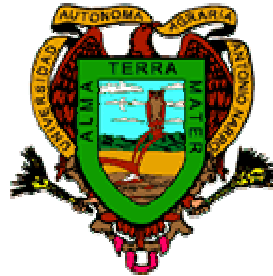


**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”**

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA



**APLICACIÓN DE PRODUCTOS ORGÁNICO-HORMONALES EN
LA ESTIMULACIÓN DE LA GERMINACIÓN EN SEMILLA DE
AVENA (*Avena sativa*, L.)**

Por:

LETICIA VELASCO PEREYRA

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Diciembre de 2005

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA**

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

**APLICACIÓN DE PRODUCTOS ORGÁNICO-HORMONALES EN LA
ESTIMULACIÓN DE LA GERMINACIÓN EN SEMILLA DE AVENA
(*Avena sativa*, L.)**

Por:

LETICIA VELASCO PEREYRA

TESIS

Que Se Somete a Consideración del H. Jurado Examinador Como Requisito
Parcial Para Obtener el Título de:

Ingeniero Agrónomo en Producción

Aprobada por:

EL PRESIDENTE DEL JURADO

DR. MARIO E. VÁZQUEZ BADILLO

SINODAL

SINODAL

ING. RENÉ A. DE LA CRUZ RODRÍGUEZ

ING. NELSON ALONSO RUIZ

SUPLENTE

ING. ÁNGEL R. RIVERA MUÑIZ

EL COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

MC. ARNOLDO OYERVIDES GARCÍA

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Diciembre de 2005

ÍNDICE

Contenido	Pág.
Índice de Cuadros.....	i
Índice de Figuras	i
Índice de Cuadros en Apéndice.....	ii
Agradecimientos	iii
Dedicatoria.....	v
INTRODUCCIÓN	1
Objetivo general	3
Objetivos específicos.....	3
Hipótesis.....	3
REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
Historia y origen del cultivo de avena	4
Composición química de la semilla de avena.....	5
Importancia del cultivo	6
Usos y composición de la avena.....	6
Concepto de semilla	6
Semilla de calidad	7
Germinación	7
Importancia de las pruebas de germinación	9
Procesos más comunes en la germinación	10
Clasificación de plántulas	11
Plántulas normales.....	11
Plántulas anormales.....	12
Semillas duras.....	13
Semillas latentes	14
Semillas muertas.....	14
Factores que afectan la germinación	14
Factores internos de la semilla.....	14
Madurez de las semillas.....	14
Viabilidad de las semillas	15
Factores externos de la semilla.....	16
Humedad.....	16
Temperatura.....	16
Gases.....	18
Imbibición	19
Latencia.....	20
Causas de la latencia	20

Embrión inmaduro.....	21
Impermeabilidad al agua.....	21
Impermeabilidad al oxígeno.....	21
Restricciones mecánicas	21
Embrión en dormancia.....	22
Combinación de causas.....	22
Deterioro.....	22
Síntomas del deterioro de las semillas	24
Síntomas fisiológicos del deterioro.....	24
Baja actividad enzimática.....	24
Reducción a la respiración	24
Incremento en la hinchazón de la semilla.....	25
Incremento en el contenido de ácidos grasos libres.....	25
Síntomas del funcionamiento	25
Cambios de color asociados con el envejecimiento.....	26
Agricultura orgánica.....	26
Importancia económica de la agricultura orgánica	27
Biodigestados líquidos.....	27
Beneficios de los biodigestados líquidos.....	28
Los ácidos húmicos y fúlvicos	29
Ácidos húmicos	29
Ácidos fúlvicos	30
Efecto de las sustancias húmicas en el desarrollo de los vegetales.....	34
Efecto de los ácidos fúlvicos en el desarrollo de los vegetales.....	34
La composta.....	36
Proceso de composteo.....	36
Líquido de composta.....	37
Elaboración	37
Lombricomposta.....	37
El humus de lombriz.....	38
Beneficios de la lombricomposta	38
Elaboración de líquido de lombricomposta.....	41
Principales hormonas de crecimiento	41
Auxinas	41
Giberelinas	42
Citoquininas	44
Ácido abscísico	45
Investigaciones realizadas.....	46
MATERIALES Y MÉTODOS.....	48
Ubicación geográfica del sitio experimental	48
Material genético	48
Tratamientos.....	48
Descripción de los tratamientos	49
Preparación de los tratamientos.....	54
Proceso de siembra	55
Parámetros a evaluar... ..	55
Germinación estándar	56

Longitud media de plúmula	56
Longitud media de radícula	56
Peso seco de plántula	57
Análisis estadístico	57
Modelo estadístico	58
RESULTADOS.....	59
DISCUSIONES	65
CONCLUSIONES	68
RECOMENDACIONES	70
LITERATURA CITADA	71
APÉNDICE.....	75

ÍNDICE DE CUADROS

- Cuadro 3.1. Dosis de aplicación en base al peso de 600 semillas, (equivalente a 17 gr), según la dosis por kilogramo de semilla dada por la estandarización en la zeatina de los productos comerciales..... Pág. 53
- Cuadro 4.1. Cuadrados medios del análisis de varianza para las variables evaluadas en semilla y plántula de avena. Pág. 59
- Cuadro 4.2. Comparación de medias de las variables evaluadas (letras iguales indican resultados estadísticamente similares). Pág. 60

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 4.1. Porcentaje de germinación en semilla de avena tratada con productos orgánico-hormonales, evaluado seis días después de la fecha de siembra. Pág. 61
- Figura 4.2. Longitud media de plúmula (cm) en semilla de avena tratada con productos orgánico-hormonales, evaluada seis días posteriores a la siembra. Pág. 62
- Figura 4.3. Longitud media de radícula (cm) en semilla de avena tratada con productos orgánico-hormonales, evaluada seis días posteriores a la siembra. Pág. 63
- Figura 4.4. Peso seco de plántula (mg) tomado siete días después de la fecha de siembra, de la semilla de avena tratada con productos orgánico-hormonales. Pág. 64

ÍNDICE DE CUADROS EN APÉNDICE

- Cuadro A.1. Comparación de medias para la variable de germinación en semilla de avena con la aplicación de productos orgánico-hormonales..... Pág. 76
- Cuadro A.2. Comparación de medias para la evaluación de longitud media de plúmula en semillas de avena tratada con productos orgánico-hormonales..... Pág. 77
- Cuadro A.3. Comparación de medias para el parámetro de longitud media de radícula en semilla de avena tratada con productos orgánico-hormonales..... Pág. 78
- Cuadro A.4. Comparación de medias para la evaluación del peso seco de plántula de avena tratada con productos orgánico-hormonalesPág. 79
- Cuadro A.5. Análisis de laboratorio de los productos orgánico-hormonales realizados en el laboratorio de aseguramiento y control de calidad del Grupo Bioquímico Mexicano (GBM) para la determinación de microelementos..... Pág. 80
- Cuadro A.6. Análisis de laboratorio de los productos orgánico-hormonales realizados en el laboratorio de aseguramiento y control de calidad del Grupo Bioquímico Mexicano (GBM) para la determinación de hormonas. Pág. 80

AGRADECIMIENTOS

A DIOS: Mi gratitud eterna por brindarme vida y salud para cumplir con uno de mis objetivos, por estar siempre presente en todos mis caminos, y por darme la bendición de ser parte de la familia a la que pertenezco.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, por ser una institución llena de oportunidades, que me abrió sus puertas y enseñó el camino que me condujo a alcanzar esta meta.

Al Dr. Mario Ernesto Vázquez Badillo, por el apoyo recibido para la realización de este trabajo, además de los conocimientos y buenos consejos brindados.

Al Ing. Nelson Alonso Ruiz, por todo el tiempo y dedicación puestos en ésta investigación, por poder trabajar juntos en este proyecto y por brindarme la oportunidad de conocerlo como una persona a quien respeto y admiro grandemente.

Al Ing. Rene A. De la Cruz Rodríguez, por su participación en la realización del presente trabajo.

Al Ing. Ángel Ramón Rivera Muñiz, por colaborar en la elaboración de este proyecto.

A todos mis maestros de la Universidad, a quienes agradezco infinitamente por transmitirme sus conocimientos y experiencias que son la base de mi formación profesional.

A Magda mi eterna amiga, por ser de las mejores personas que he conocido en la vida y por que tu amistad es una estrella que voy a tener en mi cielo siempre.

A ti Carlitos porque en tu amistad, cariño y apoyo, encontré el amor del hermano que no tuve.

A Oscar, por todos los buenos momentos que pase contigo, por compartirme tu alegría y por que tu amistad en mi vida es una bendición.

A Rodrigo, por contagiarme siempre de tu alegría, por darme tu confianza, por escucharme, por ser un gran ser humano y un gran amigo.

A Mario, por haber contado con tu amistad en todo este tiempo.

A Jorge Alejandro Moreno Velasco por la oportunidad de conocerte y vivir gratos momentos juntos, eres muy especial, deseo que tengas mucho éxito en la vida, que Dios te bendiga.

A todos mis compañeros de generación, por los valiosos momentos que compartimos juntos, y a quienes deseo una vida llena de triunfos.

DEDICATORIAS

A mis padres

Jorge Velasco Genovéz y Carmen Pereyra Constantino, a ustedes con mucho amor dedico este trabajo, gracias por confiar en mi, por apoyarme y darme la oportunidad de realizar una de mis anheladas metas, deseo que DIOS los bendiga y conserve mucho tiempo, los quiero infinitamente.

A mis hermanas

Clary, Marfory y Patricia, por ser tres hermosas luces que siempre iluminan mi camino, son mi motivo para seguir adelante, su amor es lo más valioso que tengo en la vida, gracias por brindarme todo su apoyo y cariño, espero que todo el tiempo estemos unidas como hasta hoy, Dios las bendiga.

A mi sobrino

Con mucho cariño para ti Eduardo, porque eres una persona a quien quiero mucho y a quien dedico mis logros, que Dios te cuide y te convierta en un hombre de bien.

A mis abuelitos

Juan Velasco y Otila Genovez, a quienes quiero y respeto mucho, gracias por todo el cariño que me dan, son los mejores abuelitos, los llevo siempre dentro de mi corazón.

María y Victorico, mis abuelos maternos, que desde el cielo iluminan mi camino día a día.

A mi cuñado

Eduardo Trujillo, gracias por todos los consejos que siempre me das, me alegro que seas de la familia porque eres una gran persona a quien respeto y quiero mucho.

A toda mi familia

A mis tíos (as), primos (as), por sus buenos deseos, su cariño, sus consejos y por darme siempre ánimos para seguir adelante, a todos ustedes muchas gracias que Dios los cuide.

INTRODUCCIÓN

En la producción de cereales, la avena (*avena sativa* L) es uno de los cultivos más importantes del mundo, ocupando el cuarto lugar en la producción de grano, después del trigo, el arroz y el maíz.

La avena es un cereal que en México se ha utilizado muy poco para el consumo humano, por que su uso principal es la alimentación animal, utilizando el grano en la elaboración de concentrados y el forraje, ya sea henificado, ensilado o en pastoreo. En nuestro país se utiliza principalmente para la producción de forraje, ocupando una superficie anual de 380,000 has, y en menor escala para la producción de grano, ocupando una superficie anual aproximada de 20,000 has. De la superficie anual sembrada en México, aproximadamente el 90% es de temporal, en esta superficie los rendimientos son muy bajos; el 10 % restante es de riego y es la superficie que aporta la mayor parte de la producción nacional.

En algunos países, el cultivo de la avena se ha incrementado como es el caso de Argentina y Uruguay, pues el primero, a finales del siglo pasado estaban dedicados al cultivo únicamente 22,000 has, treinta y cinco años después se sembraban 1,500,000 has.

En Uruguay, este incremento ha sido más marcado, probablemente debido a un aumento en las necesidades forrajeras por la extensión de ganado. En la actualidad, el excesivo uso de productos químicos en la agricultura a causado una gran contaminación y la acumulación de residuos en los productos que se obtienen, lo cual trae consigo problemas a la salud de los consumidores a largo plazo, por esta razón actualmente se esta teniendo una tendencia al uso de productos orgánicos.

En la industria semillera, se requiere que dentro de las normas específicas de germinación de las semillas se tenga un 85 %, para mantener este parámetro es necesario llevar acabo un buen manejo de poscosecha y un adecuado uso de productos que conserven la calidad de la semilla, entre los cuales se encuentran los productos hormonales que estimulan o hacen más eficiente el proceso de germinación.

Uno de los principales problemas que se tiene en la industria semillera es la pérdida de calidad en germinación de semillas por mal manejo de poscosecha o envejecimiento de las mismas, motivo por el cual se hace necesario contar con productos de origen natural (orgánico) que favorecen el proceso de germinación en aquellas semillas que presentan cierto grado de deterioro, como son los derivados de la composta y lombricomposta, por lo anterior, el presente trabajo de investigación plantea los siguientes objetivos.

Objetivo general

- Obtener un producto orgánico-hormonal derivado de la lombricultura y composteo que estimule la germinación en semilla de avena y que éste sea competitivo con los existentes en el mercado.

Objetivos específicos

- Evaluar los productos orgánico-hormonales derivados de la lombricultura y composteo que favorezcan la germinación de semilla de avena.
- Determinar el o los mejores productos que reflejen la mayor respuesta, en las concentraciones dadas a los parámetros evaluados.
- Comparar estos productos con los existentes en el mercado Nacional.

Hipótesis

- Al menos un producto orgánico-hormonal tendrá el potencial estimulante en la germinación de semilla de avena.
- Al menos un producto orgánico-hormonal superará a los existentes en el mercado.

