

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO



Efecto de la Aplicación de Humus de Lombriz Líquido Sobre la Calidad Fisiológica de Semillas y Plántulas de Melón (*Cucumis melo* L.)

Por:

LINDA SANTITOS DIAZ REGALADO

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Saltillo, Coahuila, México

JUNIO 2022

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Efecto de la Aplicación de Humus de Lombriz Líquido Sobre la Calidad Fisiológica de Semillas y Plántulas de Melón (*Cucumis melo* L.)

Por:

LINDA SANTITOS DIAZ REGALADO

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Aprobada por el Comité de Asesoría:



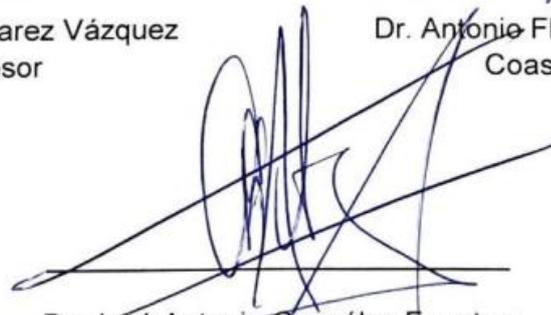
Dr. Neymar Camposeco Montejo
Asesor Principal



Dr. Perpetuó Álvarez Vázquez
Coasesor



Dr. Antonio Flores Naveda
Coasesor



Dr. José Antonio González Fuentes
Coordinador de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México

JUNIO 2022

Declaración de no plagio

El autor quien es el responsable directo, jura bajo protesta de decir la verdad que no se incurrió en plagio o conducta académica incorrecta en los siguientes aspectos: reproducción de fragmentos o textos sin citar la fuente o autor original (corta y pega); reproducir un texto propio publicado anteriormente sin hacer referencias al documento original (auto plagio); comprar, robar o pedir prestado los datos o la tesis para presentarla como propia; omitir referencias bibliográficas o citar textualmente sin usar comillas; utilizar ideas o razonamientos de un autor sin citarlo; utilizar material digital como imágenes, videos, ilustraciones, graficas, mapas o datos sin citar al autor y/o fuente, así mismo tengo conocimiento de que cualquier uso distinto de estos materiales como el lucro, reproducción edición o modificación, será perseguido y sancionado por las autoridades correspondientes.

Por lo anterior, me responsabilizo de las consecuencias de cualquier tipo de plagio en caso de existir y declaro que este trabajo es original.

Pasante



Linda Santitos Díaz Regalado

DEDICATORIA

Principalmente, le dedico este logro a mi madre **María Antonia Regalado González**, por todo el amor que me ha brindado a lo largo de mi vida, por los consejos, los ánimos que me dio día a día y más importante por sus oraciones día y noche.

Sus hijos se levantan y la felicitan; también su esposo la alaba: «Muchas mujeres han realizado proezas, pero tú las superas a todas.
Proverbios 31:28-29

A mi padre **Adolfo Díaz Gutiérrez** por su enorme amor, por sus consejos llenos de sabiduría, por sus palabras aliento, por el apoyo que me ha dado hasta ahora, por sus oraciones día y noche.

Oíd, hijos, la enseñanza de un padre, y estad atentos, para que conozcáis cordura. Porque os doy buena enseñanza; no desamparéis mi ley, porque yo también fui hijo de mi padre, delicado y único enfrente de mi madre.

Proverbios 4:1-4

AGRADECIMIENTOS

Primeramente, agradezco a **Dios Todo Poderoso**, por estar conmigo a cada paso de esta carrera, por darme la fuerza y valor para no rendirme en el camino, la sabiduría para enfrentar cada obstáculo que se presentó, darle gracias por los padres que me dio, y por la vida que me ha permitido hasta ahora.

Le Agradezco a mi madre **MARIA ANTONIA REGALADO GONZALEZ** y mi padre **ADOLFO DIAZ GUTIERREZ**, que sin su apoyo incondicional nada de esto hubiera sido posible, por el amor y cariño que siempre me han mostrado, los ánimos, consejos llenos de sabiduría y los regaños que me enseñaron a mejorar como persona y como alumna. Y más importante agradezco sus oraciones a Dios.

Agradezco a mi hermana **MAGDALI JAZMIN REGALADO GONZALEZ**, por el apoyo que me brindo desde el inicio de mi carrera, por el cariño y los consejos.

A la **UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO** por abrirme sus puertas, brindarme la oportunidad de formarme profesionalmente y así cumplir una meta más.

Agradezco también al **DR. NEYMAR CAMPOSECO MONTEJO**, por su apoyo en este proceso, por su valiosa colaboración en este proyecto, por su paciencia, consejos y ánimos.

Agradezco a mis amigos **SELENA, DIANA, SARA, VALERIA, MARTIN, KARLA, JACQUELIN, VICTOR Y BRENDA** gracias por el apoyo, el cariño y los buenos e inolvidables momentos que me regalaron en esta hermosa etapa como universitaria foránea, sin duda lo mejor que me llevo de la universidad es la amistad y los recuerdos que forme con ustedes.

No menos importante me agradezco a mí, por no rendirme, por creer en mí, por el esfuerzo y dedicación que le di a esta carrera y a este proyecto.

ÍNDICE DE CONTENIDO

1.- INTRODUCCIÓN	1
2.- OBJETIVOS	3
2.1.- Objetivo General	3
2.2.- Objetivo Especifico	3
3.- HIPOTESIS	3
3.1.- Hipótesis alternativa	3
3.2.- Hipótesis nula	3
4.- REVISIÓN DE LITERATURA	4
4.1.- Lugar de origen	4
4.2.- Taxonomía	5
4.3.- Importancia económica	5
4.4.- Impacto de tratamiento de semillas	8
4.5.- Tratamientos químicos en semillas	9
4.5.1.- Captan	9
4.5.2.- Thiram	9
4.5.3.- Azoxistrobin	10
4.6.- Problemática de los tratamientos químicos en semillas	10
4.7.- Impacto de tratamientos biológicos en el tratamiento de semillas	11
4.8.- Impacto del uso de sustancias de origen orgánico en las semillas	12
4.9.- AEROBIOT ®	13
5.- MATERIALES Y METODOS	14
5.1.- Localización de las áreas de estudios	14
5.2.- Material genético	14
5.3.- Preparación de las semillas	14
5.4.- Establecimiento de los tratamientos.	15
5.5.- Desarrollo de la plántula	15
5.6.- Variables evaluadas	15
5.7.- Semillas sin germinar	16
5.8.- Plántulas anormales	16
5.9.- Plántulas normales	16
5.10.- Peso fresco de la plántula	16
5.11.- Longitud de plúmula	16

5.12.- Longitud de radícula	17
5.13.- Peso seco de la plántula	17
5.14.- Diseño experimental	17
6.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN	18
6.1.- Semillas sin germinar	19
6.2.- Plántulas anormales	20
6.3.- Plántulas normales	21
6.4.- Longitud de plúmula	22
6.5.- Longitud de radícula	23
6.6.- Peso fresco de la plántula	24
6.7.- Peso seco de la plántula	25
7.- CONCLUSIONES	26
8.- REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	27

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1.- Mapa representativo del centro de origen del melón (*Cucumis melo* L.) 4
- Figura 2.- Imagen representativa de la planta clásica de melón (*Cucumis melo* L.) 5
- Figura 3.- Mapa de los estados con mayor producción de melón chino en México, con datos tomados por SIAP, 2021. 7
- Figura 4.- Análisis de varianza (ANOVA $p \leq 0.05$) y comparación de medias (Tukey ≤ 0.05) para la variable semillas sin germinar de seis tratamientos pregerminativos a base de humus de lombriz liquido aplicados a las semillas de melón. 19
- Figura 5.- Análisis de varianza (ANOVA $p \leq 0.05$) y comparación de medias (Tukey ≤ 0.05) para la variable plántulas anormales de seis tratamientos pregerminativos a base de humus de lombriz liquido aplicados a las semillas de melón. 20
- Figura 6.- Análisis de varianza (ANOVA $p \leq 0.05$) y comparación de medias (Tukey ≤ 0.05) para la variable plántulas normales de seis tratamientos pregerminativos a base de humus de lombriz liquido aplicados a las semillas de melón. 21
- Figura 7.- Análisis de varianza (ANOVA $p \leq 0.05$) y comparación de medias (Tukey ≤ 0.05) para la variable Longitud de Plúmula de seis tratamientos pregerminativos a base de humus de lombriz liquido aplicados a las semillas de melón. 22
- Figura 8.- Análisis de varianza (ANOVA $p \leq 0.05$) y comparación de medias (Tukey ≤ 0.05) para la variable Longitud de Radícula de seis tratamientos pregerminativos a base de humus de lombriz liquido aplicados a las semillas de melón. 23
- Figura 9.- Análisis de varianza (ANOVA $p \leq 0.05$) y comparación de medias (Tukey ≤ 0.05) para la variable Peso Fresco de seis tratamientos pregerminativos a base de humus de lombriz liquido aplicados a las semillas de melón. 24
- Figura 10.- Análisis de varianza (ANOVA $p \leq 0.05$) y comparación de medias (Tukey ≤ 0.05) para la variable Peso Seco de seis tratamientos pregerminativos a base de humus de lombriz liquido aplicados a las semillas de melón. 25

