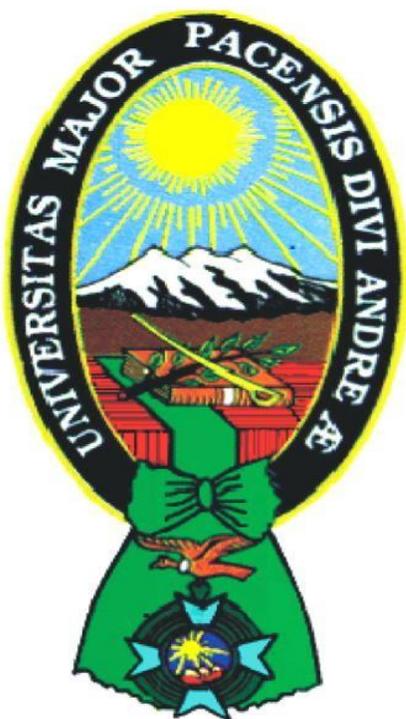


**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS  
FACULTAD DE AGRONOMÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**



**TESIS DE GRADO**

**EFFECTO DE LA MAGNETIZACIÓN EN LA GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE  
ACELGA (*Beta vulgaris*) EN EL CENTRO EXPERIMENTAL DE COTA COTA**

**Presentado por:  
KENY SONCO QUISBERT**

**La Paz - Bolivia**

**2020**

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS  
FACULTAD DE AGRONOMÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

**EFFECTO DE LA MAGNETIZACIÓN EN LA GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE  
ACELGA (*Beta vulgaris*) EN EL CENTRO EXPERIMENTAL DE COTA COTA**

Tesis de Grado presentado como requisito  
parcial para optar el título de  
Ingeniero Agrónomo

**KENY SONCO QUISBERT**

**ASESOR**

Ing. Willams Alex Murillo Oporto .....

**REVISORES**

Ing. M.Sc. Celia María Fernández Chávez .....

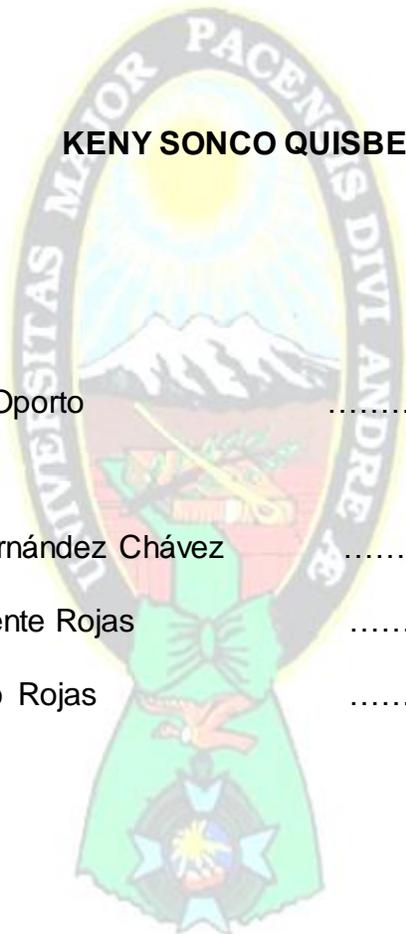
Ing. M.Sc. Juan José Vicente Rojas .....

Ing. Luis Humberto Ortuño Rojas .....

**APROBADA**

Presidente Tribunal Examinador .....

**La Paz – Bolivia  
2020**



## **DEDICATORIA**

A mi papá Gerardo Sonco por su apoyo, a mi mamá Juanita Quisbert que me guía desde el cielo.

A mis hermanos Lany, Harol.

A mi hermana Pamela por su aliento a seguir adelante.

A mi sobrino Adrián Guzmán por ser mi mejor compañero.

## AGRADECIMIENTOS

Mi más sincero reconocimiento y agradecimiento:

A Dios padre, Nuestro Señor, que con su bondad y sabiduría me ha guiado a lo largo de este camino y me protegió, bendiciéndome con el amor y apoyo de mis seres queridos, salud y el conocimiento a lo largo de mis años de estudio.

A mi asesor Willams Alex Murillo Oporto, ya que fue como un segundo padre que me enseñó muchos conocimientos y por compartir su linda amistad.

Al Ing. Luis Humberto Ortuño Rojas, que fue mi revisor, amigo que me enseñó muchos conocimientos y experiencias.

Gracias a mis revisores Ing. M.Sc. Celia María Fernández Chávez, Ing. M.Sc. Juan José Vicente Rojas quienes estuvieron prestos para colaborar en cualquier situación y guiarme con el conocimiento y la experiencia.

A los docentes: Fernando Manzaneda, Yakov Arteaga, Rene Chipana, Rene Terán, Víctor Chungara, Celso Ayala, Erick Murillo, Johnny Ticona †, Ruben Trigo, por todas sus enseñanzas.

A mis amigos: Percy Ramos, José Flores, Mike Jaimes, Israel Huayllas, Raúl Condori, Saúl Garzón, Demis Monroy, Jhony Romero, Pedro Chiara, Daniela Choque, Joseline Ramallo, Fernando Pérez, Rodrigo Tejerina, Jorge Calle, Adrián Sandoval, Pedro Plata, Melany Gutiérrez, Wayra Alcon, Alicia Sorzano, Paul Rodríguez, Marco Calle, Erwin Castillo, Alfredo Laura, Grober Quisbert, Jimmy Valencia.

A mi prima y compañera de la facultad Karla Sánchez Buitrago que nos apoyamos incondicionalmente.

A la memoria de mi amigo Jaime Gabriel Quispe Condori un gran hermano que siempre nos guía desde el cielo a todos los ositos.

## GRACIAS TOTALES

## INDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN .....	1
2. OBJETIVOS .....	2
2.1. Objetivo general.....	2
2.2. Objetivos específicos .....	2
3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA .....	3
3.1. El cultivo de acelga .....	3
3.1.1. Origen e historia .....	3
3.1.2. Zonas de producción en Bolivia .....	4
3.1.3. Clasificación taxonómica .....	5
3.1.4. Variedades .....	5
3.1.4.1. Variedad Fordhook giant .....	5
3.1.4.2. Variedad Large White Ribbed .....	6
3.1.5. Valor nutricional.....	6
3.1.6. Características botánicas .....	7
a) Semilla de la acelga .....	8
b) Raíz.....	8
c) Tallo .....	8
d) Hojas.....	8
e) Flor e inflorescencia .....	9
f) Fruto y semilla .....	9
g) Plagas.....	9
h) Enfermedades .....	9
3.1.7. Requerimientos de cultivo .....	10
a) Temperatura .....	10
b) Luz.....	10
c) Humedad.....	10
d) Riego .....	10
e) Nutrientes.....	11
3.2. La germinación de semillas.....	11
3.2.1. Fases de la germinación.....	12
a) Imbibición.....	12

b) Germinación “sensu stricto” .....	12
c) Fase de crecimiento .....	13
3.2.2. Factores que influyen durante la germinación.....	13
a) Viabilidad .....	13
b) Agua .....	13
c) Gases.....	14
d) Temperatura.....	14
e) Luz.....	14
f) La germinación regulada hormonalmente.....	15
3.3. Hormonas vegetales .....	15
3.3.1 Auxinas.....	15
3.3.2. Giberelinas.....	16
3.3.3. Citoquininas.....	16
3.4. Magnetismo.....	16
3.4.1. El campo magnético .....	16
3.4.2. Unidades de medida del magnetismo .....	17
3.4.3. Aplicación de magnetismo en la agricultura .....	18
3.4.4. Los campos magnéticos y las plantas .....	18
3.4.5. Otros usos de la magnetización en la agricultura .....	20
3.4.6. Tipos de imanes .....	20
a) Imanes de Neodimio .....	20
b) Imanes de ferrita.....	21
c) Imanes de Aluminio-Níquel-Cobalto .....	22
4. LOCALIZACIÓN.....	22
4.1. Características climáticas .....	23
4.2. Vegetación y pecuaria .....	23
5. MATERIALES Y MÉTODOS.....	24
5.1. Materiales.....	24
5.1.1. Material biológico .....	24
5.1.2. Material de campo .....	24
5.1.3. Material de escritorio.....	25
5.2. Metodología .....	25
5.2.1. Formulación de tratamientos .....	25
5.2.2. Modelo estadístico .....	26

5.2.3. Croquis del experimento.....	27
5.2.4. Variables de respuestas.....	27
5.2.4.1. Porcentaje de emergencia (%) .....	27
5.2.4.2. Velocidad de crecimiento (cm/día).....	27
5.2.4.3. Longitud de raíz (cm) .....	28
5.2.4.4. Volumen radicular (cm <sup>3</sup> ) .....	28
5.2.4.5. Altura de planta (cm) .....	28
5.2.4.6. Diámetro del tallo (mm) .....	28
5.2.4.7. Análisis económico.....	28
5.2.5. Procedimiento de campo .....	29
5.2.5.1. Obtención de semillas .....	29
5.2.5.2. Limpieza y pruebas de germinación .....	30
5.2.5.3. Preparación de almacigueras .....	30
5.2.5.4. Aplicaciones de campos magnéticos .....	30
5.2.5.5. Siembra en el almacigo.....	31
5.2.5.6. Toma de datos .....	31
6. RESULTADOS Y DISCUSIONES .....	31
6.1. Porcentaje de emergencia.....	32
6.2. Velocidad de crecimiento.....	37
6.3. Longitud de raíz .....	41
6.4. Volumen radicular.....	42
6.5. Altura de planta .....	44
6.6. Diámetro del tallo.....	49
7. CONCLUSIONES .....	52
8. RECOMENDACIONES.....	53
9. BIBLIOGRAFÍA .....	53

## INDICE DE CUADROS

CUADRO 1. PRODUCCIÓN Y RENDIMIENTO POR DEPARTAMENTO, EN AÑO AGRÍCOLA 2008 .....	5
CUADRO 2. TAXONOMÍA VEGETAL.....	5
CUADRO 3. COMPOSICIÓN NUTRITIVA DE 100 G DE ACELGA FRESCA.....	7
CUADRO 4. REQUERIMIENTO DE NUTRIENTES DEL CULTIVO DE ACELGA.....	11
CUADRO 5. FORMULACIÓN DE TRATAMIENTOS .....	26
CUADRO 6. CARACTERÍSTICAS DE LA SEMILLA .....	29
CUADRO 7. ANÁLISIS DE VARIANZA DEL PORCENTAJE DE EMERGENCIA .....	32
CUADRO 8. COMPARACIÓN MÚLTIPLE DE MEDIAS DUNCAN PARA EL FACTOR TIEMPO PARA EL PORCENTAJE DE EMERGENCIA.....	32
CUADRO 9. COMPARACIÓN MÚLTIPLE DE MEDIAS DUNCAN DEL FACTOR IMÁN PARA EL PORCENTAJE DE EMERGENCIA.....	34
CUADRO 10. COMPARACIÓN MÚLTIPLE DE MEDIAS DUNCAN DE LOS TRATAMIENTOS TIEMPO- IMÁN PARA EL PORCENTAJE DE EMERGENCIA .....	35
CUADRO 11. EFECTO SIMPLE PARA LA VARIABLE PORCENTAJE DE GERMINACIÓN.....	35
CUADRO 12. ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA VELOCIDAD DE CRECIMIENTO .....	37
CUADRO 13. COMPARACIÓN MÚLTIPLE DE MEDIAS DEL FACTOR TIEMPO PARA LA VELOCIDAD DE CRECIMIENTO .....	37
CUADRO 14. COMPARACIÓN MÚLTIPLE DE MEDIAS DUNCAN DEL FACTOR IMÁN PARA LA VELOCIDAD DE CRECIMIENTO.....	38
CUADRO 15. COMPARACIÓN MÚLTIPLE DE MEDIAS DUNCAN DE LOS TRATAMIENTOS TIEMPO-IMÁN PARA LA VELOCIDAD DE CRECIMIENTO .....	39
CUADRO 16. EFECTO SIMPLE PARA LA VARIABLE VELOCIDAD DE CRECIMIENTO.....	40
CUADRO 17. ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA LONGITUD DE RAÍZ.....	42
CUADRO 18. ANÁLISIS DE VARIANZA DEL VOLUMEN DE RAÍZ.....	43
CUADRO 19. COMPARACIÓN MÚLTIPLE DE MEDIAS DUNCAN DEL FACTOR IMÁN PARA EL VOLUMEN RADICULAR .....	43
CUADRO 20. ANÁLISIS DE VARIANZA DE LA ALTURA DE LA PLANTA .....	45
CUADRO 21. COMPARACIÓN MÚLTIPLE DE MEDIAS DUNCAN DEL FACTOR TIEMPO PARA LA ALTURA DE LA PLANTA.....	45
CUADRO 22. COMPARACIÓN MÚLTIPLE DE MEDIAS DUNCAN DEL FACTOR IMÁN PARA LA ALTURA DE LA PLANTA .....	46
CUADRO 23. COMPARACIÓN MÚLTIPLE DE MEDIAS DUNCAN DE LA INTERACCIÓN TIEMPO-IMÁN	47
CUADRO 24. EFECTO SIMPLE DE LA VARIABLE ALTURA DE PLANTA.....	48
CUADRO 25. ANÁLISIS DE VARIANZA DEL DIÁMETRO DEL TALLO .....	49
CUADRO 26. COMPARACIÓN DE MEDIAS DUNCAN DEL FACTOR IMÁN PARA EL DIÁMETRO DEL TALLO .....	50
CUADRO 27. RELACIÓN BENEFICIO/COSTO (BS).....	51

## INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. ZONA DE ORIGEN DE LA ACELGA .....	4
FIGURA 2. UBICACIÓN DEL CENTRO EXPERIMENTAL COTA COTA .....	23
FIGURA 3. CROQUIS EXPERIMENTAL .....	27
FIGURA 4. DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCEDIMIENTO DE INVESTIGACIÓN .....	29
FIGURA 5. COMPARACIÓN DE MEDIAS DEL TIEMPO RESPECTO AL PORCENTAJE DE EMERGENCIA .....	33
FIGURA 6. COMPARACIÓN DE MEDIAS DEL IMÁN RESPECTO AL PORCENTAJE DE EMERGENCIA..	34
FIGURA 7. ANÁLISIS DEL EFECTO SIMPLE DEL PORCENTAJE DE EMERGENCIA .....	36
FIGURA 8. COMPARACIÓN DE MEDIAS DEL TIEMPO RESPECTO A LA VELOCIDAD DE CRECIMIENTO .....	38
FIGURA 9. COMPARACIÓN DE MEDIAS DEL IMÁN RESPECTO A LA VELOCIDAD DE CRECIMIENTO..	39
FIGURA 10. ANÁLISIS DE EFECTO SIMPLE DE VELOCIDAD DE CRECIMIENTO .....	41
FIGURA 11. COMPARACIÓN DE MEDIAS DEL IMÁN RESPECTO AL VOLUMEN DE RAÍZ.....	44
FIGURA 12. COMPARACIÓN DE MEDIAS DEL TIEMPO RESPECTO A LA ALTURA DE LA PLANTA .....	46
FIGURA 13. COMPARACIÓN DE MEDIAS DEL IMÁN RESPECTO A LA ALTURA DE LA PLANTA .....	47
FIGURA 14. ANÁLISIS DE EFECTO SIMPLE DE LA ALTURA DE LA PLANTA.....	48
FIGURA 15. COMPARACIÓN DE MEDIAS DEL IMÁN RESPECTO AL DIÁMETRO DE TALLO .....	50

## INDICE DE ANEXOS

ANEXO 1 TABLAS DE RESULTADOS DEL ESTUDIO .....	62
ANEXO 2. FOTOGRAFÍAS DEL ESTUDIO .....	65

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó en el Centro Experimental de Cota Cota perteneciente a la Facultad de Agronomía de la Universidad Mayor de San Andrés. Con la finalidad de investigar el efecto de los campos magnéticos en la germinación de semillas de acelga.

