

**Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro**

**División de Agronomía**

**Departamento de Fitomejoramiento**



**Disminución del tiempo de germinación en semillas de calabacita con un  
tratamiento magnético.**

**EDUARDO CEPEDA SILLER**

**TESIS**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER TITULO DE:**

**INGENIERO AGRONOMO**

**TORREÓN, COAHUILA**

**NOVIEMBRE 2017**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
UNIDAD LAGUNA  
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

Disminución del tiempo de germinación en semillas de calabacita con un  
tratamiento magnético.

POR:

EDUARDO CEPEDA SILLER

TESIS

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

INGENIERO AGRÓNOMO

APROBADA POR:

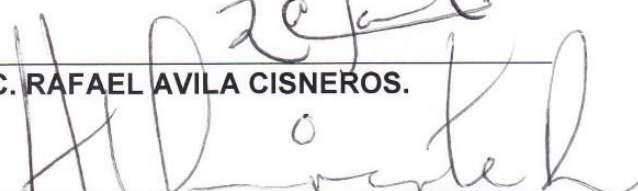
PRESIDENTE

  
DR. ANSELMO GONZALEZ TORRES.

VOCAL

  
M.C. RAFAEL AVILA CISNEROS.

VOCAL

  
ING. HERIBERTO QUIRARTE RAMIREZ

VOCAL SUPLENTE

  
DR. ALFREDO OGAZ

  
M.E. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO  
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

TORREÓN, COAHUILA

NOVIEMBRE DE 2017

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
UNIDAD LAGUNA  
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

Disminución del tiempo de germinación en semillas de calabacita con un  
tratamiento magnético.

POR:

EDUARDO CEPEDA SILLER

TESIS

QUE SE SOMETE A LA CONSIDERACIÓN DEL COMITÉ DE ASESORIA, COMO  
REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

APROBADA POR:

ASESOR PRINCIPAL

  
DR. ANSELMO GONZALEZ TORRES.

ASESOR

  
M.C. RAFAEL AVILA CISNEROS.

ASESOR

  
ING. HERIBERTO QUIRARTE RMZ.

ASESOR

  
DR. ALFREDO OGAZ

  
M.E. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO  
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



TORREÓN, COAHUILA

NOVIEMBRE DE 2017

## **AGRADECIMIENTOS**

**A mis padres, Maria del Rosario Siller Garcia y Eduardo Cepeda Ruvalcaba por el apoyo incondicional que me han brindado.**

**A mis hermanas, Rosario y Daniela Cepeda Siller por siempre estar ahí cuando lo necesito.**

**A mi Alma Mater, por enseñarme todo lo que se y por darme la oportunidad de ser un profesionalista.**

**Al Dr. Anselmo Gonzalez Torres por brindarme todo su apoyo a lo largo de esta tesis**

## RESUMEN

La calabacita es un cultivo que se encuentra dentro de la canasta básica del mexicano. Esto se debe a su alto contenido de nutrientes y a su bajo costo. Es considerada originaria de México y América Latina, ya que antes se conocía como una maleza y los antepasados la fueron mejorando, hasta lo que tenemos ahora.

Este cultivo es de las hortalizas que menos tiempo tarda en llegar su cosecha. Gracias a esto se considera como una de las hortalizas más rústicas. Requiere de poco fertilizante y son tolerantes a plagas y enfermedades debido a su poco tiempo de crecimiento. Su tiempo a corte es de aproximadamente 50 días a partir del día de siembra.

El experimento se llevó a cabo con un híbrido llamado Hurakan de la casa semillera Harris Moran. En la Laguna este híbrido se utiliza por lo general en épocas tempranas (Febrero- Abril), ya que el calor acelera mucho su crecimiento y es difícil cosecharlas a tiempo. Esta hortaliza es una de las pocas que se consumen inmaduras. Esto se debe a que el mercado no acepta calabacitas mayores a 15 cm.

El diseño experimental que se llevo a cabo en este proyecto es completamente al azar con 4 tratamientos (testigo sin exposición, exposición de 1 hora, exposición de 24 horas, y exposición crónica), cada tratamiento consta de 5 repeticiones. Cada repetición es una caja petri con 10 semillas. Se evaluó el tiempo en el que germinaron las semillas con diferente tratamiento.

El tratamiento que mejor funciono fue el tratamiento 2. En este tratamiento se expuso la semilla de calabacita al campo magnético durante 1 hora. Este resultado es bastante notable al resto de los tratamientos.

**Palabras clave: calabacita, Harris Moran, semillas.**

## INDICE

AGRADECIMIENTOS.....	i
RESUMEN.....	ii
INDICE.....	iv
ÍNDICE DE CUADROS.....	vi
INDICE DE FIGURAS.....	vii
1. INTRODUCCIÓN.....	1
Objetivo.....	3
Hipótesis.....	3
2. REVISION DE LITERATURA.....	4
2.1 Origen de las calabacitas <i>Cucurbita pepo</i> .....	4
2.2 Características Botánicas y Taxonómicas.....	5
2.2.1 Estructura y Biología Floral.....	6
2.3 Características Edafológicas.....	7
2.3.1 Requerimiento de Clima.....	7
2.3.2 Requerimiento de Suelo y Fertilización.....	8
2.3.3 Fertilización Carbónica.....	8
2.3.4 Riego.....	9
2.4 Plagas.....	10
2.5 Enfermedades.....	10
2.6 Manejo Cultural de la calabacita.....	11
2.6.1 Siembra.....	11
2.6.2 Cosecha.....	11
2.6.3 Tiempo.....	11
2.6.4 Tamaño.....	11
2.7 Campos Magnéticos.....	12
2.8 Campos Eléctricos.....	12
2.9 Fuentes Naturales de Campos Electromagnéticos.....	13
2.10 Fuentes de Campos Electromagnéticos generadas por el hombre... 13	
2.11 Conceptos básicos sobre la longitud y frecuencia de las ondas.....	13

<b>2.12</b>	<b>Intensidades de Campos Magnéticos.....</b>	<b>14</b>
<b>2.13</b>	<b>Funcionamiento de Campos Magnéticos.....</b>	<b>15</b>
<b>2.14</b>	<b>Producción de Imanes.....</b>	<b>17</b>
<b>2.14.1</b>	<b>Imanes de Neodimio.....</b>	<b>17</b>
<b>2.14.2</b>	<b>Imanes de Ferrita.....</b>	<b>17</b>
<b>2.14.3</b>	<b>Imanes de AlNiCo.....</b>	<b>18</b>
<b>2.15</b>	<b>Aplicación de Campos Magnéticos en la Agricultura.....</b>	<b>19</b>
<b>3.</b>	<b>Materiales y Métodos.....</b>	<b>23</b>
<b>4.</b>	<b>Resultados.....</b>	<b>28</b>
<b>5.</b>	<b>Discusión.....</b>	<b>33</b>
<b>6.</b>	<b>Conclusión.....</b>	<b>34</b>
<b>7.</b>	<b>Referencias Bibliográficas.....</b>	<b>35</b>



## INDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1. Imanes utilizados en el experimento con diámetros y espesor en milímetros .....</b>	<b>27</b>
<b>Cuadro 2. Resultados del experimento.....</b>	<b>28</b>

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b>	<b>Polos del campo magnético.....</b>	<b>16</b>
<b>Figura 2.</b>	<b>Atracción entre dos imanes.....</b>	<b>16</b>
<b>Figura 3.</b>	<b>Repulsión entre dos imanes.....</b>	<b>16</b>
<b>Figura 4.</b>	<b>Cajas petri con semillas de calabacita germinadas.....</b>	<b>24</b>
<b>Figura 5.</b>	<b>Tratamiento 1 (Testigo).....</b>	<b>24</b>
<b>Figura 6.</b>	<b>Tratamiento 2 (1 hora de exposición al campo magnético). .....</b>	<b>25</b>
<b>Figura 7.</b>	<b>Tratamiento 3 (24 horas de exposición al campo magnético).....</b>	<b>25</b>
<b>Figura 8.</b>	<b>Tratamiento 4 (Exposición Crónica).....</b>	<b>26</b>
<b>Figura 9.</b>	<b>Empaque de semilla utilizada en el experimento.....</b>	<b>26</b>
<b>Figura 10.</b>	<b>Medición del campo magnético real BM del imán de anillo cerámico o ferrita.....</b>	<b>28</b>
<b>Figura 11.</b>	<b>Medición del número de semillas germinadas 24 horas después de establecido el experimento.....</b>	<b>29</b>
<b>Figura 12.</b>	<b>Medición del número de semillas germinadas 26 horas después de establecido el experimento.....</b>	<b>30</b>
<b>Figura 13.</b>	<b>Medición del número de semillas germinadas 28 horas después de establecido el experimento.....</b>	<b>31</b>
<b>Figura 14.</b>	<b>Medición del número de semillas germinadas 30 horas después de establecido el experimento.....</b>	<b>31</b>
<b>Figura 15.</b>	<b>Medición del número de semillas germinadas 32 horas después de establecido el experimento.....</b>	<b>32</b>
<b>Figura 16.</b>	<b>Medición del número de semillas germinadas 36 horas después de establecido el experimento.....</b>	<b>32</b>