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1.- Contenido de mineral del producto AEROBIOT®. Que fue utilizado para para la aplicación de los tratamientos.	13
Cuadro 2.- Listado de tratamientos aplicados a la semilla a base del producto comercial AEROBIOT®.	14
Cuadro 3.- Cuadrados medios del análisis de varianza de las variables de calidad fisiológica de semillas y plántulas de melón.	18

RESUMEN

El presente trabajo de investigación, se realizó en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila, México en el laboratorio de ensayo de semillas del departamento de Fitomejoramiento. El objetivo del fue evaluar el comportamiento fisiológico y calidad de semillas y plántulas de melón tratadas con humus líquido de lombriz. El diseño experimental que se utilizó, fue completamente al azar. Los tratamientos se conformaron por seis diferentes dosis de un producto comercial llamado AEROBIOT[®], (Tratamiento 1= 0 ml L⁻¹), (Tratamiento 2= 2 ml L⁻¹), (Tratamiento 3= 4 ml L⁻¹), (Tratamiento 4= 6 ml L⁻¹), (Tratamiento 5= 8 ml L⁻¹), (Tratamiento 6= 10 ml L⁻¹), con 4 repeticiones cada uno, cada repetición con veinticinco semillas, siendo estas la unidad experimental. El análisis estadístico (ANOVA $p \leq 0.05$) se utilizó el sistema de análisis estadístico INFOSSTAT[®] 2020, y para la comparación de medias se utilizó la prueba Tukey con un nivel de significancia de (Tukey ≤ 0.05), para todas las variables evaluadas. Los resultados indicaron diferencias significativas que genero el humus líquido de lombriz en las variables de semillas sin germinar, plántulas normales, plántulas anormales, peso fresco y seco de plántulas. De manera general donde aplicaron 6 ml L⁻¹, se obtuvieron mejores resultados con respecto control. La calidad fisiológica de semillas y de plántulas de melón, se vieron beneficiadas positivamente con la aplicación de humus de lombriz líquido en particular con la aplicación de 6 ml L⁻¹.

1.- INTRODUCCIÓN

En México el melón es uno de los cultivos de mayor importancia económica y social, la comarca lagunera ubicada al norte del país es el mayor productor, siendo Coahuila el productor número uno, teniendo una cosecha de más de 154 mil toneladas de las 627 mil toneladas producidas a nivel nacional, seguido por Sonora con 127,449 toneladas (20.8%) y Guerrero con 105,533 toneladas (17.2%), por lo que estas 3 entidades representaron el 62.4% de la producción nacional (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, 2021.) En 2020 Viesca, Coahuila se convirtió en el municipio con mayor superficie sembrada con 1,710 hectáreas, 62,530 toneladas y un precio de 3,143 \$/t, mientras que Mapimí bajo a una superficie de 939 ha con una producción de 36,665 toneladas (Axayacatl, 2021).

Sabiendo la importancia de este cultivo y de muchos más, lleva al tema de la calidad de semillas y plántulas que se necesitan para la producción, y el cómo se puede optimizar el buen desarrollo de estas, uno de los principales factores es el uso adecuado de tratamiento de la semilla ya que dependiendo de qué tipo de tratamiento se use se verá el resultado un resultado deseable. La industria de tratamientos de semilla si bien es amplio, la mayor parte de estos son químicos muy potentes muchas veces nocivos para el suelo y su microfauna. Si bien, el uso de tratamientos químicos aplicados a las semillas es de gran beneficio para la producción de alimentos, también implica riesgos para el ser humano y/o animal, ya que muchos de estos productos químicos pueden ser nocivos para el operador tanto a corto como a largo plazo (CRODA, 2021), y poco el uso de sustancias orgánicas para dicho fin. Aunque, el uso de tratamientos de semillas es una herramienta que permite proteger y mejorar las condiciones para un cultivo saludable, también se sabe que, como consecuencia de los cambios climáticos, el uso de sustancias orgánicas se ha convertido en una necesidad para un cultivo saludable (International Seed Federation, 2020). esto da pie al interés para la investigación de alternativas que den resultados positivos y sean amigables con el medio ambiente, así como para el ser humano. Por otro lado, existen alternativas orgánicas para el tratamiento de semillas, algunas de ellas como el humus líquido de lombriz. Esta alternativa ayudara a la semilla a tener

una germinación más rápida, ayudara a promover el desarrollo de la plántula, así como la absorción de nutrientes entre otros beneficios. (Piccolo *et al.*, 1993). Por lo ya mencionado anteriormente, el presente trabajo de investigación se ha realizado para evaluar el efecto que ejerce el humus líquido de lombriz sobre la calidad fisiológica de las semillas y plántulas.

2.- OBJETIVOS

2.1.- Objetivo General

Evaluar la calidad fisiológica de semillas y de plántulas de melón tratadas con humus de lombriz líquido.

2.2.- Objetivo Especifico

Determinar el comportamiento fisiológico de semillas y calidad de plántulas de melón tratadas con humus de lombriz líquido.

Determinar la dosis adecuada de humus de lombriz líquido para obtener plántulas de plántula de mejor calidad.

3.- HIPOTESIS

3.1.- Hipótesis alternativa

Al menos una de las dosis de humus de lombriz líquido tendrá un efecto positivo sobre la calidad fisiológica de las semillas y plántulas de melón.

3.2.- Hipótesis nula

Ninguna de las dosis de humus de lombriz líquido tendrá un efecto positivo en sobre la calidad fisiológica de las semillas y plántulas de melón.

4.- REVISIÓN DE LITERATURA

4.1.- Lugar de origen

África es considerado el centro de origen del melón, por la frecuente ocurrencia de especies silvestres de *Cucumis*, además de la presencia de plantas silvestres de *Cucumis melo* en el este de África tropical y en el sur del desierto del Sahara (Figura 1), sin embargo, otros autores señalan su origen en el oeste de Asia, por los descubrimientos arqueológicos del Valle Harapan en la India, con vestigios de semillas que datan de unos 2500 a 2000 años antes de Cristo, aunque la mayoría de los autores se inclinan hacia un origen africano (Bisognin *et al.*, 2002).

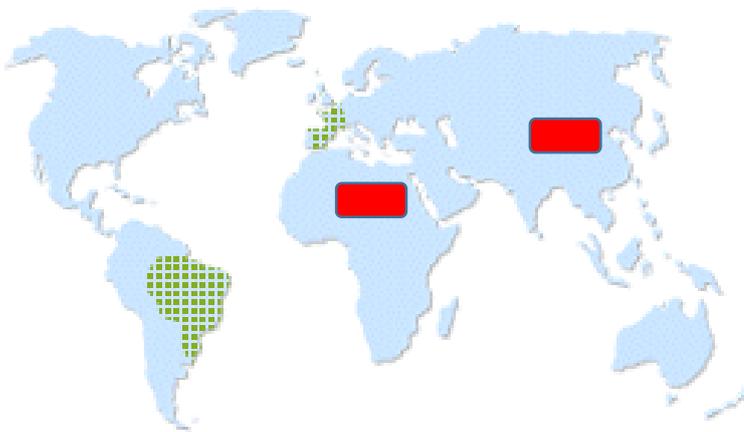


Figura 1.- Mapa representativo del centro de origen del melón (*Cucumis melo* L.)

Tomando en cuenta la teoría de un origen africano, se refiere como centro primario de diversificación el suroeste y zona centro de Asia, principalmente Turquía, Siria, Irán, Afganistán, India, Pakistán, Turkmenistán, Tayikistán y Uzbekistán. Como centros secundarios de diversidad se refieren a China, Corea, Portugal y España. Aunque, recientemente se expresa que el centro primario se encuentra en el área Sudano-Saheliano por la presencia de los tipos silvestres de *C. melo*, mientras que Asia, desde el Mediterráneo a Japón forma parte como centro secundario de diversificación. En América fue introducido desde 1516 en la región centroamericana, mientras que en América del Norte posterior al 1600 (Bisognin *et al.*, 2002).