El material vegetal fue semilla de acelga variedad Fordhook Giant, donde se aplicó los campos magnéticos con distintas intensidades y tiempos de exposición; las intensidades de los imanes son de 200 mT, 250 mT y 0 mT; los tiempos de magnetización son de 1 hora, 6 horas, 12 horas y 24 horas en un Diseño completo al azar con un arreglo bifactorial.

En cuanto a resultados un mayor porcentaje de emergencia en aquellos tratamientos donde se tuvo mayor intensidad de 250 mT y mayor tiempo de exposición de 24 horas con un 90 % de emergencia.

La velocidad de crecimiento fue de 1.79 cm/día y la altura de la planta fue de 9.86 cm, las cuales fueron altamente significativas en aquellos tratamientos que tuvieron mayor tiempo de exposición de 24 horas e intensidad 250 mT de campos magnéticos.

Tanto como el volumen de raíz que dio 0.99 cm<sup>3</sup> y diámetro de la raíz que dio 2.17 mm son resultados, que se dieron por los campos magnéticos y no así la longitud de la raíz que no tuvo influencia por los campos magnéticos.

Realizando un análisis económico, los campos magnéticos proyectaron un índice económico optimista en la germinación del cultivo dando como un aproximado por cada boliviano invertido se recupera 1.58 bs. lo que es favorable en la producción.

## ABSTRACT

The present research work was carried out at the Centro Experimental de Cota Cota belonging to the Faculty of Agronomy of the Universidad Mayor de San Andrew. In order to investigate the effect of magnetic fields on the germination of chard seeds.

The plant material was Fordhook Giant chard seed variety, where magnetic fields were applied with different intensities and exposure times; the intensity of the magnets are 200 mT, 250 mT and 0 mT; magnetization times are 1 hour, 6 hours, 12 hours, and 24 hours in a randomized Complete Design with a bifactorial arrangement.

Regarding results, a higher percentage of emergence in those treatments where there was a greater intensity of 250 mT and a longer exposure time of 24 hours with a 90% emergency.

The growth speed was 1.79 cm / day and the height of the plant was 9.86 cm, which were highly significant in those treatments that had a longer exposure time of 24 hours and intensity of 250 mT of magnetic fields.

Both the volume of the root that gave 0.99 cm<sup>3</sup> and the diameter of the root that gave 2.17 mm are results, which were given by the magnetic fields and not the length of the root that was not influenced by the magnetic fields.

Carrying out an economic analysis, the magnetic fields projected an optimistic economic index in the germination of the crop, giving an approximate recovery of 1.58 bs for each Bolivian invested. which is favorable in production.

## 1. INTRODUCCIÓN

Las poblaciones urbanas no pueden producir su alimento y dependen casi exclusivamente del área rural. Una alternativa para atenuar este problema es el incentivo de la agricultura urbana y periurbana, debido a la importancia nutricional de hortalizas. En efecto, en Bolivia, el consumo promedio de hortalizas es 30,5 kg/persona/año, muy lejos del promedio mundial, que es de 67,6 kg/persona/año y de algunos países vecinos, como la Argentina, donde se consume 102 kg/persona/año (INIAF, 2012).

La acelga ha sido muy apreciada desde hace 2500 años y considerada como alimento básico de la nutrición humana durante mucho tiempo, en la actualidad es una hortaliza simple que tiene grandes bondades nutricionales por ejemplo su importante contenido de hierro (Bolívar, 2017).

Su introducción en América Latina tuvo lugar en el año 1806 y desde ahí la acelga ha sido considerada como alimento básico de la nutrición humana, aporta mayoritariamente agua y cantidades mucho menores de hidratos de carbono y proteínas, por lo que resulta poco energética, aunque constituye un alimento rico en vitaminas, sales minerales y fibra. Después de la espinaca, es la verdura más rica en calcio, además de cantidades nada despreciables de magnesio (Infoagro, 2007).

Según Alonzo (2004), fueron los árabes quienes iniciaron su cultivo hacia el año 600 a.C. Tanto los griegos como los romanos conocieron y apreciaron las acelgas como alimento y como planta medicinal.

Es un hecho que todos los organismos vivos se encuentran bajo la influencia del campo magnético de la tierra. Algunas funciones y estructuras de las plantas son reguladas por la acción que ejerce el campo geomagnético. De este modo, el uso de campos magnéticos en plantas podría compensar la reducción del campo magnético de la tierra

y explicar el aumento en crecimiento y rendimiento productivo de las plantas tratadas magnéticamente (Gonzales, 2016).

Las semillas vivas que no germinan fácilmente se conocen como latentes y en algunas ocasiones requieren tratamientos especiales para hacerlo. Hay especies para las que se desconoce la manera como logran la germinación e incluso se ignoran con frecuencia los mecanismos que convierten en latentes las semillas de una especie determinada (Torres, 2008).

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo general**

Evaluar el efecto de la magnetización en la germinación de semillas de acelga (*Beta vulgaris*) en el Centro Experimental de Cota Cota.

### **2.2. Objetivos específicos**

- Determinar la magnetización adecuada con el uso de tres intensidades en la emergencia.
- Determinar qué cantidad de exposición de campos magnéticos es recomendable usando cuatro tiempos.
- Evaluar el comportamiento agronómico de la acelga con el efecto de los campos magnéticos
- Obtener costos parciales de producción.

### **3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

#### **3.1. El cultivo de acelga**

Las hortalizas de hoja verde son un importante componente de una dieta saludable, ya que son una fuente importante de vitaminas, minerales y nutrimentos, es por ello que de manera internacional se promueve su consumo para mejorar la nutrición. Su consumo regular y en cantidades suficientes puede ayudar a prevenir enfermedades cardiovasculares y ciertos tipos de cáncer (Taban y Halkman, 2011).

Se ha reportado que el consumo en cantidades adecuadas de hortalizas de hoja, trae consigo grandes beneficios a la salud, muchos estudios señalan que su consumo está asociado con la disminución de la incidencia de enfermedades como la diabetes tipo 2. Su posible beneficio se asocia al contenido de antioxidantes ya que contribuyen a la reducción del estrés oxidativo sistémico (Carter et al., 2010).

Valadez (1993), indica que la acelga es una hortaliza cuya parte comestible la constituyen las hojas aunque también pueden consumirse los peciolo, se le considera como una planta semiperenne y de rebrote permanente. Posee un gran contenido de vitaminas A y C.

##### **3.1.1. Origen e historia**

Sin embargo, Seymour (1980) indica que el centro de origen de esta especie se sitúa en Europa y Norte de África, siendo la región oriental del Mediterráneo su mayor centro de diversificación, según el mismo autor desde Europa ha sido llevado a diversos países del mundo y en la actualidad presenta una amplia difusión, especialmente en América y Asia.



**Figura 1.** Zona de origen de la acelga

El origen de la acelga está vinculado a tierras bañadas por el Mar Mediterráneo, sur de Europa y Norte de África, algunos expertos consideran Italia como primera referencia para su utilización en la alimentación. Esta zona costera cuenta con un clima benigno, sin cambios bruscos de temperaturas, donde la planta desarrolla rápidamente. También se encuentran textos que hablan de posible consumo de esta verdura en Mesopotamia, durante el siglo IX a.C. (Región de Murcia, 2017).

Parece ser que fueron los árabes quienes, a partir de la Edad Media comenzaron a cultivarla y descubrieron las auténticas propiedades medicinales y terapéuticas de esta planta. Resulta curioso que la acelga una verdura tan usada como planta medicinal desde hace siglos por árabes, griegos y romanos, se considere en la actualidad una verdura ordinaria, de pobre categoría. Las razones de este desprestigio pueden obedecer a la facilidad de su cultivo, a su abundancia en el mercado o al precio asequible al que se vende (Eroski, 2017).

### **3.1.2. Zonas de producción en Bolivia**

La producción a nivel nacional y departamental del cultivo de acelga se presenta en el siguiente cuadro (INE, 2020).

**Cuadro 1.** Producción y rendimiento por departamento, en año agrícola 2008

Departamento	Superficie (hectáreas)	Producción (T)	Rendimiento (kg/ha)
Chuquisaca	0	0	0
La Paz	58	261	4500
Cochabamba	11	28	2545
Oruro	0	0	0
Potosí	3	13	4333
Tarija	28	140	5000
Santa Cruz	35	171	4886
Beni	0	0	0
Pando	0	0	0
Bolivia	135	613	21264

### 3.1.3. Clasificación taxonómica

Según Rojas (2006), la acelga presenta la siguiente clasificación sistemática:

**Cuadro 2.** Taxonomía vegetal

Taxonomía	
<b>Reino</b>	Vegetal
<b>Clase</b>	Angiosperma
<b>Sub clase</b>	Dicotiledónea
<b>Orden</b>	Caryophylliales
<b>Familia</b>	Chenopodiaceae
<b>Genero</b>	Beta
<b>Especie</b>	vulgaris
<b>Variedad botánica</b>	Var. Cicla L.
<b>Nombre común</b>	Acelga

### 3.1.4. Variedades

#### 3.1.4.1. Variedad Fordhook giant

Es una planta vigorosa con espesos peciolo blancos y largas hojas tiernas de color verde oscuro. Resistente al calor, pero necesita un riego regular. Se consume los peciolo cocidos al zumo o en gratín. Se puede también consumir el cardo de las

jóvenes hojas en ensalada y las más grandes, cocidas como espinacas. Remojar las semillas en el agua durante 24 horas antes de la siembra. Siembra directa espaciando las semillas de 30 cm las unas de las otras y a 12 mm de profundidad. (Tropicaplanet, 2015).

Es una planta de hojas arrugadas de color verde oscuro, con peciolo blancos y gruesos, el tallo tiene un ancho de 5 a 6 centímetros. Es productor de abundantes hojas durante toda la temporada, incluso después de heladas ligeras, las hojas tienen un sabor suavemente agradable (Afriagro, 2011).

#### **3.1.4.2. Variedad Large White Ribbed**

La acelga Large White Ribbed produce una planta grande de hojas verde oscuro brillante, pencas muy anchas blancas. Es precoz, muy resistente al frío. Días a madurez: 58. Excelente para mercado fresco. Altura de la planta: 50-65 cm. (Guaschsemillas, 2015).

Se adapta a alturas de 1200 a 2500 m.s.n.m. Acepta una amplia gama de suelos, prefiriendo los francos con buen drenaje y contenido de materia orgánica. Tolera suelos salinos, pH entre 6,8 a 8,0. Es una hortaliza de siembre directa, aunque también se puede trasplantar. La cosecha se realiza de 2-3 meses después del trasplante, cuando las hojas alcanzan 15 cm de largo (Impulse semillas, 2017).

#### **3.1.5. Valor nutricional**

La acelga es asombrosamente alta en minerales, como calcio, hierro, magnesio, fósforo y potasio. Es agradable, azucarado y con un sabor a tierra, aunque algunas partes son levemente amargas, contiene una cantidad enorme de vitamina A y es naturalmente alta en sodio (sal), una taza de acelga contiene 313 miligramos de sodio, que es lo más alto que se ha registrado en los vegetales (Bustos, 1988).

**Cuadro 3.** Composición nutritiva de 100 g de acelga fresca

Componentes	Valor	Unidad
Agua	91.10	%
Hidratos de carbono	4.60	g
Fibra	0.80	g
Cenizas	1.60	g
Calcio	110.20	mg
Fosforo	39.00	mg
Hierro	5.30	mg
Sodio	147.00	mg
Potasio	550.00	mg
Vitamina A	576.60	mcg
Tiamina	0.06	mg
Riboflavina	0.17	mg
Niacina	0.50	mg
Acido ascórbico	3.20	mg
Valor energético	25.00	cal

Fuente: Watt *et al.*, (1975)

Cuadro3. Composición nutritiva de la acelga

### 3.1.6. Características botánicas

La acelga es una planta bienal y de ciclo largo que no forma raíz o fruto comestible, donde el vástago floral alcanza una altura promedio de 1.20 m. (Suquilanda, 1995).

Es una remolacha que se cultiva por sus peciolos y hojas suculentas. Durante el primer año las plantas forman una raíz principal carnosa, un tallo corto y un gran número de hojas simples y bien desarrolladas. Durante el segundo año forman los tallos florales que sostienen el fruto y las semillas. Las hojas exteriores maduran primero. A medida que se cortan se forman nuevas hojas, en esta forma la planta está en producción durante una temporada de crecimiento relativamente larga (Vavilov, 1992).

### **a) Semilla de la acelga**

Según Reynoso (2015), las semillas de la acelga son unas esferas irregulares con un diámetro aproximado de .5 mm. Ramírez (2006) menciona que las semillas son muy pequeñas y se encuentran encerradas en un pequeño fruto al que comúnmente se le llama semilla, en realidad es un glomérulo que comprende de dos a seis semillas.

### **b) Raíz**

La raíz, que como en toda planta desempeña un rol de sostén y de conducción de la savia desde el suelo hasta los demás órganos es bastante profunda y fibrosa (Océano, 2001). Se caracteriza por ser napiforme, no engrosada, larga y crecida de color blanco amarillento (De La Paz et al., 2003).

### **c) Tallo**

Esta es muy poco desarrollada, pero cuando florece o empieza la semilla emite un tallo que crece hasta 1,50 metros de altura sobre las que formara las hojas, flores y semilla. (De la Paz et al., 2003).

### **d) Hojas**

Las variaciones morfológicas en el peciolo dependen del uso culinario que se les proporcione, los cultivares con el peciolo poco desarrollado pertenecen a la acelga “de corta” que se consume por sus limbos, siendo muy desarrollado, carnoso y blanco en la acelga “de pencas” aprovechada por sus peciolos (Océano, 2001).

Según Franco (2002), constituyen la parte comestible de la planta, son grandes de forma oval tirando hacia acorazonada; tiene un peciolo o penca ancha y larga, que se prolonga en el limbo; el color varía, según variedades, entre verde oscuro fuerte y verde claro.

### **e) Flor e inflorescencia**

Para que se presente la floración necesita pasar por un período de temperaturas bajas. El vástago floral alcanza una altura promedio de 1.20 m. La inflorescencia está compuesta por una larga panícula. Las flores son sésiles y hermafroditas pudiendo aparecer solas o en grupos de dos o tres. El cáliz es de color verdoso y está compuesto por 5 sépalos y 5 pétalos (Muñoz, 2005).