## 1. INTRODUCCIÓN

La calabacita *Cucúrbita pepo* es un cultivo muy importante en México. Se encuentra entre las hortalizas más consumidas. Primordialmente se utiliza como alimento, tanto en Latinoamérica como en muchas otras regiones del mundo en las que ha sido introducida. El género consta de un total de 20 especies o subespecies, cinco de las cuales son cultivadas.

México es un importante centro de diversidad del género *Cucúrbita* pues, por una parte se cultivan ampliamente numerosas variedades de cuatro de las cinco especies domesticadas y otras prosperan en estado silvestre.

En México se producen 13,692 hectáreas por año con una producción de 232,341 toneladas por año (SIAP, 2016). El estado mayor productor de calabacita es Sonora con 3,775 hectáreas (SIAP), 2016. Año con año la producción anual se aminora debido a que el precio de esta hortaliza es muy variante y la producción que brinda es poca. No existen variedades tan rendidoras ya que las grandes casas semilleras no le han dado la importancia a este cultivo debido a que se ha vuelto un cultivo no tan redituable como otros.

En la Laguna se produjeron 138 hectáreas en el 2016 en el ciclo de primavera-verano, con una producción total de 3,583 toneladas (SIAP), 2016.

En este experimento se quiere investigar si influye un campo magnético en la germinación de las semillas de calabacita. Hay estudios en otros cultivos como

tomate y cebolla, pero en calabacita no hay estudios aun. Se optó por la calabacita ya que es un cultivo muy rápido en su germinación.

El estudio del efecto de los campos magnéticos en el reino vegetal no es una novedad. Sus efectos se estudian desde hace varias décadas, pero hasta ahora no se habían obtenido resultados destacados. (Gimferrer, 2009)

En general, los seres vivos se ven afectados por el campo magnético terrestre, que oscila entre 0,4 y 0,6 gauss (la unidad de medida de campo magnético), según la latitud y otros factores geológicos. El campo magnético terrestre provoca la orientación de las agujas de los compases en dirección Norte-Sur y los pájaros y los peces lo utilizan para orientarse. (Gimferrer, 2009)

**OBJETIVO**

Evaluar el tratamiento magnético en el tiempo de germinación de semillas de calabacita.

**HIPOTESIS**

El tratamiento magnético en las semillas de calabacita acelera el tiempo de germinación.

## 2. REVISION DE LITERATURA

### 2.1 Origen de calabacita *Cucurbita pepo*

Las calabacitas son de las primeras plantas domesticadas en Mesoamérica (Smith, 1997) y actualmente, junto con el maíz (*Zea mays* L.) y los frijoles (*Phaseolus* spp.), son uno de los principales componentes de la milpa y alimento básico de México, sobre todo de la población rural. Cucúrbita es un género neotropical del que se reconocen 20 especies distribuidas desde Estados Unidos de América (EUA) hasta Argentina, en regiones tropicales y subtropicales (Mera et al., 2011). De las especies reconocidas de Cucurbita: *C. argyrosperma* K. Koch, *C. ficifolia* Bouché, *C. moschata* Duchesne y *C. pepo* L. fueron domesticadas en Mesoamérica, y *C. máxima* Duchesne en Sudamérica. Actualmente, en el estado de Puebla, México se cultivan más de 5500 ha de calabacita, calabaza y calabaza para semilla, sin que se especifique en las estadísticas de qué especies se trata.

La calabacita (*Cucurbita pepo* L.) es cultivada generalmente en pequeñas superficies de terreno o detrás de la casa, en huertos familiares y en la agricultura tradicional asociada con el maíz (Pérez, 1997).

Guenkov (1974) menciona que la importancia de la calabacita se debe al contenido de sustancias nutritivas y a sus cualidades respecto al sabor del fruto.

También menciona que la pulpa del fruto contiene de 11 – 17 % de sólidos totales y 45 % de azúcares, aunque puede variar de un genotipo a otro, las semillas son muy ricas en grasas y albúmina.

Valadez (1998), señala que la calabacita es originaria de México y de América Central, de donde fue distribuida a América del Norte y del Sur, sus orígenes se remontan al año 7000 a. de C.

## **2.2 Características Botánicas y Taxonómicas**

Esta hortaliza es una planta herbácea, anual, erecta y después rastrera.

Con respecto a su sistema de raíces, tanto la raíz principal como las secundarias se desarrollan ampliamente.

Los tallos son erectos en sus primeras etapas de desarrollo (hasta antes del tercer corte de frutos) y después se tornan rastreros; son angulares (cinco bordes o filos), cubiertos de vellos y pequeñas espinas puntiagudas de color blanco, pudiendo alcanzar una longitud de 3 a 7 m.

Las hojas se sostienen por medio de pecíolos largos y huecos; el limbo es grande y espinoso, presentando muchas veces manchas blancas entre las nervaduras del limbo. Siendo una planta monoica, presenta flores masculinas y femeninas; de las cucurbitáceas, la calabacita es la que tiene las flores más grandes. Las flores masculinas siempre aparecen primero; tienen un pedúnculo muy largo y delgado, a diferencia de las femeninas, que lo tienen corto y cuyo ovario es ensanchado. Los pétalos de ambas flores son de color amarillo anaranjado; su polinización es anemófila (viento) y entomófila (insectos).

El fruto se consume todavía inmaduro, y por lo general es de color verde claro, aunque existen cultivares de color verde oscuro, la longitud óptima para consumo en fresco es de 12 a 15 cm.

Pérez (1999) afirma que las semillas de las especies cultivadas varían en tamaño, forma y color, siendo generalmente deprimidas, elípticas, débilmente aguzadas del lado del hilo. Cada una de ellas tiene una testa firme y un embrión largo. La capacidad de germinación se conserva durante 5-8 años en condiciones favorables.

La calabacita es una planta monoica que presenta entre 20 y 40 flores unisexuales, dominando por lo común las flores masculinas. La predominancia de este tipo de flor sobre las femeninas es consecuencia de la selección artificial, lo que asegura la polinización y consecuentemente el desarrollo de alto número de frutos y semillas.

### **2.2.1 Estructura y Biología Floral**

La flor masculina se distingue por un pedúnculo delgado y alargado, en cambio, en la femenina este es grueso, corto y de forma prismática con cinco estambres y con ovario ínfero. El cáliz es de lóbulos cortos; la corola es simpétala y se forma por cinco pétalos lobulados de color amarillo o anaranjado, erguidos y con ápice agudo. Con altas temperaturas y gran duración del día, la formación de flores femeninas puede demorarse.

Los rasgos esenciales del esquema de desarrollo de las flores estaminadas y pistiladas es el siguiente:



Los sépalos surgen alrededor del margen del receptáculo, los pétalos siguen sobre un círculo interno, cada pétalo alterna con un par de sépalos. Los carpelos nacen del receptáculo, extendiéndose hacia arriba para formar el pistilo. Hay usualmente tres carpelos, pero ocasionalmente cuatro o cinco. Los márgenes reflejados de los carpelos forman la placenta. Los carpelos se presentan longitudinalmente al dorso del parental, al cual están unidos los óvulos. (Garza, 2006)

El ovario es ínfero y está dividido en tres lóculos, es relativamente corto y robusto; el estigma situado por encima del ovario, generalmente tiene tres lóbulos, igual al número de carpelos. El tubo del cáliz y el tubo de la corola son pentalobulados. Las flores masculinas y femeninas son más o menos del mismo tamaño. En las flores masculinas, los filamentos están libres pero las anteras están unidas más o menos en una masa columnar. El polen y el néctar son producidos por las flores estaminadas, y el néctar también es producido por el pistilo de las flores femeninas.