4.2.- Taxonomía

Reino: Plantae
División: Magnoliophyta
Clase: Magnoliopsida
Subclase: Dilleniidae
Orden: Cucurbitales
Familia: Cucurbitaceae
Subfamilia: Cucurbitoideae
Tribu: Benincaseae
Género: *Cucumis*
Especie: *Cucumis melo* L., 1753



Figura 2.- Imagen representativa de la planta clásica de melón (*Cucumis melo* L.)

4.3.- Importancia económica

En 2020 China Continental fue el principal productor de melón en el mundo con 13,838,234 toneladas (48.6%), seguido por Turquía con 1,724,856 toneladas (6.1%) y India con 1,330,000 toneladas (4.7%), por lo que estas 3 naciones representaron el 59.3% de la producción mundial. Además, China, Continental (385,756 hectáreas), Turquía (76,129 hectáreas) e India (59,000 hectáreas)

fueron los países con mayor superficie cosechada, con el 36.1%, 7.1% y 5.5% del total mundial, respectivamente, teniendo en conjunto el 48.8% de la superficie mundial de este cultivo. Mientras tanto, Chipre, Honduras y Bahrein fueron los países con el mayor rendimiento promedio, con 61.3, 55.3 y 48.7 toneladas por hectárea, respectivamente, por lo que superaron en 130.0%, 107.6% y 82.6% el rendimiento promedio mundial, que fue de 26.6 toneladas por hectárea (Axayacatl, 2021).

El melón llegó a América, como muchos otros frutos y productos, con los españoles, en México encontró en la Comarca Lagunera, al norte del país, las condiciones perfectas para su crecimiento, así lo demuestran las estadísticas. Coahuila es el principal productor, se cosechan más de 154 mil toneladas de las 627 mil toneladas producidas a nivel nacional (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, 2021.) A nivel nacional, la superficie cosechada es de 21,500 hectáreas y se producen más de 543 mil toneladas. La Región Lagunera destaca como la zona melonera más importante del país con una superficie anual promedio de más de 5,300 hectáreas y una producción de 115,000 toneladas.

2020 el municipio de Viesca, Coahuila se convirtió en el municipio con mayor superficie sembrada con una superficie de 1,710 hectáreas, 62,530 toneladas y un precio de 3,143 \$/t, mientras que Mapimí bajo a una superficie de 939 ha con una producción de 36,665 toneladas (Axayacatl, 2021).

Para México, el melón es uno de los cultivos con mayor importancia económica y social. Dependiendo del precio, el valor de la producción varía desde \$25,000 hasta \$120,000 pesos por hectárea y genera alrededor de 120 jornales por hectárea (ASERCA, 2000).



Figura 3.- Mapa de los estados con mayor producción de melón chino en México, con datos tomados por SIAP, 2021.

1) Coahuila, donde se produjo en 2020 casi el 25% de la producción total anual y donde durante todo el presente año los precios han estado entre los \$8.00 y los \$19.00 precios mayoristas \$MXN/kg, constituyéndose como el segundo mercado con los precios más bajos.

2) Sonora, produjo en 2020 uno de cada cinco (20%) toneladas en nuestro país. No obstante, los precios en estos mercados son de los más altos, estando entre los \$10.59 y un máximo histórico MXN/kg mayorista de \$32.35.

3) Guerrero produjo en 2020 el 17% de la producción total y al igual que Sonora, tiene de los precios mayoristas más caros, entre los \$12.90 y los \$28.90.

4) Michoacán, donde se produjo en 2020 el 14% de la producción total, donde los precios son similares a la media nacional, estando entre \$10.00 y \$22.00 a julio de 2021. El estado con los precios más bajos es Durango, que es el quinto principal productor.

4.4.- Impacto de tratamiento de semillas

El tratamiento de semillas, es una herramienta de importancia ya que permite proteger y mejorar la consolidación de un cultivo saludable. Semillas ya tratadas química o biológicamente aseguran que, en las fases iniciales de su emergencia y posterior desarrollo, las semillas presenten una germinación optimizada para que el cultivo tenga la mejor oportunidad para su mejor rendimiento (CRODA, 2021).

Cabe mencionar que el tratamiento de semillas también tiene un gran impacto en el control de enfermedades tanto en las semillas como en las plántulas, siendo esto una ayuda para los agricultores y tener mejor resultados, los tratamientos de semillas pueden ser químicos, biológicos y orgánicos. Como consecuencia de los cambios climáticos y de la limitación de recursos, estas herramientas se han convertido en una necesidad para una buena gestión de cultivos (International Seed Federation, 2020).

4.5.- Tratamientos químicos en semillas

Hay distintos tipos de tratamientos para las semillas, de los más usados son los químicos. Estos se fundamentan en la adición de pequeñas cantidades de sustancias químicas activas como plaguicidas, fungicidas, bactericidas y/o macro y micronutrientes necesarias para ofrecer protección a la plántula durante un periodo de días contra plagas, patógenos o bien, para facilitar la absorción de microelementos en el crecimiento y nutrición de las plántulas. Según Brzezinski, 2015, el periodo del efecto depende de una combinación de factores como es la formulación del producto y el modo de acción, la calidad del tratamiento, así como la calidad física y fisiológica de la semilla (Diaz *et al.*, 2019).

4.5.1.- Captan como tratamiento químico

De los tratamientos químicos para semillas, uno de los más usados es el Captan, está compuesto a base de carboxamida con actividad fúngica, preventivo y curativa, de amplio espectro y absorción por vía radical y foliar. Interfiere en el proceso de respiración celular en los hongos por lo que inhibe la germinación de esporas y dificulta el crecimiento y desarrollo micelial, este se trasloca a los tejidos tanto por tratamiento de semillas como al suelo o foliar. El modo de acción es inhibidor multisitio. Además, estimula la vegetación, mejora el aspecto y coloración de los frutos.

4.5.2.- Thiram

El Thiram se usa ampliamente en la cobertura de semillas y en gran cantidad de cultivos donde provee un buen control del Damping-off, podredumbre de semillas y bulbos, tizón de las plántulas y otras enfermedades del suelo y la semilla. Es un producto principalmente compuesto por ditiocarbonato con actividad fungicida por contacto, no sistémico, preventivo, de amplio espectro, para utilizar en aspersión foliar, al suelo y en el tratamiento de semillas.

4.5.3.-Azoxistrobin

Este tratamiento actúa inhibiendo el proceso respiratorio de los hongos, resultando especialmente eficaz para impedir la germinación de esporas y el desarrollo inicial del patógeno. Además, la azoxistrobina posee actividad translaminar, lo que otorga una mejor eficacia en cultivos densos. Su efecto de contacto y prolongada residualidad, aseguran la protección de las hojas, retardando la senescencia y manteniéndolas verdes por más tiempo, favoreciendo así el llenado de granos. Proporciona un aumento de rendimiento y mejora la calidad de la semilla. Sin embargo, este tratamiento está especialmente indicado para el control de enfermedades fúngicas en los cultivos de arroz, cebada, frutales, hortalizas, limón, maíz, mandarina, maní, naranja, papa, pomelo, poroto, soja, tabaco, trigo y vid.

4.6.- Problemática de los tratamientos químicos en semillas

Si bien el uso de tratamientos químicos es muy efectivo y con muy buenos resultados, también tiene riesgos, ya que naturalmente debería estar dirigido a algún problema en particular, se ha convertido en prácticas que van en aumento en diferentes partes de la región agrícola, aun sin la presencia de causas bióticas o abióticas que pudieran manifestarse en el estado de la plántula (Diaz *et al.*, 2019).

El uso de los tratamientos químicos si bien tiene riesgos en plántulas, no podemos dejar a un lado el hecho de que también hay riesgos en el ser humano. Uno de los principales problemas es el polvo o residuos de los productos utilizados ya que este polvo contiene ingredientes activos peligrosos que pueden ser inhalados por el operador e incluso al contacto con la piel provocando problemas de salud (CRODA, 2021).

4.7.- Impacto de tratamientos biológicos en el tratamiento de semillas

Una alternativa es el tratamiento biológico de semillas, que consiste en ingredientes activos que pueden incluir microbios, tales como hongos y bacterias, así como extractos de plantas y de algas. Las semillas se tratan con sustancias biológicas, en forma líquida o en polvo. Una capa uniforme cubre toda la semilla. De este modo, los ingredientes beneficiosos están disponibles cuando la semilla los necesita (Koppert, 2022).

