento de composta + Biodigestado Líquido de Lombricomposta (SC + BLL).

**T14:** Sedimento de composta + Sedimento de Lombricomposta (SC + SL).

**T15:** Sedimento de composta + Lombricomposta en Polvo (SC + LP).

**T16:** Biozyme TS, "Tratamiento de Semillas", Testigo Relativo 1, (BTS).

**T17:** Biozyme PP, "Polvo Plus", Testigo Relativo 2, (BPP).

**T18:** Agua, Testigo Absoluto, (Ag).

La dosis de los productos orgánicos se estandarizó en relación a las citocininas (zeatina) y de acuerdo a los productos comerciales (Biozyme); y los resultados para la aplicación a la semilla de cebada se muestra en el (Cuadro 3.1).

**Cuadro 3.1.-**Dosis de aplicación en base al peso de 600 semillas, (equivalente a 25 gr.), según la dosis por kilogramo de semilla dada por la Zeatina de los productos comerciales.

TRATAMIENTOS	DOSIS POR KG. DE SEMILLA		DOSIS PARA 600 SEMILLAS	
T1: BLM	4.68 ml BLM		0.117 ml BLM	
T2: SM	3.33 gr SM		0.083 gr SM	
T3: SC	7.48 gr SC		0.187 gr SC	
T4: BLM+BLC	4.25 ml BLM	4.25 ml BLC	0.106 ml BLM	0.106 ml BLC
T5: BLM+BLL	4.49 ml BLM	4.49 ml BLL	0.112 ml BLM	0.112 ml BLL
T6: BLM+SL	4.02 ml BLM	4.02 gr SL	0.100 ml BLM	0.100 gr SL
T7: BLM+LP	4.67 ml BLM	4.67 gr LP	0.117 ml BLM	0.117 gr LP
T8: SM+BLC	3.11 gr SM	3.11 gr BLC	0.077 gr SM	0.077 m BLC
T9: SM+BLL	3.23 gr SM	3.23 gr BLL	0.081 gr SM	0.081 m BLL
T10: SM+SL	2.98 gr SM	2.98 gr SL	0.074 gr SM	0.074 gr SL
T11: SM+LP	3.32 gr SM	3.32 gr LP	0.083 gr SM	0.083 gr LP
T12: SC+BLC	6.45 gr SC	6.45 gr BLC	0.161 gr SC	0.161 ml BLC
T13: SC+BLL	7.01 gr SC	7.01 ml BLL	0.175 gr SC	0.175 gr BLL
T14: SC+SL	5.93 gr SC	5.93 gr SL	0.148 gr SC	0.148 gr SL
T15: SC+LP	7.47 gr SC	7.47 gr LP	0.186 gr SC	0.186 gr LP
T16: BTS	2.00 ml BTS		0.05 ml BTS	
T17: BPP	5.38 gr BPP		0.134 gr BPP	
T18: Ag	-----		Humedad del Taco	

## Análisis de laboratorio de los productos orgánicos

De acuerdo a los análisis realizados en el laboratorio de investigación del Grupo Bioquímico Mexicano (Cuadro 3.2), los productos: Sedimento mixto (SM), Biodigestado Líquido Mixto (BLM), y Sedimento de composta (PC), son los que presentan la mayor cantidad zeatina. Es importante añadir que también estos productos contienen microelementos (Cuadro 3.3).

**Cuadro 3.2.** Análisis de laboratorio para detectar el contenido de fitohormonas en los productos orgánico-hormonales, derivados de la lombricultura y composteo.

Muestra	Actividad biológica equivalente a ppm por Litro ó Kilogramo de producto		
	GA <sub>3</sub>	Zeatina	ÁIA
BLC	0.02	5.50	0.27
BLM	0.01	55.00	0.29
BLL	0.002	2.30	0.12
SM	0.09	77.27	0.24
SL	1.20	9.00	3.33
SC	0.14	34.38	0.27
LP	0.04	0.07	2.92

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

**Cuadro 3.3.** Resultados de laboratorio para detectar el contenido de microelementos en los productos orgánico-hormonales, derivados de la lombricultura y composteo.

Muestra	Mg ppm	Cu ppm	Fe ppm	Mn ppm	Zn ppm	pH (%)	Da g/mL
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	----

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

## **Preparación de los tratamientos**

Se realizó una prueba preliminar de germinación en la semilla de cebada, con la finalidad de conocer el porcentaje que presentaba, dando como resultado un 57 % de germinación inicial. Se procedió a hacer un conteo de 600 semillas para conocer su peso, esto con la finalidad de hacer las equivalencias de acuerdo a las cantidades de producto recomendadas por los productos comerciales, que son para un kilogramo de semilla (Cuadro 3.1).

Una vez obtenidas las dosis para cada tratamiento, estas fueron pesadas y medidas para agregarlas a las semillas, las cuales se colocaron en 18 cajas petri, donde se aplicó la dosis de acuerdo al tratamiento correspondiente con un aspersor se aplicó una pequeña cantidad de una solución de agua con savia de zábila (*Aloe vera*) que sirvió de adherente para la aplicación de los productos. Posteriormente se homogenizó el producto en la aplicación a las 600 semillas para cada tratamiento y se dejó reposar por un tiempo para la absorción de éste en las semillas.

## **Laboratorio**

### **Proceso de siembra**

La siembra se realizó el día 3 de noviembre de 2005, en la cual se pusieron tacos, usando papel para germinación. Se trazó una línea

horizontal a lo largo de la hoja y a partir de esta se marcaron líneas perpendiculares a cada 2 cm, de acuerdo a las reglas de la ISTA (como la prueba de vigor de longitud media de plúmula), para facilitar la toma de datos en las variables que se evaluaron.

En la línea del centro de las hojas se puso una cinta adherente de doble cara, en la cual fueron colocadas 25 semillas con el embrión orientado en sentido contrario del rayado. Posteriormente las hojas fueron humedecidas y se cubrieron con otra hoja de papel, se enrolló y se marcó en la parte inferior del taco cada tratamiento, para su identificación.

Se trabajó con 18 tratamientos, cada uno con tres repeticiones (cuatro tacos por repetición), estos se acomodaron en bolsas de polietileno de acuerdo al tratamiento y se colocaron en una cámara de germinación a una temperatura de  $25\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ . Para mantener la humedad del taco, se aplicó un riego con agua al tercer día después de la siembra de acuerdo a las necesidades presentadas.

## **Variables evaluadas en laboratorio**

### **Germinación estándar (GS)**

Se llevo acabo 8 días después de la siembra, tomando en cuenta todas aquellas semillas que fueron capaces de germinar y producir una plántula normal tomándose los siguientes datos:

- Plántulas normales (% germinación).
- Plántulas anormales.
- Semillas sin germinar y/o muertas.

### **Longitud media de plúmula (LMP)**

Las plántulas utilizadas para determinar la longitud media de plúmula provinieron de las plantas normales, las cuales fueron 10 plantas por repetición, se midió la longitud de plúmula en cm. con la ayuda de una regla, en forma independiente para cada tratamiento. Las longitudes de plúmula total solo se tomaron de las plántulas normales y dividiéndose entre el número de plántulas totales (10 plántulas por repetición).

### **Longitud media de radícula (LMR)**

Para determinar la longitud de radícula se utilizaron las 10 plantas mismas que fueron utilizadas para longitud de plúmula, se midió la longitud de radícula en cm. con la ayuda de una regla, en forma independiente para cada tratamiento. Las longitudes totales se dividieron entre el número de plantas por repetición (10 plántulas).

### **Peso fresco de plántula (PFP)**

Las plántulas utilizadas para esta variable son las que utilizamos para evaluar la germinación estándar, longitud de plúmula y longitud de radícula

las cuales se pesaron en una balanza analítica de precisión de 0.0001gr, expresado en miligramos.

### **Peso seco de plántula (PSP)**

A las plántulas normales de la prueba de LMP se les eliminó la testa, quedando las raíces y plúmulas, las cuales se metieron en bolsas de papel perforadas y se colocaron en la estufa de circulación forzada a 65°C por 24 horas. Ya pasado el tiempo, se colocaron las bolsas en desecadores, posteriormente se pesó la bolsa más la plántula, se eliminó la plántula seca y se pesó la bolsa. El peso seco se determinó como el valor de la resta del peso de la bolsa más plántula al peso de la bolsa sola. El valor obtenido se dividió entre el número de plántulas normales que correspondió y se multiplicó por mil para obtener el peso seco en miligramos por planta.