REVISIÓN DE LITERATURA

Historia y origen geográfico del cultivo de avena

Sampson (1954), menciona que no se conoce con certeza el área exacta donde se originó la avena cultivada, pero parece que tuvo su origen en la región de Asia menor, a donde se extendió hacia el Norte y hacia el Oeste hasta Europa y a otras regiones favorables para su cultivo, es muy probable que los granos más antiguos fueron encontrados en Egipto (2000 años a. c.).

Las avenas cultivadas tienen su origen en Asia Central, la historia de su cultivo es más bien desconocida, aunque parece confirmarse que este cereal no llegó a tener importancia en épocas tan tempranas como el trigo o la cebada, ya que antes de ser cultivada la avena fue una mala hierba de estos cereales. Los primeros restos arqueológicos se hallaron en Egipto, y se supone que eran semillas de malas hierbas, ya que no existen evidencias de que la avena fuese cultivada por los antiguos egipcios (<http://www.infoagro.com/herbaceos/cereales/avena.asp>).

En la actualidad se cultiva en muchas partes del mundo incluyendo el Norte y Oeste de Europa, Unión Soviética, Canadá, Norteamérica, Australia y China (<http://www.ivu.org/spanish/trans/vsuk-cereals.html>).

Composición química de la semilla de avena

La composición química de las semillas es variable. Se puede hablar por un lado de un conjunto de compuestos que está presente en todos los tejidos y por el otro de un conjunto de compuestos de almacenamiento de reservas que está presente en las semillas en grandes cantidades, está determinada genéticamente, pero las cantidades relativas pueden variar en función de factores ambientales como la presencia de nutrientes minerales o el clima. Dentro de la composición de las reservas alimenticias en la semilla de avena, se encuentran los lípidos (en un 8 % de peso seco), carbohidratos (con 66 %), proteínas (en 13 % su peso seco) y almidón, siendo su principal órgano de almacenamiento el endospermo. El 80% del porcentaje de proteína total corresponde a la globulina, 15% a la prolamina y 5% a la glutelina (http://omega.ilce.edu.mx:3000/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/146/htm/sec_5.htm).

Los cereales contienen almidón que es el componente principal de los alimentos humanos. El germen de la semilla contiene lípidos en proporción variable que permite la extracción de aceite vegetal de ciertos cereales. La semilla está envuelta por una cáscara formada sobre todo por la celulosa, componente fundamental de la fibra dietética. Algunos cereales contienen una proteína, el gluten, indispensable para que se forme el pan. Las proteínas de los cereales son escasas en aminoácidos esenciales como la lisina (<http://es.wikipedia.org/wiki/Cereal>).

Importancia del cultivo

Usos y composición de la avena

Cazares (1999), menciona que la avena tiene varios usos industriales; el grano se utiliza como forraje para pastoreo, heno y ensilado, el grano de avena es esencialmente nutritivo por su contenido de proteína, carbohidratos, minerales y vitaminas, y de ahí su amplio uso en la alimentación humana y para aves y animales domésticos.

Para el consumo humano se usan las avenas llamadas "de molienda" que son sometidas a diversos procesos de secado, clasificación y acabado, dando como resultado las hojuelas y la harina de avena. Estas últimas se preparan por molienda en muelas de piedra o en molinos de rozadura, de martillos o de pulverización. Según el sistema usado, la composición de la harina es variable, así como sus propiedades.

Concepto de semilla

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 Botánico, una semilla verdadera es un embrión en estado latente, acompañado o no de tejido nutricional y protegido por el episperma.

Camacho (1994), define a la semilla en 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. De igual manera, Hartmann y Kester (1995), mencionaron que la semilla es un óvulo fecundado, independiente de la planta madre, que ha madurado hasta adquirir la diferenciación y capacidad fisiológica para originar un nuevo ser.

Semilla de calidad

FAO (1985), reporta que las propiedades que determinan la calidad de la semilla se clasifican en dos tipos; las primeras son las propiedades internas de la semilla (pureza varietal “potencial genético”, carencia de enfermedades, alta germinación y alto vigor), y las propiedades externas (Pureza analítica, clasificación por tamaño, peso de 1000 granos o semillas, contenido de humedad), éstas características deben mantenerse a su mas alto grado de calidad, en este sentido Moreno (1996), menciona que la pureza física, pureza varietal, poder germinativo, el vigor, la sanidad y el contenido de humedad, definen la calidad de las semillas.

Germinación

Moreno (1996), define a la germinación como la emergencia y desarrollo de aquellas estructuras esenciales que provienen del embrión y que manifiestan la capacidad de la semilla para producir una planta normal bajo condiciones favorables.

ISTA (1996), menciona que la germinación de la semilla es la emergencia y desarrollo de la plántula a un estado donde el aspecto de sus estructuras esenciales indican si son capaces o no de desarrollarse en una planta satisfactoria y productiva bajo condiciones favorables de suelo y clima. Por su parte, Hartmann y Kester (1999), dicen que la germinación es un proceso de la reactivación de la maquinaria metabólica de la semilla y la emergencia de la radícula (raíz) y de la plúmula (tallo), que conducen a la producción de una plántula. Así mismo, estos autores en (1995), dicen que para que la germinación de inicio se deben cumplir tres condiciones:

- 1) La semilla debe ser viable; esto es, el embrión debe estar vivo y tener capacidad para germinar.
- 2) Las condiciones internas de la semilla deben ser favorables para la germinación, esto es, deben de haber desaparecido las barreras físicas o químicas para la germinación.
- 3) La semilla debe encontrarse en las condiciones ambientales apropiadas, los requerimientos fundamentales son la disponibilidad de agua, temperatura apropiada, una provisión de oxígeno y a veces luz.

Meyer *et al.*, (1972) nos dicen que la germinación desde el punto de vista morfológico es la reanudación del crecimiento activo en partes del embrión, lo cual provoca la ruptura de los tegumentos seminales y el brote de la nueva planta. En cambio, la AOSA (1983) define a la germinación de semillas como la emergencia y desarrollo de aquellas estructuras esenciales que provienen del

embrión, que por la clase de semilla en análisis, son indicativas de la habilidad para producir una planta normal bajo condiciones favorables. De igual forma, 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 la convertirán en una planta adulta.

Importancia de las pruebas de germinación

El objetivo de una prueba de germinación es obtener información con respecto a la capacidad de las semillas para producir plántulas normales, estas pruebas además, permiten establecer comparaciones del poder germinativo entre diferentes lotes de semilla de la misma especie.

Normalmente no es satisfactorio probar la germinación bajo condiciones de campo, ya que no es posible repetir con seguridad los resultados. Por lo tanto, los métodos de laboratorio han sido desarrollados de tal manera que sea posible controlar la mayoría de las condiciones externas.

Esto permite obtener resultados uniformes y rápidos sobre la germinación de muestras de semillas de una determinada especie, para lo cual se han estandarizado las condiciones controladas de las pruebas de germinación, con el fin de permitir que estas sean reproducibles dentro de límites determinados por variación al azar.

Procesos comunes en la germinación

Camacho (1994), mencionó que los procesos comunes de germinación son:

- Imbibición de la semilla.
- Desimación de los aminoácidos del eje embrionario.
- Utilización en la glicólisis de los manómetros obtenidos a partir de los aminoácidos.
- Reducción de los nucleótidos de la piridina mediante la pentosa fosfatada y la glicólisis.
- Oxidación de los nucleótidos de la piridina mediante el sistema nitrato-reductasa con formación de ATP.
- Asimilación de los monómeros para la elongación celular (este paso es inducido por las auxinas).
- Hidrólisis de los polímeros de los tejidos nutritivos (inducido por las giberelinas).
- Translocación de los monómeros de los tejidos nutritivos al eje embrionario; en este punto, el metabolismo de la semilla pasa de una fase predominante anaeróbica a otra aeróbica.
- Aumento de la actividad del ciclo de Krebs.
- Incremento de la transcripción del ADN en el embrión.
- Síntesis de nuevas proteínas en el embrión.
- Replicación del ADN y división celular en el embrión que es inducida por las citoquininas.

- Incremento en la respiración y síntesis de nuevas proteínas en el embrión, para que por último se inicie un crecimiento visible con la emisión de la radícula.

Clasificación de plántulas

Plántulas normales

Moreno (1996), reporta que las plántulas normales son aquellas que poseen las estructuras esenciales para producir, en suelo de buena calidad preparado en el laboratorio, plantas normales en condiciones favorables de agua, luz y temperatura. Cuando la prueba de germinación haya sido realizada en sustrato artificial, se consideran plántulas normales a aquellas que presenten las siguientes estructuras esenciales:

1. Sistema radicular bien desarrollado, incluyendo raíz primaria, excepto para aquellas plantas, por ejemplo gramíneas, que generalmente presentan raíces seminales, de las cuales deben estar presentes cuando menos dos de ellas.
2. Hipocótilo bien desarrollado e intacto y/o un epicótilo sin daño en el tejido conductor y en las dicotiledóneas una plúmula normal.
3. Plúmula intacta en las gramíneas, que debe presentar una plúmula verde bien desarrollada dentro o emergiendo del coleóptilo.
4. Un cotiledón en monocotiledóneas y dos cotiledones en dicotiledóneas.

5. Aquellas que presenten los siguientes defectos ligeros, siempre y cuando el resto de sus estructuras revele un desarrollo vigoroso y balanceado.
 - a) Plántulas de todas las especies de malváceas y todas las leguminosas de semilla grande que presenten una raíz primaria dañada, con raíces adventicias y laterales lo suficientemente largas y vigorosas como para sostener la plántula en el suelo.
 - b) Plantas con daño superficial o deterioro en el hipocótilo, epicótilo o cotiledones, siempre y cuando el daño no afecte a los tejidos conductores.
 - c) Plántulas dicotiledóneas que presenten solamente un cotiledón y sano.
6. Aquellas que estén invadidas por hongos o bacterias, siempre y cuando sea evidente que la fuente de infección no es la misma semilla, y que estén presentes las estructuras esenciales.

Plántulas anormales

Moreno (1996), menciona que se consideran plántulas anormales:

1. Las que no se pueden clasificar como normales por tener alguna deficiencia en el desarrollo de sus estructuras esenciales, lo que les impide su desarrollo normal cuando crecen en suelo preparado y en condiciones favorables de agua luz y temperatura.
2. Las que presenten los siguientes defectos al germinar en un sustrato artificial:

a) Plántulas dañadas, sin cotiledones, con fisuras o lesiones que dañen el tejido conductor del hipocótilo, epicótilo o raíz; sin raíz primaria en aquellas especies donde esta estructura es esencial.

b) Plántulas deformes, con un desarrollo débil o desequilibrado de las estructuras primordiales: plúmulas retorcidas en espiral; plúmulas, hipocótilos y epicótilos poco desarrollados, talluelos hinchados y raíces sin desarrollo; plúmulas hendidas o coleóptilos sin hojas verdes; plantas acuosas o bien plántulas que no presenten desarrollo después de haber salido de los cotiledones.

c) Plántulas con estructuras esenciales deterioradas por hongos o bacterias, excepto que se determine que dicha infección no proviene de dicha semilla.

Semillas duras

Moreno (1996), indica que las semillas duras son aquellas que permanecen duras hasta el final de la prueba de germinación, ya que no absorben agua porque tienen una cubierta impermeable, por ejemplo, en las familias *Leguminosae* y *Malvaceae*. Se debe registrar el porcentaje de semillas duras.

Semillas latentes

Del mismo modo Moreno (1996), denomina así a las semillas viables (diferentes de las semillas duras) que no germinan, aun cuando estén bajo las condiciones que se especifican para dicha especie. La viabilidad de estas semillas se puede determinar con la prueba de tetrazolio y su germinación se puede acelerar mediante escarificación y aplicación de sustancias promotoras de la germinación. Se debe registrar el porcentaje de semillas latentes.

Semillas muertas

Aquellas que no germinen y que no se les clasifique como latentes o duras, deberán ser consideradas como semillas muertas.

Factores que afectan a la germinación

Los factores que afectan a la germinación se dividen en dos tipos:

I. Factores internos de la semilla

Madurez de las semillas. Decimos que una semilla es madura cuando ha alcanzado su completo desarrollo, tanto desde el punto de vista morfológico como fisiológico. La madurez morfológica se consigue cuando las distintas estructuras de la semilla han completado su desarrollo, dándose por finalizada

cuando el embrión ha alcanzado su máximo desarrollo. Es relacionada también con la deshidratación de los diferentes tejidos que forman la semilla. La madurez se suele alcanzar sobre la misma planta, sin embargo, existen algunas especies que diseminan sus semillas antes de que se alcance, como ocurre en las semillas de *Ginkgo biloba* o de muchas orquídeas, que presentan embriones muy rudimentarios, apenas diferenciados. Aunque la semilla sea morfológicamente madura, muchas de ellas pueden seguir siendo incapaces de germinar porque necesitan experimentar aún una serie de transformaciones fisiológicas, lo normal es que requieran la pérdida de sustancias inhibitoras de la germinación o la acumulación de sustancias promotoras. En general, necesitan reajustes en el equilibrio hormonal de la semilla y/o en la sensibilidad de sus tejidos para las distintas sustancias activas (<http://www.euita.upv.es>).

La madurez fisiológica se alcanza al mismo tiempo que la morfológica, en la mayoría de las especies cultivadas; o bien puede haber una diferencia de semanas, meses y hasta años entre ambas.

Viabilidad de las semillas. La viabilidad de las semillas es el período de tiempo durante el cual las semillas conservan su capacidad para germinar. Es un período variable y depende del tipo de semilla y de las condiciones de almacenamiento. Por su parte, Salisbury (1994) cita que la viabilidad se pierde a menudo con más rapidez si las semillas se almacenan en aire húmedo y en temperaturas de 35 °C o más cálidas. Parte de la pérdida quizá se deba a organismos patógenos internos.