## **2.3.Características Edafológicas**

### **2.3.1 Requerimientos de Clima**

Valadez (1998) menciona que la calabacita es una hortaliza de clima cálido, por lo cual no tolera heladas; es insensible al fotoperiodo. La temperatura para la germinación de las semillas debe ser mayor a 15 °C, siendo el rango óptimo de 22 a 25 °C, la temperatura para su desarrollo tiene un rango de 18 a 35 °C. Se ha

comprobado que temperaturas altas (35 °C) y días largos con alta luminosidad tienden a formar más flores masculinas, y con temperaturas frescas y días cortos hay mayor formación de flores femeninas.

### **2.3.2 Requerimientos de Suelo y Fertilización**

Los valores de pH óptimos oscilan entre 5,6 y 6,8 (suelos ligeramente ácidos), aunque puede adaptarse a terrenos con valores de pH entre 5 y 7. A pH básico pueden aparecer síntomas carenciales, excepto si el suelo está enarenado.

Es una especie medianamente tolerante a la salinidad del suelo y del agua de riego, (menos que el melón y la sandía y más que el pepino). Se trata de una planta muy exigente a en cuanto a la humedad del suelo, requiriendo riegos frecuentes, aunque en suelos arcillosos el exceso de humedad suele ocasionar problemas en las raíces. (Garza, 2006)

**2.3.3 Fertilización carbónica:** la aportación de CO<sub>2</sub> permite compensar el consumo de las plantas y garantiza el mantenimiento de una concentración superior a la media en la atmósfera del invernadero; así la fotosíntesis se estimula y se acelera el crecimiento de las plantas. Para valorar las necesidades de CO<sub>2</sub> de los cultivos en invernadero necesitamos realizar, en los diversos periodos del año, un balance de las pérdidas derivadas de la absorción por parte de las plantas, de las renovaciones de aire hechas en el invernadero y las aportaciones proporcionadas por el suelo a la atmósfera del mismo. Del enriquecimiento en CO<sub>2</sub> del invernadero depende la calidad, la productividad y la precocidad de los cultivos. Hay que tener presente que un exceso de CO<sub>2</sub> produce daños debidos al

cierre de los estomas, que cesan la fotosíntesis y pueden originar quemaduras. Los aparatos más utilizados en la fertilización carbónica son los quemadores de gas propano y los de distribución de CO<sub>2</sub>. En el cultivo del calabacín las aportaciones en torno a las 1.500 ppm. de CO<sub>2</sub> incrementan la producción e influyen en su precocidad.(Infoagro, 2014)

#### **2.3.4 Riego**

En general el calabacín es una planta exigente en humedad, precisando riegos más frecuentes con la aparición de los primeros frutos. No obstante, los encharcamientos le son perjudiciales, y en las primeras fases del cultivo no son convenientes los excesos de agua en el suelo para un buen enraizamiento. Los sistemas de riego más utilizados en calabacín en invernadero son el riego localizado (goteo y exudación) y el riego a pié (a manta y por surcos).

En riego localizado, el primer aporte se dará un día antes de la siembra, no siendo conveniente alargar demasiado los riegos posteriores a la nascencia, dando riegos ligeros tras la misma, de volumen y frecuencia variable en función del suelo y época de siembra. Es aconsejable someter a la planta a un pequeño período de sequía en estado de 3-4 hojas verdaderas, con el fin de favorecer un potente sistema radicular. Aproximadamente una semana antes del inicio de la recolección deben incrementarse los riegos tanto en volumen como en frecuencia, siendo este aumento progresivo hasta que el cultivo alcance la plena producción. En riego a pié, el primer aporte de agua se realiza un día antes de la siembra. Tras la nacencia es conveniente retrasar los riegos hasta los 20-25 días cuando el

suelo está en tempero. A partir del segundo riego, los riegos se llevarán a cabo cada 7-10 días, dependiendo fundamentalmente de la climatología. El consumo de agua dependerá del marco de siembra, época de cultivo y sistema de riego, oscilando en cultivos con riego localizado entre los 2000 y 2500 metros cúbicos por hectárea y ciclo de cultivo y entre 500 y 600 metros cúbicos por hectárea y ciclo en riego a pié. (Infoagro, 2014).

## **2.4 Plagas**

Las cucurbitáceas tienen la misma respuesta a todos los problemas fitosanitarios, por lo que hay que tener cuidado desde la emergencia de la plántula (problemas con pulga saltona y diabrótica) hasta los insectos chupadores, estos últimos son responsables en la mayoría de los casos de los problemas virosos; así, un adecuado calendario de aplicaciones de insecticidas sistémicos podría ayudar a disminuir el problema, recomendándose también utilizar cultivares tolerantes a virus. (Garza 2006)

## **2.5 Enfermedades**

En cuanto al ataque de cenicilla, se recomienda utilizar fungicidas a base de manganeso y zinc, pero no aplicar azufre, pues éste quema los tejidos de cualquier cucurbitácea, ya que se ha comprobado que estas plantas tienen una pared celular muy delgada y el pH del citoplasma de sus células es muy ácido, por lo que al suministrar azufre se provocan quemaduras por la formación de ácido sulfúrico en el tejido. (Garza 2006)

## **Siembra**

## **2.6 Manejo cultural de la calabacita**

### **2.6.1 Siembra**

En calabacita suele realizarse la siembra directa en el suelo o en la capa de arena, a razón de 2-3 semillas por golpe, que se sembrarán juntas al objeto de que al emerger rompan la costra del suelo con mayor facilidad, cubriéndolas con 3-4 cm de tierra o arena, según corresponda. La cantidad de semilla gastada suele ser de unos 10kg/ha en siembra directa. La duración de la naciente en tierra es de 5 a 8 días y en terreno enarenado oscila entre 2 y 3 días. (Infoagro, 2014)

### **2.6.2 Cosecha**

Con respecto al corte de la calabacita, se utilizan tres indicadores de cosecha: uno físico y dos visuales; a continuación se describe cada uno de ellos:

**2.6.3 Tiempo.** En este factor se considera el número de días que se aproxima a la cosecha o al primer corte, que va de 45 a 55 días, llegando a realizarse hasta 20 cortes.

**2.6.4 Tamaño.** En este aspecto, se toma como referencia el tamaño del fruto, que puede variar de 12 a 15 cm.

En el cultivo de calabaza no se realiza la poda de formación, por lo que la poda se ve reducida a la limpieza de brotes secundarios, que deben ser eliminados cuanto antes. Pero lo que sí se lleva cabo es un aclareo de las plantas cuando nace más de una planta por golpe, en estado de 2-3 hojas verdaderas, dejando la más vigorosa y eliminando las restantes. En caso de realizarse un segundo aclareo, es conveniente eliminar las plantas cortando

el tallo por su base, en vez de arrancarlas, dado que las raíces están más desarrolladas, pudiendo ocasionar daños a las de la planta que se deja en el terreno Comisión para la Investigación y la Defensa de las Hortalizas (Conabio, 2014).

## **2.7 Campos Magnéticos**

Los campos magnéticos, eléctricos y electromagnéticos existen de forma natural en nuestro entorno y los seres vivos estamos habituados a convivir con ellos. Durante las últimas décadas los posibles efectos de los campos magnéticos sobre los seres vivos han sido objeto de numerosas investigaciones; entre ellas, se encuentran las dirigidas a determinar su influencia en germinación y crecimiento de especies de interés agronómico y forestal. La bibliografía muestra un posible efecto estimulante de campos magnéticos estacionarios sobre el crecimiento de plántulas y germinación de semillas; sin embargo, el elevado número de factores que intervienen en la interacción campo magnético-ser vivo complica el establecimiento de mecanismos de acción, existiendo hasta fecha sólo hipótesis. (Carbonell et al.) 2005

**2.8 Campos eléctricos** tienen su origen en diferencias de voltaje: entre más elevado sea el voltaje, más fuerte será el campo que resulta. Campos magnéticos tienen su origen en las corrientes eléctricas: una corriente más fuerte resulta en un campo más fuerte. Un campo eléctrico existe aunque no

haya corriente. Cuando hay corriente, la magnitud del campo magnético cambiará con el consumo de poder, pero la fuerza del campo eléctrico quedará igual. (Información que proviene de Electromagnetic Fields, publicado por la Oficina Regional de la OMS para Europa (1999)).