## **Invernadero**

### **Proceso de siembra**

La siembra fue efectuada el día 17 de febrero de 2006, en el invernadero número 5 de las instalaciones de la Universidad, en donde se utilizaron charolas germinadoras de 200 cavidades, utilizando el sustrato Peat-moss que fue humedecido antes de ponerlo en las charolas. Se trabajó con los mismos 18 tratamientos, con 3 repeticiones cada uno, sembrando 20 cavidades por repetición, depositando una semilla por cavidad. La distribución de los tratamientos y sus repeticiones se realizó al azar.

## **Variables evaluadas en invernadero**

### **Emergencia total (ET)**

Este parámetro se obtuvo a los 15 días después de la fecha de siembra, registrando su emergencia total de las semillas sembradas, en donde se contaron las plántulas emergidas de 4 a 5 milímetros sobre la superficie del sustrato y su expresión fue reportada en por ciento. Al mismo tiempo se evaluaron plántulas fuertes, plántulas débiles y semillas sin germinar.

### **Longitud media de plúmula (LMP)**

Con respecto a este parámetro se determinó el mismo día, en donde se tomaron 5 plántulas que presentaran uniformidad, las cuales fueron medidas con una regla graduada, desde la base del tallo hasta el ápice de las hojas, en donde se obtuvo un promedio entre ellas.

### **Longitud media de radícula (LMR)**

Para la evaluación de esta variable, se tomaron las mismas 5 plántulas que se tomaron en la variable anterior, en donde se midieron con una regla graduada desde el cuello de la planta hasta el meristemo de crecimiento de la radícula y así poder determinar su promedio expresándolo en centímetros.

### **Peso fresco de plántula (PFP)**

Para la medición de esta variable se procedió a tomar el peso fresco de 5 plántulas por cada repetición, se pesaron en una balanza analítica y se determinó su peso fresco en miligramos/plántula.

### **Peso seco de plántula**

Al ser sometidas las mismas 5 plántulas a una estufa a 65 °C, posteriormente se pesaron en la balanza analítica y se obtuvo el peso expresándolo en miligramos por plántula, como un valor promedio del total de plántulas medidas.

### **Análisis de estadístico**

Una vez obtenidos los datos se realizó el análisis estadístico (ANVA) de los resultados en el paquete estadístico Statistical Analysis System (SAS) Versión 7.0, en el cual se llevaron acabo los distintos análisis de varianza de las medias de los tratamientos.

Posteriormente y en base a los resultados del análisis de varianza, se realizó una comparación de medias mediante la prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ). En dicho trabajo se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) con igual número de repeticiones.

## Modelo estadístico

El modelo estadístico para un diseño completamente al azar con igual número de repeticiones es el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \xi_{ij}$$

Donde:

$Y_{ij}$  = Denota la j-ésima medición del tratamiento i-ésimo.

$\mu$  = Es la media general.

$T_i$  = Es el efecto del i-ésimo tratamiento.

$\xi_{ij}$  = Es el error experimental en la j-ésima medición del i-ésimo tratamiento.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Laboratorio

En el cuadro 4.1 se presentan los cuadrados medios y significancia del análisis de varianza para las variables evaluadas en semillas y plántulas de cebada tratada con productos orgánico-hormonales. En dicho cuadro se observa que para las variables: semilla sin germinar, longitud de radícula y plúmula, así como peso fresco y seco de la plántula, se encontraron diferencias altamente significativas para la fuente de tratamientos, para el caso de germinación estándar sólo se encontró diferencias significativas y para la variable de plántulas anormales no se encontraron dichas diferencias. Los coeficientes de variación oscilaron entre 4.31 y 28.48 %.

**Cuadro 4.1.** Cuadrados medios y significancia del Análisis de Varianza para las variables evaluadas en el Laboratorio en semilla y plántula de cebada.

FV	VARIABLES EVALUADAS							
	GL	GS (%)	PA (%)	SSG (%)	LMP (cm)	LMR (cm)	PFP (mg)	PSP (mg)
Trat.	17	104.04*	9.05 <sup>NS</sup>	88.67**	4.59**	4.14**	4132.6**	21.66**
E.Exp.	36	62.09	8.11	16.51	0.30	0.60	455.81	4.75
C.V. (%)		11.07	28.48	22.41	4.31	6.08	7.77	6.87

\*\* Nivel de Significancia ( $\alpha= 0.01$ )

\* Nivel de Significancia ( $\alpha= 0.05$ )

<sup>NS</sup> No Significativo

Debido a las diferencias significativas por algunas variables, se procedió a realizar una prueba de comparación de medias mediante la prueba de Tukey ( $\alpha= 0.05$ ).

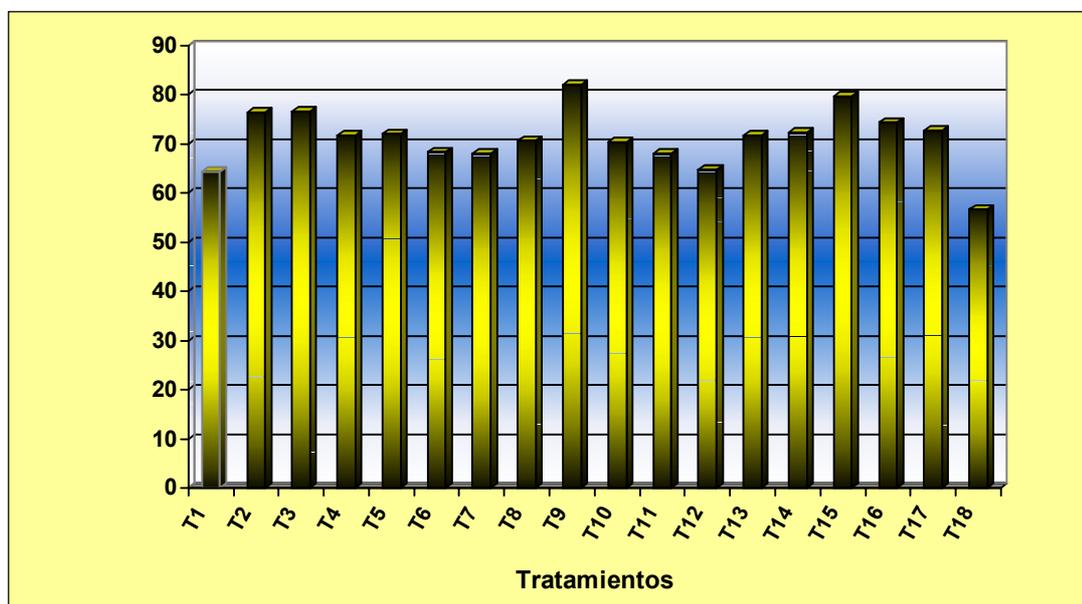
**Cuadro 4.2.** Comparación de medias de las variables evaluadas en laboratorio, en semillas y plántulas de cebada, tratadas con productos orgánico-hormonales.

Trat.	GS (%)	PA (%)	SSG (%)	LMP (cm)	LMR (cm)	PFP (mg)	PSP (mg)
T1	64.3 AB	11.0	24.6 AB	13.7 A	11.7 A	295.8 A	31.2 A
T2	76.3 AB	11.3	12.3 BC	13.2 A	12.2 A	289.7 A	32.9 A
T3	76.6 AB	9.3	14.0 BC	13.4 A	11.9 A	293.9 A	31.0 A
T4	71.6 AB	12.3	16.0 BC	13.7 A	12.8 A	287.3 A	31.8 A
T5	72.0 AB	8.6	19.3 BC	13.6 A	12.8 A	271.4 A	32.9 A
T6	68.3 AB	<b>13.0</b>	18.6 BC	12.6 A	13.3 A	280.1 A	31.2 A
T7	68.0 AB	7.3	24.6 AB	13.5 A	12.3 A	279.2 A	34.6 A
T8	70.6 AB	11.6	17.6 BC	12.4 A	13.8 A	271.3 A	30.2 A
T9	<b>82.0 A</b>	7.3	<b>10.6 C</b>	13.3 A	13.0 A	297.4 A	33.6 A
T10	70.3 AB	11.6	18.0 BC	13.2 A	13.7 A	294.1 A	32.0 A
T11	68.0 AB	10.6	21.3 ABC	12.6 A	12.8 A	271.0 A	32.1 A
T12	64.6 AB	7.6	14.3 BC	<b>13.8 A</b>	13.2 A	293.8 A	34.4 A
T13	71.6 AB	8.0	20.3 BC	13.2 A	12.9 A	257.8 A	31.7 A
T14	72.3 AB	11.0	16.6 BC	12.8 A	13.7 A	286.6 A	<b>34.8 A</b>
T15	79.6 AB	9.0	<b>11.3 C</b>	13.1 A	<b>13.9 A</b>	<b>298.4 A</b>	32.6 A
T16	74.3 AB	9.6	16.0 BC	12.2 A	12.8 A	280.0 A	29.4AB
T17	72.6 AB	10.0	17.3 BC	12.4 A	12.7 A	262.5 A	30.6 A
T18	56.6 B	10.3	33.0 A	8.2 B	8.72 B	<b>134.3 B</b>	22.7 B

De acuerdo a los resultados obtenidos del análisis de varianza realizado en las diferentes variables evaluadas, se encontraron los siguientes resultados:

### Germinación estándar

Para esta variable se observa que el mejor tratamiento de mayor respuesta a la germinación fue el T<sub>9</sub> (SM+BLL), sobresaliendo de los demás tratamientos ya que obtuvo un 82.0 % de germinación, seguido de los tratamientos T<sub>15</sub> (SC+LP) y T<sub>3</sub> (SC) con 79.6 y 76.6 % respectivamente, y los tratamientos de menor respuesta a esta variable fueron el tratamiento T<sub>1</sub> (BLM) y T<sub>18</sub> (Testigo absoluto), con 64.3 y 56.6 % de germinación respectivamente (Figura 4.1).