### **f) Fruto y semilla**

Cada pistilo produce un fruto que queda encerrado en la base de la flor, con una única semilla. Los frutos de cada grupo de flores quedan soldados en glomérulos, denominándose multigermenes. Los multigermenes, presentan inconvenientes durante la siembra y obligan al posterior aclareo del cultivo, razón por las que existen técnicas mecánicas para separar los glomérulos (Muñoz, 2005).

### **g) Plagas**

Las plagas principales de acuerdo con Botanical, (2017) son: la mosca de la remolacha (*Pegomya hysciami*), la araña roja (*Eronospera parasítica f.sp. brassicae*), mosca minadora (*Liriomyza huidobrensis*), el alacrán cebollero (*Grillotalpa gryllotalpa*), caracoles, babosas, y pulgones (*Myzus persicae* y *Aphis fabae*) estos son los que más daño provocan.

### **h) Enfermedades**

Las plagas, enfermedades generales según Botanical, (2017) en el cultivo de acelgas son: Mildiu (*Peronospora farinosa* y *Peronospora spimaceae*), el oídio (*Erysiphe betae*) y pie negro (*Erwinia carotovora*).

### **3.1.7. Requerimientos de cultivo**

#### **a) Temperatura**

Al respecto, Giaconi (2004) indica que se trata de un cultivo rústico, que se adapta a varias condiciones de clima, resiste bien los rigores del invierno y los calores del verano, aun cuando en esta estación tiende a emitir tallos florales, a raíz de los cuales sus hojas adquieren un sabor amargo.

La acelga es una planta de clima templado, que vegeta bien con temperaturas medias, las variaciones bruscas de temperatura cuando las bajas siguen a las elevadas, pueden hacer que se inicie el segundo periodo de desarrollo, subiéndose a flor la planta (Huterwal, 1981)

#### **b) Luz**

Astearan (2000), sostiene que *Beta vulgaris* cicla no requiere excesiva luz, perjudicándole cuando ésta es elevada, si va acompañada de un aumento de la temperatura.

#### **c) Humedad**

Al respecto, Estrada (2003) señala que las plantas se desarrollan bien cuando la humedad relativa fluctúa entre 30 y 70%, por debajo del 30% las hojas y tallos se marchitan, por encima de 70% la incidencia de las enfermedades es un problema.

#### **d) Riego**

Es un cultivo que debido a su gran masa foliar necesita en todo momento mantener en el suelo un estado óptimo de humedad. Para obtener una hortaliza de buena calidad no conviene que la planta acuse síntomas de deshidratación, durante las horas de mayor temperatura en el invierno, para evitar que los tejidos se embastezcan (Gajon, 1996).

## e) Nutrientes

De acuerdo a Valadez (1993) los requerimientos nutricionales del cultivo de acelga están comprendidos entre los siguientes parámetros (Cuadro 4).

**Cuadro 4.** Requerimiento de nutrientes del cultivo de acelga

Parte de la planta	Promedio (kg/m)	N (kg/ha)	K (kg/ha)	P (kg/ha)	Ca (kg/ha)
Hojas y peciolo	11.2	44	9.9	58.32	16.8

### 3.2. La germinación de semillas

La germinación es el proceso que se inicia con la toma de agua por parte de la semilla seca (imbibición) y termina cuando una parte de esta (eje embrionario en dicotiledóneas o radícula en monocotiledóneas y gimnospermas) se extiende y atraviesa (emergencia) las estructuras que la rodean. En el caso de semillas endospermicas (gramíneas), la resistencia que oponen los tejidos envolventes del embrión (testa y endospermo) es tan importante que para que produzca la emergencia se requiere la degradación enzimática de ciertas zonas envolventes (Matilla, 2000).

Existe entre 60-90 semillas por gramo las que deben ser sembradas a una profundidad de 1 a 2 cm, dependiendo el sustrato debe tener una temperatura Min. 8°C- Max 20°C y una óptima de 20°C. En esta variedad de acelga se puede esperar una germinación entre 10 y 15 días después de la siembra y recordamos que durante la germinación se deben de realizar riegos solamente con Agua (Reynoso, 2015).

Sin embargo, este proceso fisiológico confiere a las semillas unas ventajas adaptativas de gran importancia eco fisiológica, ya que permite una adecuada distribución espacial y temporal de la germinación, asegurando que las condiciones medioambientales sean las más adecuadas para que esta se complete con éxito (Vega, 2016).

### **3.2.1. Fases de la germinación**

Según Pita (2010), en su manual de germinación de semillas, mencionan y las siguientes fases de la germinación.

#### **a) Imbibición**

La primera etapa de la germinación se inicia con la entrada de agua en la semilla desde el medio exterior a este proceso se denomina imbibición. La hidratación de los tejidos de la semilla es un proceso físico con una duración variable según la especie considerada, este proceso es variable y está en función a la especie vegetal y las cubiertas seminales de cada semilla variando de entre minutos hasta horas (Pita, 2010).

Una vez que la semilla se ha hidratado, comienzan a activarse toda una serie de procesos metabólicos que son esenciales para que tengan lugar las siguientes etapas de la germinación. En esta fase de la germinación, si las condiciones del medio lo determinan, la semilla puede deshidratarse y reiniciar el proceso de germinación, u obstante en algunas semillas la deshidratación prolongada puede implicar la transformación de semillas en semillas “semillas duras”, que se caracterizan porque se imbiben muy lentamente, este fenómeno es frecuente en leguminosas (Pita, 2010).

#### **b) Germinación “sensu stricto”**

Una vez que la semilla se ha hidratado adecuadamente, se entra en una segunda etapa del proceso de germinación, la denominada fase de germinación “sensu stricto” (en sentido estricto), que se caracteriza entre otros hechos, porque se produce una disminución en la absorción de agua de las semillas. Durante esta etapa tiene lugar una activación generalizada del metabolismo de la semilla, lo cual es esencial para que se desarrolle la última fase del proceso de germinación, la fase de crecimiento (Pita, 2010).

### **c) Fase de crecimiento**

En esta última fase de la germinación, paralelamente al incremento de la actividad metabólica, se produce el crecimiento y emergencia de la radícula a través de las cubiertas seminales. Las semillas que han alcanzado la fase de crecimiento no pueden volver a etapas anteriores y en el caso de que las condiciones del medio no permitan que esta fase pueda seguir adelante, la semilla morirá (Pita, 2010).

Una vez que la radícula ha roto las cubiertas seminales, se inicia el desarrollo de la plántula, proceso complejo y variable según la especie, que implica un elevado gasto energético que se obtiene mediante la movilización de las reservas nutritivas de la semilla (Pita, 2010).

#### **3.2.2. Factores que influyen durante la germinación**

Los factores que influyen en la germinación son

##### **a) Viabilidad**

Se define como la capacidad de germinar y de originar plántulas normales en condiciones ambientales favorables que presentan las semillas y demuestran su capacidad de viabilidad (Vega, 2016).

La viabilidad de un lote de semillas, no durmiente, hace referencia a su capacidad de germinar y originar plántulas normales en condiciones ambientales favorables, para evaluar y cuantificar la viabilidad se pueden realizar diferentes tipos de test, entre los que destacan: ensayos de germinación, test del tetrazolio y radiografía con rayos x (Pérez, 2009)

##### **b) Agua**

La magnitud de la fase de la imbibición está determinada por tres factores: composición química de la semilla: las semillas ricas en proteína absorben gran cantidad de agua

mientras que las oleaginosas absorben menos, la permeabilidad de la cubierta seminal y la disponibilidad de agua en el medio ambiente: la entrada de agua en el interior de las semillas da lugar a una dispersión de los coloides, rehidrata a las reservas alimenticias se transforman en sustancias asequibles al embrión en presencia de agua. La entrada de agua en el interior de la semilla se debe exclusivamente a una diferencia de potencial hídrico entre la semilla. Este potencial hídrico es mucho más bajo en semillas secas maduras que en el medio ambiente en condiciones normales (Vega, 2016).

### **c) Gases**

Tanto el CO<sub>2</sub> como el O<sub>2</sub> intervienen en los procesos de respiración y la fermentación, los cuales son productores de energía. La mayoría de las semillas germinadas con un 20% de O<sub>2</sub> y un 0.3 % de CO<sub>2</sub>, lo cual depende de las especies vegetales. La mayoría de las semillas no pueden germinar si se aumenta la concentración de CO<sub>2</sub> (Vega, 2016).

### **d) Temperatura**

Las semillas solo germinan dentro de un cierto rango de temperatura el óptimo oscila entre 25° y 30°C. El límite inferior esta alrededor de los 0°C y el límite máximo se halla entre 40° y 50°C, y otras especies requieren alternancia periódica de temperatura (Vega, 2016).

### **e) Luz**

Las semillas pueden germinar tanto luz como en oscuridad, las que requieren luz se llaman semillas fotobolísticas y pueden ser fotobolísticas positivas o negativas, si la luz promueve o inhibe la germinación. De la luz interesa la intensidad, duración y composición, condiciones que son específicas de cada especie (Vega, 2016).

## **f) La germinación regulada hormonalmente**

Se ha señalado que las giberelinas (GAs) desempeñan un papel muy importante en la germinación mediante la inducción de  $\alpha$ -amilasa y su posterior secreción desde las capas aleuronares al endospermo de cereales. Las GAs también pueden controlar la germinación mediante un proceso de inducción de la síntesis de enzimas encargadas de hidrolizar ciertos componentes estructurales de la pared celular primaria de los tejidos envolventes del embrión (Bewley, 1994).

### **3.3. Hormonas vegetales**

En las plantas, la comunicación química se establece fundamentalmente a través de hormonas o fitohormonas, aunque no se excluye la existencia de otros posibles mediadores químicos cuya naturaleza, por el momento, es desconocida (Segura, 2000).

#### **3.3.1 Auxinas**

Las observaciones sobre los tropismos permitieron el descubrimiento de las primeras hormonas vegetales, a las que se llamó auxinas. Su representante característico es el ácido indolacético (AIA), aunque existan otras auxinas naturales y sintéticas (Acosta, 2000).

Las auxinas participan en muchos procesos del desarrollo vegetal: crecimiento, dominancia apical, enraizamiento, partenocarpia, tropismo, abscisión, etc. Por ello, se utilizan auxinas sintéticas como fitorreguladores, con numerosas aplicaciones agronómicas y biotecnológicas (Sánchez, 2000).

Las auxinas favorecen el crecimiento por que modifican la extensibilidad celular al producir factores que ablandan la pared (Bañón, 2000).

### **3.3.2. Giberelinas**

Las GAs son los factores hormonales determinantes en el control de la elongación del tallo, y en algunas plantas pueden causar la reversión de la fase de adulto a la fase juvenil. Las GAs también modifican sustancialmente los procesos reproductivos de los vegetales, participando en el control de la inducción de la floración, en el crecimiento y producción de flores y en el cuajado y desarrollo de los frutos (Talón, 2000).

### **3.3.3. Citoquininas**

Las citoquininas son sustancias que promueven la división celular, y ejercen otras funciones reguladoras del desarrollo de las plantas de forma similar a la quinetina.

Las citoquininas exógenas inducen un importante incremento en el tamaño de las células de cotiledones y hojas de las plantas. El proceso se lleva a cabo exclusivamente por alargamiento celular. Las citoquininas también pueden modificar la forma de las hojas en plantas intactas, aunque esta acción parece depender de una interacción con la giberelinas (Segura, 2000).

## **3.4. Magnetismo**

El magnetismo es un fenómeno físico por el que los materiales ejercen fuerzas de atracción o repulsión sobre otros materiales. Hay algunos materiales conocidos que han presentado propiedades magnéticas detectables fácilmente como níquel, hierro, cobalto y sus aleaciones que comúnmente se llaman imanes. Sin embargo todos los materiales son influenciados, de mayor o menor forma, por la presencia de un campo magnético (Maffei, 2014).

### **3.4.1. El campo magnético**

El campo magnético tiene una influencia decisiva sobre los seres vivos. La vida aparece sobre la tierra cuando aparece el campo magnético, pues sin él no haría vida organizada. Los reinos vegetal y animal sobre la superficie terrestre están profundamente afectados (aparición y extinción de especies), según las variaciones e

inversiones del campo magnético terrestre, por tanto es un hecho que todos los organismos vivos se encuentran bajo la influencia del campo magnético de la tierra (Maffei, 2014).

Siendo que la intensidad del campo magnético determina su efecto en cuerpos biológicos (Occhipinti *et al.*, 2014), los campos magnéticos pueden clasificarse como altos y bajos según su intensidad. Los campos magnéticos superiores a los 1.000 Gauss son considerados de alta intensidad.

El planeta Tierra cuenta con un centro de hierro fundido en movimiento, por esta razón, el planeta no solo cuenta con dos polos geográficos, también cuenta con dos polos magnéticos (Pittman, 1963).

El campo magnético terrestre ejerce una fuerza que varía de 30 hasta 60 microteslas ( $\mu\text{T}$ ) (equivalente a 0,3 y 0,6 Gauss) que se originan por el movimiento y convección de los fluidos en el interior de la tierra (Occhipinti *et al.*, 2014).

Fuerza que según cálculos científicos se ha reducido en más del 9% en el campo magnético terrestre (Wang *et al.*, 2015).

También se encuentran los campos magnéticos artificiales no ionizantes que van hasta los 10 MHz, entre los que se encuentran los campos magnéticos estáticos producidos por imanes permanentes y por bobinas alimentadas por corriente directa; así como los campos magnéticos variables en el tiempo producidos con bobinas alimentadas con corriente alterna (Pietruszewski, 2010).

### **3.4.2. Unidades de medida del magnetismo**

La unidad de campo magnético en el sistema internacional es el Tesla (T). Un tesla se define como el campo magnético que ejerce una fuerza de 1 N (newton) sobre una carga de 1 C (culombio) que se mueve a velocidad de 1 m/s dentro del campo y perpendicularmente a las líneas de campo (Maffei, 2014).

El tesla es una unidad muy grande, por lo que a veces se emplea como unidad de campo magnético el gauss (G), que tiene un valor más acorde con el orden de magnitud de los campos magnéticos que habitualmente manejan (Maffei, 2014).

### **3.4.3. Aplicación de magnetismo en la agricultura**

Los tratamientos físicos con campos electromagnéticos usados en la agricultura, son estimulaciones externas no invasivas y de bajo costo (Domínguez *et al.*, 2010).

A menudo modifican algunos procesos fisiológicos y bioquímicos en las semillas y en las plantas (Vashisth y Nagarajan, 2009).

El efecto que generan los campos magnéticos sobre las respuestas físicas en los organismos biológicos y las variaciones en su composición química, son temas que ya se han estudiado desde varias décadas atrás. Un área específica de este tema de estudio, es el análisis de la respuesta respecto a la variación de características morfológicas o mayor producción, de plantas como frijol: arveja, tomate y tabaco. Actualmente, ensayos en la etapa de germinación son llevados a cabo en laboratorios, sometiendo semillas de varias especies aun campo magnético con características físicas definidas, arrojando un aumento en los rasgos de la germinación (Bueno, 2010).

### **3.4.4. Los campos magnéticos y las plantas**

Galland, (2005) indica que se ha demostrado que las plantas reaccionan de forma distinta ante estímulos magnéticos y geomagnéticos.