Atendiendo a la longevidad de las semillas, es decir, el tiempo que las semillas permanecen viables, puede haber semillas que germinan todavía después de decenas o centenas de años se da en semillas con una cubierta seminal dura como las leguminosas. El caso más extremo de retención de viabilidad es el de las semillas de *Nelumbo nucifera* encontradas en Manchuria con una antigüedad de 250 a 400 años.

II. Factores externos de la semilla

Humedad. La absorción de agua es el primer paso y el más importante que tiene lugar durante la germinación; porque para que la semilla recupere su metabolismo, es necesaria la rehidratación de sus tejidos. La entrada de agua en el interior de la semilla se debe exclusivamente a una diferencia del potencial hídrico entre la semilla y el medio que la rodea. En condiciones normales, este potencial hídrico es menor en las semillas secas que en el medio exterior. Por ello, hasta que emerge la radícula, el agua llega al embrión a través de las paredes celulares de la cubierta seminal; siempre a favor de un gradiente de potencial hídrico. Aunque es necesaria el agua para la rehidratación de las semillas, un exceso de la misma actuaría desfavorablemente para la germinación, pues dificultaría la llegada de oxígeno al embrión.

Temperatura. La temperatura es un factor decisivo en el proceso de la germinación, ya que influye sobre las enzimas que regulan la velocidad de las

reacciones bioquímicas que ocurren en la semilla después de la rehidratación. La actividad de cada enzima tiene lugar entre un máximo y un mínimo de temperatura, existiendo un óptimo intermedio. Del mismo modo, en el proceso de germinación pueden establecerse unos límites similares. Por ello, las semillas sólo germinan dentro de un cierto margen de temperatura. Si la temperatura es muy alta o muy baja, la germinación no tiene lugar aunque las demás condiciones sean favorables (<http://www.euita.upv.es>).

La temperatura mínima sería aquella por debajo de la cuál la germinación no se produce, y la máxima, aquella por encima de la cuál se anula el proceso. La temperatura óptima, puede definirse como la más adecuada para conseguir el mayor porcentaje de germinación en el menor tiempo posible.

Las temperaturas compatibles con la germinación varían mucho de unas especies a otras. Sus límites suelen ser muy estrechos en semillas de especies adaptadas a hábitat muy concretos, y más amplios en semillas de especies de amplia distribución. Por otra parte, se sabe que la alternancia de las temperaturas entre el día-noche actúan positivamente sobre las etapas de la germinación. Por lo que el óptimo térmico de la fase de germinación y el de la fase de crecimiento no tienen por que coincidir. Así, unas temperaturas estimularían la fase de germinación y otras la fase de crecimiento.

Gases. La mayor parte de las semillas requieren para su germinación un medio suficientemente aireado que permita una adecuada disponibilidad de O_2 y CO_2 . De esta forma, el embrión obtiene la energía imprescindible para mantener sus actividades metabólicas. La mayoría de las semillas germinan bien en atmósfera normal con 21% de O_2 y un 0.03% de CO_2 . Sin embargo, existen algunas semillas que aumentan su porcentaje de germinación al disminuir el contenido de O_2 por debajo del 20%. Los casos mejor conocidos son: *Typha latifolia* (espadaña) y *Cynodon dactylon* (grama), que germinan mejor en presencia de un 8% de O_2 . Se trata de especies que viven en medios acuáticos o encharcados, donde la concentración de este gas es baja. El efecto del CO_2 es el contrario del O_2 , es decir, las semillas no pueden germinar si se aumenta la concentración de CO_2 (<http://www.euita.upv.es>).

Para que la germinación tenga éxito, el O_2 disuelto en el agua de imbibición debe llegar hasta el embrión. A veces, algunos elementos presentes en la cubierta seminal como compuestos fenólicos, capas de mucílago, macroesclereidas, etc. pueden obstaculizar la germinación de la semilla por que reduzcan la difusión del O_2 desde el exterior hacia el embrión. Además, hay que tener en cuenta, que la cantidad de O_2 que llega al embrión disminuye a medida que aumenta la disponibilidad de agua en la semilla. Por todo lo anterior hay

que añadir que la temperatura modifica la solubilidad del O₂ en el agua que absorbe la semilla, siendo menor la solubilidad a medida que aumenta la temperatura (<http://www.euita.upv.es>).

Imbibición

Copeland y McDonald (1985), mencionan que la imbibición es el primer evento que ocurre durante la germinación, la cual consiste en la absorción de agua por la semilla. La composición de la semilla, la permeabilidad de la cubierta y la disponibilidad de agua, son factores que determinan e influyen en la extensión de la imbibición.

Bewley y Black (1986), definen que el proceso de imbibición finaliza con el inicio del crecimiento del eje embrionario, usualmente la radícula, incluyendo eventos como la hidratación de proteínas, cambios estructurales, subcelulares, respiración, síntesis macromoleculares y crecimiento celular.

Tesar (1988), reporta que después de una imbibición inicial que principia a los diez minutos, se incrementa la respiración y la duración de ésta, dependiendo del substrato almacenado en el eje embrionario, incrementándose además la síntesis de varias enzimas y la actividad celular.

Latencia

Amen (1963), considera a la latencia como una forma de cese de crecimiento y ha restringido el término a una suspensión temporal del crecimiento acompañada de una reducción de la actividad metabólica, relativamente independiente de las condiciones ambientales. Mientras que Salisbury (1994), define a la latencia como la condición de una semilla que no puede germinar aún cuando disponga de una amplia humedad externa, esté expuesta a condiciones atmosféricas típicas propias de suelos bien aireados o en la superficie de la tierra, y que la temperatura esté dentro del rango comúnmente asociado con la actividad fisiológica. Por otra parte Flores (2004), define a la latencia como la capacidad de la semilla para retrasar su germinación hasta que el tiempo y lugar sean propicios y representa un mecanismo de sobrevivencia de la planta.

La latencia es un fenómeno complejo que resulta un desafío para los investigadores y analistas de semillas.

Causas de la Latencia

El origen de la latencia de las semillas, éstas pueden ser incluidas en alguna de las siguientes categorías:

Embrión inmaduro o rudimentario

En esta categoría, el embrión no está completamente desarrollado cuando la semilla se desprende de la planta. Si estas semillas se colocan a germinar bajo condiciones favorables, la germinación se retrasa hasta que el embrión sufra las modificaciones anatómicas y fisiológicas que le permitan completar su diferenciación y crecimiento.

Impermeabilidad al agua

Las semillas pueden poseer un tegumento que impide la absorción de agua y la ruptura de la testa, e iniciar la germinación.

Impermeabilidad al oxígeno

Se da cuando las estructuras, como el pericarpio o tegumento impiden el intercambio gaseoso. Esta forma de latencia es común en gramíneas (<http://www.euita.upv.es>).

Restricciones mecánicas

El tegumento o cubierta protectora puede presentar resistencia mecánica capaz de impedir el crecimiento del embrión. Esta dormancia puede ser superada removiendo o perforando la cubierta protectora de la semilla.

Embrión en dormancia

Se caracteriza porque la causa de la latencia está en el embrión. Estas semillas presentan exigencias especiales en cuanto a luz o temperatura, para superar la latencia causada por inhibidores químicos.

Combinación de causas

La presencia de una causa de latencia no elimina la posibilidad de que otras causas estén presentes. Estas semillas necesitan de una combinación de tratamientos para superar la condición de dormancia (<http://www.virtual.unal>).

Deterioro

Flores (2004), define al deterioro de semillas como la incapacidad morfológica y/o fisiológica para la germinación y desarrollo normal de la plántula. El deterioro engloba todos los cambios progresivos negativos de la semilla hasta que ésta muere.

Anderson y Baker (1982), indican que los procesos de deterioro pueden ocurrir en el campo después de que la semilla ha alcanzado su madurez fisiológica. Particularmente si la cosecha se realizó en temporada lluviosa y en el almacén cuando las condiciones de humedad y temperatura son elevadas, es cuando ocurre este hecho.

Copeland y McDonald (1985), mencionan que conforme pasa el tiempo, la semilla se va degradando, pero éstos síntomas del deterioro en algunos casos no son visibles de momento, sino hasta que se evalúa la germinación y crecimiento de plántulas observándose un bajo funcionamiento durante el desarrollo de éstas. La falta o retraso de la emergencia de plántulas es uno de los primeros síntomas notables en el campo, seguido de una pérdida de resistencia a estrés del medio ambiente, lo cuál en muchos de los casos conlleva a la muerte total. Las semillas están únicamente equipadas para sobrevivir como organismos viables regenerativos únicamente hasta que el tiempo y el lugar sean los adecuados para el comienzo de una nueva generación; sin embargo como cualquier otra forma de vida, ellos no pueden conservar su viabilidad indefinidamente y eventualmente se deterioran y mueren. Afortunadamente ni la naturaleza ni las practicas agrícolas ordinarias requieren que la semillas sobrevivan por un tiempo mas largo, hasta llegar al siguiente periodo de cultivo, aunque las semillas de algunas especies puedan sobrevivir por mas tiempo en condiciones propicias.

Hafferkamp *et al.*, (1953), en términos generales, reportaron que los cereales tienen mayor capacidad de mantener su viabilidad que las oleaginosas: sin embargo hay que señalar que estas diferencias en la capacidad de mantener su longevidad no solamente se manifiestan entre especies, sino también en cultivares. Mencionan también que en los cereales, la cebada y la avena generalmente tienen el mayor potencial de longevidad,

mientras que el centeno es quien presenta menor capacidad para mantener su germinabilidad.

Síntomas del deterioro de las semillas

El estado avanzado del deterioro de las semillas son evidentes por la visibilidad de los síntomas durante la germinación y crecimiento de las plantas. Sin embargo, estos son precedidos por cambios fisiológicos cuyos síntomas pueden ser detectados únicamente por sofisticadas técnicas.

Síntomas fisiológicos del deterioro

Baja actividad enzimática. Las prueba mas sensible para medir el deterioro incipiente de la semilla es aquella donde la actividad es medida con ciertas enzimas asociadas con la interrupción de reservas alimenticias o biosíntesis de nuevo tejido.

Reducción en la respiración. Woodstock y Feeley (1965), describen a la respiración como una actividad compuesta de un gran grupo de enzimas que juntos reaccionan en la disminución de las reservas alimenticias. Como las semillas se deterioran, la respiración se hace cada vez mas débil, y en ultima estancia conduce a la perdida de germinación. Sin embargo antes de la pérdida germinal, los niveles de respiración durante las etapas tempranas de germinación han sido correlacionados con el vigor subsecuente.

Incremento en la hinchazón de la semilla. Hibbard y Miller (1928), mencionan que un síntoma frecuente que se presenta en las semillas deterioradas es el bajo contenido de agua que absorbe. El grado en deterioro está asociado con la concentración de exudados de la semilla que pueden ser encontradas en las soluciones. Los exudados son el resultado de la degradación de la membrana. La concentración en la absorción a sido medida por métodos de conductancia eléctrica, también esta determinado por el contenido soluble de azúcar de Leachate.

Incremento en el contenido de ácidos grasos libre. Harrington (1972), menciona que el incremento de ácidos grasos en la semilla es en gran parte debido a la invasión de hongos y es un síntoma principal del deterioro solamente cuando el contenido de humedad de la semilla esta cerca del 12%. En relación a lo anterior, Christensen *et al.*, (1949) dice que la invasión de hongo, como se piensa, es la causa principal de la interrupción de los lípidos para liberar ácidos grasos. Hoffpauir *et al.*, (1947) cita que las semillas de algodón que contienen 1% o más de ácidos grasos libres por lo general no germinan.

Síntomas del funcionamiento. Heydecker (1969), dice que eventualmente el deterioro de la semilla es observable en su bajo funcionamiento durante la germinación y menciona que las plantas que no germinan inmediatamente están entre los primeros síntomas seguidos de un lento crecimiento de la planta, un decremento en la germinación y deterioro de la semilla. Sobre este

tema, Isely (1957), Woodstock y Pollock (1965), mencionan que otro síntoma del deterioro de la semilla es la reducción en la resistencia a las tensiones ambientales durante la germinación y las etapas tempranas de crecimiento, esto trae como consecuencia una reducción en el potencial de producción. El último síntoma del mecanismo del deterioro de la semilla, es la pérdida completa de germinación y muerte de la semilla.

Cambios de color asociados con el envejecimiento. Harrington (1972), dice que la testa de las semillas de muchas especies se hacen marrones con la edad, especialmente cuando son expuestas a la luz. Las notas de un estudio comenta que este es acompañado con el cambio de color marrón del embrión; estos datos fueron presentados e indicaban la relación entre el color de la testa de la semilla, la germinación y el vigor.

Agricultura orgánica

Schnitman y Lernoud (1992), consideran que la agricultura orgánica moderna comenzó a principios del siglo XIX, con el desarrollo de los fertilizantes químicos debido a Justus Liebig, quien constato que la aplicación de ciertos elementos presentes en alta proporción en las plantas, incrementaba notablemente el rendimiento de las cosechas. Un compost maduro es un abono absolutamente seguro. Puede ser usado en cualquier proporción sin causar efectos dañinos al suelo o a los cultivos, es un material que provee fertilidad química y estructura grumosa al suelo.

Gómez *et al.*, (1999) mencionan que en México, el desarrollo de la agricultura orgánica es muy grande, surge en la década de los ochenta en algunos lugares y en pocos años se ha ido extendiendo a muchos otros, multiplicando su superficie e incursionando cada vez mas en nuevos productos, constituyéndose en una opción económicamente viable para miles de productores, campesinos e indígenas de escasos recursos.