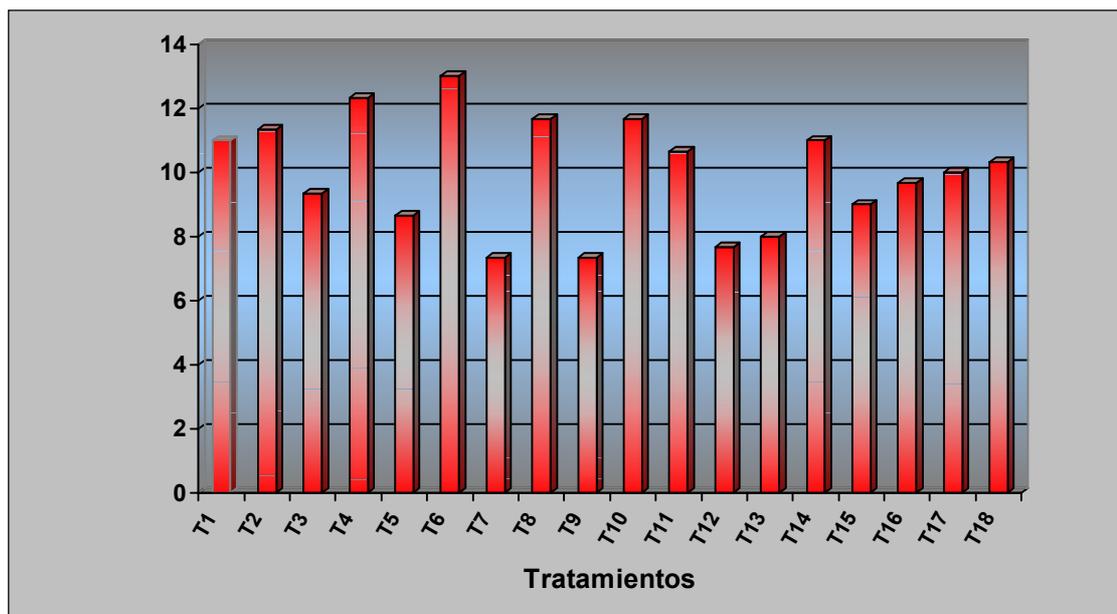


**Figura 4.1.** Porcentaje de germinación en semilla de cebada tratada con productos orgánico-hormonales, evaluado 8 días después de la fecha de siembra.

Como se puede observar la combinación de sedimento mixto + biodigestado líquido de lombricomposta propicia una mejor germinación que los demás tratamientos que a mayor concentración mayor germinación, además algunos abonos orgánicos favorecieron una mayor germinación que el testigo y los productos comerciales (BTS) Y (BPP). Por lo que se determina que estos productos orgánicos tienen efecto sobre la germinación favoreciendo el requerimiento nutritivo u hormonal de la semilla de cebada.

### **Plántulas anormales**

No se realizó una prueba de comparación de medias, debido a que no existen diferencias significativas entre las medias de los tratamientos, sin embargo, numéricamente mostró que el tratamiento con un bajo porcentaje de anomalía en plántulas fue el T<sub>7</sub> con 7.3%. Por otro lado, el tratamiento T<sub>6</sub> y T<sub>4</sub> (con 13.0 y 12.3 % respectivamente), presentaron la mayor presencia de plántulas anormales como se muestra en la Figura 4.2.

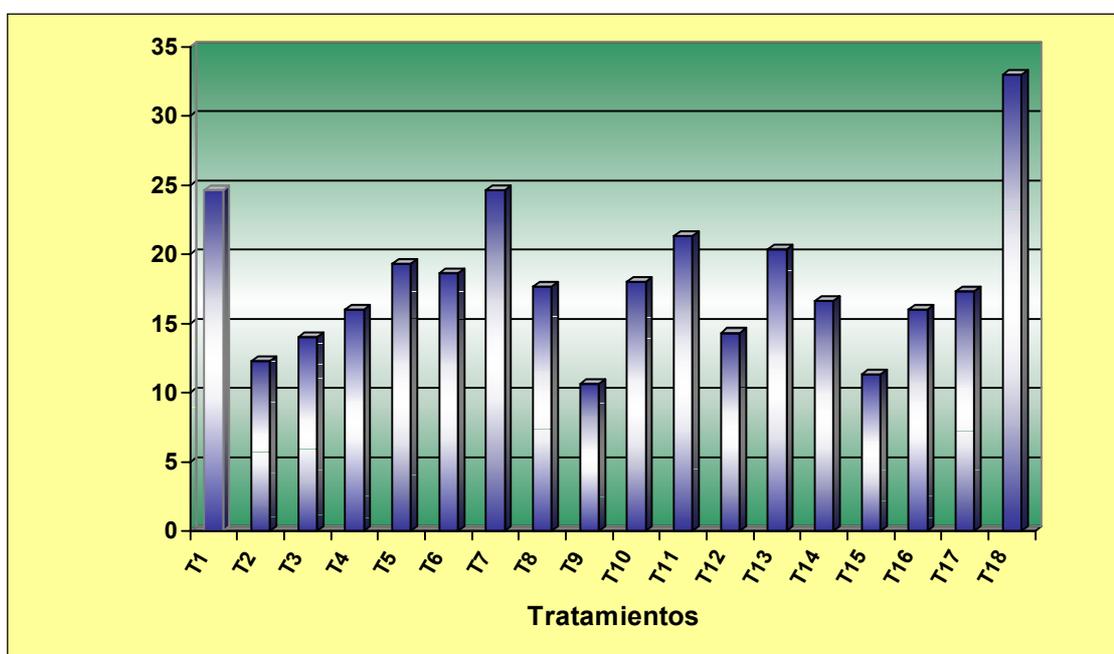


**Figura 4.2.** Porcentaje de plántulas anormales de semilla de cebada tratada con productos orgánico-hormonales, evaluado 8 días después.

## Semillas sin germinar

Para este parámetro, las medias de los tratamientos muestran que el tratamiento que presentó un menor porcentaje semillas sin germinar fue el T<sub>9</sub> con 10.66 %, seguido del T<sub>15</sub> con 11.33 %, y aquel tratamiento que reportó mayor número de semillas sin germinar fue el T<sub>18</sub> con un 33.0 % que es el testigo absoluto, seguido de el T<sub>1</sub> y T<sub>7</sub> con 24.66 % cada uno.

Los tratamientos T<sub>9</sub> y T<sub>15</sub> presentaron el menor porcentaje de semilla sin germinar, debido a que propiciaron una mayor germinación de plántulas normales y anormales, lo que también indica que aquella semilla con poca o nula posibilidad de germinar, al ser tratada con productos orgánico-hormonales, pudiera propiciar menos anomalía de plántulas y con ello reducir el número de semillas sin germinar (Figura 4.3).