Los productos de tratamiento biológico de semillas se pueden clasificar en productos de protección del cultivo, que tienen un efecto claro contra las plagas o enfermedades (estrés biótico), y los bioestimulantes que aumentan la resiliencia del cultivo contra el estrés abiótico, tales como la sequía y el estrés salino, y mejoran la asimilación de nutrientes. El tratamiento biológico de semillas beneficia al crecimiento, la resiliencia de la planta, el estrés abiótico, el desarrollo del sistema radicular y la productividad del cultivo (Koppert, 2022).

El uso de inoculantes microbianos es de ayuda a las semillas para producir más con menos, ya que los inoculantes FBN (fijadores biológicos de nitrógeno) resultan muy importantes para el desarrollo de sistemas agrícolas sustentables. Es importante mencionar que la cantidad de nitrógeno requerida por la agricultura va en aumento y pueden llegar a generar condiciones de contaminación ambiental (ASGROW, 2018).

4.8.- Impacto del uso de sustancias de origen orgánico en las semillas

Si bien se menciona que el uso de tratamientos químicos tiene muchos beneficios, también se menciona las problemáticas del uso inadecuado de estos, por lo tanto, en la actualidad se buscan alternativas que sean amigables con el medio ambiente, así como para el ser humano. Los ácidos húmicos son una alternativa orgánica para el tratamiento de semillas, ya que se compone principalmente por materia orgánica. Los ácidos húmicos, entran en contacto directo con las semillas, antes de que se cubren con varias capas nutritivas. El grano es sometido a un tratamiento intensivo (vacunación) con una solución de ácido húmico altamente concentrada. Los efectos que tienen son un aumento en la nutrición, germinación más rápida, promueve el desarrollo radicular, reducción a la susceptibilidad de plagas y enfermedades (Piccolo *et al.*, 1993).

Gomez A. en 2011 cita a Flores, 2004 e indica que, la lombricomposta y el líquido de composta son los abonos orgánicos con los mejores resultados sobre la velocidad de germinación, emergencia y desarrollo de la plántula de hortalizas como el tomate y en algunas variables que confieren calidad de plántula, como peso fresco y peso seco. También se han realizado varias investigaciones del efecto que tienen las sustancias húmicas sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas, y se han documentado efectos positivos en los indicadores anatómicos como pueden ser: longitud de raíces, diámetro del tallo, masa fresca y seca de raíces y número de hojas. Existen, además, dos formas por la cual las sustancias húmicas tienen estos efectos los cuales pueden ser directos e indirectos sobre las plantas, de forma directa actúan sobre el transporte iones la cual ayuda a la absorción, aumentan la velocidad de síntesis de ácidos nucleicos, mejora la síntesis y actividad de diversas enzimas, aumenta la respiración y la velocidad de reacciones enzimáticas del ciclo de Krebs, que da como resultado mayor producción de ATP. De forma indirecta se refiere al entorno planta-sustrato donde las sustancias húmicas mejoran la actividad microbiana, la retención de humedad y textura del suelo (Casa, 2010).

4.9.- AEROBIOT® y su composición

Este producto comercial, es un Biofertilizante líquido obtenido de la captación de los jugos orgánicos generados por la lombriz de tierra *Eisenia Foetida*, comúnmente conocida como "Lombriz Roja Californiana". Su alimentación se lleva a cabo con materias primas 100% vegetales o materiales composteados. Es un producto que no representa ningún riesgo para las personas y es amigable con el medio ambiente. Aunque este producto AEROBIOT® es un biofertilizante (Cuadro 1), para este trabajo de investigación se usó para conocer el efecto que ejerce sobre la calidad fisiológica de semillas y plántulas de melón, ya que por lo antecedentes antes mencionados de los ácidos húmicos son de alto impacto para la germinación de semillas, así como el buen desarrollo de plántulas. Se tomó este producto por su composición 100% orgánica y su contenido de nutrientes mismo que es amigable con el medio ambiente.

NUTRIENTE	TOTAL (%)
Nitrógeno total	0.0061
Fósforo	0.000037
Potasio	0.051
Azufre	0.16
Magnesio	0.55
Calcio	2.66
Sodio	0.12
Cloro	0.02
Zinc	0.0082
Magnesio	0.0123
Amonio	0.16
Boro	0.007
Aluminio	0.00
Carbono	1.11
Conductividad eléctrica	2.58
Aluminio	0.061
pH	7.22

Cuadro 1.- Contenido de mineral del producto AEROBIOT®. Que fue utilizado para para la aplicación de los tratamientos.

5.- MATERIALES Y METODOS

5.1.- Localización de las áreas de estudios

El presente trabajo se realizó en el laboratorio de Ensayo de Semillas del Centro de Capacitación y Desarrollo en Tecnología de Semillas de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, ubicado en Buenavista, Saltillo, Coahuila. Se encuentra geográficamente en las coordenadas 25°21'17.3" latitud norte 101°02'00.9" longitud oeste, a una altitud de 1812 msnm (Google Earth, 2019), con un clima seco BskW (e), con un verano cálido, presencia de lluvias y temperaturas extremas.

5.2.- Material genético

Para este trabajo se utilizaron semillas de melón (*Cucumis melo* L.) de variedad llamada Top Mark, con origen de Estados Unidos.

5.3.- Preparación de las semillas

El presente trabajo de investigación se realizó el 23 de marzo del 2021. Se usaron 600 semillas de melón (*Cucumis melo* L.) de la variedad antes mencionada, las cuales se separaron en seis tratamientos de 100 semillas cada uno, y cada tratamiento se dividió en cuatro repeticiones de 25 semillas. El producto probado fue a base de humus líquido de lombriz (AEROBIOT®), en dosis de 0, 2, 4, 6, 8 y 10 ml L⁻¹ (Cuadro 2). Las semillas se colocaron en cajas Petri que contenían la solución con los tratamientos y se dejaron imbibir durante 24 horas.

Cuadro 2.- Listado de tratamientos aplicados a la semilla a base del producto comercial AEROBIOT®.

TRAT	Dosis	Dilución
TRAT 0	0 ml	1 L
TRAT 1	2 ml	1 L
TRAT 2	4 ml	1 L
TRAT 3	6 ml	1 L
TRAT 4	8 ml	1 L
TRAT 5	10 ml	1 L

5.4.- Establecimiento de los tratamientos.

Una vez pasado el tiempo de imbibición, las semillas se sembraron y colocaron en charolas de germinación con sustrato Peat Moss y perlita en proporción 70/30, al momento de sembrarlas se les agrego Captan 50, en una concentración de 10g en 1L de agua, para evitar algún tipo de contaminación en el sustrato y contagiar a las plántulas. Para esta actividad, se utilizaron charolas de poliestireno de 200 cavidades cada una, por lo cual se utilizó una charola para dos tratamientos, cada charola se dividió a la mitad y se etiqueto debidamente para identificar los tratamientos.

5.5.- Desarrollo de la plántula

Las charolas de germinación se dejaron en una cámara de germinación, las cuales se monitoreaban cada tercer día para regular la humedad del sustrato en el que se sembraron procurando mantener siempre a capacidad de campo. Pasado dos semanas las plántulas estaban listas para ser evaluadas. Con mucho cuidado se sacaron las plántulas de la cavidad de las charolas para su evaluación y separadas nuevamente en las cajas Petri ya etiquetadas respectivamente con el número de tratamiento y repetición.

5.6.- Variables evaluadas

El desarrollo y crecimiento de la plántula se determinó a los 14 días posteriores a la siembra, para tomar datos de las siguientes variables: Semillas sin germinar, plántulas normales, plántulas anormales, longitud de plúmula, longitud de radícula, peso fresco y peso seco de plántula. Una vez que estos datos se recabaron fueron capturados en el programa Excel para posteriormente ser analizados con el software estadístico INFOSTAT® 2020.

5.7.- Semillas sin germinar

Este dato se registró a los 16 días después de la siembra, esta variable se tomó en cuenta para ver si el producto tuvo un efecto significativo en la germinación de las semillas. Se contabilizaron el total de semillas sin germinar de cada una de las repeticiones de los tratamientos.

5.8.- Plántulas anormales

Se realizó un conteo de las plántulas que mostraban algún tipo de anomalía, tales como presencia de plúmula, pero sin radícula o una radícula sin desarrollar, plúmula sin desarrollo y radícula completa, plúmula con deformidad, este dato se tomó a los 16 días de establecer el experimento.

5.9.- Plántulas normales

Este conteo se realizó a los 16 días de haber establecido el experimento, se contaron las plántulas normales mientras se iban colocando nuevamente en las cajas Petri, este dato fue de importancia para darnos cuenta como influyó el producto en el desarrollo de la plántula.