El efecto de un campo magnético sobre las plantas ha sido atribuido a diferentes mecanismos, tales como el incremento de la actividad enzimática y el aumento de la eficiencia de los procesos relacionados con la división celular. Sin embargo, la mayoría de los investigadores coinciden en afirmar que esto se debe inicialmente a cambios que se producen en la permeabilidad de las membranas y en la sensibilidad de los mecanismos de transporte a través de las mismas, ya que muchos de los iones

involucrados en los procesos bio-eléctricos son movilizados muy eficientemente en presencia de un campo electromagnético (Heredia *et al.*, 2009).

Los campos magnéticos incrementan la energía contenida en los cloroplastos debido a sus propiedades paramagnéticas. Esto provoca que los átomos de los cloroplastos se alineen hacia la dirección del campo magnético externo lo que consecuentemente acelera el metabolismo y la germinación por la acumulación de energía (Moussa, 2011).

Por otro lado, Goodman *et al.*, (1995) destacan la influencia de campos magnéticos a nivel celular; donde ocurre un aumento de la permeabilidad de la membrana plasmática y transformaciones de células apicales dependiendo de la intensidad del campo magnético.

El campo geomagnético influye en el movimiento y absorción de elementos debido a la movilidad efectiva de la membrana (Goodman *et al.*, 1993). Tiene efectos sobre el metabolismo de las plantas en función de su aplicación, intensidad y condiciones ambientales (Cakmak *et al.*, 2010).

Explica así la magneto-recepción en las plantas como la transferencia de energía en la materia que contiene radicales libres, misma que produce una bio-estimulación en sus procesos fisiológicos (Galland y Pazur, 2005).

Para Moussa (2011), el riego de un cultivo común con agua magnetizada incrementa los pigmentos fotosintéticos (clorofila a, clorofila b y carotenoides), la actividad fotosintética y la eficiencia en la translocación de los foto-asimilados. Los contenidos de clorofila tienen una importancia básica en la productividad de las plantas, bajos contenidos de clorofila, menores que 2 mg dm<sup>-2</sup> por superficie de hoja, causan una insuficiente absorción de luz solar y, por ende, baja productividad vegetal.

Aproximadamente 3 mg de clorofila por dm<sup>-2</sup> por superficie de hoja asegura el óptimo (95-97%) consumo de luz de sol absorbido por las plantas (Hozayn *et al.*, 2013).

### **3.4.5. Otros usos de la magnetización en la agricultura**

El tratamiento magnético del agua es una técnica prometedora para alcanzar altos valores de eficiencia del uso del agua debido a su efecto en algunas propiedades físicas y químicas del agua y el suelo (Maheshwari y Grewal, 2009).

Por otro lado, Laura (2009), afirma que cuando el agua se somete a las cargas magnéticas incluso durante fracciones de segundo, se produce una modificación de la tensión superficial y viscosidad, se altera la conductividad eléctrica, se estimula la coagulación de las partículas sólidas, aumenta la concentración de oxígeno y se incrementa su actividad biológica. Sin embargo, estas variaciones en las propiedades del agua, según los mismos autores, dependerán de:

- a. La intensidad y el gradiente del campo magnético.
- b. La velocidad y el movimiento del agua.
- c. El tamaño y forma de los polos.
- d. La instalación.
- e. La presencia de partículas coloides en el agua.
- f. La Concentración de iones.

### **3.4.6. Tipos de imanes**

#### **a) Imanes de Neodimio**

Flores (2012), indica que 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 de  $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ . 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  $\mu\Omega$  m
- Dureza: 570 HV
- Temperatura de servicio máx.: estándar 80°C (posible hasta 220°C)
- Sustancias nocivas: todos los productos cumplen la directiva RoHS

## **b) Imanes de ferrita**

Flores (2012), señala que el imán 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 revestimientos 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.

- Magnetización: anisótropa
- Densidad: 5.2 g/cm<sup>3</sup>
- Resistencia eléctrica R: 10<sup>6</sup>  $\mu\Omega$  m
- Dureza: 480 - 580 HV
- Temperatura de servicio máx.: 250°C
- Sustancias nocivas: todos los productos cumplen la directiva RoHS

### c) Imanes de Aluminio-Níquel-Cobalto

Flores (2012), menciona que el imán de AlNiCo (formula química  $\text{AlNiCo}_5$ ) 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 consigue formas complejas como imanes de herradura

- Magnetización: anisótropa
- Densidad:  $7.3 \text{ g/cm}^3$
- Producto energético máx.: 4.65 MGOe
- Campo coercitivo  $\text{bHc}$ : 48 kA/m
- Temperatura de servicio máx.: estándar  $80^\circ\text{C}$  (posible hasta  $220^\circ\text{C}$ )
- Sustancias nocivas: todos los productos cumplen la directiva RoHS

## 4. LOCALIZACIÓN

La figura 1. Indica que el Centro Experimental de Cota Cota dependiente de la Facultad de Agronomía, se encuentra en la Provincia Murillo del Departamento de La Paz, a 19 km al sur de la Ciudad de La Paz. Se sitúa geográficamente entre los  $16^\circ 32' 04''$  latitud sur y  $68^\circ 03' 44''$  longitud oeste, a una altura de 3445 m.s.n.m. (SENAMHI, 2012).



**Figura 2.** Ubicación del Centro Experimental Cota Cota

#### **4.1. Características climáticas**

Tiene una precipitación fluctuante entre 600 – 800 mm/año, una temperatura media de 11,5°C. Estas características lo ubican como cabecera de valle y es representativo para gran parte de los valles del departamento de La Paz (IGM, 2015).

Las condiciones agro climáticas son de cabecera de valle los veranos son calurosos y la temperatura es de 21 °C, en la época invernal la temperatura puede bajar hasta 2 °C e incluso llegar a los 1 °C, en los meses de agosto y noviembre se presentan vientos fuertes con dirección Este, la temperatura media es de 13,5 °C con una precipitación media de 400 mm, las heladas se manifiestan en 15 días de los años con temperaturas por debajo de 0 °C, la humedad relativa media es 46% (Callisaya, 2016).

#### **4.2. Vegetación y pecuaria**

Está comprendida por arboles como ser eucaliptos, pinos, ciprés. arbustos: acacia, retama y chilca entre otros. El centro experimental se dedica a la producción agrícola, pecuaria (ganado menor) y apícola. La producción agrícola se realiza a campo abierto

mediante la rotación de cultivos y comprende: maíz, papa, haba, arveja, cebolla, betarraga entre otros. En ambiente protegido (carpas solares) la producción es hortofrutícola: frutilla, pepinillo, tomate, lechuga y otros de acuerdo a los trabajos de investigación que se desarrollen. La producción pecuaria comprende la crianza y manejo de aves (gallinas ponedoras, pollos de engorde y patos), porcinos, cuyes, conejos.

## **5. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **5.1. Materiales**

#### **5.1.1. Material biológico**

- Semilla de acelga
  - Fordhook Giant (Semillera Sucre)

#### **5.1.2. Material de campo**

- Imán
- Tubos de ensayo
- Fuente de poder
- Cajas petri
- Almacigueras
- Cámara
- Balanza analítica
- Regla metálica
- Vernier
- Pinzas
- Agujas histológicas
- Papel secante

### **5.1.3. Material de escritorio**

- Hojas bond
- Bolígrafos
- Cuaderno de campo
- Computadora

## **5.2. Metodología**

### **5.2.1. Formulación de tratamientos**

En el cuadro 5. Muestra la formulación de los factores de estudio y sus combinaciones.

Factor a: Tiempo de exposición

a1 = 1 hora

a2 = 6 horas

a3 = 12 horas

a4 = 24 horas

Factor b: Tipo de imán

b1 = Sin imán

b2 = Imán de ferrita

b3 = Imán de neodimio

**Cuadro 5.** Formulación de tratamientos

Factor: A Tiempo	Factor: B Imán	Tratamientos
a1	b1	T1
a1	b2	T2
a1	b3	T3
a2	b1	T4
a2	b2	T5
a2	b3	T6
a3	b1	T7
a3	b2	T8
a3	b3	T9
a4	b1	T10
a4	b2	T11
a4	b3	T12

### 5.2.2. Modelo estadístico

Para la evaluación de este trabajo se realizó un diseño completamente al azar (DCA), con un arreglo bifactorial, donde el factor A: tiempo de exposición, factor B: tipo de imán.

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

En donde:

$Y_{ijk}$ : Variable respuesta de la ij-esima unidad experimental

$\mu$ : Media poblacional

$\alpha_i$ : Efecto del i-esimo del factor A (Tiempo de exposición)

$\beta_j$ : Efecto del j-esimo del factor B (Tipo de imán)

$(\alpha\beta)_{ij}$ : Efecto de la interacción entre el factor A x B

$\epsilon_{ijk}$ : Efecto del error experimental asociado a la ijk-esima unidad experimental

### 5.2.3. Croquis del experimento

El área experimental dentro del ambiente protegido fue delimitada de acuerdo al diseño de investigación como lo explica la (figura 3).

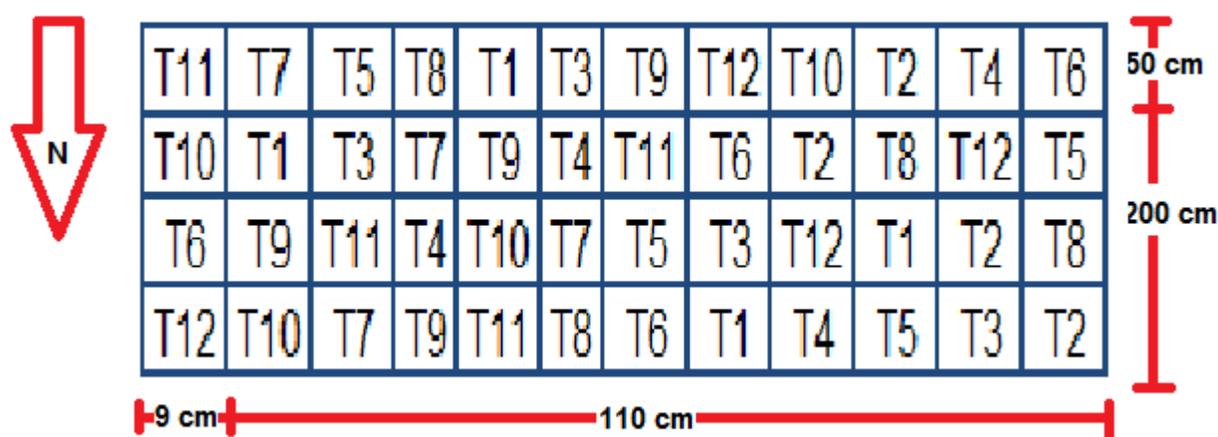


Figura 3. Croquis experimental

### 5.2.4. Variables de respuestas

#### 5.2.4.1. Porcentaje de emergencia (%)

En la etapa de emergencia se observó las plántulas sobre el suelo, dicha variable se calculó con la relación del número de plántulas que han emergido y total de semillas sembradas, el resultado expresado fue en porcentaje.

#### 5.2.4.2. Velocidad de crecimiento (cm/día)

Longitud que crecen las plántulas de acelga en un determinado periodo y se registró midiendo la longitud de cinco plántulas por repetición, con una regla después de la emergencia una vez cada 3 días.

#### **5.2.4.3. Longitud de raíz (cm)**

Este dato se registró al finalizar el experimento, se extrajo con mucho cuidado cada plántula con la finalidad de no dañar, ni romper las raíces, posteriormente se remojaron las raíces para quitar el exceso de suelo y de esa manera se pueda visibilizar con mayor claridad la longitud de la raíz.

Los datos se registraron con la ayuda de una regla, apoyando las raíces en una superficie plana que permita el alargamiento adecuado y sin dificultad de las raíces.

#### **5.2.4.4. Volumen radicular (cm<sup>3</sup>)**

Esta variable se midió inmediatamente después, llenando con agua una probeta donde se podía medir el volumen y sumergiendo las raíces y viendo el desplazamiento de agua dentro de la probeta, de acuerdo al principio de Arquímedes.

#### **5.2.4.5. Altura de planta (cm)**

La altura de planta se registró durante todo el periodo de crecimiento y desarrollo de la plántula hasta antes del trasplante.

#### **5.2.4.6. Diámetro del tallo (mm)**

Esta variable se registró con la ayuda de un vernier o calibrador a los 20 días después de la siembra. Midiendo el diámetro de cinco plántulas de cada repetición.

#### **5.2.4.7. Análisis económico**

El análisis económico se obtuvo el beneficio bruto calculando de acuerdo al rendimiento ajustado, multiplicando este por el costo del producto.

Los costos de producción fueron calculados considerando la totalidad de los costos variables para cada tratamiento como ser: herramientas, costo del ambiente protegido, instalación de riego, mano de obra, y insumos por tratamiento.

El retorno de dinero obtenido por cada unidad monetaria invertida, es decir, beneficio o ganancia por una moneda de boliviano invertido. Resulta de dividir el beneficio bruto del costo total (CATIE, 1994).

### 5.2.5. Procedimiento de campo

Los pasos del proceso de germinados de las semillas se detalla en el diagrama de flujo (figura 4).



**Figura 4.** Diagrama de flujo del procedimiento de investigación

#### 5.2.5.1. Obtención de semillas

Se obtuvo la semilla de una distribuidora de semillas de la ciudad de La Paz de la marca US Agriseeds la variedad Fordhook Giant las cuales presenta las siguientes características cuadro 6.

**Cuadro 6.** Características de la semilla

Pureza	Germinación	Inerte
99%	94%	1.00%

### **5.2.5.2. Limpieza y pruebas de germinación**

En primera instancia se lavó las semillas con agua corriente, eliminando de esta manera los productos químicos de la certificación, luego se lavó con agua destilada unas 10 veces, después se sumergió las semillas en etanol al 70 % y se dejó reposar por el lapso de algunos minutos y se lavó con agua destilada, posteriormente se agregó con hipoclorito de sodio de 2.25% y luego se lavó 10 veces con agua destilada.

### **5.2.5.3. Preparación de almacigueras**

Las almacigueras fueron fabricadas de tablas de madera de media pulgada de espesor con marco de perfiles de metal con una altura 1m. Se forró la base y las paredes de la almaciguera con agrofilm para evitar el drenaje excesivo y se perforo el mismo para evitar el estancamiento de agua.

El sustrato se preparó con suelo agrícola, arena y compost, con una relación de 3: 1: 1, respectivamente con el objetivo de formar un sustrato ideal con buen drenaje y retención de humedad.

Los componentes del sustrato se mezclaron en una carretilla con la ayuda de una pala, cuando se logra una mezcla homogénea de los componentes se procede al llenado de las almacigueras, hasta que lograr al menos 15 cm de altura desde la base de la almaciguera

El sustrato de cada almaciguera fue desinfectado con una pistola de calor que alcanza temperaturas de hasta 120°C eliminando de esta manera cualquier patógena existente en el mismo.