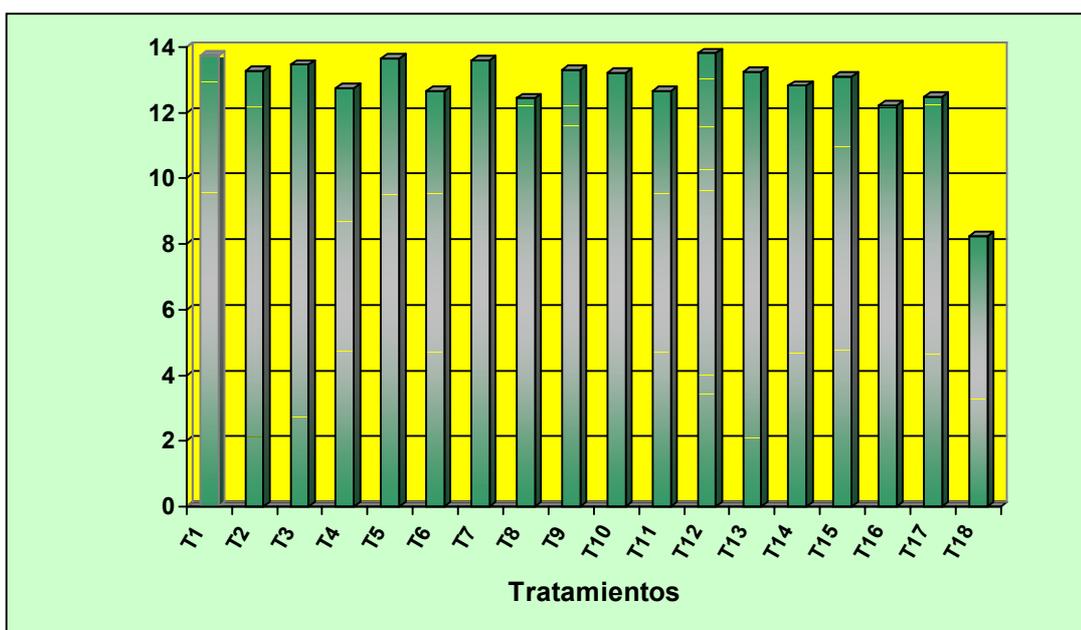


**Figura 4.3.** Porcentaje de semilla sin germinar de cebada, tratadas con productos orgánico-hormonales, evaluado 8 días después de la fecha de siembra.

### Longitud media de plúmula

En la prueba de comparación de medias realizada para esta variable, nos indica que el tratamiento que produce mayor elongación de plúmula es el T<sub>12</sub> (con 13.81 cm), seguido del T<sub>1</sub> (con 13.73 cm), sin embargo el tratamiento que produce menor efecto en la elongación de la misma es el tratamiento T<sub>18</sub> (Testigo absoluto) con 8.24 cm

El sedimento de composta (SC) en combinación con el biodigestado líquido de composta (BLC) y por su parte, el biodigestado líquido mixto (BLM), propician mayor longitud de plúmula. Además de que la mayoría de los productos orgánicos presentan una mejor respuesta a la elongación de plúmula, en comparación con los productos comerciales y el testigo, lo cual determina que los componentes de estos productos orgánico-hormonales, en concentraciones dadas, favorecen un mayor desarrollo foliar, (Fig. 4.4).

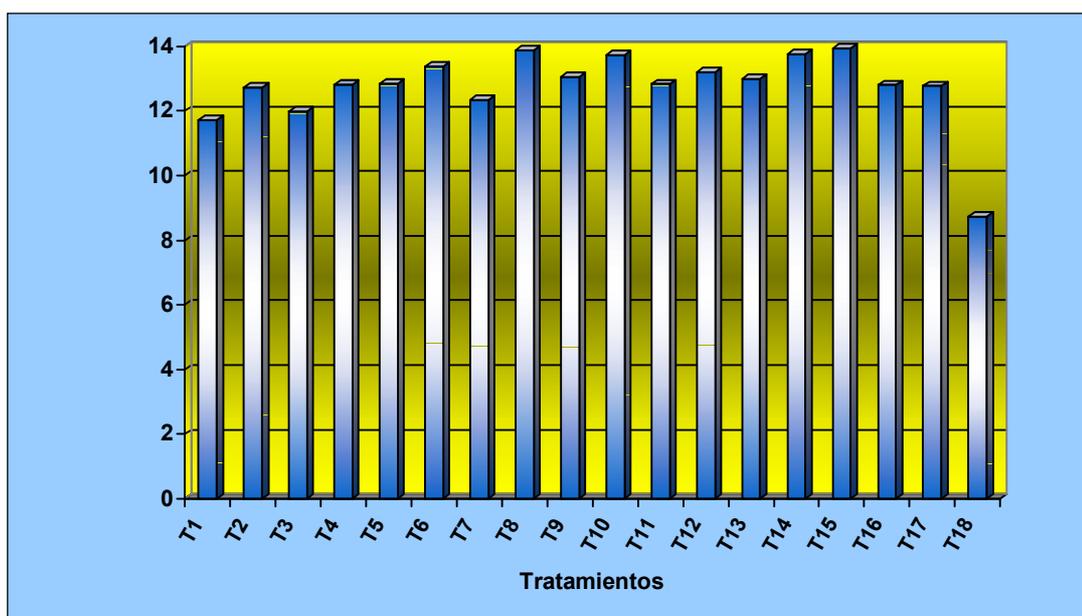


**Figura. 4.4.** Longitud media de plúmula (cm) en plántulas de cebada, evaluada 8 días después de la fecha de siembra.

### Longitud media de radícula

En la prueba de medias (Tukey), para la variable de longitud media de radícula, se puede observar que todos los tratamientos superaron al testigo y aunque son estadísticamente iguales, el tratamiento que numéricamente obtuvo la mejor longitud de radícula fue el T<sub>15</sub> con 13.95 cm, seguido de los tratamientos T<sub>8</sub> y T<sub>14</sub> con 13.88 y 13.75cm respectivamente y el que obtuvo menor longitud de radícula fue el T<sub>18</sub> (testigo) con 8.72cm.

En esta variable se puede observar que el tratamiento a base de Sedimento de composta + Lombricomposta en polvo presentó mayor longitud de radícula lo cual nos indica que es un producto que propicia más rápidamente la división celular, lo cual resulta en un rápido crecimiento radicular debido al alto contenido de zeatina y microelementos de los productos anteriormente mencionados (Figura 4.5).

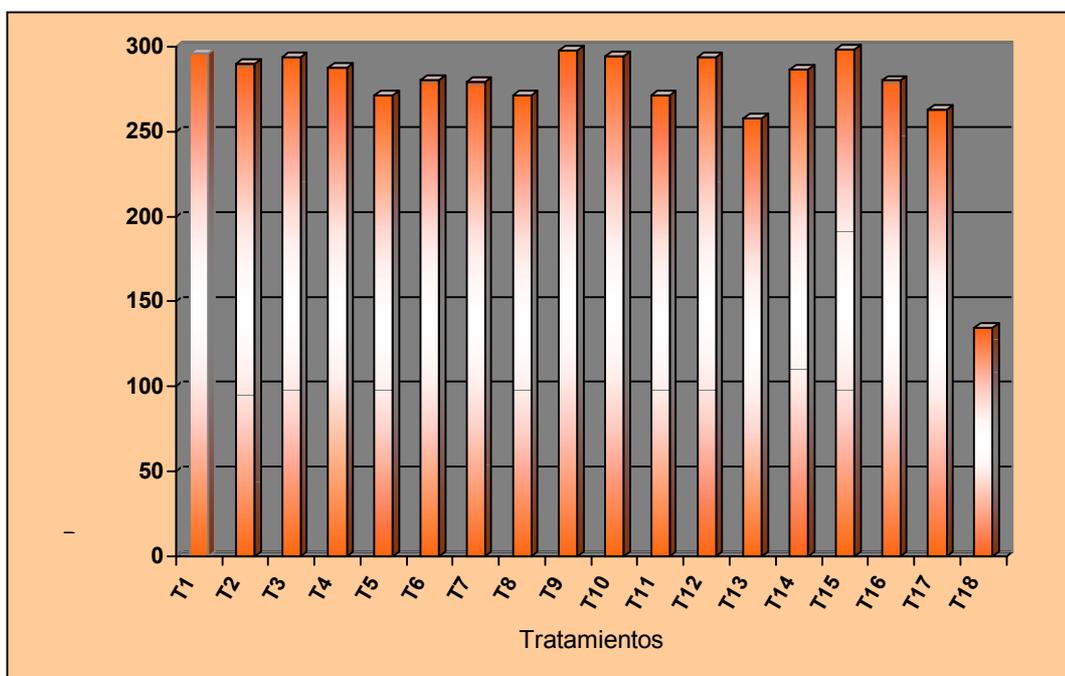


**Figura 4.5.** Longitud media de radícula (cm), en plántula de cebada, evaluada 8 días después de la fecha de siembra.

## Peso fresco de plántula

La prueba de medias realizada para esta variable, nos indica que el tratamiento T<sub>15</sub> fue el que obtuvo el mayor peso fresco de plántula con 298.46 mg/plántula, seguido del T<sub>9</sub> con 297.49 mg/plántula y los tratamientos que presentaron menor peso fueron el T<sub>17</sub>, T<sub>13</sub> y T<sub>18</sub> (Testigo), con 262.51, 257.87 y 134.34 mg/plántula respectivamente.