5.10.- Peso fresco de la plántula

Una vez que las plántulas estaban divididas nuevamente en tratamientos y repeticiones se tomó el peso fresco de cada repetición en una balanza analítica de precisión, posteriormente se dividió entre el número de plántulas totales. La variable de peso fresco se usa para saber el contenido de agua y materia verde acumulada; esto debido a sus importantes funciones en el intercambio de gases, fotosíntesis y transporte de nutrientes. Este dato fue tomado a los 16 días posteriores a la siembra.

5.11.- Longitud de plúmula

Una vez que se tomó el peso fresco, se pasó a tomar las medidas de longitud de plúmula de cada plántula, esto con una regla convencional graduada en centímetros, para después poder sacar un promedio por cada repetición. Esto para saber el impacto que el efecto que tuvo en el desarrollo de la plántula en los diferentes tratamientos.

5.12.- Longitud de radícula

Las mediadas de radícula se tomaron con una regla convencional, se tomaron las medidas de radícula de cada plántula por repetición, la medida se tomó desde el inicio de tallo hacia la raíz más larga, esta variable fue de importancia para ver el efecto positivo o negativo del producto probado.

5.13.- Peso seco de la plántula

Una vez teniendo el dato de longitud de plúmula y radícula, las muestras se llevaron a la estufa de secado, para poder extraer todo el contenido de agua de las plántulas, y así poder tomar el peso seco. Las muestras se introdujeron a la estufa de secado a una temperatura de 60 C° durante 48 h, una vez transcurrido ese tiempo se pasó a tomar el peso de cada repetición en una balanza analítica, el peso total de la repetición se dividió en el número total de plántulas de dicha repetición.

5.14.- Diseño experimental

Para el presente trabajo se utilizó el diseño experimental y el modelo estadístico como completamente al azar con seis tratamientos y cuatro repeticiones cada uno, cada repetición con 25 semillas. Para el análisis de los datos (ANOVA $p \leq 0.05$) se utilizó el sistema de análisis estadístico INFOSTAT 2020, y para la comparación de medias se utilizó la prueba Tukey con un nivel de significancia de (Tukey ≤ 0.05) para todas las variables evaluadas, el modelo con el que se estimó fue por el modelo lineal general (GLM) que se describe a continuación.

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

Y_{ij} = Respuesta de la variable de la ij -ésima unidad experimental

μ = Efecto de la media general

T_i = Efecto de i -ésimo tratamiento

E_{ij} = Efecto de error experimental asociado a la i -ésima unidad experimental

6.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del análisis de varianza para las variables semillas sin germinar (SSG), plántulas normales (PN), plántulas anormales (PA), peso fresco de plántula (PF), longitud de plúmula (LP), longitud de radícula (LR), peso seco de plántula (PS), se muestran en el cuadro 2. Las cuales presentaron diferencias estadísticas significativas.

Cuadro 3.- Cuadrados medios del análisis de varianza de las variables de calidad fisiológica de semillas y plántulas de melón.

Fuentes de variación	GL	SSG	PN	PA	PFP	LP	LR	PSP
Tratamiento	5	8.0	114.67	101.87	1901.14	3.98	0.49	2768.95
Error	18	2.0	2.89	26.0	405.93	1.79	0.24	439.61
Total	23							
ANOVA $p \leq$		0.129	0.0001	0.0001	0.0065	0.096	0.125	0.0015
C.V.(%)		70.71	1.90	14.42	16.26	20.03	12.97	21.55
DMS		3.17	3.81	3.17	45.27	3.00	1.10	47.11

GL= Grados de libertad, SSG= Semillas sin germinar, PN= Plántulas normales, PA= Plántulas anormales, PFP= Peso fresco de plántulas, LP= Longitud de plúmula, LR= Longitud de radícula, PSP= Peso seco de plántulas. CV= Coeficiente de variación, DMS= Diferencia mínima significativa.

6.1.- Semillas sin germinar

El análisis de varianza (ANOVA $p \leq 0.05$) no mostró una diferencia significativa entre los seis tratamientos en la variable de semillas sin germinar (SSG), sin embargo, es necesario resaltar que en el tratamiento seis, fue el que tuvo la menor cantidad de semillas sin germinar y se observa una tendencia en la que se aprecia que, a medida que se incrementa la dosis del producto comercial, disminuye el número de semillas sin germinar.

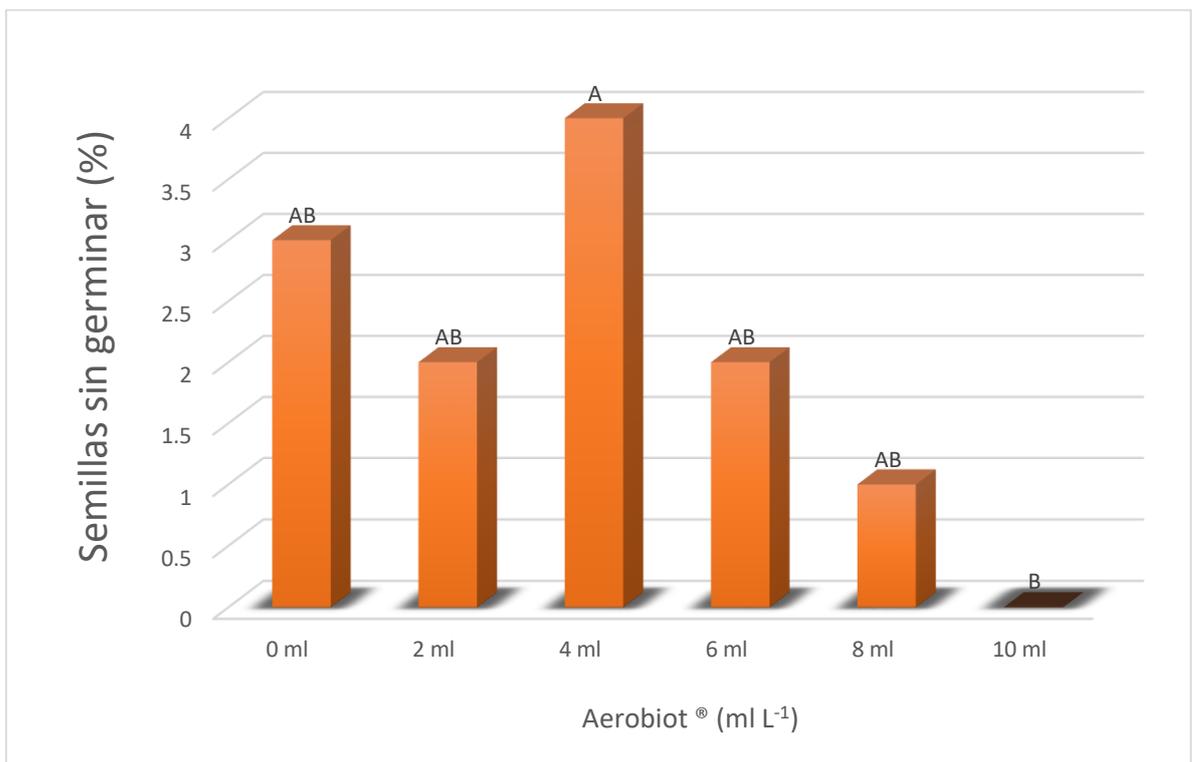


Figura 4.- Análisis de varianza (ANOVA $p \leq 0.05$) y comparación de medias (Tukey ≤ 0.05) para la variable semillas sin germinar de seis tratamientos pregerminativos a base de humus de lombriz líquido aplicados a las semillas de melón.

6.2.- Plántulas anormales

Para la variable de plántulas anormales (PA), estadísticamente no hubo diferencias significativas, no obstante, numéricamente en los porcentajes obtenidos de la comparación de medias, el tratamiento control (0 ml L⁻¹), obtuvo el mayor porcentaje de plántulas anormales, seguido del tratamiento con 2 ml L⁻¹ y tratamiento con ml L⁻¹. Esto puede ser una muestra de la influencia del producto en el correcto desarrollo de las plántulas.