## **2.9 Fuentes naturales de campos electromagnéticos**

En el medio en que vivimos, hay campos electromagnéticos por todas partes, pero son invisibles para el ojo humano. Se producen campos eléctricos por la acumulación de cargas eléctricas en determinadas zonas de la atmósfera por efecto de las tormentas. El campo magnético terrestre provoca la orientación de las agujas de los compases en dirección Norte-Sur y los pájaros y los peces lo utilizan para orientarse.

## **2.10 Fuentes de campos electromagnéticos generadas por el hombre**

Además de las fuentes naturales, en el espectro electromagnético hay también fuentes generadas por el hombre: Para diagnosticar la rotura de un hueso por un accidente deportivo, se utilizan los rayos X. La electricidad que surge de cualquier toma de corriente lleva asociados campos electromagnéticos de frecuencia baja. Además, diversos tipos de ondas de radio de frecuencia más alta se utilizan para transmitir información, ya sea por medio de antenas de televisión, estaciones de radio o estaciones base de telefonía móvil.

## **2.11 Conceptos básicos sobre la longitud y frecuencia de las ondas**

Una de las principales magnitudes que caracterizan un campo electromagnético (CEM) es su frecuencia, o la correspondiente longitud de onda. El efecto sobre

el organismo de los diferentes campos electromagnéticos es función de su frecuencia. Podemos imaginar las ondas electromagnéticas como series de ondas muy uniformes que se desplazan a una velocidad enorme: la velocidad de la luz. La frecuencia simplemente describe el número de oscilaciones o ciclos por segundo, mientras que la expresión «longitud de onda» se refiere a la distancia entre una onda y la siguiente. Por consiguiente, la longitud de onda y la frecuencia están inseparablemente ligadas: cuanto mayor es la frecuencia, más corta es la longitud de onda.

El concepto se puede ilustrar mediante una analogía sencilla. Ate una cuerda larga al pomo de una puerta y sujete el extremo libre. Si lo mueve lentamente arriba y abajo generará una única onda de gran tamaño; un movimiento más rápido generará numerosas ondas pequeñas. La longitud de la cuerda no varía, por lo que cuantas más ondas genere (mayor frecuencia), menor será la distancia entre las mismas (menor longitud de onda).

La fuente de los campos magnéticos es la corriente eléctrica.

## **2.12 Intensidades de Campos Magnéticos**

Su intensidad se mide en amperios por metro (A/m). Habitualmente, los investigadores de CEM utilizan una magnitud relacionada, la densidad de flujo (en microteslas ( $\mu\text{T}$ ) o militeslas (mT)).

Los campos magnéticos se originan cuando se pone en marcha un aparato eléctrico y fluye la corriente.



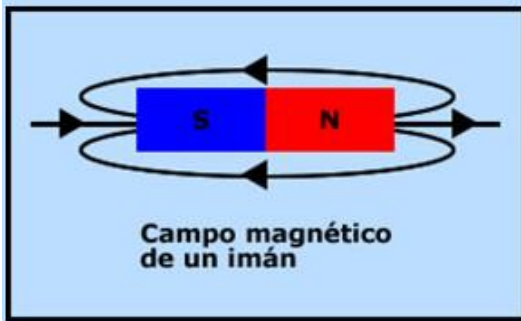
La intensidad del campo disminuye conforme aumenta la distancia desde la fuente.

La mayoría de los materiales no atenúan los campos magnéticos.

### **2.13 Funcionamiento de Campos Magnéticos**

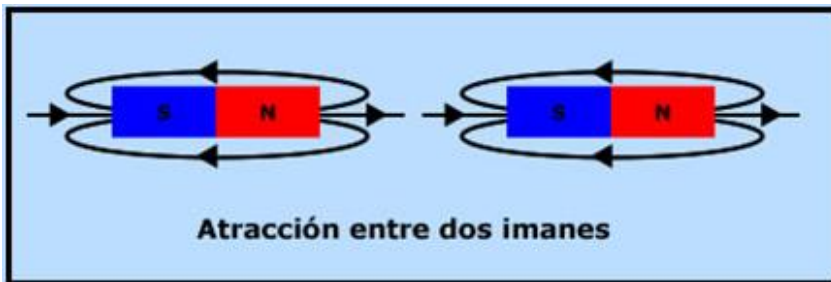
Un imán tiene dos polos. Cada polo tiene un espacio a su alrededor donde se pueden observar físicamente las características magnéticas de polo en cuestión. A medida que nos vamos alejando de los extremos del imán o de los polos, se van perdiendo las características magnéticas porque nos vamos acercando a la zona o línea neutra del imán.

Todo ese espacio que rodea a los polos y, por tanto al imán es lo que denominamos campo magnético del imán. Ahora bien, si tirásemos pequeños trocitos de hierro sobre un imán, veríamos que la mayoría de esos trocitos de hierro se concentran en los polos o extremos del imán. Pero también, observaríamos como algunos trocitos de hierro forman unas líneas que van de un polo a otro. A este fenómeno se les llama líneas de fuerza. Por convencionalismo académico las líneas de fuerza tienen un sentido. Lo podemos ver en el siguiente dibujo:

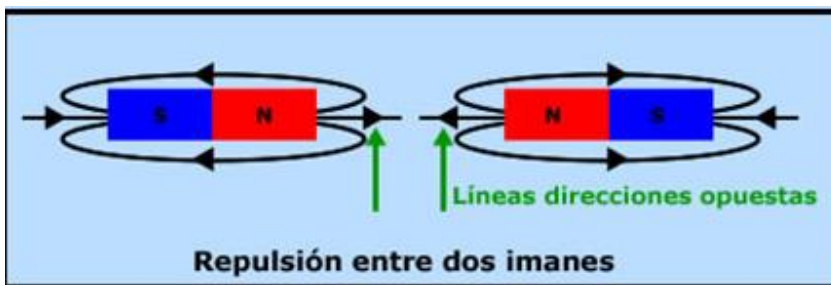


**Figura 1.** Se observan los dos polos del imán.

En la figura se observa que las líneas de fuerza interiores circulan desde el polo sur al polo norte, y sin embargo, las líneas de fuerza exteriores circulan desde el polo norte al polo sur.



**Figura 2.** Se observa la atracción entre dos imanes.



**Figura 3.** Se observa la repulsión entre dos imanes.

## 2.14 Producción de Imanes

### 2.14.1 Imanes de Neodimio

El neodimio es el material más potente que se conoce para los imanes permanentes.

El material magnético de estos imanes súper potentes es una aleación de neodimio, hierro y boro (NdFeB). La fórmula química exacta es Nd<sub>2</sub>Fe<sub>14</sub>B. Los imanes de neodimio se diferencian de los de ferrita convencionales por contar con una remanencia y una intensidad de campo coercitivo muy superiores.

- **Magnetización:** anisótropa
- **Densidad:** 7,4 - 7,6 g/cm<sup>3</sup>
- **Resistencia eléctrica R:** 1,4 - 1,6 μΩ m
- **Dureza:** 570 HV
- **Temperatura de servicio máx.:** estándar: 80 °C (posible hasta 220 °C)
- **Sustancias nocivas:** todos los productos cumplen la directiva RoHS

### 2.14.2 Imanes de Ferrita

Los imanes de ferrita son conocidos por la mayor parte de las personas como «imanes de nevera». Son los imanes permanentes más usados en todo el mundo, ya que su fabricación es muy económica y son resistentes al calor y la corrosión. No tienen revestimiento y su color es gris oscuro.

Existen imanes de ferrita en forma de disco, bloque y aro.

Básicamente, existen dos mezclas diferentes de material para los imanes de ferrita, los más comunes son de ferrita de estroncio por ser un material inocuo.