### **5.2.5.4. Aplicaciones de campos magnéticos**

Una vez desinfectado las semillas se pasó al conteo de semillas para cada tratamiento en promedio un número de 45 semillas por tratamiento, se organizó las placas petri

respectivamente junto a su campo magnético tanto de imán de ferrita como de neodimio para ello se dividió las placas en cuatro se inició con los tratamientos de T10, T11 y T12 los cuales fueron expuestos a un magnetismo de 24 horas, se continuo con los tratamientos T7, T8 y T19 que se expusieron al magnetismo durante 12 horas, se procedió con los tratamientos T4, T5 y T6 que tuvieron un tiempo de 6 horas en el campo magnético y para finalizar se trabajó con los tratamientos restantes T1, T2 y T3 que se expusieron por 1 hora al campo magnético.

Una vez terminado su tiempo de exposición de magnetismo se retiró de la placa petri colocado en frascos bien identificados para su posterior traslado a la almaciguera.

#### **5.2.5.5. Siembra en el almacigo**

Con la semilla desinfectada y magnetizada se procedió a la siembra en la almaciguera de acuerdo al croquis del diseño experimental establecido, donde se sembró a chorro continuo con una distancia entre surcos de 9 cm y una profundidad de 1 cm, colocando sus respectivos membretes de cada tratamiento y como labor cultural de almácigos se colocó paja para mantener mejor la humedad del almacigo. Se realizó la siembra en fecha 26 de junio.

#### **5.2.5.6. Toma de datos**

La toma de datos fue a partir de la emergencia en fecha 2 de julio hasta el día del transplante 15 de julio, con la ayuda de equipos como las cintas o reglas métricas, vernier, bureta.

## **6. RESULTADOS Y DISCUSIONES**

Con los objetivos planteados sobre la magnetización en semillas de acelga de la variedad Fordhook Giant y la evaluación de su comportamiento se obtuvieron los siguientes resultados.

## 6.1. Porcentaje de emergencia

En el análisis de varianza en el cuadro 7, se puede observar que el factor tiempo de exposición es altamente significativo en el factor del tipo imán también resulto altamente significativo y la interacción del factor tiempo con el factor imán resultaron significativo.

**Cuadro 7.** Análisis de varianza del porcentaje de emergencia

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor	N. Sig
Tiempo	0.18	3	0.06	8.98	0.0001	**
Imán	1.04	2	0.52	79.69	0.0001	**
Tiempo- imán	0.12	6	0.02	2.99	0.018	*
Error	0.24	36	0.01			
Total	1.57	47				

N.Sig.=Nivel de significancia, \*\*=Altamente significativo, \*= significativo, NS= No significativo

CV = 7.97

Se observa que el estudio obtuvo un coeficiente de variación de 7.97, el cual nos indica que se tuvo un buen manejo de las unidades experimentales.

**Cuadro 8.** Comparación múltiple de medias Duncan para el factor tiempo para el porcentaje de emergencia

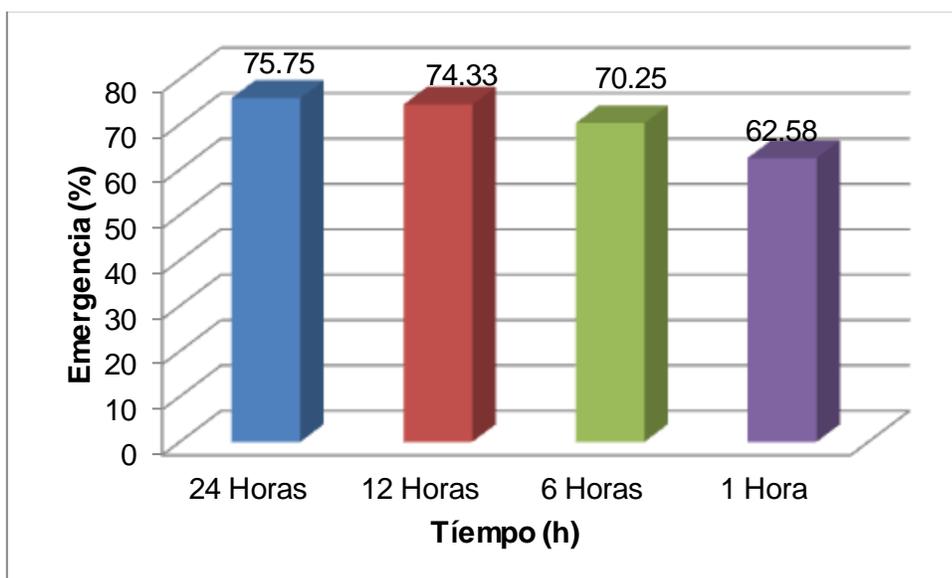
Tiempo	Medias (%)	n	E.E.	Duncan
24 Horas	75.75	12	2.13	A
12 Horas	74.33	12	2.13	A B
6 Horas	70.25	12	2.13	B
1 Hora	62.58	12	2.13	C

En la prueba Duncan del estado en el cuadro 8, dio resultados que los niveles sometidos a 24 horas, 12 horas de magnetismo son estadísticamente similares donde

obtuvieron medias de 75.75 % y 74.33 % respectivamente, el nivel 6 horas de exposición dio una media de 70.25 % y el nivel de 1 hora de exposición fue menor con una media de 62.58 % de emergencia.

La importancia fisiológica de este débil campo magnético en la regulación de la estructura y función de los tejidos y células ha sido verificada en numerosas ocasiones por trabajos investigativos desarrollados con este fin. Se reporta que las fuerzas electromagnéticas, una de las 4 fuerzas fundamentales de la naturaleza, son esenciales para el mantenimiento de la integridad estructural y funcional del tejido, las células y los genes (Finlay, 2001).

Según Milena (2013), indica la mayor incidencia del campo magnético en la especie *Brachiaria humidicola* se presenta cuando las semillas se exponen durante 24 horas, incrementando el porcentaje de germinación entre 62.5 % y 96.7%. lo que afirma que el presente trabajo de investigación que aquellos tratamientos que fueron sometidos a 24 tuvieron mayor porcentaje de emergencia.



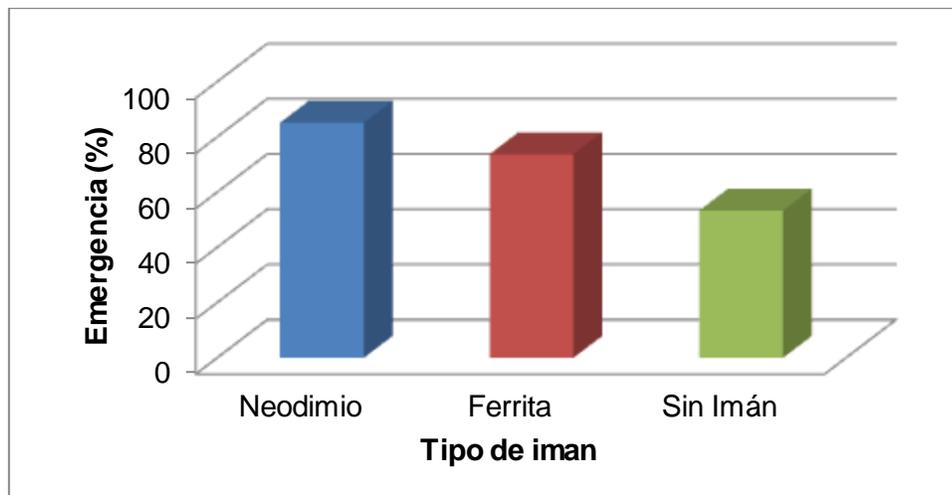
**Figura 5.** Comparación de medias del tiempo respecto al porcentaje de emergencia

La figura 5, muestra el comportamiento que tuvo el tiempo de exposición respecto al porcentaje de emergencia.

**Cuadro 9.** Comparación múltiple de medias Duncan del factor imán para el porcentaje de emergencia

Imán	Medias (%)	n	E.E.	Duncan
Neodimio	85.13	16	0.02	A
Ferrita	73.75	16	0.02	B
Sin Imán	53.31	16	0.02	C

En la comparación Duncan en el cuadro 9, se observa que existe diferencia estadística entre los tres niveles de imán, el imán de neodimio tiene una media de 85.13 % de emergencia y esto se debe a que tiene mayor intensidad de magnetismo de 250 mT a comparación del imán de ferrita con una media de 73.75 % de emergencia que posee una intensidad de magnetismo de 200 mT y el nivel sin imán que obtuvo una media de 53.31 % de emergencia.



**Figura 6.** Comparación de medias del imán respecto al porcentaje de emergencia

La figura 6, muestra el comportamiento del tipo de imán respecto al porcentaje de emergencia.

Los campos magnéticos penetran los tejidos biológicos, que las reacciones bioquímicas tienen más de un electrón impar afectado por los campos magnéticos, y que los organelos y membranas celulares tienen diferentes propiedades electromagnéticas resultado de los diferentes aspectos moleculares de estos componentes (Reiter, 1993).

**Cuadro 10.** Comparación múltiple de medias Duncan de los tratamientos Tiempo-Imán para el porcentaje de emergencia

Tiempo	Imán	Medias (%)	n	E.E.	Duncan		
24 Horas	Neodimio	90	4	3.69	A		
12 Horas	Neodimio	87	4	3.69	A	B	
24 Horas	Ferrita	83.5	4	3.69	A	B	C
6 Horas	Neodimio	83.5	4	3.69	A	B	C
1 Hora	Neodimio	80	4	3.69		B	C
12 Horas	Ferrita	80	4	3.69		B	C
6 Horas	Ferrita	76.5	4	3.69			C
12 Horas	Sin Imán	56	4	3.69			D
1 Hora	Ferrita	55	4	3.69			D
24 Horas	Sin Imán	53.75	4	3.69			D
1 Hora	Sin Imán	52.75	4	3.69			D
6 Horas	Sin Imán	50.75	4	3.69			D

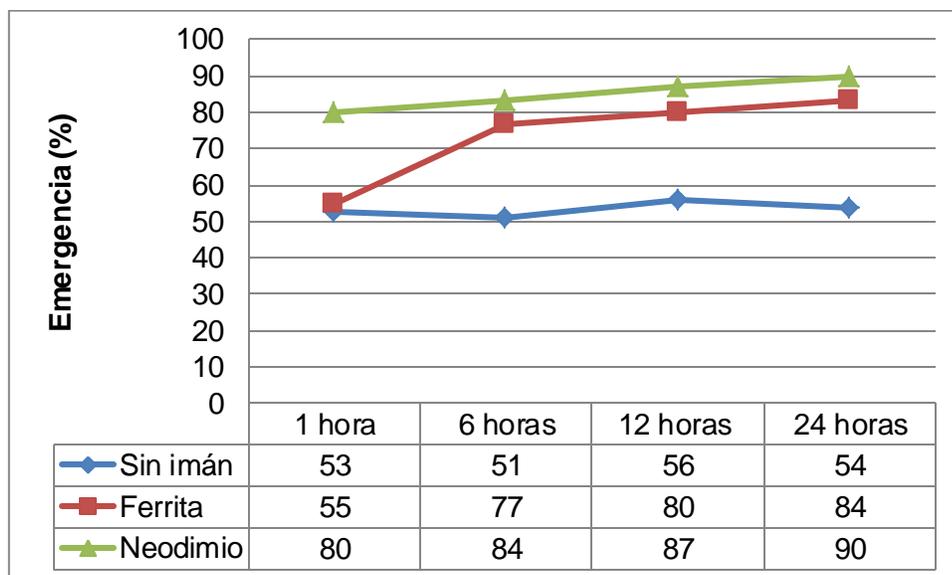
En el cuadro 10, se puede observar en la prueba Duncan la interacción de tiempo – imán que se formaron dos grupos estadísticamente distintos donde aquellos niveles de tiempo con mayor exposición y con mayor intensidad fueron los que dieron medias altas de 90 % de emergencia, por lo contrario el otro grupo se vio afectado ya que no tuvo un campo magnético el cual fue influenciado en su media que dio 50.75 % de emergencia.

Según Núñez (2016), obtuvo da emergencia en 12 días más del 50 % de semillas germinadas de acelga, sin la utilización de la magnetización. Lo que demuestra que la magnetización tiene un buen efecto ya que en nuestro estudio tuvimos una emergencia en 6 días y un alto porcentaje de emergencia.

**Cuadro 11.**Efecto simple para la variable porcentaje de germinación

FV	GL	SC	CM	F	F tabla		N. Sig
					0.05	0.01	
B en a1	2	1830.17	915.08	91508.33	3.26	5.26	**
B en a2	2	2379.50	1189.75	118975.00	3.26	5.26	**
B en a3	2	2114.67	1057.33	105733.33	3.26	5.26	**
B en a4	2	2988.50	1494.25	149425.00	3.26	5.26	**
A en b1	3	42643.69	14214.56	1421456.25	2.87	4.39	**
A en b2	3	1973.00	657.67	65766.67	2.87	4.39	**
A en b3	3	224.75	74.92	7491.67	2.87	4.39	**
ERROR	36	0.23	0.01				

En el cuadro 11, los resultados de efectos simples muestran que existe diferencias altamente significativas en la interacción de los dos factores tiempo con tipo de imán.



**Figura 7.** Análisis del efecto simple del porcentaje de emergencia

En la figura 7, se puede apreciar el comportamiento que tuvo el tipo de imán es muy diferenciado en los cuatro niveles de tiempo.

La aplicación de campos magnéticos como técnica para la estimulación de la emergencia de semillas y crecimiento de plantas es objeto de numerosas investigaciones, como se observa que la mejor combinación fue la interacción del imán de neodimio que tiene una intensidad de 250 mT y un tiempo de exposición de 24 horas el cual dio un porcentaje de 90 % en la emergencia.

En el estudio se observa que la aplicación de campos magnéticos es muy favorable en el porcentaje de emergencia de las semillas de acelga o como en otras especies como indica Milena (2013), la exposición al campo magnético tiene un efecto positivo sobre las semillas de *Panicum máximum*, con un aumento en el porcentaje de germinación al ser expuestas a distintas intensidades.

## 6.2. Velocidad de crecimiento

En el análisis de varianza en el cuadro 12, se puede observar que el factor tiempo de exposición es altamente significativo en el factor del tipo imán también resulto altamente significativo y la interacción del factor tiempo con el factor imán resultaron altamente significativo.