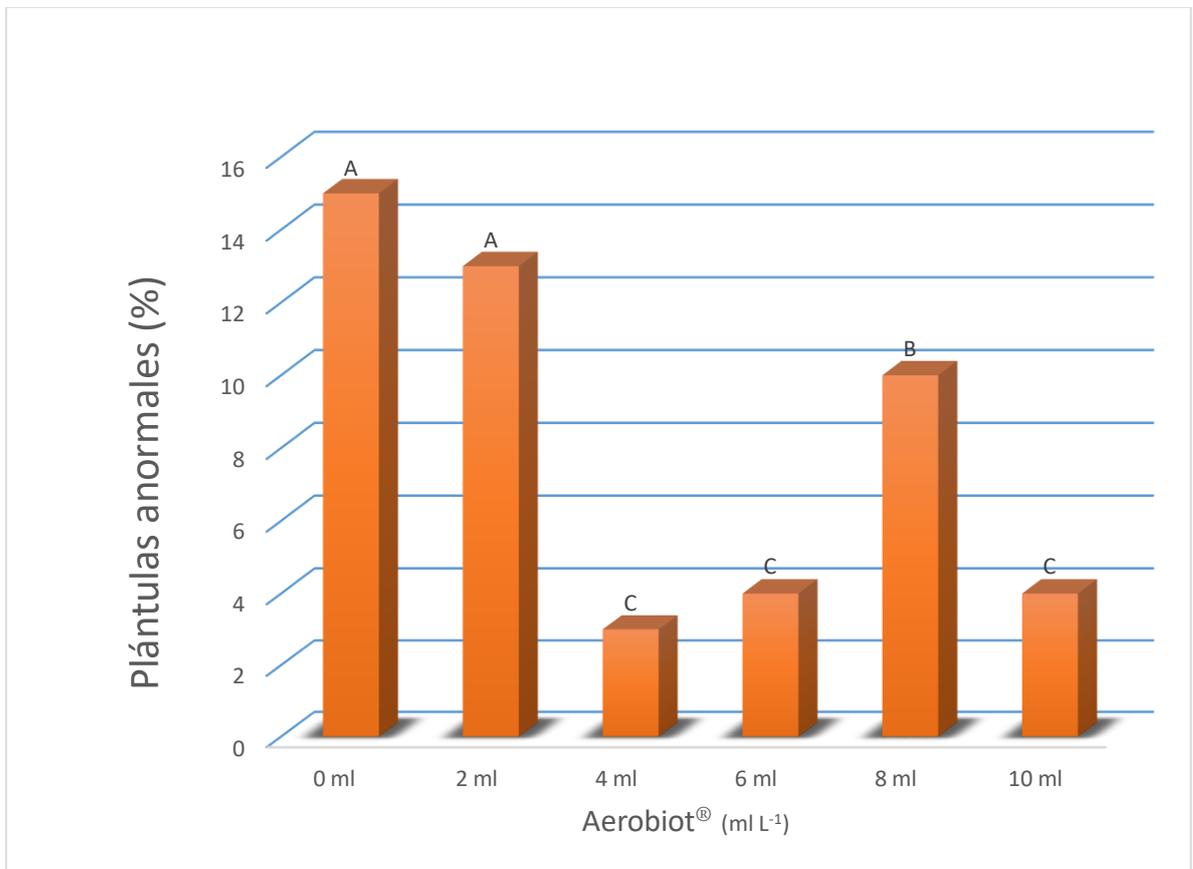


Figura 5.- Análisis de varianza (ANOVA $p \leq 0.05$) y comparación de medias (Tukey ≤ 0.05) para la variable plántulas anormales de seis tratamientos pregerminativos a base de humus de lombriz líquido aplicados a las semillas de melón.

6.3.- Plántulas normales

Para el análisis estadístico de la variable plántulas normales (PN) o porcentaje de germinación, estadísticamente no hubo diferencia significancia, sin embargo, en la figura 4 se observa que, el tratamiento con mayor porcentaje de plántulas normales es el tratamiento seis (10 ml L⁻¹), sin embargo, hubo una constante entre los tratamientos con 4 ml L⁻¹ y cuatro de 6 ml L⁻¹, lo que significa que el producto tuvo una respuesta positiva a las semillas en el porcentaje de plántulas normales tal como se observa en la tendencia general.

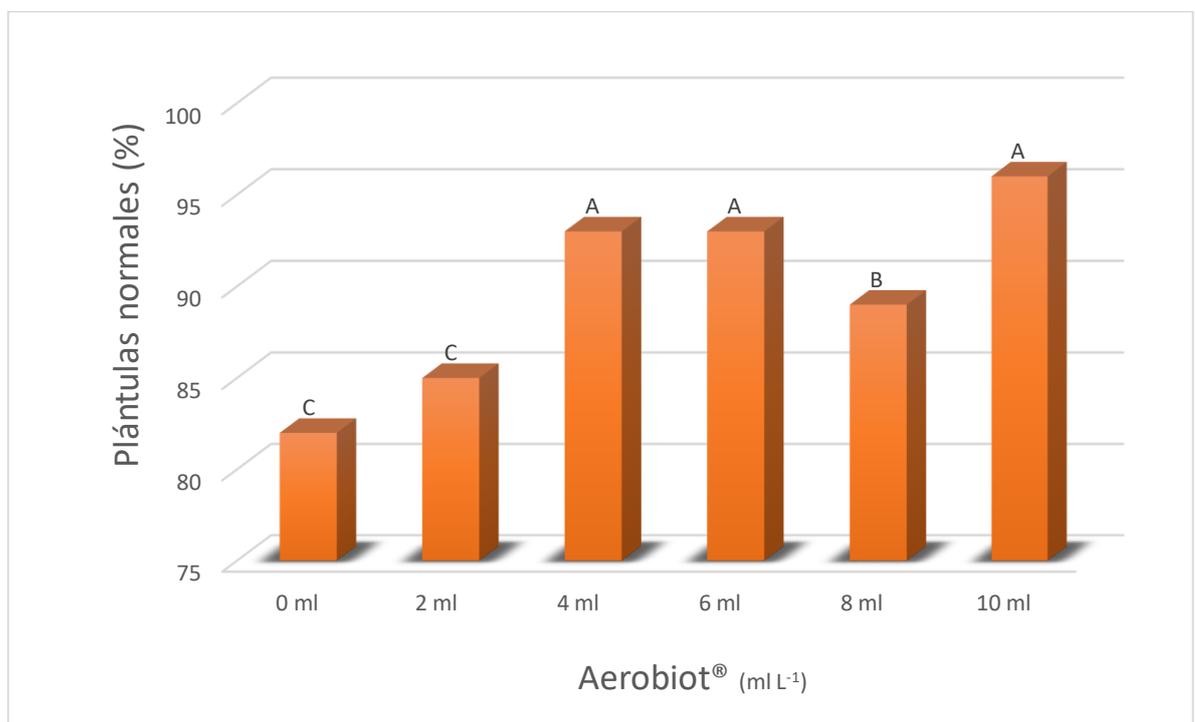


Figura 6.- Análisis de varianza (ANOVA $p \leq 0.05$) y comparación de medias (Tukey ≤ 0.05) para la variable plántulas normales de seis tratamientos pregerminativos a base de humus de lombriz líquido aplicados a las semillas de melón.

6.4.- Longitud de plúmula

En el análisis estadístico de la variable longitud de plúmula, no mostró diferencias estadísticas significativas, aunque se puede observar una tendencia de incremento de este carácter a medida que se incrementó la dosis del producto AEROBIOT aplicados a las semillas, pero un decremento con la dosis más alta, además, la dosis el tratamiento con una respuesta favorable en el crecimiento de plúmula fue el tratamiento de 6 ml L⁻¹ con un incremento de 40 % respecto del control, seguido del tratamiento número con 8 ml L⁻¹.