<b>Propiedad</b>	<b>Ferrita de estroncio</b>	<b>Ferrita de bario</b>
Presencia	Frecuente	rara
Precio	Elevado	reducido
Sustancias nocivas	Inocuo	metales pasados
Fuerza de sujeción	Alta	reducida

- **Magnetización:** anisótropa
- **Densidad:** 5,2 g/cm<sup>3</sup>
- **Resistencia eléctrica R:** 10<sup>6</sup> Ω m
- **Dureza HV:** 480 - 580 HV
- **Temperatura de servicio máx.:** 250 °C
- **Sustancias nocivas:** todos los productos cumplen la directiva RoHS

### 2.14.3 Imanes de Aluminio-Niquel-Cobalto

Los imanes de AlNiCo (fórmula química AlNiCo<sub>5</sub>) se utilizan solo para experimentos escolares. Las fuerzas de sujeción que se consiguen mediante el AlNiCo son muy reducidas y pierde su magnetización de una manera

relativamente fácil. Sin embargo, con este material se consiguen formas más complejas como imanes de herradura.

- **Magnetización:** anisótropa
- **Densidad:** 7,3 g/cm<sup>3</sup>
- **Producto energético máx.:** 4,65 MGOe
- **Campo coercitivo bHc:** 48 kA/m
- **Temperatura de servicio máx.:** 500 °C
- **Sustancias nocivas:** todos los productos cumplen la directiva RoHS

### Composición

Aluminio (Al)	Níquel (Ni)	Cobalto (Co)	Cobre (Cu)	Hierro (Fe)
8,6%	14,5%	24,5%	3,5%	48,9%

## 2.15 Aplicación de Campos Magnéticos en la Agricultura

Los campos magnéticos, eléctricos y electromagnéticos existen de forma natural en nuestro entorno y los seres vivos estamos habituados a convivir con ellos. Durante las últimas décadas los posibles efectos de los campos magnéticos sobre los seres vivos han sido objeto de numerosas investigaciones; entre ellas, se encuentran las dirigidas a determinar su influencia en germinación y crecimiento de especies de interés agronómico y forestal. La bibliografía muestra un posible

efecto estimulante de campos magnéticos estacionarios sobre el crecimiento de plántulas y germinación de semillas; sin embargo, el elevado número de factores que intervienen en la interacción campo magnético-ser vivo complica el establecimiento de mecanismos de acción, existiendo hasta fecha sólo hipótesis. (Carbonell et al.) 2005

El mejoramiento de las propiedades de siembra de las semillas constituye una de las vías que se pueden emplear para elevar el rendimiento de los cultivos. Uno de los métodos más empleados con este fin, es el tratamiento pre siembra de las semillas con diferentes agentes físicos, entre los cuales se encuentra el campo magnético. Se han observado los efectos de los campos magnéticos sobre los sistemas vivos y materiales biológicos principalmente en el rango de los campos magnéticos superiores al campo magnético de la tierra (Ueno, 1996). Los organismos biológicos son por naturaleza mayormente diamagnéticos, y el efecto de los campos magnéticos sobre estos se refleja en la forma de estrés (Broz et al., 1980). Se ha demostrado que el tratamiento magnético de las semillas provoca que éstas germinen con mayor intensidad, se acelere el ciclo vegetativo de las plantas e incremente su rendimiento (Shimazaki y Shikuoka, 1986). Se han obtenido efectos estimulantes en la germinación y el crecimiento de las plantas, producto del tratamiento magnético en semillas de cereales (Pittman, 1963a; Pittman y Anstey, 1967; Gusta et al., 1978), de tomate (Dayal y Singh, 1986), de frutales (Chao y Walker, 1967) y otras especies (Maronek, 1975; Mitrov y Krumova, 1988). El efecto biológico del tratamiento de semillas con campos magnéticos u otros agentes físicos depende de la influencia de una serie de

factores, entre los cuales se encuentran el régimen de tratamiento y la humedad de las semillas a tratar (Jristova, 1986; Savelev, 1988).

En estudios anteriores, encontramos que los imanes con 125 mT y 250 mT de intensidad en el tratamiento magnético produce una bioestimulación en el Crecimiento y un aumento de la tasa de germinación de

Varias semillas como el arroz, el trigo y la cebada. Se estudió el efecto de la germinación de semillas de maíz y se concluyó que el tiempo requerido para la germinación en cada tratamiento magnético fue inferiores a los testigos, por lo que la tasa de germinación de las semillas tratadas fue mayor que la tasa de semillas no tratada. (Martínez et al. 2000)

Datos de crecimiento medidos en los días 7 y 10 después de la siembra nos permitió corroborar el efecto observado en las pruebas de germinación. Se observaron diferencias entre la longitud y el peso del maíz, las semillas de césped tratadas con campos magnéticos tuvieron una germinación más temprana que los testigos. Se observó también que la longitud de la raíz aumento en las semillas tratadas. Los parámetros de crecimiento (total, tallo, peso, y longitud) también se incrementaron de manera favorable. (Martínez et al. 2000)

El tratamiento con campos magnéticos es uno de los tratamientos físicos que han sido reportados para el rendimiento de diversos cultivos. Los tratamientos físicos influyen en el proceso fisiológico y bioquímico contribuyendo así a un mayor crecimiento vegetativo y mejorando el rendimiento y la calidad de los cultivos.

Los tratamientos se utilizan en la agricultura, como una nueva técnica amigable con el medio ambiente, para mejorar la germinación de semillas y aumentar los

cultivos y los rendimientos (Martínez et al., 2009). Todas las plantas en la tierra viven bajo un campo magnético porque la tierra tiene propiedades del imán. Se han reportado campos electromagnéticos externos que influyen tanto en la activación de los iones como en la polarización de los dipolos en las células vivas (Moon y Chung, 2000). Los investigadores consideran que la perspectiva de usar energía magnética barata para mejorar las propiedades del suelo, y el crecimiento y desarrollo de las plantas puede ser de gran importancia práctica (Mohamed y Ebead, 2013).

Además, el campo magnético mejora la concentración de iones, radicales libres y cargas eléctricas físicamente sin ninguna degradación o alteración de la semilla y hace que las membranas sean permeables. En semillas de tomate, se ha encontrado que el porcentaje de tasas de germinación de las semillas de tomate tratadas se aceleró aproximadamente 1,1 a 2,8 veces en comparación con la de las semillas no tratadas, mientras que un efecto inhibitorio sobre la germinación se mostró en el caso del campo eléctrico de más de 12 kV / cm y el tiempo de exposición de más de 60 segundos (Moon y Chung, 2000).

En cuanto a la etapa vegetativa, los tratamientos dieron lugar a un aumento del área foliar, peso seco de las hojas y área foliar específica por planta. También, la hoja, el vástago, y la raíz fueron mayores que los testigos.

En la etapa generativa, el área foliar por planta y las tasas de crecimiento relativo de frutos de plantas de las semillas expuestas magnéticamente fueron mayores que las de los frutos de la planta testigo (De Souza et al., 2006). En el la misma



tendencia, se ha reportado que las semillas de tomate tratadas con campo magnético por 100 gauss durante 15 minutos con el agua de riego tratado magnéticamente mejoró el crecimiento vegetativo, aumentó el contenido de fósforo total del tomate (Podlesny, 2004).

### **3. MATERIALES Y METODOS**

El procedimiento se llevara a cabo en el laboratorio de suelos en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna. En el experimento se utilizaran cajas Petri de 100x15mm. En esta se colocara el papel filtro cortado a la medida. Este se va humedecer con agua destilada y se colocaran 10 semillas de calabacita por caja Petri. En el laboratorio se colocaran las cajas Petri en una mesa de acero inoxidable. Arriba de la mesa se pondrá una tabla de madera para que no influya el acero inoxidable en el experimento con los campos magnéticos.

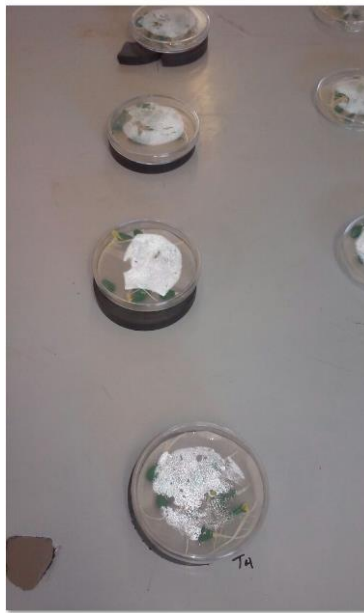


Figura 4. (Cajas Petri con semillas de calabacita germinadas.)