Importancia económica de la agricultura orgánica

La agricultura orgánica es de gran importancia en la economía nacional, actualmente se cultivan mas de 30 productos orgánicos, cubre mas de 54,000 has certificadas bajo un esquemas de producción sostenible, además genera al año mas de 70 millones de dólares en divisas, propiciando la revalorización de la agricultura tradicional, la generación de empleos y mayores ingresos, principalmente para los pequeños productores.

Biodigestados líquidos

Alonso (2004), define a los biodigestados líquidos como el producto de un lavado de la composta o lombricomposta, los cuales estimulan desde el crecimiento de las plantas hasta potencializar la germinación en las semillas, ya que estos contienen tanto ácidos húmicos como fúlvicos, son ricos en nitrógeno, en hormonas, vitaminas y aminoácidos. Estas sustancias permiten regular el metabolismo vegetal y además pueden ser un buen complemento a la fertilización integral aplicada al suelo.

Los biodigestados líquidos son un compuesto líquido bioorgánico concentrado, natural, inocuo e inodoro que se obtiene del escurrimiento generado al regar la pila donde se encuentran las lombrices o el proceso de composteo, ya que es necesario mantener dichas pilas a una humedad de entre 70 a 80 %. Se dice además que es uno de los pocos productos ecológicos con una flora bacteriana (40 a 60 millones de microorganismos por cm³) capaz de enriquecer y regenerar los suelos. Aunque no sustituye totalmente a los nutrientes inorgánicos, sus aplicación rebasa hasta en un 40 % el uso de estos.

Beneficios de los biodigestados líquidos

Alonso (2004), menciona los beneficios que se logran con los biodigestados líquidos a partir de la composta y lombricomposta.

- Por ser un producto líquido orgánico concentrado y homogéneo, produce un aumento en el vigor de las semillas, desarrollo de plántulas normales, mayor elongación en plúmula y radícula.
- Es de gran concentración de sustancias húmicas y fúlvicas, así como de vitaminas aminoácidos, elementos menores y hormonas.
- Por su elevada carga microbiana favorable, contribuye a la protección del sistema radicular contra patógenos presentes en el suelo.
- De fácil manejo y puede almacenarse durante mucho tiempo sin que sus propiedades se vean alteradas.

- Es acumulativo, lo cual se ve reflejado a un mediano plazo y además puede aplicarse en el sistema de riego.

Los biodigestados líquidos, al igual que la composta y lombricomposta, son fertilizantes cien por ciento naturales y sin contraindicaciones, pero difieren en que su estado es líquido.

Los ácidos húmicos y fúlvicos

Ácidos húmicos

Álvarez (1998), dice que el ácido húmico es un material de origen biológico natural, producto de la degradación biológica de la materia orgánica, no es tóxico para los humanos y animales de sangre caliente. Este también puede obtenerse de materiales inorgánicos como es el caso del mineral leonardita, presentándose en forma natural como lignito oxidado. Por su parte, Omega (1989) dice que es un producto que se comercializa principalmente en forma líquida, aunque también en polvo.

Schnitzer y Poatpst (1967), encontraron que los compuestos húmicos son sustancias ácidas que se presentan en la materia orgánica del suelo en concentraciones que van de casi cero hasta cerca de 100%. A causa de su capacidad de intercambio y habilidad para formar complejos con iones metálicos e hidróxidos, estos compuestos afectan la viabilidad de nutrientes

a las raíces y sistemas biológicos de las plantas. Otra definición es la de Kuwatsuka (1978), quien dice que los tratamientos con ácidos húmicos dan altos resultados sobre el cultivo, así como proliferación en el crecimiento de las raíces.

Kononova (1982), describe a las sustancias húmicas como complejos de compuestos orgánicos de color marrón, pardo y amarillo que se extraen del suelo por soluciones de álcalis, sales neutras o disolventes orgánicos. Otro enfoque es el de Flores (1993), quien expone que los ácidos húmicos presentan ciertos efectos en la planta, como el traslado de nutrimentos desde las raíces hasta la parte aérea y del exterior de las hojas hasta los lugares de acumulación. Son activadores y estabilizadores de algunas enzimas. Ayudan al desarrollo temprano de las plantas, recuperando la tensión (estrés) de trasplante, mayor expansión foliar e incremento del sistema radical. Por su parte, Fernández (1968) y Kononova (1982), mencionan que la aplicación de pequeñas cantidades de sustancias húmicas aumentan la producción de materia seca en la planta, la concentración óptima de sustancias húmicas para efecto de máxima estimulación de ácidos húmicos aumenta la producción debido a los desvalances fisiológicos que sufre la planta.

Ácidos fúlvicos

Los ácidos fúlvicos se pueden obtener industrialmente a partir de cualquier tipo de materia orgánica mediante procesos fabriles como naturales, utilizando

las propiedades de las lombrices rojas y de bacterias humificantes. Estos ácidos tienen peso molecular muy inferior a los ácidos húmicos, son de color amarillo claro, contienen menos carbón y más oxígeno, formándose en las primeras fases de oxidación de la materia orgánica.

Franco y Bacón (1997), mencionaron que las propiedades atribuibles a los ácidos húmicos y fúlvicos son mejorar la estructura del suelo mediante:

- a) El incremento de la capacidad de retención de agua
- b) Evitar la retrogradación de los cationes del suelo y desbloqueo de sus elementos minerales
- c) Fijación de los amonios, disminuyendo las pérdidas por lixiviación
- d) Activación de la flora microbiana
- e) Estimulación de la germinación
- f) Promoción del desarrollo radicular
- g) Promoción de la absorción de nutrientes al aumentar la permeabilidad celular mediante la fertirrigación y aplicaciones foliares

Las sustancias húmicas son compuestos de color amarillento a negro, amorfos, muy polimerizados, con peso molecular muy elevado, naturaleza coloidal y que presentan núcleos de carácter aromático (benceno, naftaleno, furano, etc). Además son considerados como los promotores esenciales en la iniciación de las raíces en esquejes y que incrementan el crecimiento de la planta por efecto fisiológico e indirectamente por afectar las propiedades físicas,

químicas y biológicas del suelo. Por otra parte, Schnitzer y Poapst (1967) encontraron que los compuestos húmicos son sustancias ácidas presentes en la materia orgánica del suelo en concentraciones que van de casi cero hasta cerca del 100 %.

Stevenson (1981), afirma que en estado natural, todas estas sustancias están íntimamente ligadas unas con otras y con otros constituyentes orgánicos (hidratos de carbono, proteínas, etc.) y el papel de los distintos componentes del humus es difícil de determinar. Las diferentes fracciones húmicas representan un sistema de polímeros que varían en cuanto a su composición elemental, acidez, grado de polimerización y peso molecular.

Las sustancias húmicas se clasifican en función de su solubilidad en ácidos y bases, pudiéndose separar en diversas fracciones húmicas. Los ácidos fúlvicos y húmicos se extraen con reactivos alcalinos, pero los húmicos precipitan en presencia de ácidos, mientras que las huminas (son insolubles) no son extraíbles (precipitan en presencia de alcalinos). Dentro de los ácidos húmicos, se pueden distinguir el ácido himatomelánico, que es la parte del ácido húmico soluble en alcohol (también llamado ácido úlmico), los ácidos húmicos pardos, que no precipitan en presencia de sales como el cloruro sódico y los ácidos húmicos grises, que precipitan en presencia de sales (<http://www.terralia.com>).

Diversos autores nos dicen que dentro de los ácidos fúlvicos se pueden distinguir el ácido crénico (amarillo claro) y el ácido apocrénico (amarillo-pardo). Las huminas son de color negro; la distribución de estos distintos tipos de sustancias húmicas en los suelos naturales y en la materia orgánica descompuesta es variable y es característica del tipo de suelo o sustrato. Los ácidos húmicos no son solubles en agua y precipitan en medio ácido, pero son solubles en alcalinos, de color café oscuro a negro, alto peso molecular, 62% de carbón y 30% de oxígeno.

Los ácidos fúlvicos son solubles en agua a cualquier condición de pH del medio, permanecen después de la separación de ácidos húmicos por acidificación; son de color amarillo oscuro, de bajo peso molecular, con 45% de carbón y 48% de oxígeno, se presentan como sólidos amorfos de color marrón oscuro, generalmente insolubles en agua y en casi todos los disolventes no polares, pero fácilmente dispersables en las soluciones acuosas de los hidróxidos y sales básicas de los metales alcalinos, constituyendo un hidrosol que puede experimentar floculación mediante el tratamiento de los ácidos o los demás cationes.

Estos ácidos constituyen una serie de compuestos sólidos o semisólidos, amorfos, de color amarillento y naturaleza coloidal, fácilmente dispersables en agua y no precipitables por los ácidos, susceptibles en cambio de experimentar floculación en determinadas condiciones de pH y concentración de las soluciones de cationes no alcalinos (<http://www.terraia.com>).

Efecto de las sustancias húmicas en el desarrollo de los vegetales

Narro (1987), describe que los ácidos húmicos incrementan la permeabilidad de la membrana y se favorece así la asimilación radical y aplicaciones foliares de nutrimentos. Otro de los efectos que presenta es que favorece la traslocación de macro y micro elementos dentro de la planta lográndose una mejor nutrición de esta; acelera la fotosíntesis e incrementa la clorofila aumentando la producción favorablemente. Las sustancias húmicas influyen directamente en el crecimiento de las plantas.

Chen y Aviad (1990), sostienen que las sustancias húmicas de varios orígenes mejoran el crecimiento radical y la elongación de la estructura foliar, ya sea mezclados en soluciones nutritivas o aplicados por vía foliar.

Bohme *et al.*, (1997) describen que los ácidos húmicos pueden estimular o inhibir el crecimiento en plantas de tomate, dependiendo de las concentraciones utilizadas y frecuencia de las aplicaciones.

Efecto de los ácidos fúlvicos en el desarrollo de los vegetales

Carballo (2000), dice que la aplicación de algún producto a base de hormonas sobre semillas con cierto grado de deterioro, no recuperara su calidad fisiológica, siendo éste un proceso irreversible e inexorable, el ácido giberélico estimula mejor la germinación que los productos comerciales.

Monroy (2004), indica que los abonos orgánicos líquidos generaron una mejor respuesta en las variables relacionadas con el crecimiento vegetativo de la planta, sobre todo las concentraciones más altas humus líquido de lombriz al 15 % y humus líquido de estiércol al 15 %, superando al testigo y al Biozyme PP.

David (1994), señala que con la aplicación de ácido fúlvico incrementaron los pesos secos y frescos en plántulas de tomate, atribuidos al incremento en la permeabilidad de la membrana celular y efectos similares al de las Hormonas. Por su parte, Narro (1997) reporta que las sustancias fúlvicas, al igual que las húmicas, son originadas de la materia orgánica, entre las principales propiedades que se les atribuye se encuentra la de mejorar la estructura del suelo reduciendo la compactación, aumentar la capacidad de retención de agua, facilitar la absorción de nutrientes y disminuir las pérdidas por lixiviación. Además las sustancias fúlvicas al aplicarse al suelo y plantas, estimulan el crecimiento vegetal y permiten reducir las dosis de varios agroquímicos al incrementar la eficiencia de su asimilación, transporte y metabolismo.

GBM (1997), reporta que los ácidos fúlvicos son más eficientes como potencializadores de aplicaciones foliares que los ácidos húmicos, además que el pH no afecta la solubilidad de los ácidos fúlvicos en la solución de aspersión, en cambio los ácidos húmicos tienden a precipitarse en soluciones ácidas.

La composta

Según Jeavons (1994), la composta es una biomasa completamente digerida y/o una materia orgánica que posee la estructura del humus. En cambio, Deffis (1991) describe a la composta como un producto negro, homogéneo y por regla general de forma granulada, sin restos gruesos, al mismo tiempo es un producto húmico y cálcico; es un fertilizante por su aportación de micro elementos al suelo y su valor es muy apreciado.

Haug (1997), indica que la composta es el proceso biológico mediante el cual los microorganismos actúan sobre la materia rápidamente biodegradable, permitiendo obtener "compost", abono excelente para la agricultura. Este compost es un nutriente para el suelo que mejora la estructura, ayuda a reducir la erosión, ayuda a la absorción de agua y nutrientes por parte de las plantas.

Proceso de composteo

El proceso de la composta se basa en la actividad de microorganismos que viven en el entorno, esos seres microscópicos son los responsables de la descomposición de la materia orgánica. Para que puedan vivir y desarrollar la actividad descomponedora, necesitan condiciones óptimas de temperatura, humedad y oxigenación. De igual manera, Gliessman (2000) dice que el proceso de composteo empieza con una colección heterogénea de material orgánico, que contiene una población grande de hongos y bacterias. Los

microorganismos se desarrollan y comienzan el proceso de descomposición en el momento en que se presentan condiciones favorables de humedad, temperatura y aireación.

Esta actividad microbiana producirá un aumento de temperatura a consecuencia de las oxidaciones biológicas exotérmicas y dado que la materia orgánica posee muy mala conductividad térmica, esta actúa como aislante térmico, causando que la mayor parte del calor producido permanezca dentro de la pila de material orgánico. La pila se enfriará posteriormente al disminuir la descomposición.

Líquido de composta

Elaboración

Este líquido se obtiene al separar la parte húmificada y mineralizada de la composta utilizando como medio para separar el agua, pero realizando este proceso en forma aeróbica.

Lombricomposta

La lombricomposta es un residuo orgánico, con un adecuado laboreo y compostaje, que es puesto como sustrato y hábitat para la lombriz californiana, es transformado por ésta en una extraordinaria enmienda fertilizadora. La

acción de la lombriz produce un agregado notable de bacterias que actúan sobre los nutrientes macromoleculares, elevándolo a estados directamente asimilables por las plantas, lo cual se manifiesta en notables mejoras de las cualidades organolépticas de frutos y flores, y mayor resistencia a los agentes patógenos.