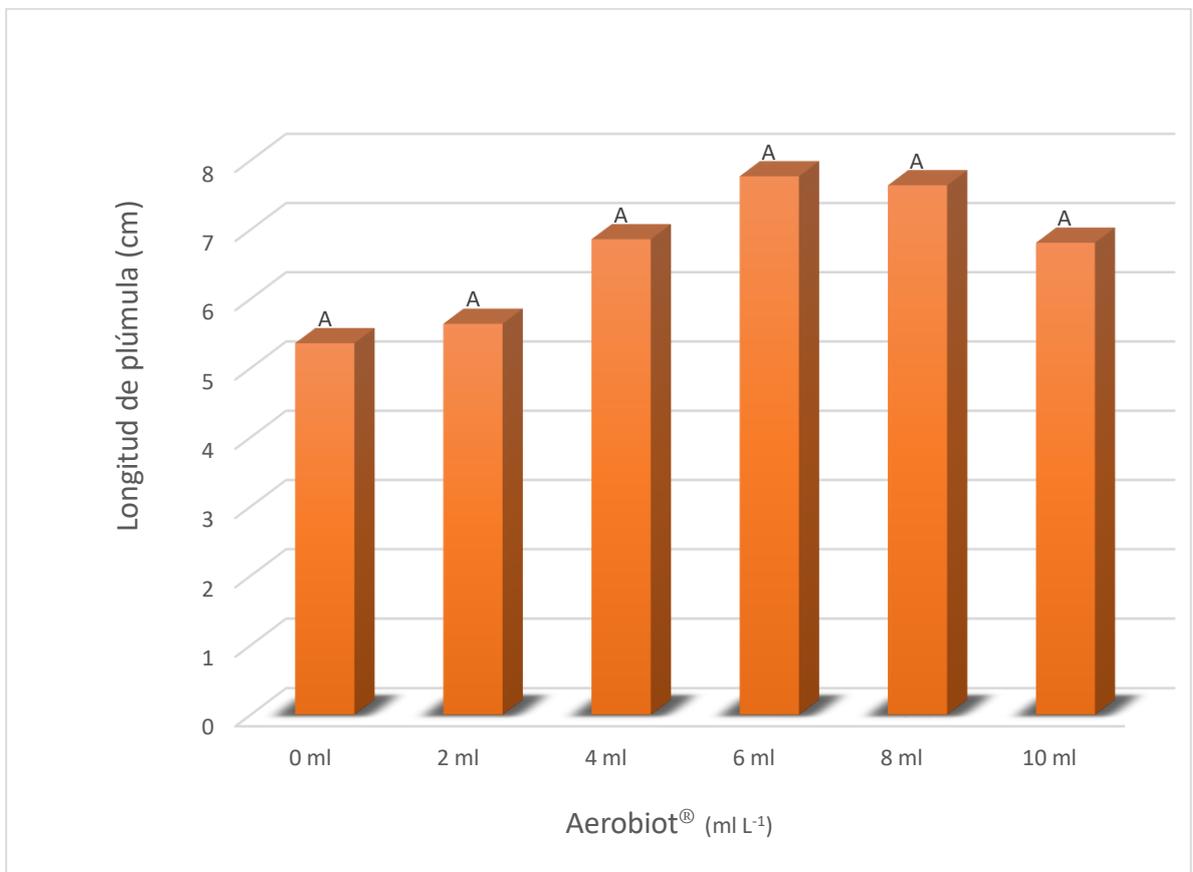


Figura 7.- Análisis de varianza (ANOVA $p \leq 0.05$) y comparación de medias (Tukey ≤ 0.05) para la variable Longitud de Plúmula de seis tratamientos pregerminativos a base de humus de lombriz líquido aplicados a las semillas de melón.

6.5.- Longitud de radícula

En el análisis estadístico para la variable longitud de radícula, no mostró diferencia estadística significativa. Aunque como se observa en la figura 6, se observa una tendencia similar a la longitud de plúmula, en donde a medida que se incrementó la dosis del producto AEROBIOT® se incrementó la longitud de la radícula, y un ligero decremento con la dosis más alta. Aunque, la dosis el tratamiento con una respuesta favorable en el crecimiento de la radícula fue el tratamiento de 6 ml L⁻¹ con un incremento de 25 % respecto del control.

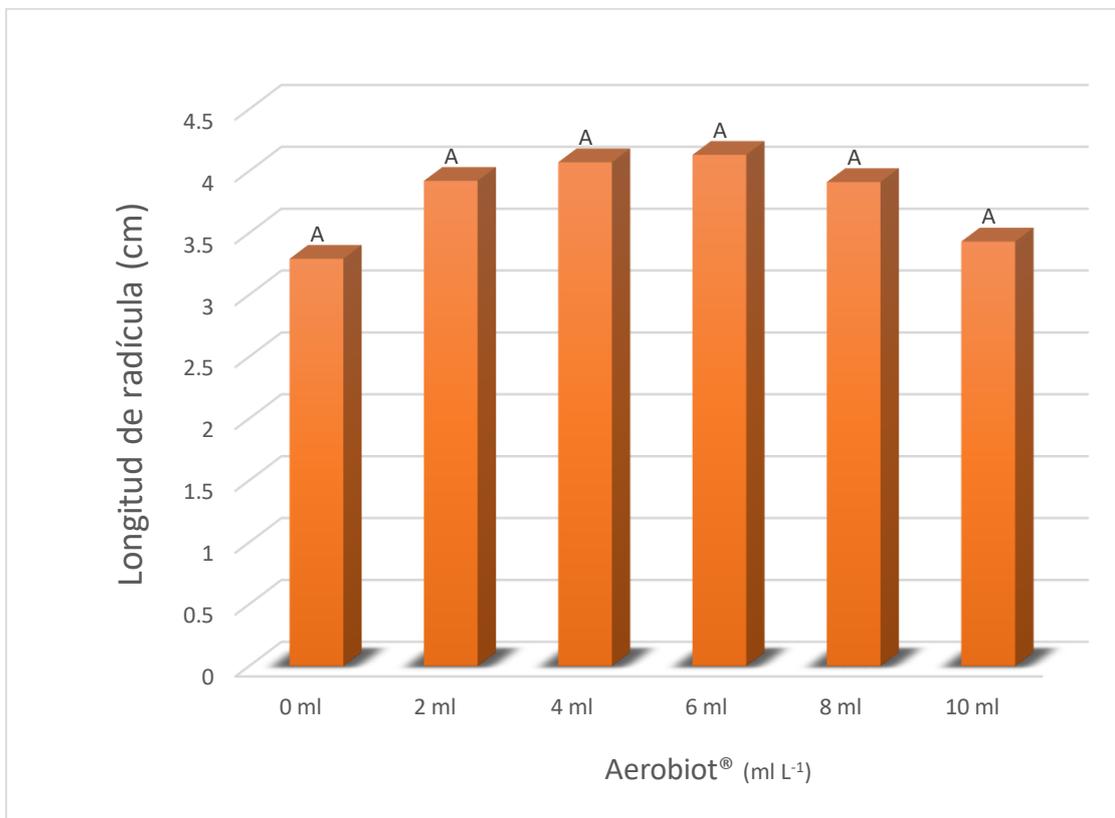


Figura 8.- Análisis de varianza (ANOVA $p \leq 0.05$) y comparación de medias (Tukey ≤ 0.05) para la variable Longitud de Radícula de seis tratamientos pregerminativos a base de humus de lombriz líquido aplicados a las semillas de melón.

6.6.- Peso fresco de la plántula

Los resultados del análisis de varianza para la variable de peso fresco de plántula mostraron una respuesta estadística significativa. Con los resultados obtenidos se puede observar que, a medida que incrementa la dosis del producto AEROBIOT®, también se incrementa el peso fresco de las plántulas, por tanto, se evidencia una respuesta positiva de los tratamientos sobre el peso fresco de las plántulas, en consecuencia, las plántulas tuvieron una respuesta favorable en la acumulación de agua y materia verde, siendo esto de importancia para el transporte de nutrientes, fotosíntesis e intercambio de gases.

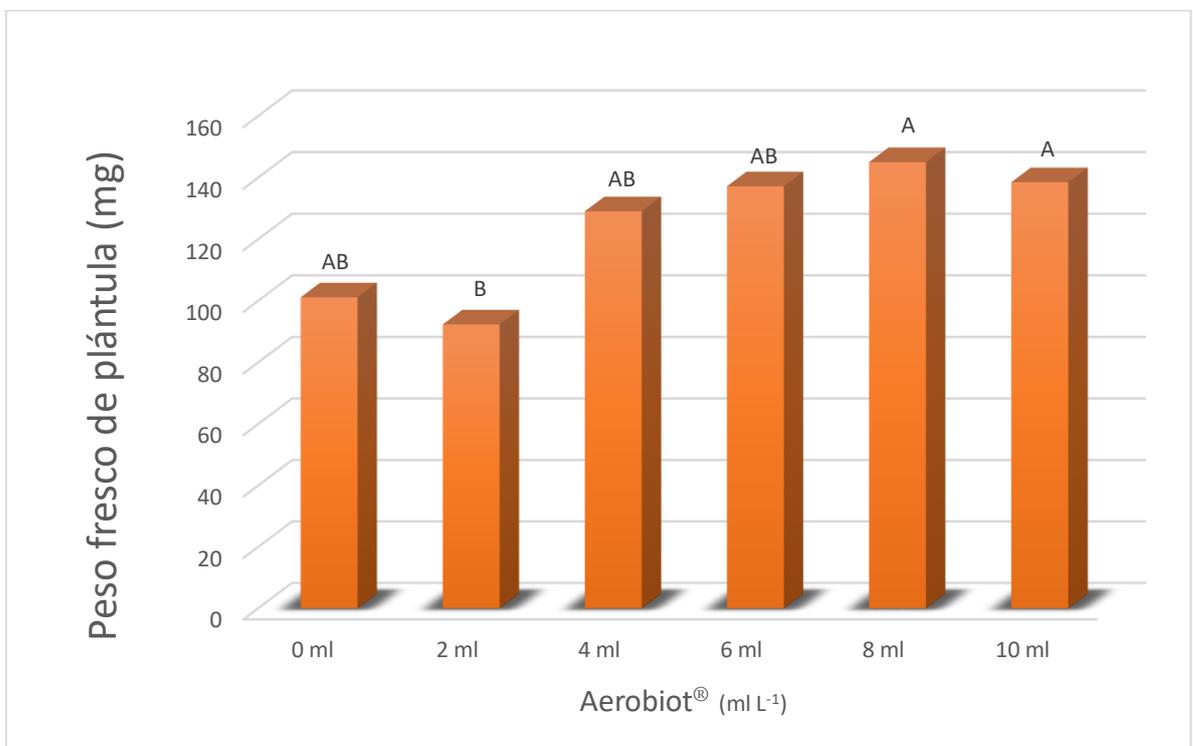


Figura 9.- Análisis de varianza (ANOVA $p \leq 0.05$) y comparación de medias (Tukey ≤ 0.05) para la variable Peso Fresco de seis tratamientos pregerminativos a base de humus de lombriz líquido aplicados a las semillas de melón.