Figura 5. Tratamiento 1 (Testigo).



Figura 6. Tratamiento 2 (1 hora de exposicion al campo magnetico).



Figura 7. Tratamiento 3 (24 horas de exposicion al campo magnetico).



Figura 8. Tratamiento 4 (Exposicion Cronica).



Figura 9. Empaque de semilla utilizada en el experimento.

La intensidad con la que se llevó a cabo el experimento es de 38.5 mT.

El diseño experimental que se utilizó en este proyecto es completamente al azar.

Se empezaran a tomar datos cuando germine la primer semilla, y después de eso halla germinado el 10%, 25%, 50%, 75%, y 90.

El campo magnético estático se generó con imanes permanentes de anillo o toroidales de cerámica o ferrita; que se compraron en una empresa llamada Magnetika ubicada en la Cd. de Guadalajara México, con las dimensiones y el flujo de campo magnético como lo muestra el cuadro 1.

	Diámetro exterior	Diámetro interior	Espesor	Br max	Bm
Imán anillo cerámico o ferrita	87.75	32.4612	10.8	385	38.5

Cuadro 1. Imanes utilizados en el experimento con diámetros y espesor en mm, Br (campo magnético remanente) y Bm (campo magnético real) en mT.

A dichos imanes se les realizaron las mediciones de campo magnético con un Gaussímetro marca F.W. Bell con sonda transversal modelo ETS 18-0404.



Figura 10. Medición del campo magnético real BM del iman de anillo cerámico o de ferrita.

En este experimento se llevaron 4 tratamientos:

- Testigo (sin exposición al campo magnético.)
- Exposición durante 1 hora.
- Exposición durante 24 horas.
- Exposición crónica.

#### 4. RESULTADOS

	24 hr.				26 hr.				28 hr.				30 hr.				32 hr.				34 hr.				78 hr.			
Rep.	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
1	2	5	4	3	2	6	4	3	2	6	4	3	3	7	5	4	4	8	5	5	5	9	7	6	10	10	8	9
2	2	5	3	2	3	6	3	3	3	6	4	3	4	6	4	4	5	7	5	5	6	7	7	6	9	9	10	9
3	1	4	3	2	2	4	4	2	3	5	4	4	3	6	5	5	4	6	5	5	5	7	7	6	10	10	9	10
4	2	4	3	3	3	4	4	3	3	5	4	3	3	5	5	4	5	6	5	5	6	7	6	6	9	10	8	8
5	1	4	3	3	2	4	4	3	3	4	4	3	3	5	4	4	4	6	5	5	5	7	6	6	7	8	7	9

Cuadro 2. Resultados

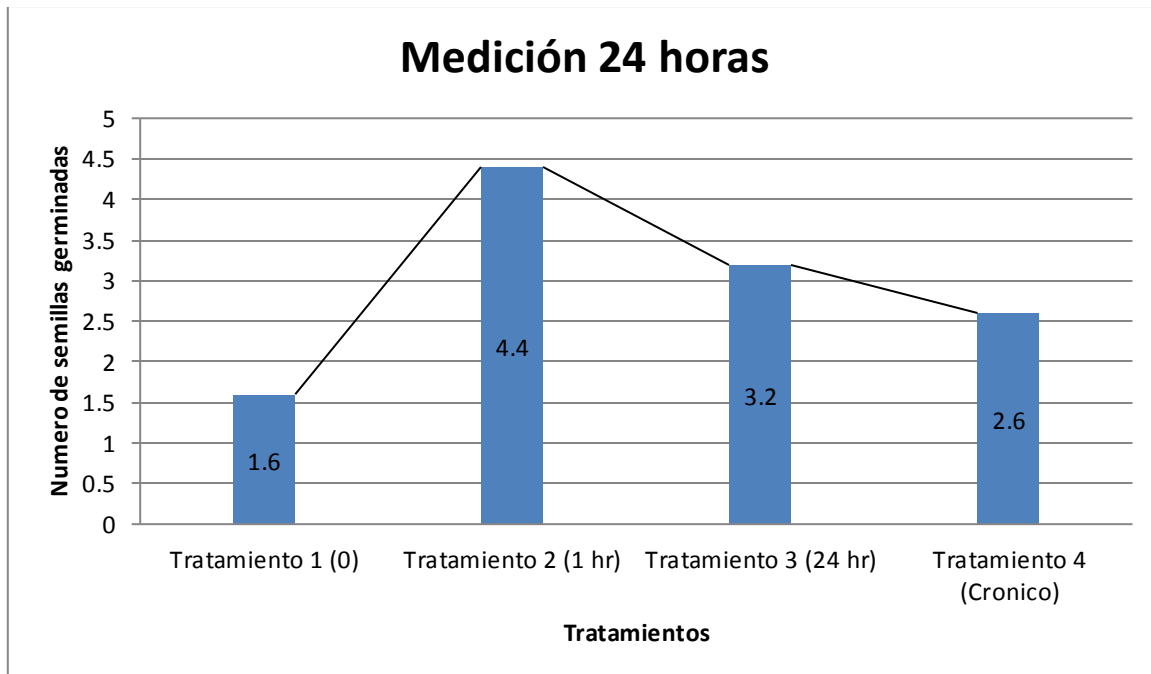


Figura 11. Medición del número de semillas germinadas 24 horas después de la siembra.

El tratamiento 2 tiene una diferencia notable en cuanto al tiempo de germinación. Según Infoagro (2014) el tiempo de germinación de calabacita es de 5 a 8 días en suelos arcillosos. En la medición a las 24 horas de que se estableció el experimento ya habían germinado 4 semillas en el tratamiento 2.

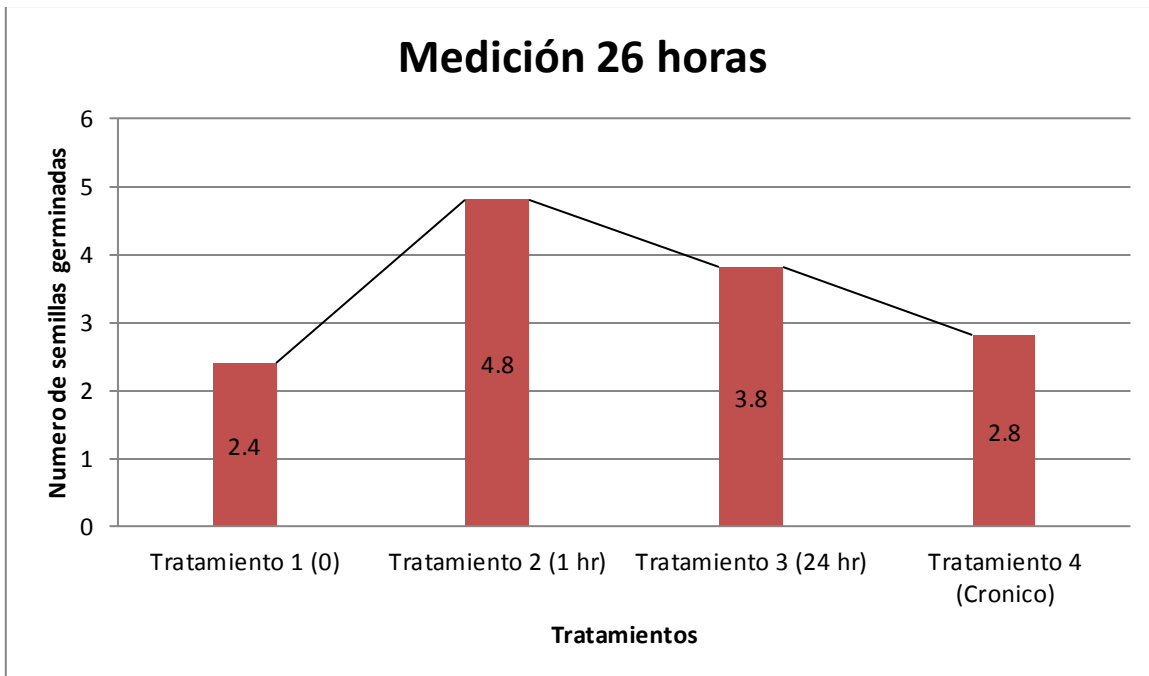


Figura 12. Medición del número de semillas germinadas 26 horas después de la siembra.