El humus de lombriz

Es un fertilizante bio-orgánico de estructura coloidal, producto de la digestión que se presenta como un producto desmenuzable, ligero e inodoro, similar a la borra del café. Es un producto terminado muy estable, imputrescible y no fermentable, posee una altísima carga microbiana, protegiendo las plantas de otros tipos de bacterias patógenas y nematodos, contra los cuales está indicado especialmente. El humus de lombriz favorece la formación de micorrizas, acelera el desarrollo radicular y los procesos fisiológicos de brotación, floración, madurez, sabor y color, su acción antibiótica aumenta la resistencia de las plantas al ataque de plagas y patógenos, así como la resistencia a las heladas, su acción hace asimilable para las plantas nutrientes como fósforo, calcio, potasio, magnesio, y también micro y oligoelementos.

Su riqueza en oligoelementos aporta a las plantas sustancias necesarias para su metabolismo. Como tiene pH neutro puede utilizarse sin contraindicaciones, ya que no quema las plantas, ni siquiera las más delicadas. Además, produce hormonas, sustancias reguladoras del crecimiento y

promotoras de las funciones vitales de las plantas. Está compuesto principalmente por carbono, oxígeno, nitrógeno e hidrógeno, encontrándose también una gran cantidad de microorganismos. Las cantidades de estos elementos dependerán de las características del sustrato utilizado en la alimentación de las lombrices.

El vermicompost es un abono rico en fitohormonas, sustancias producidas por el metabolismo de las bacterias que estimulan los procesos biológicos de la planta. Estos agentes reguladores del crecimiento son: las auxinas, giberelinas y las citoquininas.

Beneficios de la lombricomposta

Los beneficios de la lombricomposta son:

1. Presenta ácidos húmicos y fúlvicos que por su estructura coloidal granular, mejora las condiciones del suelo, retiene la humedad y puede con facilidad unirse al nivel básico del suelo, mejorando su textura y aumentando su capacidad de retención de agua.
2. Siembra vida. Inocula grandes cantidades de microorganismos benéficos al sustrato, que corresponden a principales grupos fisiológicos del suelo.
3. Favorece la acción antiparasitaria y protege a las plantas de plagas. Le confiere una elevada actividad biológica global.

4. Ofrece a las plantas una fertilización balanceada y sana. Puede aplicarse de forma foliar sin que dañe la planta.
5. Desintoxica los suelos contaminados con productos químicos.
6. Incrementa la capacidad inmunológica y de resistencia contra plagas y enfermedades de los cultivos.
7. Activa los procesos biológicos del suelo.
8. Tiene una adecuada relación carbono nitrógeno que lo diferencia de los abonos orgánicos, cuya elevada relación ejerce una influencia negativa en la disponibilidad de nitrógeno para la planta.
9. Presenta humatos, fitohormonas y rizógenos que propicia y acelera la germinación de las semillas, elimina el impacto del trasplante y al estimular el crecimiento de la planta, acorta los tiempos de producción.

Martínez (1999), menciona que la lombriz se alimenta de desechos en descomposición, asimila una parte para cubrir sus necesidades fisiológicas y otra parte la excreta. Esta excreta es conocida también como vermicomposta y humus de lombriz.

Por su parte Gliessman (2000), menciona que las excretas son conocidas por sus altos niveles de Fósforo, Nitrógeno y otros nutrimentos, también contiene polisacáridos que aglutinan las partículas del suelo y ayudan en el desarrollo de la materia orgánica del suelo.

Elaboración de líquido de lombricomposta

Este líquido proviene de las camas en donde se tiene la lombriz, es captado de los escurrimientos que se generan al regar las camas de siembra de las lombrices, dado que su hábitat debe tener una humedad alrededor de 80% y cuando se aplican los riegos, parte del agua aplicada se escurre arrastrando consigo humus y minerales además de otros compuestos, los cuales se recogen en una pileta al final de la cama. Existen otros productos como los ácidos húmicos y fúlvicos considerados también como estimuladores de crecimiento.

Principales hormonas de crecimiento

Auxinas

Rojas y Ramírez (1993), dicen que el término auxina designa a cualquier hormona perteneciente al grupo auxínico, pero a menudo se usa como sinónimo al Ácido indolacético, que es la principal auxina natural que se sintetiza a partir del aminoácido de triptófano, así como el Ácido Indolpirúvico (AIP) que se encuentra en el cultivo de maíz, principalmente en semillas, hojas y raíces. El principal efecto auxínico es la estimulación del alargamiento celular o su depresión, según la concentración del producto, la acción principal de esta hormona es la formación de órganos y tejidos, además de que estimula la división celular (interactúa con las citocininas), estimula la formación de raíces, engrosamiento celular y dominancia apical, etc.

Bidwell (1996), señaló que el ácido indolacético y otras auxinas naturales no se acumulan en grandes cantidades en las células, debido a que existen procesos naturales de inactivación y destrucción de éstas, ya que son menos eficientes que las auxinas sintéticas, lo que les permite acumularse y tener un período activo relativamente largo al aplicarlas en forma exógena, pues tales auxinas son quizá más estables debido a que existen pocos sistemas enzimáticos que las ataquen fácilmente, por lo que tienden a acumularse, hasta el punto de llegar a ser tóxicas.

Rojas y Vázquez (1995), en un trabajo realizado con auxinas mencionaron que estas son hormonas cuya acción fisiológica básica es sobre el mensaje genético contenido en el ADN, el cual determina que la planta sintetice proteínas y enzimas nuevas, cambiando su química y su fisiología, estas promueven el alargamiento de las células a bajas dosis, dando excesivo crecimiento a los tallos que se alargan y se retuercen y un crecimiento de las hojas malformadas; en cambio, inhiben el crecimiento en dosis altas, ya que incrementan la respiración y en general la actividad fisiológica a bajas dosis e inhibirla a altas concentraciones.

Giberelinas

Salisbury y Ross (1994), mencionan que las giberelinas se descubrieron por primera vez en la década de los 30's en Japón, donde aislaron un compuesto activo del hongo *Giberella fujikuroi* (el estado asexual o imperfecto

de *Fusarium moniliforme*). Para 1990, se habían descubierto 84 giberelinas en varios hongos y plantas. Las semillas de *Sechium edule* contiene al menos 20 giberelinas, mientras que las semillas de *Phaseolus vulgaris*, L. contiene al menos 16, aunque la mayoría de las especies contiene una cantidad mayor. Todas tienen de 19 a 20 átomos de carbono, agrupadas en un sistema de cuatro a cinco anillos.

Según Tesar (1988), las semillas inmaduras son una excelente fuente para el estudio de las giberelinas porque se presentan en altas concentraciones, presentándose también en la maduración de éstas, aunque en concentraciones menores, sin embargo, para las semillas en germinación se localizan principalmente en el eje embrionario, cotiledones y testa.

Karszen *et al.*, (1989) menciona que la aplicación de giberelinas en las semillas tiene una acción estimulante en la dormancia, acelera la germinación y a menudo pueden compensar la falta de estímulos de luz y bajas temperaturas. Los efectos principales son la estimulación de la hidrólisis en la reserva de alimentos y la reducción del mecanismo de resistencia de la radícula; así como la estimulación del crecimiento del embrión. De igual manera Rojas y Vázquez (1995) dicen que las giberelinas tienen la acción básica de modificar el mensaje genético que conlleva el ARN, presentando el síntoma típico de ausencia de amilasa en la planta, enzima que deshace el almidón, la cual permite utilizarlo para obtener energía, también promueve el crecimiento de variedades enanas, así como el florecer algunas plantas en condiciones inadecuadas de luz o frío.

Salisbury y Ross (1994), señalan que en las semillas de pastos (incluyendo cebada), es probable que las giberelinas se sinteticen en el escutelo y quizá también en otras partes de embrión.

El tipo de giberelinas sintetizadas depende de la especie, pero en cebada parecen ser más importantes las GA₁ y GA₃. Sin embargo, aunque la capa de aleurona de cebada, trigo y avena silvestre (*Avena fatua*), responde al tratamiento con GA₃ o algunas otras giberelinas sintetizando amilasa y otras enzimas hidrolíticas, mientras que algunas variedades cultivadas de avena y la mayoría de los cultivares de maíz no lo hacen.

Citoquininas

Weaver (1996), mencionó que la presencia de citocininas naturales ha sido extraída de más de 40 especies, niveles altos de estos compuestos se han hallado sobre todo en tejidos que presentan una división celular activa, como el caso de las semillas de cebada, lechuga y chícharo, así como los frutos en desarrollo de membrillo, manzano, ciruelo, durazno, peral y tomate; por tal razón, las citocininas se consideran reguladores de la división celular. La primera citocinina cristalina se extrajo de semillas de maíz (*Zea mays* L.) llamada zeatina. Por su parte Rojas y Vázquez (1995), mencionaron que las citoquininas interfieren con el ADN y tienen como síntoma típico el promover la división celular y el retardar los síntomas de senectud, en plantas se le conoce como una hormona juvenil.

Sin embargo, Hurtado y Merino (1987) mencionaron que el nombre genérico de las citocininas es empleado para aquellas sustancias químicas que pueden estimular principalmente la división celular, casi todas las citocininas conocidas, tanto naturales como sintéticas son derivadas de la adenina.

Los efectos principales son:

- 1) La inducción de la iniciación en tallos y ramas
- 2) El rompimiento del letargo de las yemas y semillas en muchas especies
- 3) Produce un efecto sobre la dominancia apical, aunque este es muy complejo y parece depender de un balance entre citocininas, giberelinas y auxinas.

Ácido abscísico

Rojas y Vázquez (1995), mencionaron que las abscisinas determinan el letargo en yemas y semillas, e intervienen en la caída de las hojas, proporcionando información sobre la resistencia al estrés de frío y sequía.

Salisbury y Ross (1994), comentaron que el ácido abscísico exógeno es un inhibidor potente en la germinación de semillas de muchas especies, además, algunos estudios demuestran que los niveles de ABA disminuyen en semillas enteras cuando se interrumpe la latencia por algún tratamiento ambiental (por ejemplo, la exposición a la luz o a las bajas temperaturas).

Hartmann y Kester (1995), determinaron que el ácido abscisico tiende a incrementarse con la maduración de la semilla y puede estar involucrado en la prevención de la viviparidad y en la inducción del letargo, también se ha aislado de las semillas en letargo, así como de las cubiertas de las semillas de durazno, nogal, manzano, rosal y ciruelo, pero desaparece durante la escarificación.

Investigaciones realizadas

Ayala (2005), realizó un estudio sobre germinación en plántulas de tomate comparando productos orgánicos con comerciales, y obtuvo los siguientes resultados; los abonos orgánicos líquidos generaron una mejor respuesta en las variables relacionadas con el crecimiento vegetativo de la planta, sobre todo las concentraciones más altas Humus líquido de lombriz al 15 % y Humus líquido de estiércol al 15 %, superando al testigo y al Biozyme PP.

Carballo (2000), en un trabajo realizado donde comparo la germinación de cereales básicos entre productos comerciales y orgánicos obtuvo como resultados que el producto ácido fúlvico no presento ningún efecto favorable en los cultivos evaluados, con excepción del sorgo, en donde de manera eficiente destaco en longitud media de radícula en la prueba de germinación estándar. Mientras que el ácido giberélico en su dosis alta (1200 ppm) tuvo el mejor comportamiento en las semillas de maíz y trigo, no presentándose ningún efecto favorable para las semillas envejecidas y no envejecidas de sorgo, frijol y arroz bajo condiciones de laboratorio.

Campos (1994), encontró que el tratamiento con biozyme mejoró significativamente la velocidad de emergencia, porcentaje de emergencia, número de hojas primarias en la primera fecha de siembra del maíz dulce y el porcentaje de emergencia, peso seco de planta y el número de hojas primarias en la segunda siembra. Sin embargo, en fríjol, el tratamiento reduce significativamente la velocidad de emergencia, el porcentaje de emergencia en la primera siembra temprana, mientras que para la segunda siembra se incrementa significativamente el porcentaje de emergencia, el peso seco de plántula y el peso seco de la semilla.

La aplicación de biozyme en frijol y maíz dulce incrementó el porcentaje de germinación, pero esta no mejoró la velocidad de germinación bajo condiciones de laboratorio.

Moreno (1996), utilizó GA_3 en *Avena sativa*, *Hordeum vulgare*, *Secale cereale*, *X. triticosecale* y *Triticum aestivum*, en dosis de 500 ppm, sin embargo, cuando la latencia es débil se recomienda usar 200 ppm y cuando es alta debe ser de 1000 ppm, además sugiere que en dosis de 800 ppm hacia arriba es recomendable utilizar una solución buffer en lugar de agua.

MATERIALES Y METODOS

Ubicación geográfica del sitio experimental

El presente trabajo de investigación se realizó en el Laboratorio de Ensayos de Semillas del Centro de Capacitación y Desarrollo de Tecnología de Semillas, ubicado en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, que se encuentra en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, situada geográficamente en las coordenadas 25° 22' de latitud norte, y 101° 00' de longitud oeste con una altitud de 1743 msnm.

Material genético

El material usado para la presente investigación fue semilla de avena (*Avena sativa*, L.) la cual tenía un porcentaje de germinación de 74 % de acuerdo a los resultados obtenidos en una prueba preeliminar de germinación.

Tratamientos

Se utilizaron siete materiales orgánico-hormonales, con los que se crearon diferentes mezclas hasta obtener un total de 15 tratamientos, a la par se trabajó con tres testigos, de los cuales dos fueron relativos y un testigo absoluto.

Descripción de los tratamientos

Biodigestado líquido de composta

Es un líquido que se obtiene al separar la parte humificada y mineralizada de la composta, generada a partir del escurrimiento que se lleva a cabo cuando se riega dicha cama, ya que esta para su mantenimiento requiere una humedad de 70 a 80%.