**Cuadro 12.** Análisis de varianza de la velocidad de crecimiento

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor	N. Sig
Tiempo	0.25	3	0.08	1872.75	0.0001	**
Imán	1.28	2	0.64	14387.25	0.0001	**
Tiempo-imán	0.15	6	0.03	578.25	0.0001	**
Error	0.0016	36	0.000044			
Total	1.68	47				

N.Sig.=Nivel de significancia, \*\*=Altamente significativo, \*= significativo, NS= No significativo

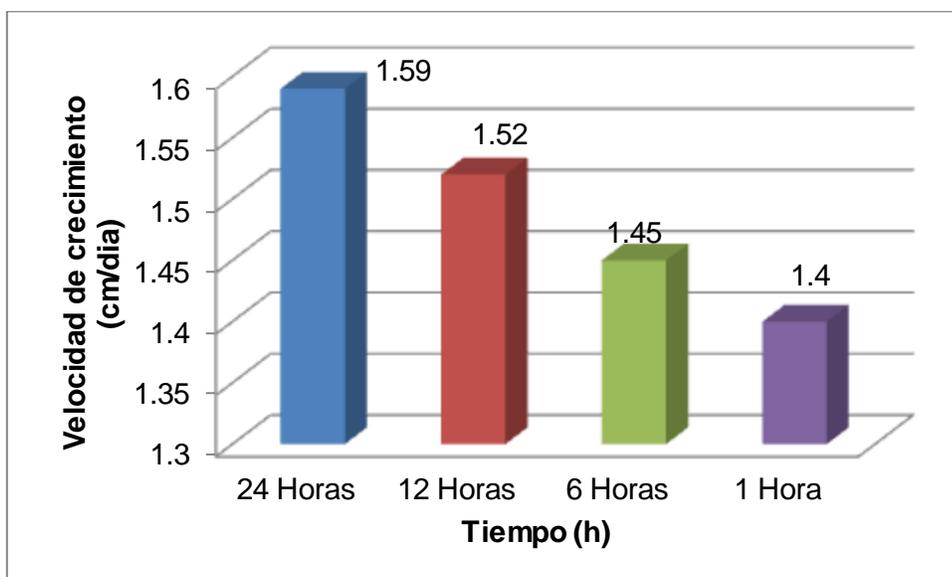
CV = 0.45

Se observa que el estudio obtuvo un coeficiente de variación de 0.45, el cual nos indica que se tuvo un buen manejo de las unidades experimentales.

**Cuadro 13.** Comparación múltiple de medias del factor tiempo para la velocidad de crecimiento

Tiempo	Medias (cm/día)	n	E.E.	Duncan
24 Horas	1.59	12	1.9 <sup>-03</sup>	A
12 Horas	1.52	12	1.9 <sup>-03</sup>	B
6 Horas	1.45	12	1.9 <sup>-03</sup>	C
1 Hora	1.4	12	1.9 <sup>-03</sup>	D

En la prueba Duncan del estado en el cuadro 13, se muestra que la prueba Duncan dio resultados diferenciados en los cuatro niveles de tiempo el nivel de 24 horas obtuvo una media de 1.59 cm/día de velocidad de crecimiento, el nivel de 12 horas con una media de 1.52 cm/día, el nivel de 6 horas con una media de 1.45 cm/día y el ultimo nivel que fue el menor con una media de 1.4 cm/día de velocidad de crecimiento.



**Figura 8.** Comparación de medias del tiempo respecto a la velocidad de crecimiento

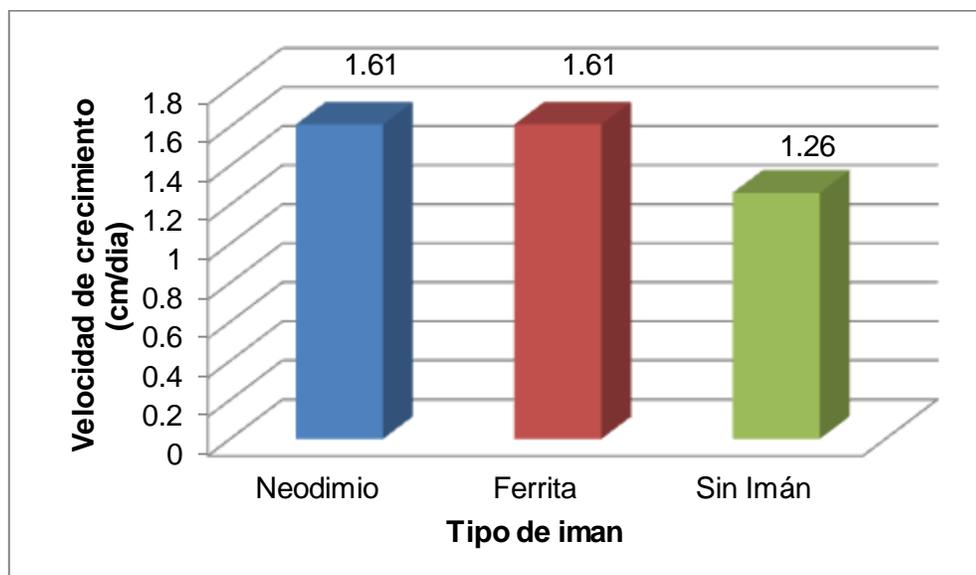
La figura 8, muestra el comportamiento que tuvo el tiempo respecto al porcentaje de emergencia.

**Cuadro 14.** Comparación múltiple de medias Duncan del factor imán para la velocidad de crecimiento

Imán	Medias (cm/día)	n	E.E.	Duncan
Neodimio	1.61	16	$1.70^{-03}$	A
Ferrita	1.61	16	$1.70^{-03}$	A
Sin Imán	1.26	16	$1.70^{-03}$	B

En la prueba Duncan del cuadro 14, se observa que se formaron dos grupos estadísticamente diferentes, el primer grupo conformado del neodimio y de la ferrita donde ambos poseen la misma media de 1.61 cm/día de velocidad de crecimiento y el

otro grupo que es representado por el nivel sin campo magnético que tuvo una media de 1.26 cm/día de velocidad de crecimiento.



**Figura 9.** Comparación de medias del imán respecto a la velocidad de crecimiento

La figura 9, muestra el comportamiento que tuvo el tipo de imán respecto a la velocidad de crecimiento.

**Cuadro 15.** Comparación múltiple de medias Duncan de los tratamientos tiempo-imán para la velocidad de crecimiento

Tiempo	Imán	Medias (cm/día)	n	E.E.	Duncan					
24 Horas	Neodimio	1.79	4	$3.30^{-03}$	A					
24 Horas	Ferrita	1.72	4	$3.30^{-03}$		B				
12 Horas	Neodimio	1.68	4	$3.30^{-03}$			C			
12 Horas	Ferrita	1.63	4	$3.30^{-03}$				D		
6 Horas	Ferrita	1.56	4	$3.30^{-03}$					E	
6 Horas	Neodimio	1.53	4	$3.30^{-03}$						F
1 Hora	Ferrita	1.51	4	$3.30^{-03}$						G
1 Hora	Neodimio	1.43	4	$3.30^{-03}$						H
24 Horas	Sin Imán	1.26	4	$3.30^{-03}$						I

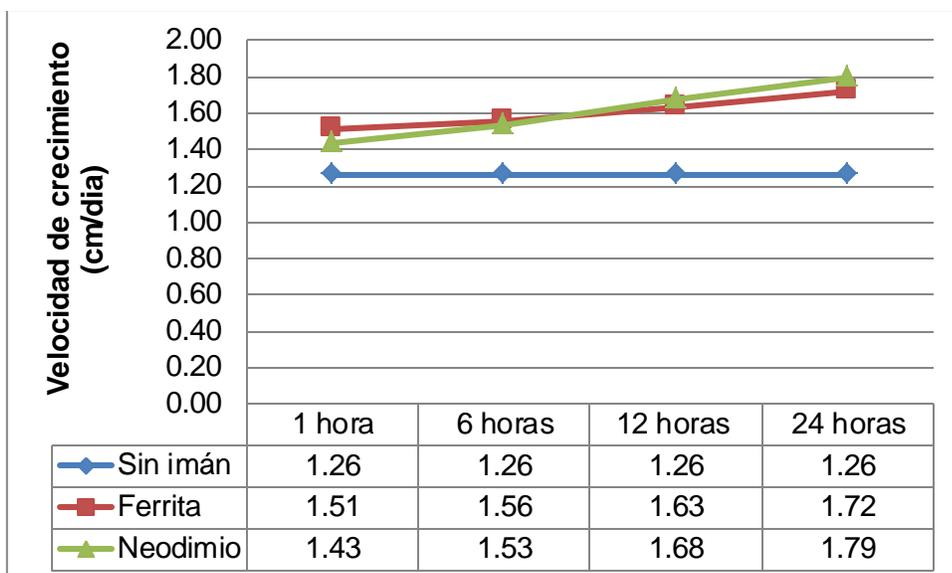
1 Hora	Sin Imán	1.26	4	3.30 <sup>-03</sup>	
6 Horas	Sin Imán	1.26	4	3.30 <sup>-03</sup>	
12 Horas	Sin Imán	1.26	4	3.30 <sup>-03</sup>	

En el cuadro 15, se observa en la comparación de medias con la prueba Duncan donde se formaron 9 grupos estadísticamente distintos, donde el más representativo resultado ser la interacción de 24 horas con el imán de neodimio con una media de 1.79 cm/día a comparación del nivel de la interacción de 12 horas sin imán que dio una media de 1.26 cm/día de velocidad de crecimiento.

**Cuadro 16.** Efecto simple para la variable velocidad de crecimiento

FV	GL	SC	CM	F	F tabla		N. Sig
					0.05	0.01	
B en a1	2	0.13	0.07	1527.0	3.26	5.26	**
B en a2	2	0.22	0.11	2538.6	3.26	5.26	**
B en a3	2	0.43	0.21	4839.3	3.26	5.26	**
B en a4	2	0.67	0.34	7632.2	3.26	5.26	**
A en b1	3	23.69	7.90	179455.8	2.87	4.39	**
A en b2	3	0.10	0.03	748.2	2.87	4.39	**
A en b3	3	0.30	0.10	2286.9	2.87	4.39	**
ERROR	36	0.0017	0.000044				

En el cuadro 16, los resultados de efectos simples muestran que existen diferencias significativas en la interacción de los dos factores tiempo con tipo de imán.



**Figura 10.** Análisis de efecto simple de velocidad de crecimiento

En la figura 10, la combinación del tiempo con el tipo de imán tiene un efecto altamente significativo donde demuestra que el comportamiento de la velocidad de crecimiento va mejorando cuando se aumenta el tiempo de exposición con una mayor intensidad de campo magnético de 250 mT del imán de neodimio dando una velocidad de crecimiento de 1.79 cm/día.

Gubbels (1982) observó que un pequeño número de plántulas de lino, maíz, girasol y guisante, cuyas semillas fueron expuestas a un campo magnético durante 10 segundos, mostraron un crecimiento más temprano que la media de las plántulas no expuestas.

### 6.3. Longitud de raíz

En el cuadro 17, se obtuvieron datos no significativos ni efectos en las interacciones de los factores del estudio por lo que se determina que el imán y el tiempo no tuvieron efecto en la longitud de la raíz del cultivo.

**Cuadro 17.** Análisis de varianza de la longitud de raíz

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor	N. Sig
Tiempo	0.05	3	0.02	1.43	0.2488	NS
Imán	0.03	2	0.02	1.3	0.2843	NS
Tiempo-imán	0.02	6	3.9 <sup>-0.3</sup>	0.32	0.9222	NS
Error	0.44	36	0.01			
Total	0.54	47				

N.Sig.=Nivel de significancia, \*\*=Altamente significativo, \*= significativo, NS= No significativo

CV = 1.68

El coeficiente de variabilidad nos indica 1.68 el cual es un parámetro para decir que se tuvo un buen manejo de las unidades experimentales

En el estudio se determina que el efecto de la magnetización no tuvo significancia en la longitud de la raíz del cultivo en ninguno de sus tratamientos con una media promedio de 6.58 cm de longitud de raíz; al igual Kaschel, (2014) indica en su análisis de varianza del largo de raíces no arrojó diferencias significativas entre los tratamientos analizados y las mediciones para  $\alpha=005$ , como tampoco en interacciones interfactoriales.

#### 6.4. Volumen radicular

En el análisis de variación se observa que el factor tiempo fue no significativo, pero obtuvo significancia en el factor imán y en la interacción de ambos factores no se obtuvo significancia como se puede observar en el cuadro 18.

**Cuadro 18.** Análisis de varianza del volumen de raíz

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor	N. Sig
Tiempo	0.04	3	0.01	0.83	0.4882	NS
Imán	0.19	2	0.09	6.57	0.0037	*
Tiempo-imán	0.04	6	0.01	0.48	0.82	NS
Error	0.52	36	0.01			
Total	0.78	47				

N.Sig.=Nivel de significancia, \*\*=Altamente significativo, \*= significativo, NS= No significativo

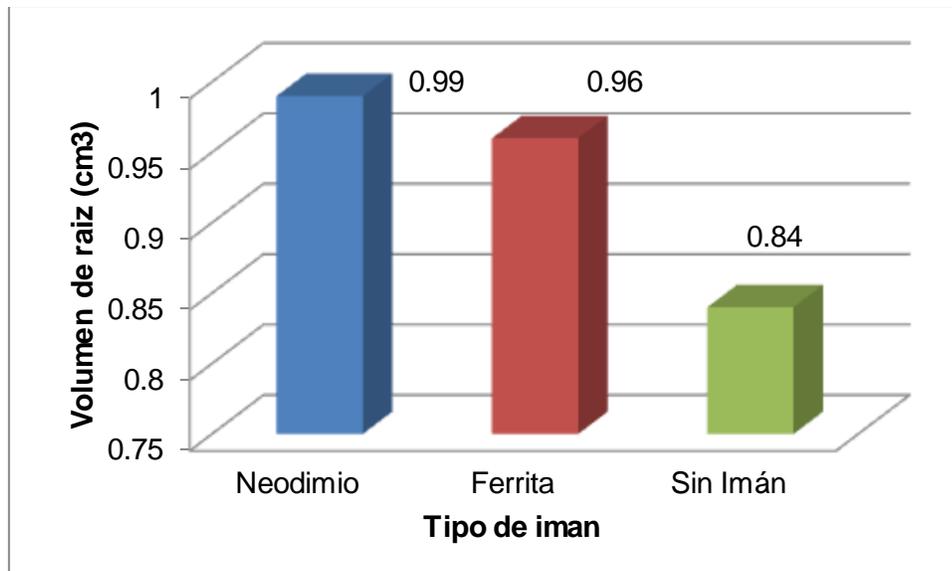
CV = 12.87

Se observa que el coeficiente de variación dio un resultado de 12.87 el cual indica un buen manejo de las unidades experimentales del área de estudio.

**Cuadro 19.** Comparación múltiple de medias Duncan del factor imán para el volumen radicular

Imán	Medias (cm <sup>3</sup> )	n	E.E.	Duncan
Neodimio	0.99	16	0.03	A
Ferrita	0.96	16	0.03	A
Sin Imán	0.84	16	0.03	B

En el cuadro 19, se distingue en la prueba Duncan entre los niveles del factor imán se agrupan en dos grupos, esto nos indica que la media de aquellos que no fueron sometidos a un campo magnético fue menor de 0.84 cm<sup>3</sup> en comparación de los otros niveles que sí estuvieron sometidos a campos magnéticos los cuales estadísticamente son similares con medias de 0.99 y 0.96 cm<sup>3</sup> respectivamente.



**Figura 11.** Comparación de medias del imán respecto al volumen de raíz

En la figura 11, se presenta el comportamiento de la variable del volumen de la raíz respecto al factor imán.

Según Kaschel, (2014), el análisis de varianza del peso fresco y seco de raíces arrojó diferencias significativas entre los tratamientos analizados y las mediciones para  $\alpha=0.05$ , un caso similar ocurre en el presente estudio donde demuestra que la magnetización tiene influencia en los tratamientos en el volumen de la raíz.

### 6.5. Altura de planta

En el cuadro 20, se observa que la altura de la planta el factor del tiempo de exposición y el factor del tipo de imán dio un resultado altamente significativo y en su interacción de ambos dio un resultado significativo.