Sucesivamente se puede notar en las tablas que cada 2 horas las semillas germinadas eran mayores. Sobre todo en el tratamiento 2.



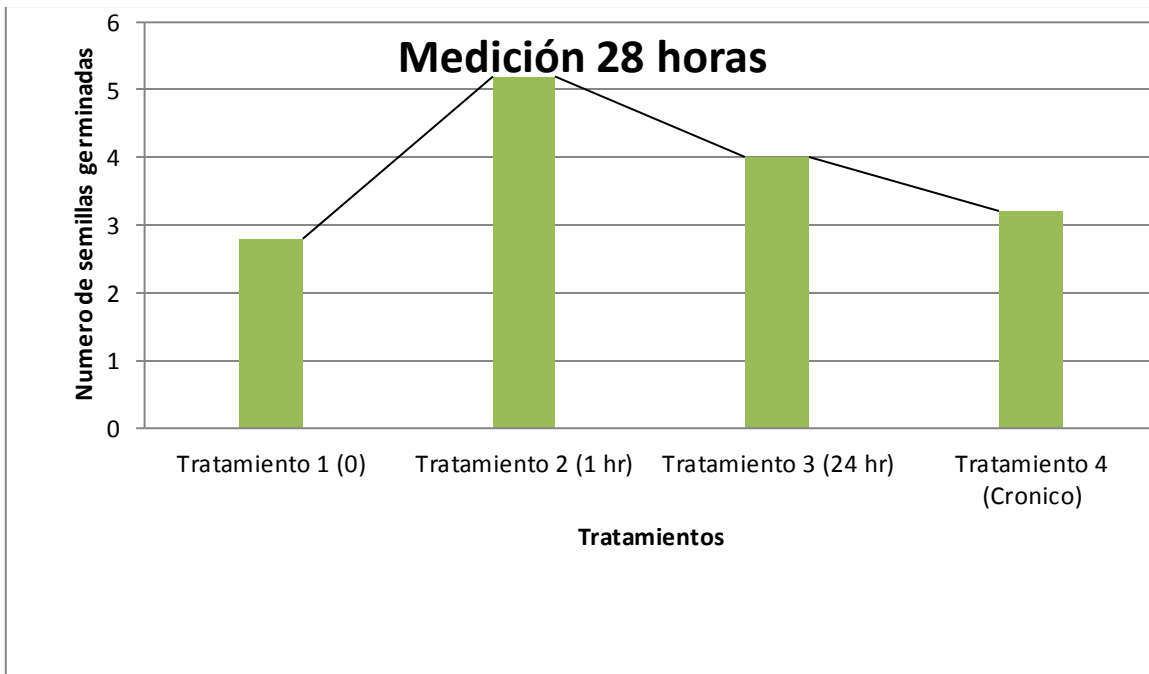


Figura 13. Medición del número de semillas germinadas 28 horas después de la siembra.

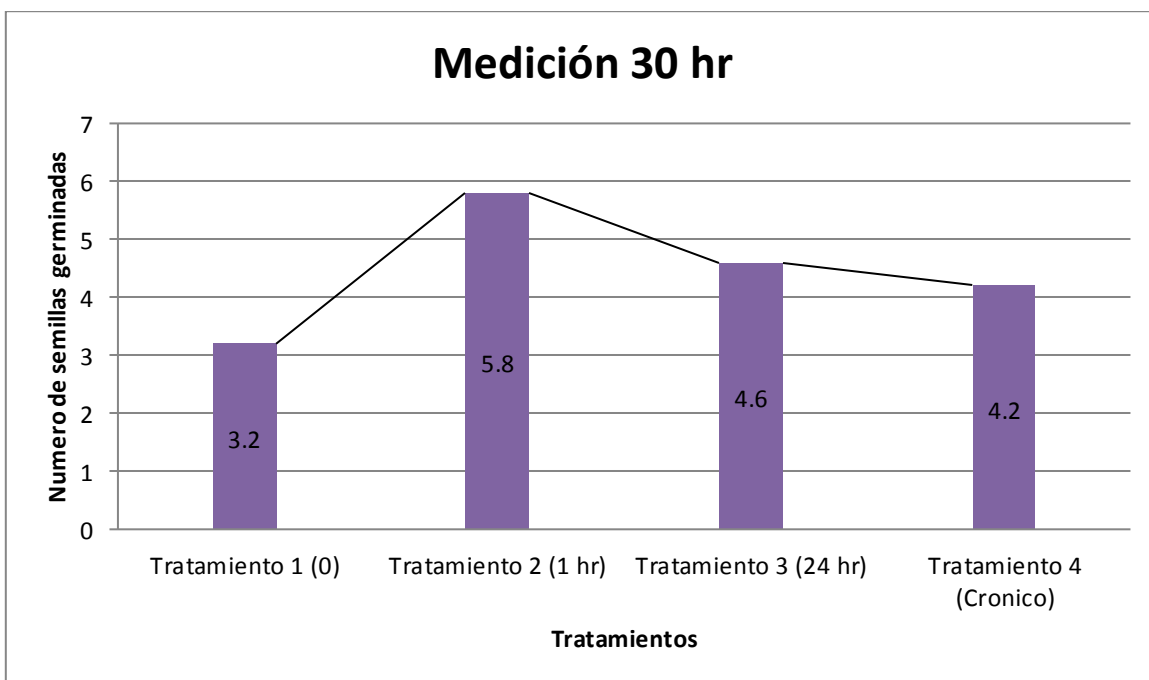


Figura 14. Medición del número de semillas germinadas 30 horas después de la siembra.

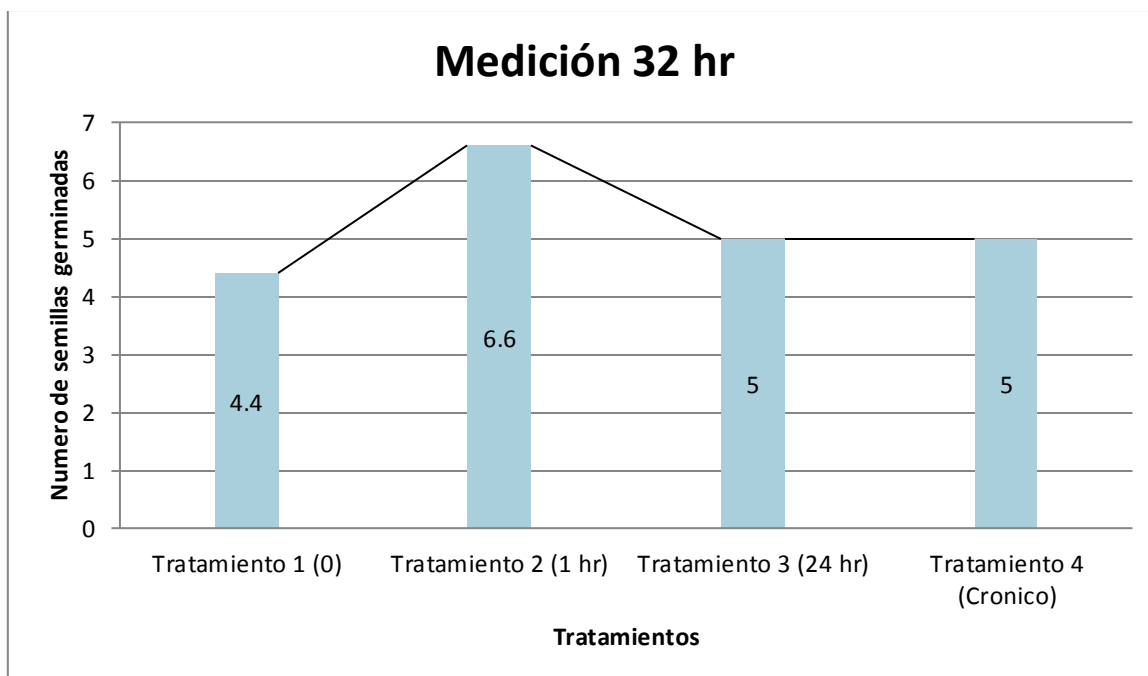


Figura 15. Medición del número de semillas germinadas 32 horas después de la siembra.