Biodigestado líquido de lombricomposta

De igual forma que el anterior, y con la ayuda de la lombriz que esta presente en las camas, este líquido es obtenido a partir de los escurrimientos que se generan al mantener la cama a una humedad del 80%, los cuales llevan consigo diversos nutrientes.

Biodigestado líquido mixto

Es la combinación del biodigestado líquido de composta y de lombricomposta en una relación de 1:1, los cuales se complementan uno a otro en función de los nutrientes.

Sedimento de composta

Es el precipitado que resulta apartir del biodigestado líquido de composta cuando es llevado a una estufa a 45 °C, posteriormente éste es tamizado para su uso y aplicación en polvo.

Sedimento de lombricomposta

La forma de obtención es igual que el sedimento de composta sólo que éste se genera del biodigestado líquido de lombricomposta, su utilización es también en polvo.

Sedimento mixto

Este se da apartir de la mezcla de los biodigestados líquidos de composta y lombricomposta en la relación antes mencionada, dicha combinación se lleva a una estufa a 45 °C y su posterior sedimento es tamizado para su presentación en polvo.

Lombricomposta en polvo

Es obtenido de la lombricomposta pura que se encuentra en una cama, se somete a temperatura de 45 °C en 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, estimulante de la germinación y principio de desarrollo de plántulas, es un regulador de crecimiento vegetal, líquido, que trabaja a partir de extractos de origen vegetal y fitohormonas biológicamente activas, como giberelinas (77.4 ppm), ácido indolacético (33 ppm) y zeatina (128.7 ppm).

Biozyme PP (Testigo relativo 2)

Producto comercial de GBM, estimulante de la germinación para tratamiento de semillas. Es una 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 de algunas condiciones adversas en las primeras fases de desarrollo de plántulas. Tiene hormonas biológicamente activas como son giberelinas (28.5 ppm), ácido indolacético (12.25 ppm) y zeatina (47.8 ppm).

Agua (Testigo absoluto)

Este se usó como testigo para comparar todos los productos, siendo éste sólo la humedad que se aplicó a las hojas de papel usadas para los tacos de germinación.

A continuación se presentan los tratamientos, así como sus combinaciones y testigos utilizados en la presente investigación.

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 estandarizaron en relación a las citocininas (zeatina) y de acuerdo a los productos comerciales (Biozyme); y los resultados para la aplicación a la semilla de avena se muestran en el Cuadro 3.1.

Cuadro 3.1. Dosis de aplicación en base al peso de 600 semillas, (equivalente a 17 gr), según la dosis por kilogramo de semilla dada por la estandarización en la zeatina de los productos comerciales.

TRATAMIENTOS	DOSIS POR KG. DE SEMILLA		DOSIS PARA 600 SEMILLAS	
T1: BLM	4.68 ml (BLM)		0.079 ml (BLM)	
T2: SM	3.33 gr (SM)		0.056 gr (SM)	
T3: SC	7.48 gr (SC)		0.127 gr (SC)	
T4: BLM+BLC	4.25 ml BLM	4.25 ml BLC	0.072 ml (BLM)	0.072 ml (BLC)
T5: BLM+BLL	4.49 ml BLM	4.49 ml BLL	0.076 ml (BLM)	0.076 ml (BLL)
T6: BLM+SL	4.02 ml BLM	4.02 gr SL	0.068 ml (BLM)	0.068 gr (SL)
T7: BLM+LP	4.67 ml BLM	4.67 gr LP	0.079 ml (BLM)	0.079 gr (LP)
T8: SM+BLC	3.11 gr SM	3.11 gr BLC	0.052 gr (SM)	0.052 ml (BLC)
T9: SM+BLL	3.23 gr SM	3.23 gr BLL	0.055 gr (SM)	0.055 ml (BLL)
T10: SM+SL	2.98 gr SM	2.98 gr SL	0.050 gr (SM)	0.050 gr (SL)
T11: SM+LP	3.32 gr SM	3.32 gr LP	0.056 gr (SM)	0.056 gr (LP)
T12: SC+BLC	6.45 gr SC	6.45 gr BLC	0.109 gr (SC)	0.109 ml (BLC)
T13: SC+BLL	7.01 gr SC	7.01 ml BLL	0.119 gr (SC)	0.119 gr (BLL)
T14: SC+SL	5.93 gr SC	5.93 gr SL	0.100 gr (SC)	0.100 gr (SL)
T15: SC+LP	7.47 gr SC	7.47 gr LP	0.127 gr (SC)	0.127 gr (LP)
T16: BTS	2.00 ml (BTS)		0.034 ml (BTS)	
T17: BPP	5.38 gr (BPP)		0.091 gr (BPP)	
T18: Ag	-----		Humedad del Taco	

Preparación de los tratamientos

Se realizó una prueba preliminar de germinación en semilla de avena para conocer que porcentaje de germinación traía, lo cual dio como resultado un 74 % de germinación. Se procedió a hacer el 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 GBM que son para un kilogramo de semilla. Para lo anterior, se realizó un conteo de cinco repeticiones para la obtención de un valor promedio, el cual fue de 17.0 gr para las 600 semillas.

La dosis que se obtuvo para cada tratamiento son los mencionados en el Cuadro 3.1. Para el caso de los tratamientos combinados la dosis fue complementada y dividida entre los dos productos, con la finalidad de aportar la cantidad de zeatina a la cual estandarizamos.

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 sábila (*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 y adherencia del producto en las mismas.

Proceso de siembra

La siembra se realizó el día 7 de Octubre 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 adherible 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 mojada, se enrolló y se marcó en la parte inferior del taco cada tratamiento.

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 °C. Para mantener la humedad del taco, se aplicó un riego con agua al cuarto día después de la siembra de acuerdo a las necesidades presentadas.

Parámetros a evaluar

Las variables fueron evaluaron a los seis días posteriores a la siembra (el día 13 de Octubre de 2005), y fueron las siguientes:

Germinación estándar

Se realizó conforme a las reglas de la ISTA (1996), sembrándose tres repeticiones y cuatro tacos para cada repetición, cada uno de 25 semillas sembradas en papel anchor, se humedeció y se formaron los tacos o muñecas, posteriormente fueron llevados a la cámara de germinación a una temperatura de 25 °C, y a los 6 días se hizo la toma de datos y se tomó en cuenta lo siguiente:

- Plántulas Normales
- Plántulas Anormales
- Semillas sin Germinar (Semilla Dura o Muerta).

Longitud media de plúmula

Las plántulas usadas para la medición de esta variable fueron las que presentaban uniformidad en cuanto a tamaño y coloración, se tomaron diez plántulas por tratamiento con dichas características, se midió la longitud de plúmula con la ayuda de una regla graduada, luego se determinó un valor promedio y el dato se reportó en centímetros.

Longitud media de radícula

Las plántulas usadas para evaluar este parámetro fueron las mismas que se utilizaron en la medición de longitud media de plúmula, dicha evaluación se

determinó de forma similar a la variable anterior con ayuda de una regla graduada, se obtuvo una media de los datos obtenidos y el valor promedio se reportó en centímetros.

Peso seco de plántula

Las plántulas usadas en este parámetro fueron tomadas de las mismas que se utilizaron para las variables de longitud de plúmula y radícula, se eliminó la estructura de la semilla y las plántulas fueron colocadas en bolsas de papel estraza perforada, las cuales se llevaron a un horno con una temperatura de 65 °C por un tiempo de 24 horas.

Una vez transcurrido este tiempo, se sacaron las plántulas de la bolsa y se tomó el peso en una balanza analítica de precisión de 0.0001gr. El resultado del peso seco obtenido se reportó en miligramos por plántula, de un promedio de las 10 plántulas tomadas para dicho parámetro.

Análisis estadístico

Para el análisis estadístico de los resultados obtenidos, se utilizó el paquete estadístico SAS versión 6.12, en el cual se llevaron a cabo los distintos análisis de varianza de las medias de los tratamientos. Posteriormente se realizó una prueba de comparación de medias (Prueba de Tukey) al nivel de significancia del 0.05 % de probabilidad, en el programa estadístico antes mencionado.

Para la realización de este trabajo, se utilizó un diseño completamente al azar (DCA), el cual es uno de los diseños más sencillos y es usado cuando las unidades experimentales son lo más homogéneas posibles.

Modelo estadístico

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

$$Y_{ij}: \mu + \tau_i + \epsilon_{ij}$$

Donde:

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

μ : Es la media general.

τ_i : Es el efecto del i -ésimo tratamiento.

ϵ_{ij} : Es el error experimental en la j -ésima medición del i -ésimo tratamiento.

RESULTADOS

En el Cuadro 4.1 se muestran los cuadrados medios y el nivel de significancia del análisis de varianza realizado en las variables evaluadas en semilla y plántulas de avena, tratadas con productos orgánico-hormonales. En dicho cuadro se observa que en las variables de germinación estándar, longitud media de radícula, así como peso seco de plántula se encontraron diferencias altamente significativas ($\alpha = 0.01$) para la fuente de tratamientos, mientras que en longitud media de plúmula se encontró diferencia significativa. Los coeficientes de variación, oscilaron entre 3.03 a 7.89 %, lo que nos indica que el trabajo se llevó a cabo adecuadamente y los resultados indican confiabilidad.

Cuadro 4.1. Cuadrados medios del análisis de varianza para las variables evaluadas en semilla y plántula de avena.

F. V.	G.L.	Variables			
		Germinación Estándar (%)	Longitud Media de Plúmula (cm)	Longitud Media de Radícula (cm)	Peso Seco de Plántula (mg)
Tratamiento	17	57.665 **	1.642 *	1.554 **	2.375 **
Error Exp.	36	6.962	0.837	0.534	0.694
C.V. (%)		3.03	7.89	4.94	7.33

** Altamente significativo ($\alpha = 0.01$).

* Significativo ($\alpha = 0.05$).

Debido a que se encontraron diferencias significativas entre las medias de los tratamientos de los parámetros evaluados, 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 semilla de avena tratadas con productos orgánico-hormonales.

Tratamientos	Germinación estándar (%)	Longitud media de plúmula (cm)	Longitud media de radícula (cm)	Peso seco de plántula (mg)
T1: BLM	94.333 A	11.0533 AB	14.480 ABC	10.673 B
T2: SM	82.000 CD	11.0567 AB	14.910 ABC	11.320 AB
T3: SC	82.667 BC	12.7867 AB	14.653 ABC	13.480 A
T4: BLM+BLC	88.667 ABC	10.8900 AB	14.676 ABC	11.170 AB
T5: BLM+BLL	89.667 ABC	10.8267 AB	15.030 ABC	10.340 B
T6: BLM+SL	86.667 ABC	11.5367 AB	14.606 ABC	11.333 AB
T7: BLM+LP	86.333 ABC	11.9700 AB	15.153 ABC	11.450 AB
T8: SM+BLC	82.333 BCD	12.8433 AB	14.762 ABC	13.480 A
T9: SM+BLL	88.000 ABC	11.4033 AB	15.186 ABC	11.056 AB
T10: SM+SL	87.667 ABC	13.0000 A	16.056 AB	11.403 AB
T11: SM+LP	87.667 ABC	11.6733 AB	14.333 BC	11.233 AB
T12: SC+BLC	89.667 ABC	11.0700 AB	15.206 ABC	11.356 AB
T13: SC+BLL	88.000 ABC	11.5767 AB	14.430 ABC	11.536 AB
T14: SC+SL	90.000 ABC	11.5767 AB	14.363 ABC	11.360 AB
T15: SC+LP	90.333 AB	11.7767 AB	16.593 A	11.466 AB
T16: BTS	88.000 ABC	11.6333 AB	14.290 BC	11.096 AB
T17: BPP	89.333 ABC	11.7533 AB	14.393 AC	11.043 AB
T18: Ag	74.333 D	10.1233 B	13.263 C	9.750 B

Germinación estándar

La prueba de comparación de medias (Tukey, con $\alpha=0.05$), para evaluar germinación estándar se encontró que el tratamiento que presentó mejor respuesta a la manifestación de la germinación fue el biodigestado líquido mixto (BLM), el cual obtuvo un valor promedio de 94.3%, seguido del sedimento de composta mas lombricomposta en polvo (SC+LP) con 90.3 % y sedimento de composta mas sedimento de lombricomposta (SC+SL) con 90.0 % de germinación promedio. Por otra parte, los tratamientos que presentaron el menor porcentaje de germinación fueron el sedimento mixto mas biodigestado líquido de composta (SM+BLC), el sedimento mixto (SM) y el testigo absoluto (Ag), con valores promedio de 82.3, 82.0 y 74.3 %, respectivamente.