En esta variable era de esperarse que el T<sub>15</sub> fuera el mejor, ya que fue el mejor en las variables longitud de radícula y menor porcentaje de semilla sin germinar, además de que todos los tratamientos que contenían productos orgánico-hormonales presentaron mejor peso fresco que el testigo, lo que significa que los componentes de estos productos, también tienen efecto directo en el peso de plántula (Figura 4.6).

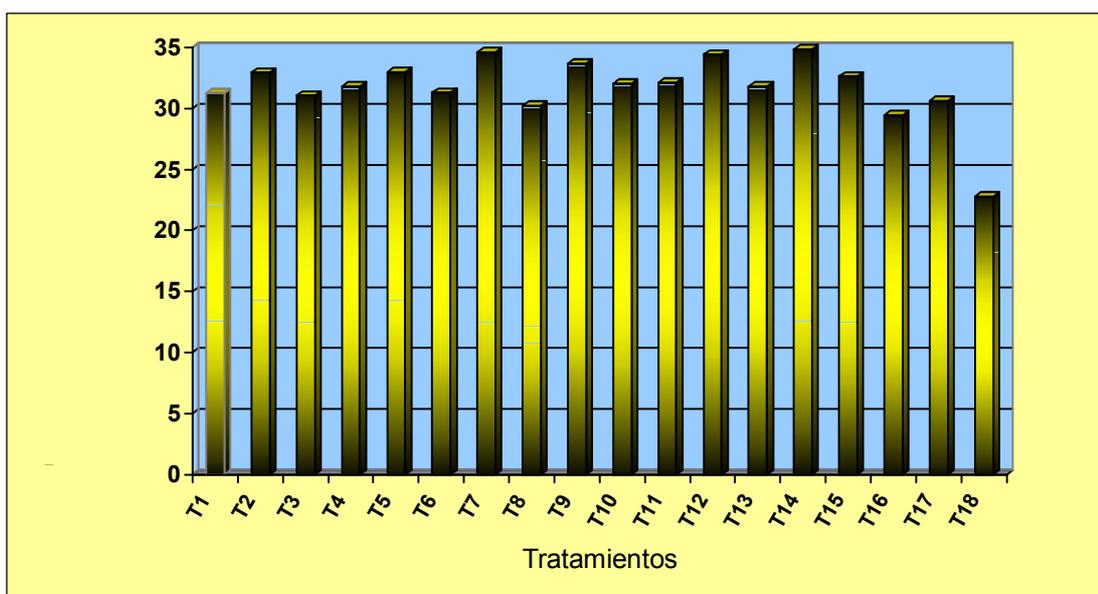


**Figura 4.6.** Peso fresco de plántula de cebada (mg/plántula), al tratar la semilla con productos orgánico-hormonales, evaluado 8 días después de la fecha de siembra.

### Peso seco de plántula

Para el peso seco de plántula, en la prueba de medias (Tukey), se encontró que el tratamiento T<sub>14</sub> obtuvo el mayor peso seco con 34.85 mg/plántula, seguido del T<sub>7</sub> con 34.60 mg/plántula y los tratamientos que presentaron menor peso seco fueron el T<sub>17</sub>, T<sub>16</sub> y T<sub>18</sub> (Testigo) con 30.60, 29.42, y 22.78 mg/plántula respectivamente (Figura 4.7).

Para este caso se esperaba que el mismo tratamiento T<sub>15</sub> diera el más alto valor de peso seco de plántula, sin embargo se asume que el alto contenido de agua en peso fresco pudo ser el factor primordial en dar ese alto valor de peso, siendo que para el caso del T<sub>14</sub> en peso seco superó al resto de los tratamientos, consecuentemente todos los tratamientos basados en productos orgánico-hormonales, superaron a los productos comerciales y al testigo absoluto (agua).



**Figura 4.7.** Peso seco de plántula de cebada (mg/plántula), al tratar la semilla con productos orgánico-hormonales, evaluado 8 días después de la fecha de siembra.

## Invernadero

En el Cuadro 4.3, se presentan los cuadrados medios y niveles de significancia del análisis de varianza para las variables evaluadas en semillas y plántulas de cebada (en la etapa de invernadero) tratadas con productor orgánico-hormonales. En dicho cuadro se observa que todas las variables evaluadas (Emergencia total, longitud media de radícula y plúmula, así como peso fresco y seco de plántula) resultaron altamente significativas para la fuente de tratamientos. Los coeficientes de variación oscilaron entre 6.05 y 16.06 %, lo que demuestra que el trabajo se condujo adecuadamente y los resultados indican confiabilidad.

**Cuadro.4.3.** Cuadrados medios del análisis de varianza para las variables evaluadas en invernadero, en semilla y plántula de cebada tratada con productos orgánico-hormonales.

FV	VARIABLES EVALUADAS					
	GL	ET (%)	LMP (cm)	LMR (cm)	PFP (mg)	PSP (mg)
Trat.	17	4307.87**	36.94**	36.69**	89655.36**	1182.68**
E.Exp.	36	3916.66	19.15	20.25	118086.70	1628.89
C.V. (%)		16.06	6.05	7.64	12.25	12.29

\*\* Nivel de Significancia ( $\alpha= 0.01$ )

\* Nivel de Significancia ( $\alpha= 0.05$ )

NS No Significativo

Debido a las diferencias significativas encontradas para las medias de los tratamientos en todas las variables evaluadas, se procedió a realizar una prueba de comparación de medias (Tukey,  $\alpha = 0.05$ ), dando como resultado lo siguiente (Cuadro 4.4):

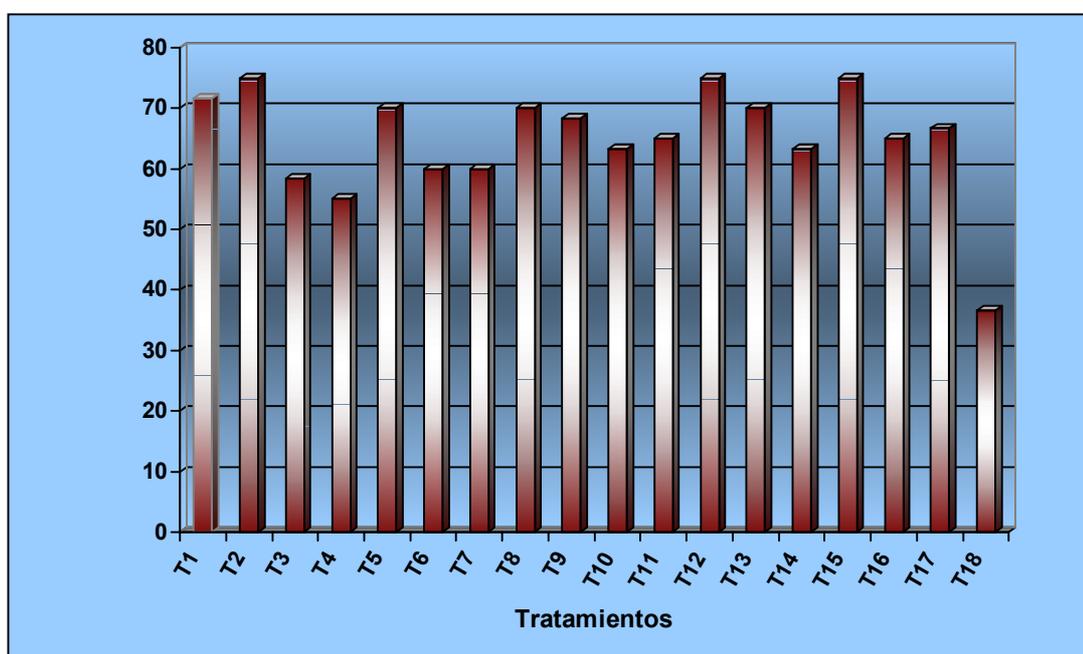
**Cuadro 4.4.** Comparación de medias de las variables evaluadas en invernadero, en semillas y plántulas de cebada, tratadas con productos orgánico-hormonales.