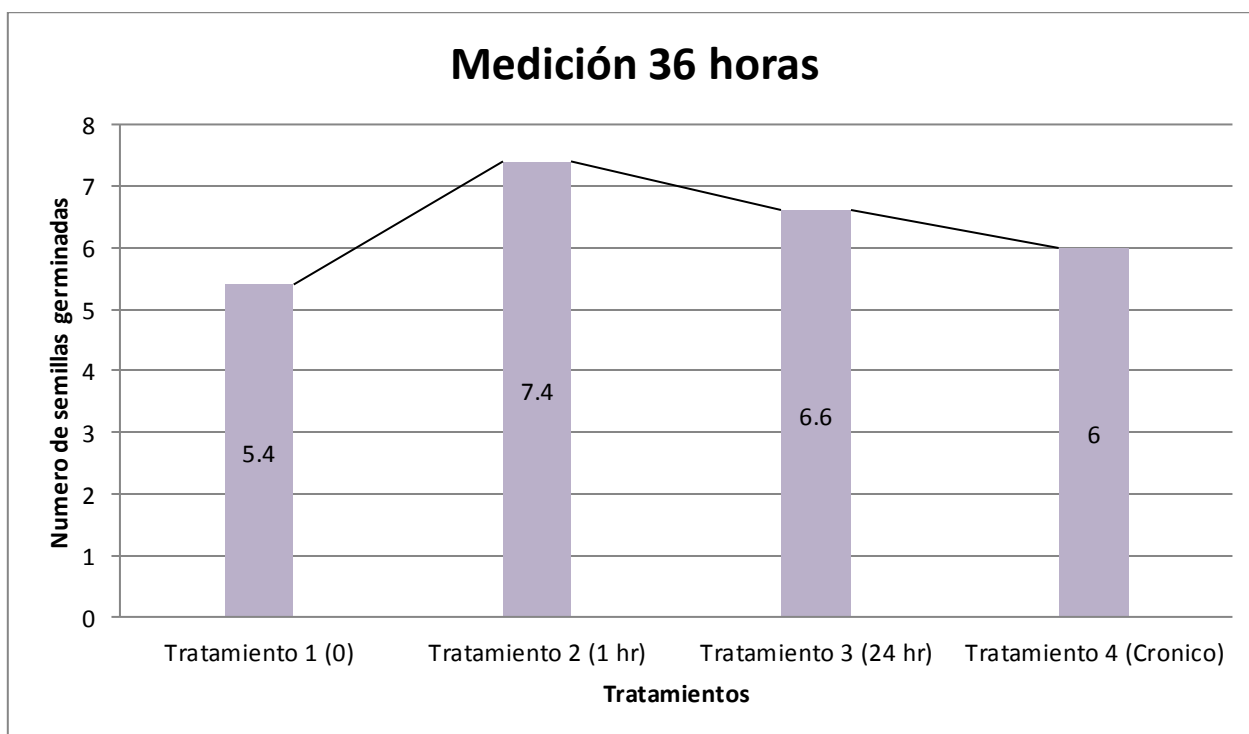


Figura 16. Medición del número de semillas germinadas 36 horas después de la siembra.

## 5. DISCUSIÓN

Estudios anteriores confirman que los campos magnéticos aceleran el crecimiento de la planta (De Souza, 2008). Edward Fu dice que el efecto del magnetismo sobre las plantas no solo lo acelera, sino que también sobreviven mejor. Un ejemplo que menciona es que al quitarle el campo magnético a las plantas el tallo se debilitó tanto que tendió a curvarse.

En este experimento el tratamiento que dio mejores resultados, los cuales concuerdan con la hipótesis es el tratamiento 2. En este se expusieron las semillas al campo magnético 1 hora. Es bastante notable ya que en este tratamiento el hipocotilo era más grueso que en el testigo.

Una observación muy importante de Edward Fu es que depende el efecto del polo sur o del polo norte en el crecimiento de la planta. Una teoría es que el polo sur provoca que las plantas crezcan más rápido pero promueve las bacterias. En cambio el polo norte causa un crecimiento más lento, pero más saludable. Se observaron varias hojas insalubres en las plantas pegadas al polo norte, por el polo sur las hojas se encontraban más pequeñas pero en perfecto estado de salud.

## 6. CONCLUSIÓN

Con base en los resultados obtenidos en esta investigación se concluye que la germinación de las semillas de calabacita se vio favorecida con el tratamiento 2 (exposición al campo magnético con intensidad de 38.5 mT. durante 1 hora).

También concluimos que en todas las mediciones hechas a las distintas horas (24 hr, 26 hr, 28 hr, 30 hr, 32 hr, y 36 hr) el mejor tratamiento siempre fue el tratamiento 2.

El tratamiento 1(sin exposición al campo magnético) siempre fue el de menor germinación. Con esto se concluye que la exposición al campo magnético si tiene influencia sobre la germinación de semillas de calabacita.

## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Fuente: Documentos Técnicos Agrícolas. Estación Experimental "Las Palmerillas". Caja Rural de Almería.

CARBONELL, M.V.; Martínez, E; Flórez, m. 2000. Stimulation of Germination in Rice (*oriza sativa*, l.) by a Static Magnetic Field. *Electro and Magnetobiology* 19 (81): 121-128

Garza, Maria Magdalena Ramirez. "El Uso de Acolchados Fotoselectivos en la Produccion de Semilla de Calabacita." Universidad Autonoma Agraria Antonio Narro, 2006.

UENO, S., 1996. Biological effects of magnetic and electromagnetic fields. Plenum Press, New York, 1-27.}

BROZ F., RUMML M., RUMLOVA L., STANEK Z., 1980. Use of physical fields in presowing treatment of sowing seeds. *Zemed. Technika*, 210-213.

PITTMAN U.J., 1963a. Magnetism and plant growth. I. Effect on germination and early growth of cereal seeds. *Can. J. Plant Sci.* 43 (2): 513-518

MARONEK D.M., 1975. Electromagnetic seed treatment increases germination of *Koelreuteria paniculata* Laxm. *HortScience*, 10: 227-228. M

MERA L.M., Bye R., Villanueva C. Luna A. 2011. Documento diagnóstico de las especies cultivadas de Cucurbita L. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F.

MILTROV V., KRUMOVA P., 1988. Influencia del tratamiento magnético de las semillas sobre algunas variaciones biológicas en plántulas de maíz (en búlgaro). *Fisiol. Rast.* 14(1): 50-55.

[http://infosiap.siap.gob.mx/Agricola\\_siap/AvanceNacionalCultivo.do;jsessionid=4666F0224D3D8A3D4C2A5707D992FEAE](http://infosiap.siap.gob.mx/Agricola_siap/AvanceNacionalCultivo.do;jsessionid=4666F0224D3D8A3D4C2A5707D992FEAE)

MARTINEZ E., CARBONELL M. V., AMAYA J.M. Stimulation on the initial stages on growth of barley (*Hordeum vulgare*, L.) by 125 mT stationary magnetic field. *Electro- and magneticobiology*, 19, (3), 271, 2000.

Martinez, E., M.V. Carbonell, M. Florez, J.M. Amaya, and R. Maqueda, 2009. Germination of tomato seeds (*Lycopersicon esculentum* L.) under magnetic field. *International Agrophysics*, vol. 23, (1): 45–49.

- Podlesny, J., 2004. The effect of magnetic Stimulation of Seeds on Growth, Development and Yielding of Crops. *Acta Agrophysica*. 4(2): 459-473.
- Moon, J.D. and H. S. Chung, 2000. Acceleration of germination of tomato seed by applying AC electric and magnetic fields. *Journal of Electrostatics*, vol. 48, no. 2, pp. 103–114.
- Mohamed, A. I. and B. M. Ebead, 2013. Effect of irrigation with magnetically treated water on faba bean growth and composition. *International Journal of Agricultural Policy and Research*, vol. 1, (2): 24–40.