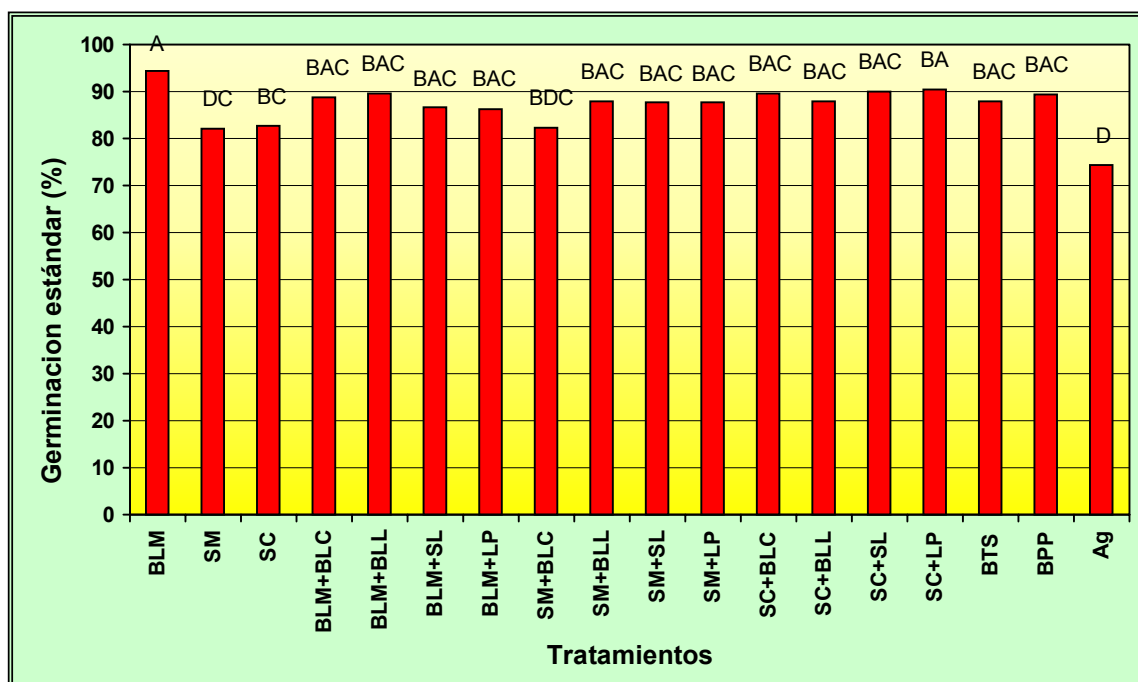


Figura 4.1. Porcentaje de germinación en semilla de avena tratada con productos orgánico-hormonales, evaluado seis días después de la siembra.

Longitud media de plúmula

Para este parámetro las medias de los tratamientos muestran que el tratamiento que presentó mejor respuesta en la elongación de la plúmula el sedimento mixto mas sedimento de lombricomposta (SM+SL), el cual alcanzó un valor promedio de 13.0 cm, seguido del sedimento mixto mas biodigestado líquido de composta (SM+BLC) con 12.8 cm y sedimento de composta (SC) con 12.7 cm de longitud media de plúmula. Sin embargo, los tratamientos que presentaron el menor valor promedio de éste parámetro fueron los tratamientos de biodigestado líquido mixto mas biodigestado líquido de composta (BLM+BLC), biodigestado líquido mixto mas biodigestado líquido de lombricomposta (BLM+BLL) y el testigo absoluto (Ag), con valores promedios de 10.89, 10.82 y 10.12 cm.

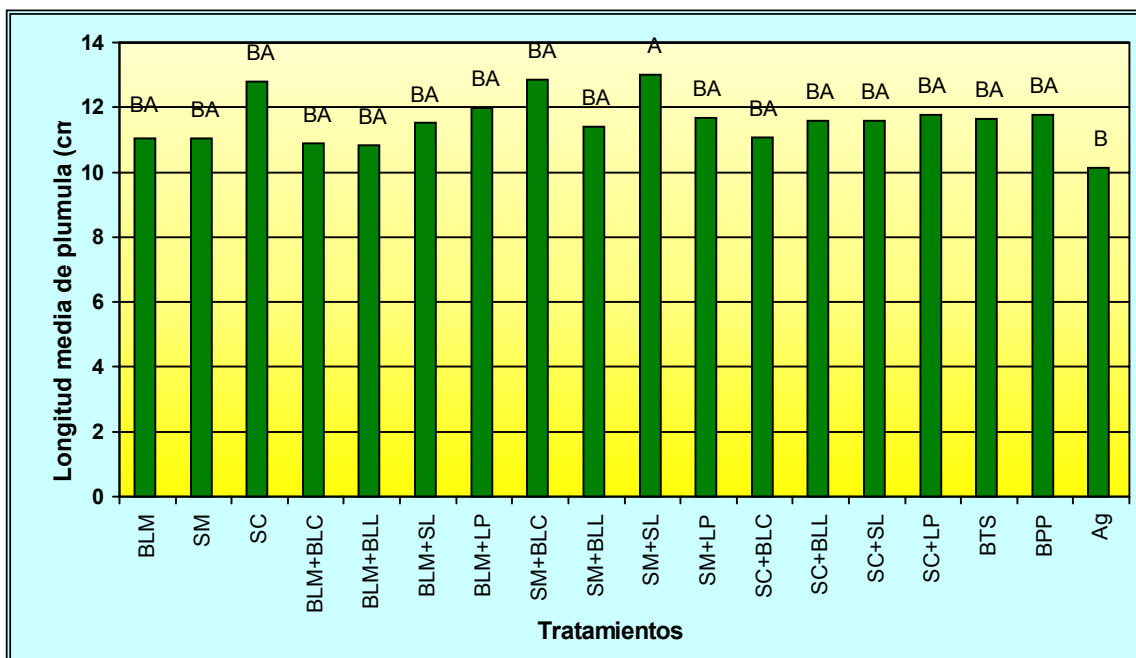


Figura 4.2. Longitud media de plúmula (cm) en semilla de avena tratada con productos orgánico-hormonales, evaluada seis días posteriores a la siembra.

Longitud media de radícula

Para la longitud media de radícula, en la prueba de comparación de medias, se encontró que el tratamiento que tuvo mejor respuesta fue el sedimento de composta mas lombricomposta en polvo (SC+LP), el cual proporcionó un valor promedio de 16.5 cm, seguido de el sedimento mixto mas sedimento de lombricomposta (SM+SL) con 16.0 cm y sedimento de composta mas biodigestado líquido de composta (SC+BLC) con 15.2 cm. No obstante, los tratamientos que presentaron los menores promedios en ésta variable fueron los tratamientos de sedimento mixto mas lombricomposta en polvo (SM+LP), biozyme tratamiento de semillas (BTS) y el testigo absoluto (Ag), con 14.3, 14.2 y 13.2 cm.

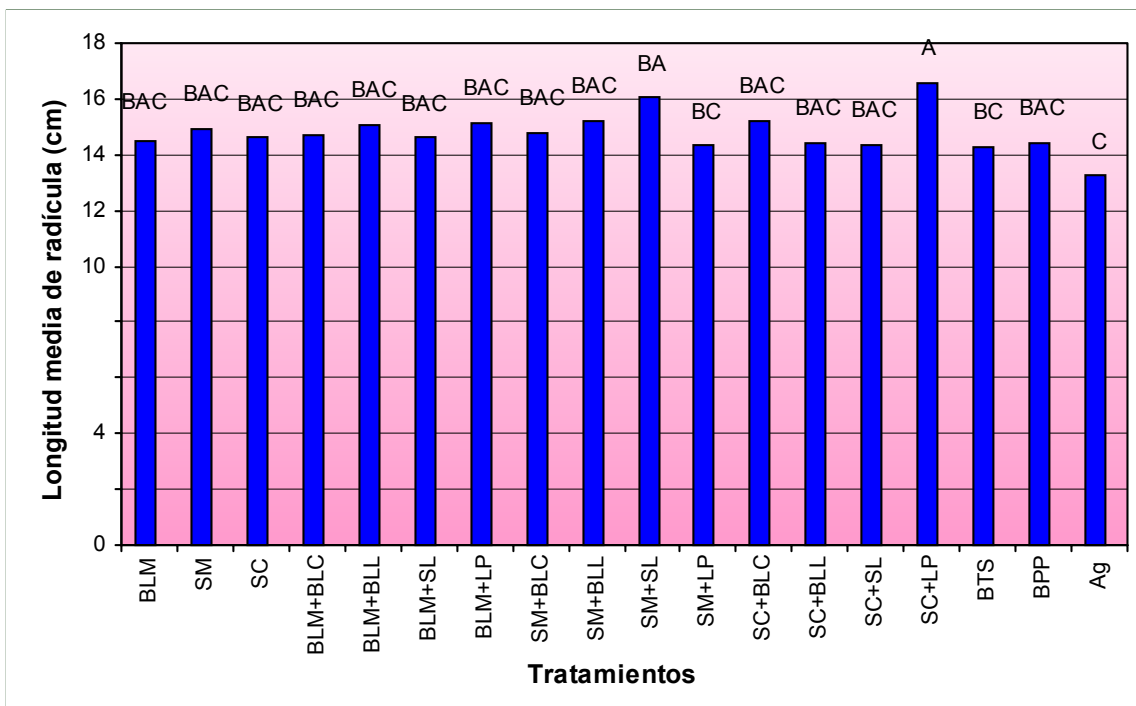


Figura 4.3. Longitud media de radícula (cm) en semilla de avena tratada con productos orgánico-hormonales, evaluada seis días posteriores a la siembra.

Peso seco de plántula

En peso seco de plántula, se encontró que los tratamientos que presentaron mejor respuesta a la aplicación de los productos orgánico-hormonales, fueron el sedimento de composta (SC) y el sedimento mixto mas biodigestado líquido de composta (SM+BLC) ambos con un valor promedio de peso seco de plántula de 13.4 mg, seguidos por el sedimento de composta mas biodigestado líquido de lombricomposta (SC+BLL) con valor promedio de 11.5 mg. Por otra parte, los tratamientos que presentaron el menor valor de peso seco fueron los tratamientos de biodigestado líquido mixto mas biodigestado líquido de lombricomposta (BLM+BLL), biodigestado líquido mixto (BLM), y el testigo absoluto (Ag), con valores promedios de 10.3, 10.6 y 9.7 mg.

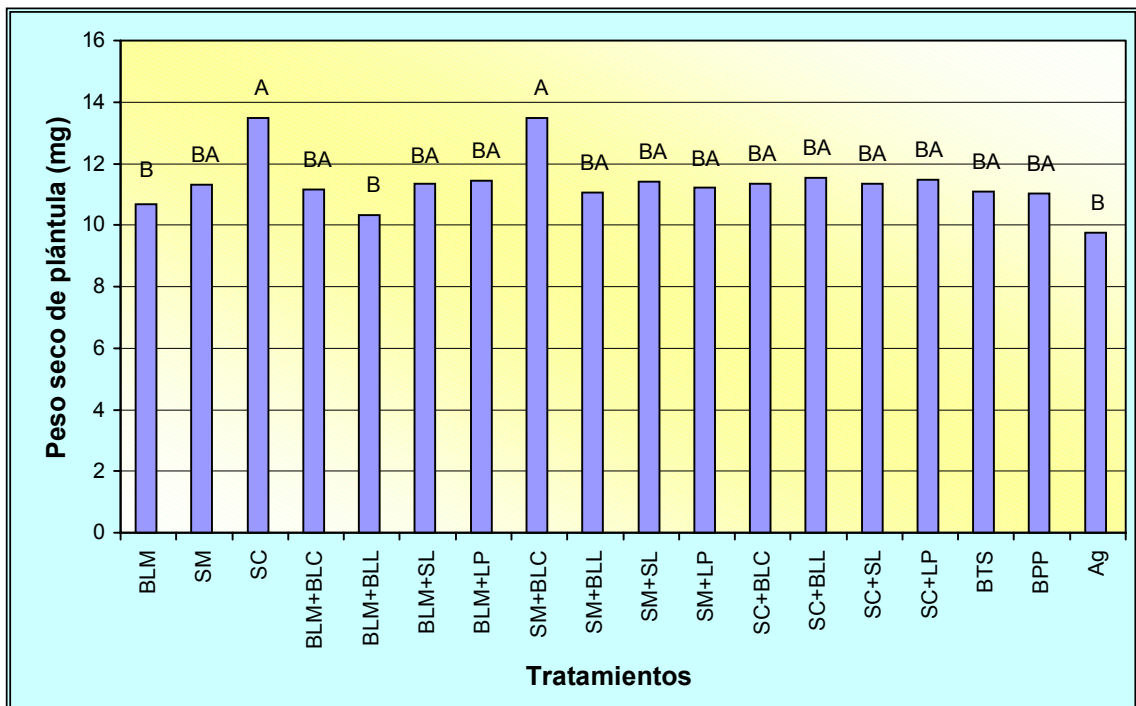


Figura 4.4. Peso seco de plántula (mg) tomado siete días después de la fecha de siembra, de la semilla de avena tratada con productos orgánico-hormonales.

DISCUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en la semilla de avena para éste estudio, se encontró que los productos difieren en acción para cada una de las variables evaluadas, esta variación puede ser ocasionada por varios factores, dentro de los que podemos mencionar el efecto que tiene la composición de cada uno de los tratamientos (micro elementos) sobre las semilla, la presentación del producto y las características presentes de la semilla en evaluación.

Para la variable germinación, el valor más alto lo presenta el biodigestado líquido mixto (BLM), esto debido a que sus componentes tiene acción sobre la germinación; como se sabe, los ácidos húmicos tienen como función principal acelerar la nascencia y germinación de la semilla, y la acción de los ácidos fúlvicos es la de facilitar el transporte de nutrientes a través de toda la plántula.

Otro factor de gran importancia es la presentación del producto, debido a que uno de los principales procesos para que ocurra la germinación es la imbibición y la forma líquida del producto favorece este proceso.

En los resultados obtenidos al evaluar las variables longitud de plúmula, longitud de radícula y peso seco de plántula, se encontró una relación entre los tratamientos que presentaron los valores mas altos, ya que en estas tres variables fueron los productos hechos a base de sedimentos tanto solos como combinados, los que presentaron los valores mas significativos, encontrándose que algunos de ellos favorecieron la estimulación de varios parámetros, como fueron los sedimentos de composta, que estimularon a la longitud media de radícula y peso seco de plántula, y los sedimentos mixtos, para la longitud media de plúmula y peso seco de plántula.

Estos resultados nos indican que estos productos ejercen en la plántula un efecto estimulante sobre las radícula, aumentando el sistema radicular, su permeabilidad, su capacidad de absorción, lo que da como resultado un mejor desarrollo de plántulas. Los resultados de esta investigación establecen una relación directa entre crecimiento vegetativo y peso seco de plántula, ya al incrementar una variable, la otra la otra se beneficia directamente.