**Cuadro 20.** Análisis de varianza de la altura de la planta

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor	N. Sig
Tiempo	7.01	3	2.34	12.16	0.0001	**
Imán	45.23	2	22.61	117.71	0.0001	**
Tiempo-imán	3.64	6	0.61	3.16	0.0136	*
Error	6.92	36	0.19			
Total	62.8	47				

N.Sig.=Nivel de significancia, \*\*=Altamente significativo, \*= significativo, NS= No significativo

CV = 5.18

Se observa que nuestro coeficiente de variación dio un resultado de 5.18 el cual indica un buen manejo de las unidades experimentales del área de estudio.

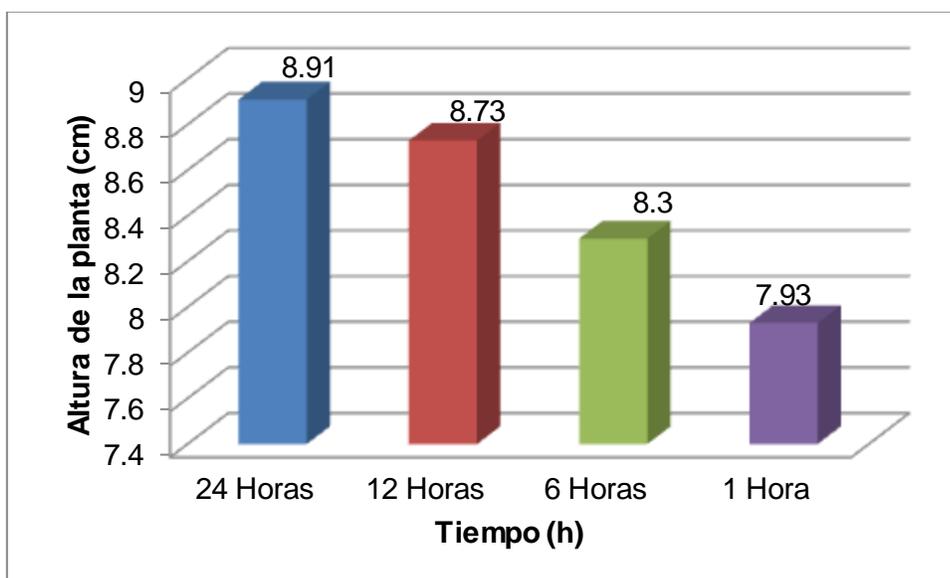
**Cuadro 21.** Comparación múltiple de medias Duncan del factor tiempo para la altura de la planta

Tiempo	Medias (cm)	n	E.E.	Duncan
24 Horas	8.91	12	0.13	A
12 Horas	8.73	12	0.13	A
6 Horas	8.3	12	0.13	B
1 Hora	7.93	12	0.13	C

Para la otra prueba de Duncan para el factor de tiempo, lanzaron que existe diferencias significativas, donde los niveles de 24 y 12 horas son estadísticamente iguales con medias de 8.91 y 8.73 cm respectivamente, seguido del nivel de 6 horas con una media de 8.3 y finalizando con el nivel de 1 hora con una media de 7.93 como muestra el cuadro 21.

Lo que indica que a mayor tiempo de exposición en los campos magnéticos se tendrá mayores cambios en la fisiología de la semilla sobre todo en la estimulación de las fitohormonas que regulan el crecimiento de la planta.

Aaladjadjiyan, (2002) encontró que la aplicación de campos magnéticos durante un tiempo en semillas de maíz produciría incrementos en germinación y crecimiento, siendo los resultados más notables cuando el tiempo de exposición era superior.



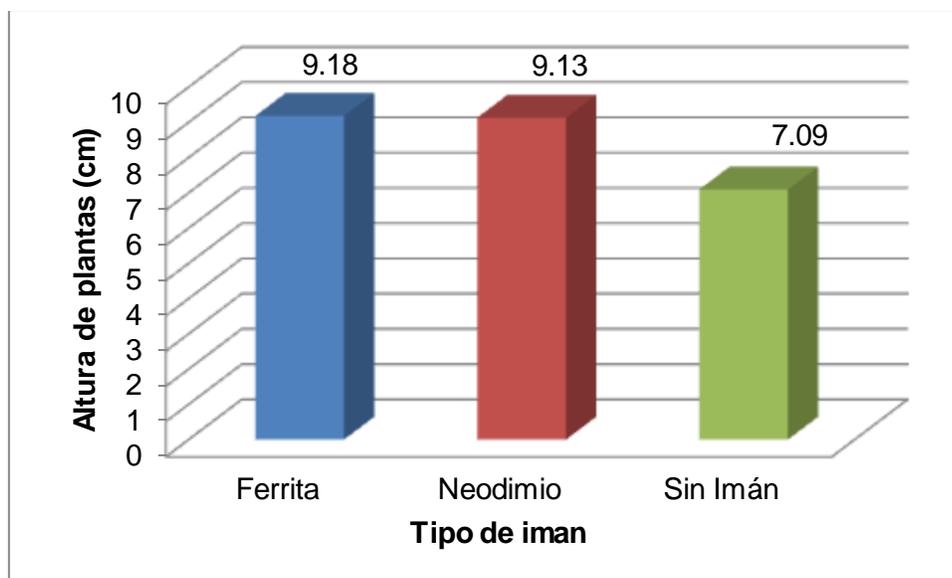
**Figura 12.** Comparación de medias del tiempo respecto a la altura de la planta

La figura 12, nos muestra el comportamiento que tuvo el factor del tiempo respecto a la altura de la planta.

**Cuadro 22.** Comparación múltiple de medias Duncan del factor imán para la altura de la planta

Imán	Medias (cm)	n	E.E.	Duncan
Ferrita	9.18	16	0.11	A
Neodimio	9.13	16	0.11	A
Sin Imán	7.09	16	0.11	B

En la prueba Duncan de medias del imán se advierte que los niveles de imán de ferrita y neodimio son estadísticamente similares con medias de 9.18 y 9.13 cm de altura de planta y el nivel sin imán tiene una media de 7.09 cm, como se observa en el cuadro 22.



**Figura 13.** Comparación de medias del imán respecto a la altura de la planta

La figura 13, nos muestra el comportamiento que tuvo del tipo de imán respecto a la altura de la planta.

**Cuadro 23.** Comparación múltiple de medias Duncan de la interacción tiempo-imán

Tiempo	Imán	Medias (cm)	n	E.E.	Duncan		
24 Horas	Ferrita	9.96	4	0.22	A		
24 Horas	Neodimio	9.86	4	0.22	A	B	
12 Horas	Ferrita	9.28	4	0.22	B		C
12 Horas	Neodimio	9.27	4	0.22	B		C
6 Horas	Ferrita	9.03	4	0.22	C		D
6 Horas	Neodimio	8.96	4	0.22	C		D
1 Hora	Ferrita	8.44	4	0.22	D		
1 Hora	Neodimio	8.43	4	0.22	D		
12 Horas	Sin Imán	7.64	4	0.22	E		
6 Horas	Sin Imán	6.93	4	0.22	F		
1 Hora	Sin Imán	6.91	4	0.22	F		
24 Horas	Sin Imán	6.9	4	0.22	F		

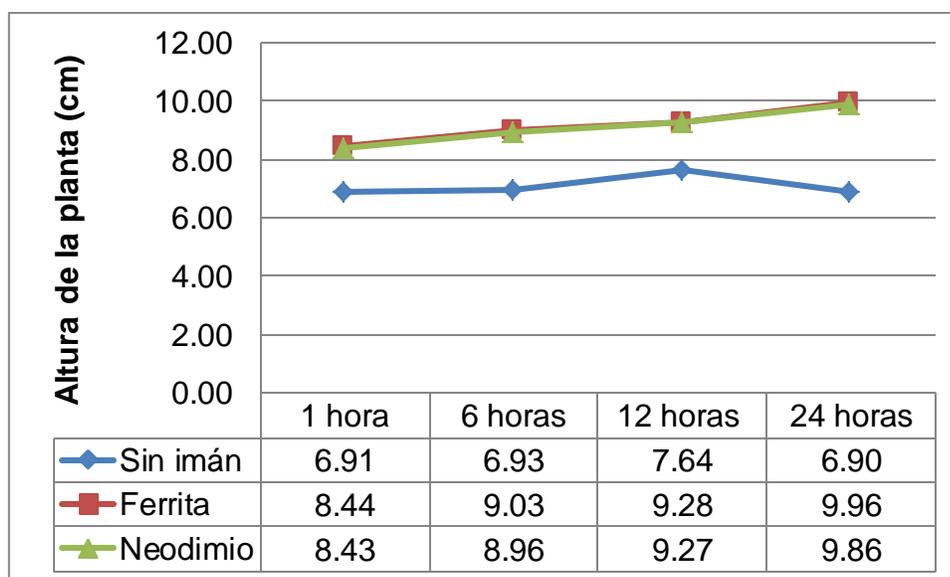
En el cuadro 23, se observa en la comparación de medias de la prueba Duncan que se agruparon 6 grupos estadísticamente distintos donde el mayor promedio es la combinación del tiempo de 24 horas con el tipo de imán ferrita con una media de 9.96

cm de altura de la planta y el menor fue la combinación del tiempo de 24 horas sin campo magnético con una media de 6.9 cm de altura de la planta.

**Cuadro 24.** Efecto simple de la variable altura de planta

FV	GL	SC	CM	F	FC		N. Sig
					0.05	0.01	
B en a1	2	6.21	3.11	16.35	3.26	5.26	**
B en a2	2	11.37	5.68	29.92	3.26	5.26	**
B en a3	2	7.15	3.58	18.82	3.26	5.26	**
B en a4	2	24.14	12.07	63.52	3.26	5.26	**
A en b1	3	759.30	253.10	1332.10	2.87	4.39	**
A en b2	3	4.73	1.58	8.29	2.87	4.39	**
A en b3	3	4.34	1.45	7.61	2.87	4.39	**
ERROR	36	6.92	0.19				

En el cuadro 24, de efectos simples de la interacción del tiempo con el tipo de imán con respecto a la altura de la planta, dio resultados altamente significativos.



**Figura 14.** Análisis de efecto simple de la altura de la planta

En la figura 14, se puede apreciar el comportamiento que tuvo el tipo de imán es diferenciado en los cuatro niveles de tiempo.

Con los datos observados se puede determinar que la mejor combinación fue de la interacción de un tiempo de 24 horas con el imán de ferrita que tiene una intensidad de magnetismo de 200 mT con una altura de planta de 9.86 cm.

Según Torrez, (2008), menciona que el análisis de varianza de la longitud total en *S. lycopersicum* mostro que solo la interacción de los factores intensidad del campo magnético y tiempo de exposición presento diferencias estadísticamente significativas, con 99% de confianza. El análisis post- A nova indica que los tratamientos lograron superar las medidas de longitud total obtenidas en el control

## 6.6. Diámetro del tallo

En el cuadro 25, se observa que el factor tiempo dio un resultado no significativo, el factor imán dio un resultado significativo en el diámetro del tallo del cultivo y la interacción de ambas dio un resultado no significativo.

**Cuadro 25.** Análisis de varianza del diámetro del tallo

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor	N. Sig
Tiempo	0.02	3	0.01	0.63	0.6019	NS
Imán	0.07	2	0.03	3.65	0.036	*
Tiempo- imán	0.04	6	0.01	0.72	0.6339	NS
Error	0.33	36	0.01			
Total	0.45	47				

N.Sig.=Nivel de significancia, \*\*=Altamente significativo, \*= significativo, NS= No significativo

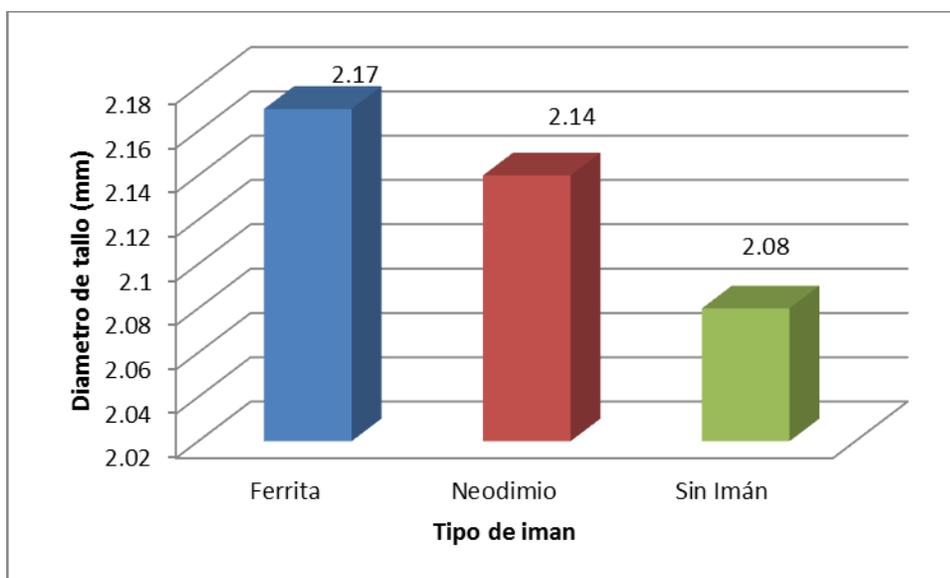
CV = 4.49

Cabe recalcar que se obtuvo un coeficiente de varianza del 4.49 el cual es menor y nos indica que se tuvo un buen manejo de las unidades experimentales.

**Cuadro 26.** Comparación de medias Duncan del factor imán para el diámetro del tallo

Imán	Medias (mm)	n	E.E.	Duncan
Ferrita	2.17	16	0.02	A
Neodimio	2.14	16	0.02	A B
Sin Imán	2.08	16	0.02	B

En el cuadro 26, se observa la comparación de medias por la prueba Duncan del tipo de imán, donde se formaron dos grupos estadísticamente distintos el primer grupo son aquellos que tuvieron un campo magnético tanto con el imán de ferrita y neodimio las que obtuvieron la media de 2.17 y 2.08 mm de diámetro del tallo y el otro grupo del nivel sin campo magnético con una media de 2.08 mm de diámetro de tallo.



**Figura 15.** Comparación de medias del imán respecto al diámetro de tallo

La figura 15, nos muestra el comportamiento que tuvo del tipo de imán respecto al diámetro del tallo.

Cepeda, (2017), indica 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 debilita tanto que tendió a

curvarse, eso afirma que cuando se le quita los campos magnéticos, ya no tendría efectos en el desarrollo del diámetro del tallo lo cual afirma al estudio.

## 6.7 Análisis económico

En el cuadro 27, se puede observar los resultados del beneficio total y el costo total por cada tratamiento estimados en 1 metro cuadrado para la relación beneficio/costo

**Cuadro 27.** Relación beneficio/costo (bs)

Tratamientos	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
Beneficio	165	218	250	165	240	259	165	250	271	165	259	281
Costo	170	175	178	170	175	178	170	175	178	170	175	178
B/C	0.97	1.25	1.40	0.97	1.37	1.45	0.97	1.43	1.52	0.97	1.48	1.58

Como se observa en el cuadro 27, los tratamientos con mayor beneficio fue el tratamiento T12, T9, son aquellos tratamientos que fueron sometidos a mayor intensidad de magnetismo y a su vez a mayor tiempo de exposición, los que aumentaron el porcentaje de emergencia y el número de plantas vivas, proporcionando un mayor beneficio.