Trat.	ET (%)	LMP (cm)	LMR (cm)	PFP (mg)	PSP (mg)
T1	71.66 A	13.00 A	10.14 ABCD	481.08 AB	52.96 AB
T2	<b>75.00 A</b>	<b>13.02 A</b>	11.01 AB	<b>519.19 A</b>	<b>62.50 A</b>
T3	58.33 AB	12.66 A	<b>11.35 A</b>	481.29 AB	51.28 AB
T4	55.00 AB	11.48 AB	9.56 ABCD	<b>516.46 A</b>	53.65 AB
T5	70.00 A	12.46 A	9.34 ABCD	485.48 AB	50.34 AB
T6	60.00 AB	11.86 A	10.07 ABCD	442.58 AB	49.80 AB
T7	60.00 AB	12.66 A	9.57 ABCD	463.95 AB	50.10 AB
T8	70.00 A	11.22 AB	10.00 ABCD	400.05 AB	46.00 AB
T9	68.33 AB	12.97 A	10.46 ABC	484.99 AB	51.59 AB
T10	63.33 AB	12.18 A	10.41 ABC	458.14 AB	49.87 A B
T11	65.00 AB	12.02 A	9.38 ABCD	472.82 AB	50.52 AB
T12	<b>75.00 A</b>	12.48 A	10.18 ABCD	471.57 AB	48.72 AB
T13	70.00 A	11.54 AB	10.21 ABCD	454.49 AB	49.63 A B
T14	63.33 AB	11.90 A	9.60 ABCD	495.25 AB	54.07 AB
T15	<b>75.00 A</b>	12.70 A	10.20 ABCD	502.30 AB	53.04 AB
T16	65.00 AB	11.48 AB	8.25 CD	464.03 AB	49.50 AB
T17	66.66 AB	11.66 AB	8.79 BCD	475.68 AB	49.85 AB
T18	36.66 B	9.54 B	8.10 D	339.95 B	36.84 B

### **Emergencia Total**

Al realizar la comparación de medias mediante la prueba de Tukey, se pudo observar que los tratamientos que se comportaron mejor en cuanto a emergencia total fue el T<sub>2</sub> (SM), T<sub>12</sub> (SC+BLC), T<sub>15</sub> (SC+LP), con 75.00 % de emergencia total cada uno; por otra parte, los tratamientos con menor respuesta a este parámetro fueron el T<sub>3</sub> (SC) y T<sub>18</sub> (Testigo absoluto) con 58.33 y 36.66 % respectivamente.

Como se puede observar el sedimento mixto y la combinación de sedimento de composta + biodigestado líquido de composta y este mismo sedimento + lombricomposta en polvo, propicia una mejor emergencia que los demás tratamientos, además algunos abonos orgánicos favorecieron una mayor emergencia que el testigo y los productos comerciales (BTS) Y (BPP). Por lo que se determina que estos productos orgánicos en una u otra concentración tienen efecto sobre la emergencia total favoreciendo el requerimiento nutritivo de la semilla de cebada bajo invernadero (Figura 4.8).

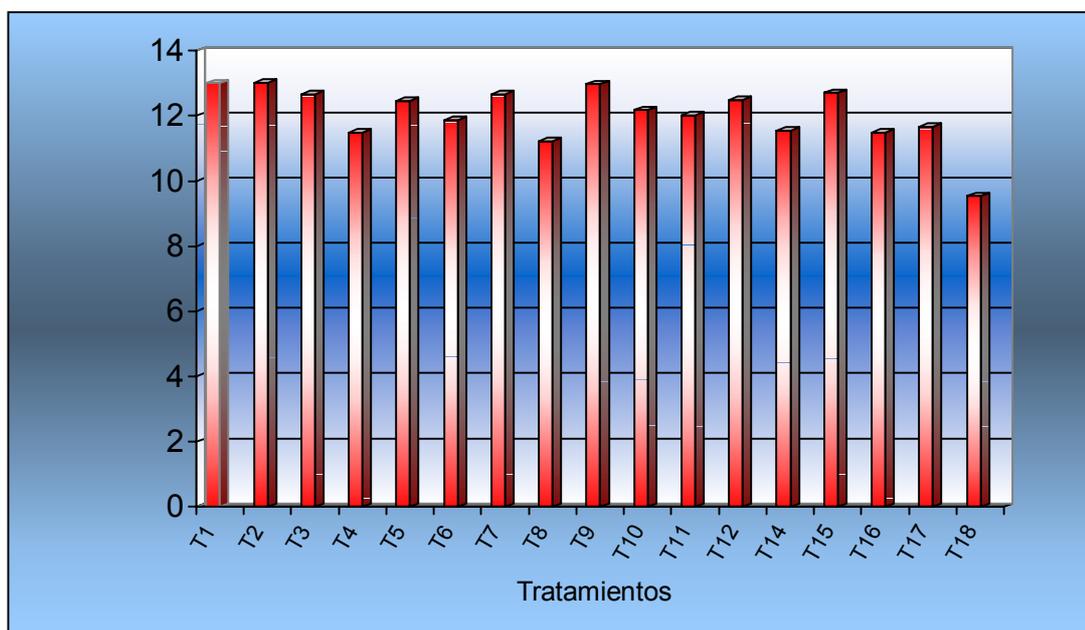


**Figura 4.8.** Porcentaje de emergencia total en semilla de cebada bajo invernadero tratada con abonos orgánicos evaluada a los 15 días.

### Longitud media de plúmula

Para la variable de longitud media de plúmula, los tratamientos que tuvieron mayor efecto en ésta, fueron el T<sub>2</sub> (SM), T<sub>1</sub> (BLM) y T<sub>9</sub> (SM+BLL) con 13.02, 13.00 y 12.97cm respectivamente, y los tratamientos con menor longitud de plúmula fueron el T<sub>4</sub>, T<sub>8</sub> y T<sub>18</sub> (testigo) con 11.48, 11.22 y 9.54 cm respectivamente.

Los tratamientos  $T_2$  y  $T_1$  presentaron mayor longitud de plúmula, esto quiere decir que el Sedimento Mixto y el Biodigestado Líquido Mixto propician mayor longitud de plúmula. Además la mayoría de los productos orgánico-hormonales, favorecieron mejor la longitud de plúmula que los productos comerciales (BTS), (BPP) y el testigo absoluto (Ag), lo cual determina que los componentes de estos productos, en las concentraciones dadas, favorecen un mejor crecimiento de la parte aérea (Figura 4.9).

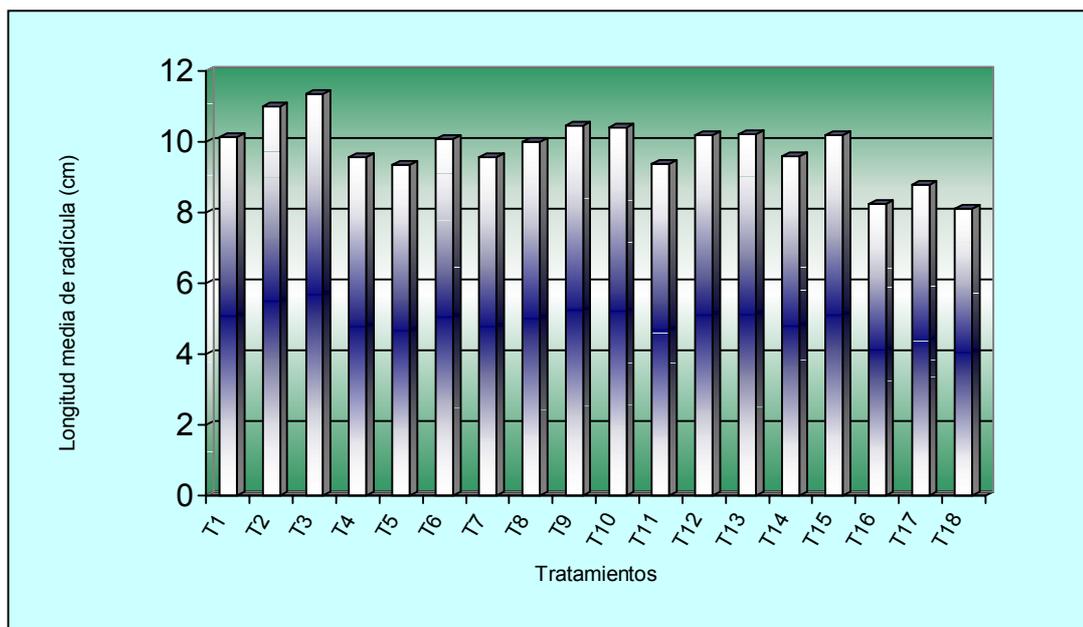


**Figura 4.9.** Longitud de plúmula en plántula de cebada bajo invernadero tratada con abonos orgánicos evaluada a los 15 días.