Los nutrientes presentes en los sedimentos no son absorbidos por las semillas rápidamente por la forma sólida en que se presentan, por lo cual su acción no influyen directamente en la germinación, si no que se adhieren a la semilla y son absorbidos por el sistema radicular al momento de la emergencia absorbiendo los nutrientes y provocando un mejor desarrollo de plántulas.

Los resultados presentados por los productos comerciales fueron valores intermedios en comparación con los otros tratamientos, lo que nos indica que varios de los productos orgánico- hormonales presentan una mejor acción debido al alto contenido de microelementos presentes en dichos productos de acuerdo análisis realizados por GBM.

CONCLUSIONES

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

- El biodigestado líquido mixto (BLM), fue el que presentó mejor respuesta en la variable germinación, teniendo una notoria diferencia en comparación con el resto de los tratamientos. Al presentar un incremento de 20 % en comparación con el testigo absoluto.
- En las variables de crecimiento vegetativo y peso seco de plántulas, los mejores tratamientos fueron el sedimento mixto mas sedimento de lombricomposta (SM+SL) para longitud media de plúmula, el sedimento de composta mas lombricomposta en polvo (SC+LP) para longitud media de radícula y para peso seco de plántula el sedimento de composta (SC), superando significativamente al testigo absoluto (Ag), a biozyme TS y PP.

- El uso de sedimentos promueve un mejor desarrollo de las plántulas, lo que lleva a un mejor crecimiento de plantas, lo que trae como resultado una mejor producción.
- Los productos orgánico–hormonales superan notablemente a los de productos comerciales (Biozyme TS y Biozyme PP) usados actualmente, lo que indica que el uso de estos productos puede traer consigo un mejor desarrollo y establecimiento de plantas.
- Los parámetros evaluados con el testigo (agua) fueron muy inferiores a los presentados por los productos orgánico -hormonales y productos comerciales.

RECOMENDACIONES

En este trabajo de investigación se obtuvieron resultados donde se observan respuestas diferentes en cada una de las variables evaluadas a la aplicación de productos, por lo cual se plantean las siguientes recomendaciones.

- Estudiar el efecto que tendría la mezcla de los tratamientos que presentaron una mejor respuesta en la evaluación de las diferentes variables.
- Analizar la acción que ejercen los microelementos presentes en los productos orgánico-hormonales sobre la semilla.
- Evaluar el efecto de los productos orgánico-hormonales en combinación con otros del mismo origen, como la proteína de lombriz, en las variables evaluadas.
- Realizar investigaciones posteriores evaluando diferentes dosis de los productos, y exponiendo los productos a un mayor tiempo de contacto con las semillas.
- Realizar éste trabajo de investigación bajo condiciones de campo y evaluar a su vez la correlación con los datos obtenidos en laboratorio.

LITERATURA CITADA

- Alonso R., N. 2004. Efecto de la aplicación de composta, lombricomposta y biodigestados líquidos en el crecimiento, rendimiento y calidad de follaje en el cultivo de cilantro (*Coriandrum sativum*, L.). Tesis de licenciatura. UAAAN, Saltillo, Coahuila, México.
- Álvarez O., M. (1998). Calidad de compostas de diferentes materiales orgánicos a partir de su contenido en ácidos húmicos y ácidos fúlvicos y el desarrollo del cultivo del cilantro (*Coriandrum sativum* L.). Tesis de licenciatura. UAAAN, Saltillo, Coahuila, México. p.24-27.
- Amen R., D. 1963 The concept of seed dormancy. American Scientist 51: 408-424. U.S.A.
- Anderson J., D. and Baker J., E. 1982. Deterioration of seed during aging. Plant physiol. 73: 321-325. USA.
- Association of Official Seed Analysts (AOSA). 1983. Seed vigor testing handbook, contribution, N° 32 to the Handbook on Seed Testing. USA.
- Association of Official Seed Analysts (AOSA). 1983. Seed vigor testing handbook. No. 32 p. 20-24 USA.
- Ayala M., N. 2005. Efecto de proteína animal y abonos orgánicos sobre la germinación de semilla deteriorada y desarrollo de plántulas de tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill). Tesis de licenciatura. UAAAN, Saltillo, Coahuila, México. p.61-62.
- Bewley J., D. and Black, M. 1986. Seed physiology of development and germination. Plenum press. New York and London. p. 1, 3-5.
- Bidwell R., G. 1996. Reguladores de crecimiento de las plantas en la agricultura. 8ª reimpresión. Ed. Trillas. México. p.461-463.
- Camacho M., F. 1994. Dormición de semillas. Ed. Trillas. México. p. 9,13.
- Campos C., A. 1994. The effects of biozyme on the germination and emergent of bean (*Phaseolus vulgaris*, L.) and sweet corn (*Zea mays*, L.) seeds under

suboptimal temperatures, pesticide overdose, and salinity stress. Horticulture. Texas A&M University. 185 P.

Carballo C., A. B. 2001. Reguladores de crecimiento en la estimulación fisiológica en semillas de cultivos básicos. UAAAN, Saltillo, Coahuila, México. P. 72-75.

Cazares P., M. (1999). El cultivo de la avena (*Avena sativa* L.). Monografía. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. P.1-2.

Chen, Y. and Aviad, T. 1990. Effects of humic substances on plant growth; contribution from seagram center of soil and water sciences. In "Humic substances in soil crop sciences: Selected readings", MacCarthy, C.E.; R.L.

Christensen, C.M., D.B. Sauer. (1982). Microflora. In: Christensen, C.M. (eds.). Storage of cereal grains and their products. American association of cereal chemists, inc. St. Paul, Minnesota. USA. Pp. 219-234.

Clapp-Malcon and Bloom P., R. (eds) Sci. Soc. A m. Inc., Madison Wisconsin, USA. p. 161-182.

Copeland L., O. and McDonald M., B. 1985. Principles of Seed Science and Technology. Bed Burges Publishing Company. Minneapolis, Minnesota. U.S.A. p. 122,146,157,169.

David P., P., Nelson P., V. and Sanders D., A. 1994. A humic acid improves growth of tomato seedling in solution culture. Journal of plant nutrition. 17(1): 173-184p.

FAO/WHO, 2001. <http://www.fao.or>

FAO. 1985. Procesamiento de semillas de cereales y leguminosas de grano. Directrices técnicas, Italia, Roma. p. 5,7.

Flores A., J. 1993. Evaluación de los ácidos húmicos (Humiplex plus) a diferentes dosis en el desarrollo del cultivo de papa. Tesis de Licenciatura. UAAAN, Saltillo, Coahuila, México. 15-18p.

Flores H., A. 2004. Introducción a la tecnología de las semillas. 1ª Edición. Departamento de Publicaciones de la Dirección General de Difusión Cultural y Servicio de la UACH. UACH. México. p. 61 - 78.

Franco J., A. y Bacón, S. 1997. http://www.ediho.es/horticom/ten_aut/sust_nut/ahumicos.html.

GBM, 1997. Sustancias húmicas y fúlvicas.

- Gliessman. 2000. Agroecology: Ecological processes in sustainable Agricultural. Lewis Publishers. E. U. A.
- Gómez L, Gomez C., Schwentesius R. 1999. Desafíos de la agricultura orgánica. Universidad Autónoma Chapingo. Mundi Prensa. México. p. 27-29.
- Haferkamp M., E., Smith and R.A Nilan.1953. Studies on aged seeds I.Relation of age of seed to germination and longevity.Agron.J.45: 434-437.USA.
- Harmann H., T. y Kester D., E. 1995. Propagación de plantas. Ed. Continental. México. pp. 130-165.
- Hartmann H., T. y Kester D., E. 1999. Propagación de Plantas. 2a. Edición. Editorial CECSA. México. 138-140 pp.
- Harrington, J. F. 1972. Seed storage and longevity In: Kozlowski, T.T.(ed) Seed Biology. Vol. III Academic Press New York. USA. p. 145-246.
- Hurtado M., D. y Merino M., E. 1987. Cultivo de Tejidos Vegetales. Ed. Trillas. México. p.49-63.
- Jeavons J. 1994. cultivo biointensivo de alimentos mas o menos espacio.ecology action of the mid - peninsula editor en español. Impreso en U.S.A.
- Kononova, M.M. 1982. Materia Orgánica. 1^{ra} Ed. Edit.Oikos-Thu,S.A. Barcelona,España.
- Moreno M., E. 1996. Análisis físico y biológico de semillas. 3^a Ed. UNAM. México. p.113-122.
- Narro, 1994. Física de suelos con enfoque agricultura orgánica. Editorial trillas UAAAN 1^{ra} edición México.
- Rojas G. y H.Ramirez. 1993.Control hormonal de desarrollo de las plantas. 2^{da} edición.Ed. Limusa. Mexico.263.p.
- Rojas G., M. y Vázquez R., J. G. 1995. Manual de herbicidas y fitorreguladores 3^a Edición. Ed. Limusa. México.157.p
- Salisbury F., B. y Ross C., W. 1994. Fisiología Vegetal. Editorial Iberoamericana. México .p.395-449.
- Schnitman G.y Lernoud P. 1992. Agricultura Orgánica. Editorial planeta. Argentina.p.12-13.

Tesar B., M. 1998. Physiological basis of crop growth and development. American Society of Agronomy Crop Science of American. United States of America. P.51,53-90.

Weaver J., R. 1996. Reguladores de crecimiento de las plantas en la agricultura. 8ª reimpresión. Ed. Trillas. México. p. 113-155.

CITAS DE INTERNET

<http://www.ivu.org/spanish/trans/vsuk-cereals.html>

<http://www.infoagro.com/herbaceos/cereales /avena.asp>

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

<http://es.wikipedia.org/wiki/Cereal>

<http://www.terralia.com>

APPENDICE

Cuadro A.1. Comparación de medias para germinación en semilla de avena con la aplicación de productos orgánico-hormonales.

Tratamiento		Germinación
T1	BLM	94.333 A
T2	SM	82.000 DC
T3	SC	82.667 BC
T4	BLM+BLC	88.667 BAC
T5	BLM+BLL	89.667 BAC
T6	BLM+SL	86.667 BAC
T7	BLM+LP	86.333 BAC
T8	SM+BLC	82.333 BDC
T9	SM+BLL	88.000 BAC
T10	SM+SL	87.667 BAC
T11	SM+LP	87.667 BAC
T12	SC+BLC	89.667 BAC
T13	SC+BLL	88.000 BAC
T14	SC+SL	90.000 BAC
T15	SC+LP	90.333 BA
T16	BTS (Testigo relativo 1)	88.000 BAC
T17	BPP (Testigo relativo 2)	89.333 BAC
T18	Ag (Testigo absoluto)	74.333 D

Cuadro A.2. Comparación de medias para longitud media de plúmula en semillas de avena tratada con productos orgánico-hormonales.

Tratamiento		Longitud media de plúmula (cm)
T1	BLM	11.0533 BA
T2	SM	11.0567 BA
T3	SC	12.7867 BA
T4	BLM+BLC	10.8900 BA
T5	BLM+BLL	10.8267 BA
T6	BLM+SL	11.5367 BA
T7	BLM+LP	11.9700 BA
T8	SM+BLC	12.8433 BA
T9	SM+BLL	11.4033 BA
T10	SM+SL	13.0000 A
T11	SM+LP	11.6733 BA
T12	SC+BLC	11.0700 BA
T13	SC+BLL	11.5767 BA
T14	SC+SL	11.5767 BA
T15	SC+LP	11.7767 BA
T16	BTS (Testigo relativo 1)	11.6333 BA
T17	BPP (Testigo relativo 2)	11.7533 BA
T18	Ag (Testigo absoluto)	10.1233 B

Cuadro A.3. Comparación de medias para longitud media de radícula en semilla de avena tratada con productos orgánico-hormonales.

Tratamiento		Longitud media de radícula (cm)
T1	BLM	14.4800 BAC
T2	SM	14.9100 BAC
T3	SC	14.6533 BAC
T4	BLM+BLC	14.6767 BAC
T5	BLM+BLL	15.0300 BAC
T6	BLM+SL	14.6067 BAC
T7	BLM+LP	15.1533 BAC
T8	SM+BLC	14.7623 BAC
T9	SM+BLL	15.1867 BAC
T10	SM+SL	16.0567 BA
T11	SM+LP	14.3333 BC
T12	SC+BLC	15.2067 BAC
T13	SC+BLL	14.4300 BAC
T14	SC+SL	14.3633 BAC
T15	SC+LP	16.5933 A
T16	BTS (Testigo relativo 1)	14.2900 BC
T17	BPP (Testigo relativo 2)	14.3933 BAC
T18	Ag (Testigo absoluto)	13.2633 C

Cuadro A.4. Comparación de medias para la del peso seco de plántula de avena tratada con productos orgánico-hormonales.

	Tratamiento	Peso seco de plántula (mg)
T1	BLM	10.6733 B
T2	SM	11.3200 BA
T3	SC	13.4800 A
T4	BLM+BLC	11.1700 BA
T5	BLM+BLL	10.3400 B
T6	BLM+SL	11.3333 BA
T7	BLM+LP	11.4500 BA
T8	SM+BLC	13.4800 A
T9	SM+BLL	11.0567 BA
T10	SM+SL	11.4033 BA
T11	SM+LP	11.2333 BA
T12	SC+BLC	11.3567 BA
T13	SC+BLL	11.5367 BA
T14	SC+SL	11.3600 BA
T15	SC+LP	11.4667 BA
T16	BTS (Testigo relativo 1)	11.0967 BA
T17	BPP (Testigo relativo 2)	11.0433 BA
T18	Ag (Testigo absoluto)	9.7500 B