6.7.- Peso seco de la plántula

En el análisis de estadísticos para la variable de peso seco de plántula, mostró una respuesta estadística diferencial, en donde el tratamiento que acumuló mayor peso seco en la plántula fue el tratamiento con 8 ml L⁻¹, seguido por el tratamiento con 6 ml L⁻¹. De esta manera se demuestra que el producto ejerció una respuesta positiva en el efecto de dicha variable.

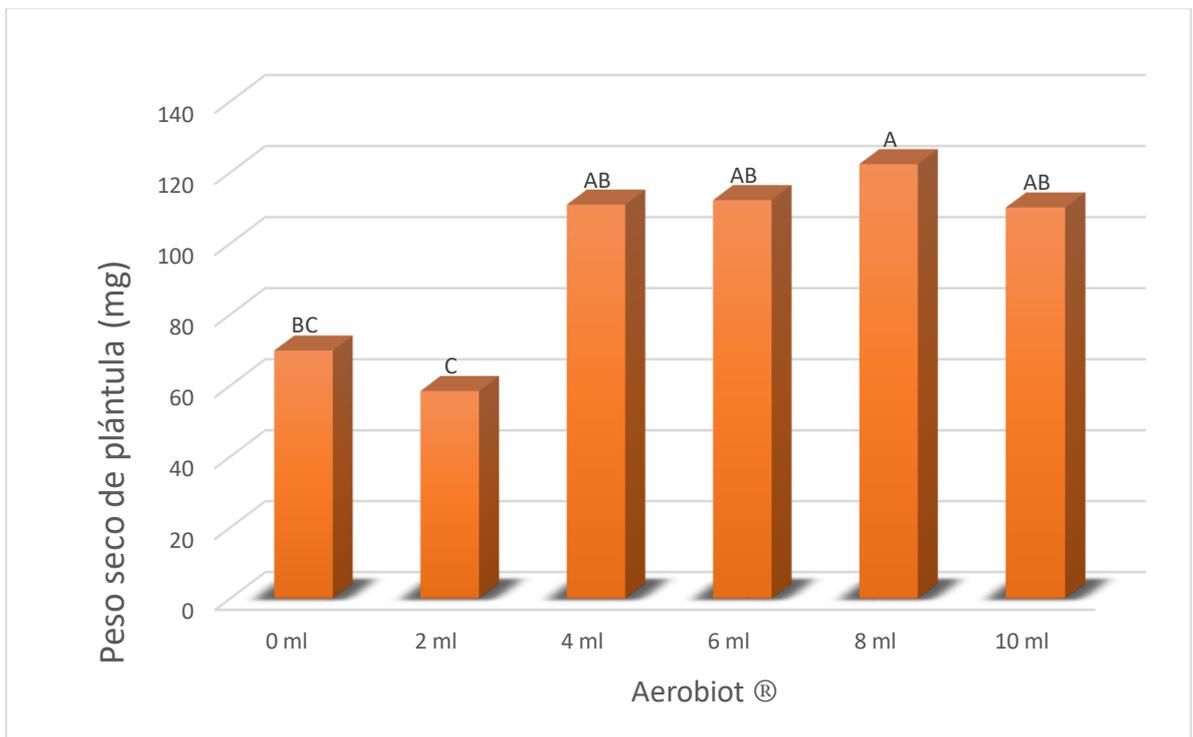


Figura 10.- Análisis de varianza (ANOVA $p \leq 0.05$) y comparación de medias (Tukey ≤ 0.05) para la variable Peso Seco de seis tratamientos pregerminativos a base de humus de lombriz líquido aplicados a las semillas de melón.

7.- CONCLUSIONES

La calidad fisiológica de semillas y de plántulas de melón se vio beneficiada positivamente con la aplicación de humus de lombriz líquido.

De las dosis probadas, la que ejerció mejor respuesta fue al aplicar 6 ml L⁻¹, esto confirmando la hipótesis alternativa donde dice que al menos una de las dosis de humus líquido de lombriz tendrá un efecto positivo en el desarrollo fisiológico de las semillas y plántulas de melón.

El uso de productos orgánicos como los lixiviados de lombriz para el tratamiento de semillas, pudiera ser una alternativa ya que promueve una respuesta positiva en la calidad de plántulas de melón.

8.- REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ASGROW, 2018. ¿cuál es la importancia de tratar la semilla? Fecha de consulta: 15 de junio del 2022. Consulta disponible en: <https://www.asgrow.com.ar/es-ar/novedades/importancia-tratamiento-semilla.html>.
- ASERCA, 2000. El Melón Mexicano; Ejemplo de Tecnología Aplicada. Revista Claridades Agropecuarias # 84. México, D.F.
- Axayacatl, O. 2021. Blog Agricultura. Países Productores de Melón. Fecha de consulta: 13 de junio del 2022. En: <https://blogagricultura.com/paises-productores-melon/>.
- Brzezinski, C. R., Assis, H. A., Abati, J., Henning, A. E., Barros, F. J., Krzyzanowski, F. C., & Zucareli, C. 2015. Seed treatment times in the establishment and yield performance of soybean crops. *Journal of Seed Science*, 37(2), 147-153. Consulta en: <http://doi.org/10.1590/2317-1545v37n2148363>
- Bisognin, D. A 2002. Origen y evolución de las cucurbitáceas cultivadas. *Ciencias Rurales Santa María*, 32, 715-723.
- Casa, M. 2010. Evaluación del efecto de los ácidos húmicos sobre los parámetros de calidad en plántulas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) Tesis de Licenciatura. Universidad Técnica de Cotopaxi. Ecuador. 64 p.
- CRODA, 2021. Smart science to improve lives™. Tratamiento de Semillas. Fecha de consulta: 14 de mayo del 2022. Consulta en: <https://www.crodacropcare.com/es-mx/market-areas/seed-treatment>.
- Díaz, F. A., Castillo T. H., Ortiz C. F. E., & Espinosa R. M. (2019). Tratamiento químico combinado de semilla y su influencia en el crecimiento de plántulas de sorgo, maíz, soya y algodón. *Acta Universitaria* 29, 2026. Consulta en: <http://doi.org/10.15174.au.2019.2026>.
- Gómez A. 2011. Germinación de la semilla de chile piquín (*Capsicum annum*) como respuesta a la aplicación de diferentes aplicaciones de humus líquido de lombriz a diferentes concentraciones. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Pag. 15.
- SAGARPA, 2008. Servicio de Información Estadística Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). Anuarios Estadísticos de la Producción Agrícola. México, D.F.
- International Seed Federation, 2020. Los tratamientos de semillas son los agentes y técnicas biológicas, físicas y químicas aplicadas a las semillas para brindar protección y mejorar el establecimiento de cultivos

saludables. Fecha de consulta: 15 de junio del 2022. Consulte en: <https://worldseed.org/our-work/seed-treatment/>

KOPPERT. 2022. ¿Cuáles son los beneficios del tratamiento biológico de semillas?. Fecha de consulta: 15 de junio del 2022. Consulte en: <https://www.koppert.es/retos/tratamiento-biologico-de-semillas/>.

Piccolo A. et al., 1993. effects of fractions of coal-derived humic substances on seed germination and growth of seedlings. *Biology and Fertility of Soils*. Fecha de consulta 16 de junio del 2022. Consulta en: <https://www.humintech.com/es/agricultura/aplicaciones/tratamiento-de-semillas#:~:text=En%20esta%20fase%20temprana%20e,desarrollo%20saludable%20de%20las%20plantas.&text=Tratamientos%20de%20semillas%20%2D%20los%20%C3%A1cidos,y%20la%20formaci%C3%B3n%20de%20ra%C3%ADces>