### Longitud media de radícula

En la variable de longitud media de radícula, el tratamiento con mayor elongación de radícula fue el  $T_3$  (SC), con 11.35 cm, seguido de los tratamientos  $T_2$  (SM) y  $T_9$  (SM+BLL) con 11.01 y 10.46 cm respectivamente, y los tratamientos con menor longitud de radícula fueron el  $T_{17}$ ,  $T_{16}$ , (BTS y BPP) y  $T_{18}$  (Testigo absoluto) con 8.79, 8.25 y 8.10 cm respectivamente.

En esta variable se puede observar que el Sedimento de Composta presentó mayor longitud de radícula con 11.35 cm, seguido por el T<sub>2</sub> Sedimento Mixto con 11.01cm, además que todos los productos orgánicos superaron a los testigos comerciales. Esto quiere decir que ambos tienen compuestos que propician el crecimiento radicular (Figura 4.10).

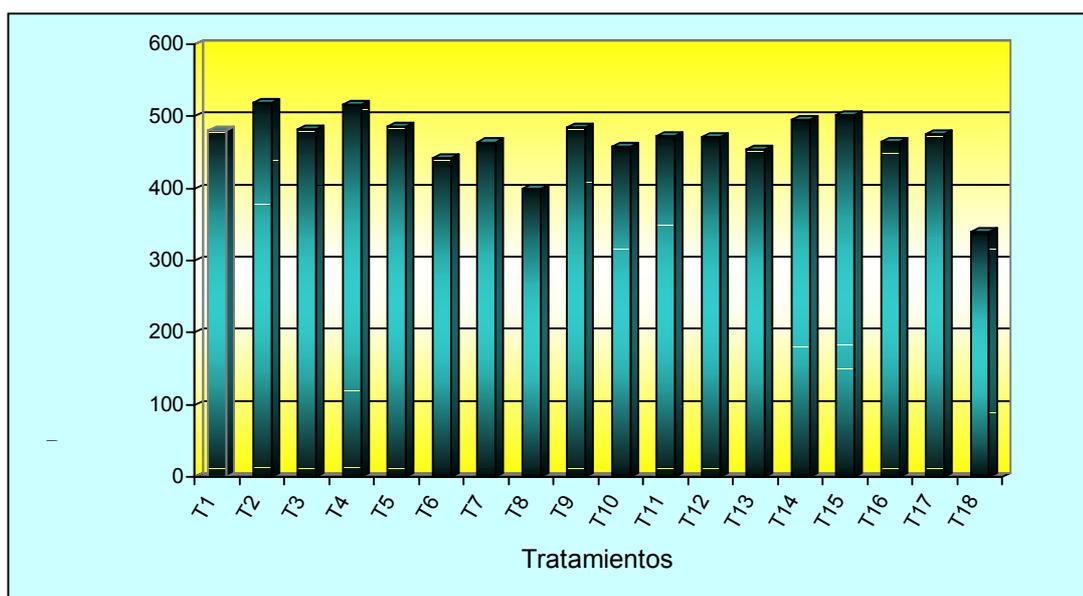


**Figura 4.10.** Longitud de radícula en plántula de cebada bajo invernadero tratada con abonos orgánicos a los 15 días.

### Peso fresco de plántula

Para esta variable, se observó que el tratamiento T<sub>2</sub> (SM) fue el que obtuvo el mayor peso fresco con 519.19 mg/plántula, seguido del T<sub>4</sub> (BLM+BLC) con 516.46 mg/plántula; por otro lado, los tratamientos que presentaron menor peso fresco fueron el T<sub>6</sub> (BLM+SL), T<sub>8</sub> (SM+BLC) y T<sub>18</sub> (Testigo absoluto, Ag), con 442.58, 400.05 y 339.95 mg/plántula respectivamente (Figura 4.11).

En esta variable era de esperarse que el T<sub>2</sub> fuera el sobresaliente, ya que fue el mejor en las variables longitud de plúmula y emergencia total, además la mayoría de los tratamientos con productos orgánicos presentaron mejor peso fresco que el testigo, y algunos superaron numéricamente a los testigos comerciales, lo que significa que los componentes de estos productos orgánicos tienen un efecto positivo en el peso fresco por plántula.

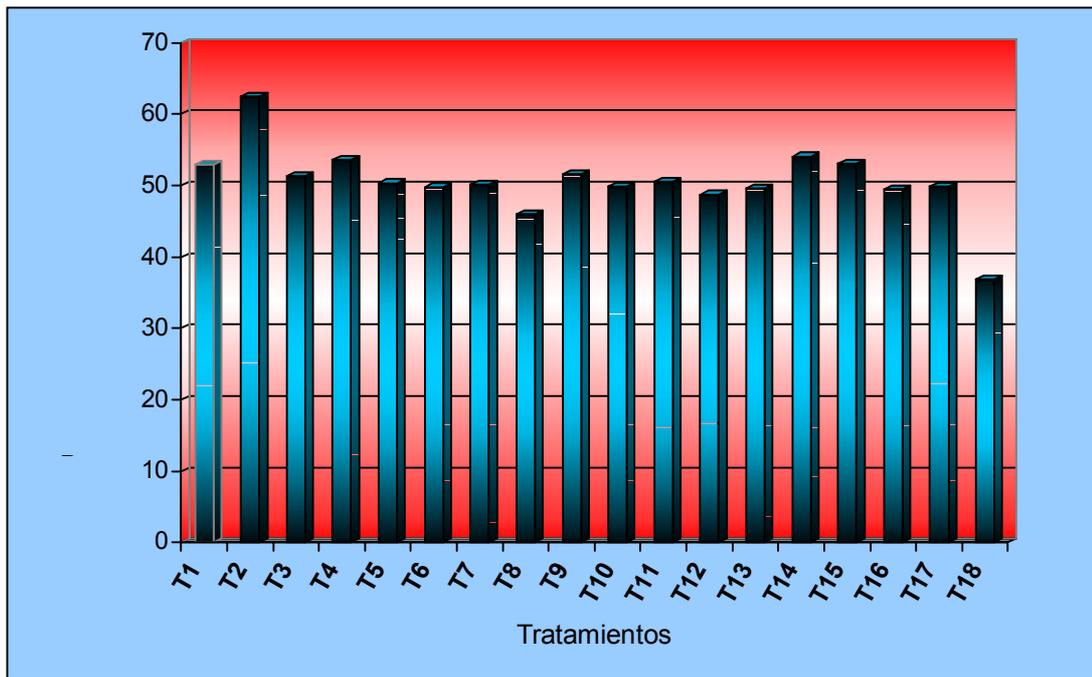


**Figura 4.11.** Peso fresco de plántulas de cebada bajo invernadero tratadas con abonos orgánicos evaluadas a los 15 días.

### **Peso seco de plántula**

En la variable de peso seco de plántula, se puede observar que el tratamiento T<sub>2</sub> (SM), obtuvo el mayor peso seco con 62.50 mg/plántula, seguido del T<sub>14</sub> (SC+SL) con 54.07 mg/plántula, a su vez, los tratamientos que presentaron menor peso seco fueron el T<sub>12</sub> (SC+BLC), T<sub>8</sub> (SM+BLC), y T<sub>18</sub> (Ag) con 48.72, 46.00, y 36.84 mg/plántula de peso seco respectivamente.

En esta variable de igual manera que en la anterior se puede observar que el mejor resultado lo obtuvo el Sedimento Mixto y se puede observar que la mayoría de los abonos orgánicos superaron numéricamente a los testigos comerciales, lo que determina que los componentes de estos productos orgánicos tienen un efecto positivo en el peso seco por plántula. (Figura 4.12)



**Figura 4.12.** Peso seco de plántulas de cebada bajo invernadero tratadas con abonos orgánicos evaluadas a los 15 días.

## **CONCLUSIONES**

Tomando como base los datos generados por el análisis de varianza y las pruebas de medias de la presente investigación, se concluye lo siguiente:

En cuanto a las hipótesis, son aceptables, ya que todos los productos orgánico-hormonales estimularon la germinación de la semilla sobresaliendo sobre el testigo absoluto (semilla sin tratar).

Varios productos orgánico-hormonales superaron a los testigos comerciales en la mayoría de las variables evaluadas, estadísticamente y/o numéricamente.

### **Laboratorio**

Se dice que para estimular la germinación de la semilla de cebada el mejor tratamiento fue el sedimento mixto + biodigestado líquido de lombricomposta, ya que presentó un 82% superando al testigo absoluto con un 25.34 % y a los productos comerciales (BTS y BPP) con un 7.67% y 9.34% respectivamente.

Aquella semilla con nula o baja probabilidad de germinar y crear plántulas normales, se vieron obligadas a propiciar anomalías de plántulas, debido a las pocas reservas presentes en las semillas y al bajo vigor.

Se concluye que para obtener el menor porcentaje de semillas sin germinar, el tratamiento de sedimento mixto + biodigestado líquido de lombricomposta fue el mejor con el 10.66 % superando al testigo absoluto con 22.34% y a los testigos relativos BTS y BPP con 5.34% y 6.67% respectivamente. Además, que el tratamiento a base de sedimento de composta + lombricomposta en polvo, propició una mejor longitud de radícula con 13.95 cm superando al testigo absoluto con 5.23cm y a los testigos relativos BTS y BPP con 1.15 y 1.18cm respectivamente.

En cuanto a la longitud de plúmula, se concluye que el mejor tratamiento fue el sedimento de composta + biodigestado líquido de composta con 13.81 cm, de igual manera supero al testigo absoluto con 5.57 cm y a los testigos relativos BTS y BPP con 1.58 y 1.33 cm respectivamente.

Finalmente, se dice que el tratamiento con el mejor peso fresco de la plántula fue el sedimento de composta + lombricomposta en polvo con 298.46 mg y el sedimento mixto + biodigestado líquido de lombricomposta, con 297.46 mg, superando al testigo absoluto con 164.12 mg y a los testigos relativos con 18.46 y 35.95 mg de peso respectivamente. A su vez, se concluye que el tratamiento de sedimento de composta + sedimento de lombricomposta, presentó el mejor peso seco de plántula con 34.85 mg superando al testigo absoluto con 12.07 mg y los testigos relativos BTS y BPP con 5.43 y 4.25 mg de peso respectivamente.

## Invernadero

Se concluye que para la emergencia total, bajo invernadero fueron tres los tratamientos que mostraron el mejor porcentaje entre los cuales se encuentra el sedimento mixto, sedimento de composta + biodigestado líquido de composta y sedimento de composta + lombricomposta en polvo con 75 % cada uno, superando al testigo absoluto y a los productos comerciales (BTS y BPP) con 39, 10 y 8.34 % respectivamente.

A su vez, para la longitud media de plúmula el sedimento mixto propició una mayor elongación con 13.2 cm. Superando al testigo absoluto y a los productos comerciales (BTS y BPP) con 3.48, 1.54 y 1.36 cm respectivamente. En tanto que para propiciar una mejor longitud de radícula el sedimento de composta se comporto mejor con 11.35cm superando al testigo absoluto y a los productos comerciales (BTS y BPP) con 3.25, 3.10 y 2.56 cm respectivamente.

Se concluye también que para la variable peso fresco de la plántula bajo invernadero el sedimento mixto fue el mejor con 519.19 mg, superando al testigo absoluto y a los productos comerciales (BTS y BPP) con 179.24, 55.16 y 43.51 mg respectivamente. Por último se dice que para la variable peso seco de plántula bajo invernadero, el sedimento mixto obtuvo el mejor peso con 62.50 mg, superando al testigo absoluto y a los productos comerciales (BTS y BPP) con 25.66, 13.00 y 12.65 mg respectivamente.

## **RECOMENDACIONES**

En el presente trabajo se observa una respuesta diferente por parte de las plántulas a la aplicación de los productos orgánico-hormonales por lo que se dan las siguientes recomendaciones.

Puesto que en la presente investigación se utilizó semilla de baja calidad fisiológica, se recomienda probar los productos orgánico-hormonales en semilla con niveles apropiados para poder alcanzar las exigencias del mercado.

De acuerdo a los resultados obtenidos en esta investigación se recomienda utilizar el o los mejores productos como una alternativa viable para mejorar un buen establecimiento y producción de este cultivo, ya que estos tratamientos actúan de manera distinta en cada una de las variables evaluadas.

Por la creciente demanda actual de cultivos orgánicos, que son escasos en el mercado se recomienda poner a disposición de los productores el o los mejores productos orgánico-hormonales que resultaron de esta investigación.

## LITERATURA CITADA

- Bidwell, R. G. 1996. Reguladores de crecimiento de las plantas en la agricultura 8<sup>a</sup> reimpresión. Ed. Trillas. México. P. 461-463
- Camacho, M. F. 1994. Dormición de Semillas. Ed. Trillas. México. p. 9,13
- Cunha (2005)[http://www.seednews.inf.br/espanhol/seed94/artigocapa94\\_esp.shtml](http://www.seednews.inf.br/espanhol/seed94/artigocapa94_esp.shtml)
- Delbon, 2000. [http://www.delbon.com/biblio/gloss\\_tech\\_sp.htm](http://www.delbon.com/biblio/gloss_tech_sp.htm)
- Delouche (2002),[http://www.seednews.inf.br/espanhol/seed66/artigocapa66\\_esp.shtml](http://www.seednews.inf.br/espanhol/seed66/artigocapa66_esp.shtml)
- Duffus. C. y C. Slaughter. 1985. Las semillas y sus usos. Editorial AGT. México. P. 50, 84,-89.
- Esparza. M. J. H. 1996. Origen y Desarrollo de la Semilla en las Semillas en México. INIFAP-SAGAR.
- Fernández, S., J. 1985. Glosario de términos usados en semillas. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cal., Colombia. P.11
- Filho, J. M. 2002. Probando el Vigor de las Semillas. Seednews. La Revista Internacional de Semillas. Año VI. N° 2. p. 8
- Flores, A. J., 1993 Evaluación de los ácidos húmicos (Humiplex plus) a diferentes dosis en el desarrollo del cultivo de papa (*Solanum tuberosum L.*)V. Atlantic en la región de Galeana N. L. Tesis de licenciatura. "UAAAN", Saltillo, Coahuila, México. p. 15 – 18.
- Franco J. A. y Bañón. S. 1997. <http://www.ediho.es/horticom/tem-aut/sust-nut/ahumicos.html>.

- Gomez T., L; Gomez Cruz; M. A. ; Schwentesius R; R. 1997. Hortalizas Orgánicas en México. CIESTAAM UACh. México.
- Gonzáles. A .M., M. Aguirre y J. S. Raciman 1999. Hormonas Vegetales <http://fai.unne.edu.ar/biologia/planta/auxinas.htm>.
- González, J. F. Giner. Y L. A. Fernández Extracto de Artículo de la Revista "Agrícola Vergel" n° 269 de Mayo 2004. Pág. 264-269.
- Jeavons, J. 1991. Cultivo Biointensivo de Alimentos. Ecoley Action. Willits California, E. U. A. Pág. 204
- Martínez, V. J. 1996. El Método Biointensivo de Cultivo. Coloquio sobre Agricultura Orgánica: una opción sustentable para el agro mexicano. UACh. Edo. De Méx. 1ª ed. Pág. 56 – 72.
- Miranda, F. 1984. Madurez fisiologica de semillas. VIII curso de postgrado de tecnologia de semillas. CIAT Cali, Colombia. P. 33
- Missio, C. 2002. El valor de las semillas. Seednews. La Revista Internacional de Semillas. Año VI. N° 2. p. 12
- Moreno. M. F. 1996. Análisis Físico y Biológico de semillas agrícolas. Universidad Nacional Autónoma de México. P. 345.
- Moreno. M. F. 1984. Análisis Físico y Biológico de semillas agrícolas. Universidad Nacional Autónoma de México. P. 380.
- Reyna, B. B., 1996. Reducción de fertilizantes de fondo en papa (*Solanum tuberosum*) al aplicar bioactivadores humicos y fertilizantes foliares, en Arteaga Coahuila. Tesis Maestría, Programa de graduados de la "UAAAN", Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. P. 23 – 32, 105 – 110.
- Rosales, L. J. C. El cultivo de la Cebada y sus principales Plagas y Enfermedades Monografía Licenciatura. Programa de graduados de la "UAAAN", Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. P. 1-2.

Sandoval. I. E. 2001. La revista internacional de semillas. Numero 6. año v.  
P. 9, 10-11.

Terenti, O. A. <http://www.inta.gov.ar/sanluis/contactos/cv/Terenti.htm>

Weaver, R. J. 1996. Reguladores de crecimiento de las plantas de la agricultura. 8ª reimpression. Ed. Trillas. México. P. 19-39, 81, 113-155.

### **CITAS DE INTERNET**

[www.uaaan.mx/academic/Horticultura/ Memhort05/aprov\\_residuos.pdf](http://www.uaaan.mx/academic/Horticultura/Memhort05/aprov_residuos.pdf) -

([http://www.inta.gov.ar/oliveros/info/documentos/dia\\_campo/artic11.htm](http://www.inta.gov.ar/oliveros/info/documentos/dia_campo/artic11.htm))

(<http://www.tierramor.org/permacultura/composta.htm>)