Se observa los costos de producción para 1 metro cuadrado, cada tratamientos con imán de neodimio resulta ser un poco más costoso a comparación de aquellos tratamientos con imán de ferrita y sin imán.

Se encuentra los resultados del beneficio costo donde indica que aquellos tratamientos que no se aplicó un campo magnético dio resultados donde no se recupera lo invertido a comparación de aquellos donde sí se expuso a campos magnéticos dando como mejor resultado el tratamiento 12 el cual tuvo una intensidad de 250 mT y 24 de exposición dando un B/C de 1.58 bs.

## 7. CONCLUSIONES

Una vez obtenidos los resultados con su respectivo análisis estadístico, pruebas e interpretaciones se llegó a las siguientes conclusiones.

- En base a los resultados obtenidos en la investigación, las semillas de acelga que fueron sometidos al campo magnético en la combinación del nivel de mayor tiempo e intensidad dieron resultados positivos significativos tanto en el porcentaje de emergencia (%), velocidad de crecimiento (cm/día) y en la altura de la planta (cm).
- Tras la utilización de dos tipos imanes que tienen diferentes intensidades de 200 mT y 250 mT se concluye en la utilización del imán de neodimio de intensidad 250 mT obtuvo un mejor efecto en el cultivo tanto en el porcentaje de emergencia (%) y velocidad de crecimiento (cm/día).
- Por otra parte el efecto de los campos magnéticos no fue positivo en la longitud de la raíz.
- También se concluye que los campos magnéticos tienen influencia en el volumen de la raíz (cm<sup>3</sup>) y en el diámetro del tallo (mm) en la combinación del factor tiempo de 24 h y la intensidad de 250 mT.
- Un análisis económico donde se obtuvo beneficio al hacer uso de magnetismo con mayor intensidad 250 mT y tiempo de exposición de 24 h, donde se obtuvo un beneficio por cada boliviano invertido se gana 0.50 bs.

## 8. RECOMENDACIONES

- Se recomienda utilizar este sistema de campos magnéticos ya que son muy favorables en los cultivos y fácil de adquirir.
- Se recomienda hacer más estudios con otras variedades y cultivos que puedan favorecer el ámbito agrícola y mejorar nuestras producciones.
- Se recomienda continuar el estudio con un riego magnetizado para mejorar los conocimientos y conocer que efectos positivos pueda tener en los cultivos ya que muchos autores observaron casos positivos en el crecimiento de los cultivos.
- Se recomienda utilizar conductores del magnetismo para mejorar el efecto de los imanes o electroimanes lo que pueda tener mejores resultados en los cultivos.
- Realizar un análisis bioquímico en las semillas para conocer qué efectos tiene el campo magnético en las hormonas de crecimiento de los cultivos.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

- Aaladjajyan, A. 2002. Study of the influence of magnetic field on some biological characters of Zea mays. Central European Agricultura.
- Acosta, M. 2000. Fundamentos de fisiología vegetal. España.
- Afriagro. 2011. Technical Report, Swiss chard. Klein Karoo Seed marketing. Disponible en: [www. Seedmarketig.com.za](http://www.Seedmarketig.com.za).

- Alonzo, A. 2004. Producción de col, coliflor, acelga, apio y lechuga. La Paz, Bolivia. Disponible en <http://www.google.com>.
- Astearán, I., Martínez, J. 2000. Alimentos y propiedades.. Mc Graw Hill. Interamericana. Segunda Edición Madrid España..
- Bañón, M. 2000. Auxinas. Facultad de Biología, Universidad de Murcia.
- Bewley, J. 1994. Physiology of development and germination. Nueva York.
- Bolívar, R. 2017. Evaluación del efecto de mulch en tres variedades de acelga (*Beta vulgaris var. cicla I.*) En ambiente atemperado en el Centro Experimental de Cota Cota. UMSA. La Paz, Bolivia.
- Botanical, 2017 El cultivo de las acelgas (en línea). Disponible en <http://www.botanical-online.com/floracelga.htm>
- Bueno, L. 2010. Efecto del campo magnético sobre la germinación de la *Leucaena leucocephal*. Universidad del Quindío, Colombia.
- Bustos, M. 1988. Manual técnico del cultivo de acelga. Corporación Andina de Fomento. Quito Ecuador.
- Callisaya, P. 2016. Evaluación de dos variedades de acelga (*Beta vulgaris var. Cicla I.*), bajo tres niveles de fertilizante foliar orgánico en sistema hidropónico nft, en Cota Cota. UMSA, La Paz, Bolivia.
- Carter, P.; Gray, L.; Troughton, J.; Khunti, K. Y Davies, M. 2010. Fruit and vegetable intake and incidence of type 2 diabetes mellitus: systematic review and meta-analysis. B. M. J. 341: 1-8.

- Cakmak, T; Dumlupinar, R; Erdal, S. 2010. Acceleration of germination and early growth of wheat and bean seedlings grown under various magnetic field and osmotic conditions. Bioelectromagnetics.
- Carbonell, M. 2005. Influencia de campos magnéticos estacionarios de 125 mT y 250 mT en la germinación de semillas de girasol. Universidad del Valle. Colombia.
- CATIE 1994. Guía para la investigación extensión rural. Turrialba CR. [http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/2208/Fundamentos\\_de\\_analisis\\_economico.pdf](http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/2208/Fundamentos_de_analisis_economico.pdf).
- Cepeda, E. 2017. Disminución del tiempo de germinación en semillas de calabacita con un tratamiento magnético. Torreón, Coahuila.
- De La Paz, A. Y Souza – Egipsy, V. 2003. La huerta fértil; Guía de verduras y hortalizas con raíces, tallos y hojas comestibles. Editorial Libsa, Madrid, España.
- Domínguez, P; Hernández, A; Cruz, O; Ivanov, R; Carballo, C; Zepeda, B; Martínez, O. 2010. Influences of the electromagnetic field in maize seed vigor. Mexico.
- Eroski consumer 2017. Hortalizas y verduras (en línea). Disponible en <http://verduras.consumer.es/ acelga /introduccion>
- Estrada, J., 2003. Técnicas de producción para hortalizas, CEDEFOA - Centro de Desarrollo y Fomento al auto–ayuda. La Paz, Bolivia.
- Facultad de Agronomía, 2015. Informe gestión 2012 – 2015. La Paz, Bolivia.
- Finlay, C. 2001. Magnoterapia, su aplicación en la medicina. La Habana, Cuba.

- Flórez, M. 2012. Effect of Magnetic Field Treatment on Germination of Medicinal Plants *Salvia officinalis* L. and *Calendula officinalis* L. Polish Journal of Environmental Studies.
- Gajon. 1996, El cultivo de acelga. Fundación Caja Rural Valencia. Ediciones Mundiprensa. Madrid, España.
- Galland, P. 2005. Magnetoreception in plants. J. Plant Res.
- Giaconi, V. 2004. Cultivo de hortalizas. Colección nueva técnica. Editorial Universitaria Novena Edición. Barcelona, España.
- Goodman, R; Chizmadzhev; Shirley-Henderson A. 1993. Electromagnetic fields and cell. J Cell Biochem.
- Goodman, E; Greenebaum, B; Marron, M. 1995. Effects of electromagnetic fields on molecules and cells. International Review of Cytology.
- Grayver, A. 2005. El magnetismo de los océanos se vincula con la electricidad terrestre. Madrid, España.
- Gonzales, I. 2016. Efecto de la aplicación de agua y semilla magnetizada en el cultivo de rábano (*Raphanus sativus*). Zamorano Honduras.
- Guaschsemillas. 2015. Acelga Large White Ribbed (en línea). Buenos Aires. AR. Disponible en <http://guasch.com.ar/GuaschSemillas%C2%AE/Hortalizas/Acelgas/Acelga/LargeWhiteRibbed/Caracteristicas/43/Especies/39/1/>

- Gubbels, G. 1982. Seedling Growth and Yield Response of Flax, Buckwheat, Sunflower and Field pea After Presowing Magnetic Treatment. Canadian Journal of Plant Science.
- Heredia, J; Rodriguez, A; Rodriguez, L; Santoyo, M; Castañeda, E; González, M. 2009. La Vida Secreta de las Plantas: Respuesta a campos electromagnéticos. Boletín Planta. Departamento de Botánica de la Facultad de Ciencias Biológicas, UANL. N° 8.
- Hozayn, M; Abd el monem, A; Abdul Qados; Abd EL-Hameid. 2011. Response of some food crops to irrigation with magnetized water under greenhouse condition. Aust. J. Basic Appl.
- Huterwal, G. 1981. Hidroponía, cultivo de plantas sin tierra, Buenos Aires, Argentina. Editorial Albatros, 59 p.
- IGM., 2005. Instituto Geográfico Militar. Manual de Manejo de Sistema de Información Geográfica.
- Impulsemillas. sf. Diccionario de semillas (en línea). Disponible en <http://www.ghcia.com.co/plm/src/productos/DICC-SEMILLAS.pdf>
- Infoagro, 2007. El cultivo de tomillo. Disponible en: <http://www.infoagro.com/aromaticas/tomillo.htm>
- INE, 2008. La producción a nivel nacional y departamental del cultivo de acelga. Bolivia
- INIAF (Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal), 2012. El INIAF impulsa la horticultura de hortalizas en los hogares de Cochabamba. (en línea). Notiboliviarrural. Disponible en [www.notiboliviarrural.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=1641](http://www.notiboliviarrural.com/index.php?option=com_content&view=article&id=1641):

el-iniaf-impulsa-la-horticultura-de-hortalizas-en-loshogares-de-cochabamba&catid=293:agricola&Itemid543

- Kaschel, P. 2014. Efecto de la exposición a campos magnéticos de semillas de lechuga sobre la ontogenia del cultivo. Valdivia, Chile.
- Laura, A. 2009. Efecto del agua tratada magnéticamente sobre los procesos biológicos. Redvet (Revista electrónica de Veterinaria) Santa Clara, CU.
- Maffei, ME. 2014. Magnetic field effects on plant growth, development and evolution. *Frontiers in Plant Science*.
- Maheshwari, B; Grewal, SH. 2011. Magnetic treatment of irrigation water and snow pea and chickpea seeds enhances early growth and nutrient contents of seedlings. *Bioelectromagnetics*.
- Matilla, A. 2000. Fundamentos de fisiología vegetal. Universidad Santiago de Compostela. España.
- Milena, A. 2013. Incidencia de campos magnéticos en la germinación, crecimiento y flora microbiana en plántulas de *Brachiaria humidicola*, *Panicum máximum* y *Zea mays*. Universidad del Valle. México
- Moussa, HR. 2011. The impact of magnetic water application for improving common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) production. *New York Sci*.
- Muñoz, A. 2005. Polinización de cultivos. Editorial Mundi – Prensa Libros. Madrid, España.
- Muñoz, I. 2009. Sistema de Adquisición de datos para la visualización de señales eléctricas de motores ac y dc. Bucaramanga

- Nanushyan, E; Skripnikov, A; Murashov, V. 2004. The Problem of Giant Cells in Biology. Frontier Perspectives.
- Nuñez, C. 2016. Evaluación de dos variedades de acelga (*Beta vulgaris var. Cicla L.*) con tres niveles de fertilizante foliar (vigor top) en ambiente protegido. UMSA, La Paz, Bolivia.
- Oceano. 2001. Enciclopedia práctica de la Agricultura y la Ganadería. Editorial Océano – Centrum. Barcelona, España.
- Occhipinti, A; De Santis, A; Maffei, M. 2014. Magnetoreception: An unavoidable step for plant evolution. Trends in Plant Science.
- Perez, F. 2009. Viabilidad, vigor, longevidad y conservación de semillas. Universidad Politécnica de Madrid.
- Pietruszewski, S. 2010. Effect of magnetic field on germination and yield of wheat. Int. Agrophysics.
- Pita, 2010 Manual de germinación de semillas. Sevilla España.
- Pittman, U. 1963. Magnetism and plant growth. I. Effect on germination and early growth of cereal seeds. Can. J. Plant Sci.
- Podleśny, J; Pietruszewski, S; Podleśna, A. 2005. Influence of magnetic stimulation of seeds on the formation of morphological features and yielding of the pea. Int. Grophysics.
- Ramírez, F., 2006. Seguridad alimentaria cultivando hortalizas. Colombia. Editor Grupo Latino Editores S.A.S.

- Región de Murcia, 2017. Acelgas (en línea) Murcia. ES. Disponible en <http://www.regmurcia.com/servlet/s.SI?sit=c,543,m,2714&r=> ReP-20067-DETALLE\_REPORTAJESPADRE.
- Reiter, Y. 1993. Efecto de la aplicación de campo magnético sobre germinación in vitro de semillas de *Rosmarinus officinalis* L. Universidad Central Marta Abreu de las Villas, Cuba.
- Reynoso, V. 2015. Como cultivar acelga orgánica en tu casa. Via Orgánica, México.
- Rojas, W. 2006. Apuntes de Botánica Sistemática. Carrera de Ingeniería Agronómica, Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia.
- Sánchez, J. 2000. Fundamentos de fisiología, Auxinas. Departamento de biología vegetal. España.
- Segura, J. 2000. Introducción al desarrollo concepto de hormona vegetal. Facultad de Farmacia Universidad de Valencia. España.
- Seymour, 1980. El Horticultor auto suficiente, Primera Edición. Editorial AEDOS, España.
- Suquilanda, M. 1995. Agricultura Orgánica, Alternativa tecnológica del futuro. FUNDAGRO. Ediciones UPS. Capítulo VIII. Quito- Ecuador.
- Taban, B.; Halkman, A. 2011. Do leafy green vegetables and their ready-to-eat (RTE) salads carry a risk of foodborne pathogens? Anaerobe.

- Talón, M. 2000. Fundamentos de fisiología vegetal. Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias, Mondaca, Valencia, España.
- Torrez, C. 2008. Efecto de campos magnéticos en la germinación de semillas de arroz (*Oryza sativa* L.) y tomate (*Solanum lycopersicum* L.). Universidad del Valle, Colombia.
- Tropicaplanet, 2015. Acelga Fordhook gian (en línea) ES. Disponible en <http://www.tropicaplanet.com/es/les-produits-tropica/les-potageres/poires/poiree-fordhook-giant-bette/>
- Valadez, L., 1995. Evaluación Agroecológica de la Tecnología andina del “Jiri” su formación y en el cultivo de la papa, AGRUCO UMSS, Cochabamba, Bolivia.
- Valadez, L., 1993. Producción de hortalizas. México DF. Editorial UTCHA.
- Vashisth, A; Nagarajan, S. 2009. Germination characteristics of seeds of maize (*Zea mays* L.) exposed to magnetic fields under accelerated ageing condition, Journal of Agricultural Physics.
- Vavilov, N. 1992. Estudios sobre el origen de las plantas cultivadas. ACME, Buenos Aires, Argentina.
- Vega, I. F. 2016. Fisiología de la Reproducción. Universidad de la Molina, Peru
- Wang, H; Kent, D; Rochette, P. 2015. Weaker axially dipolar time-averaged paleomagnetic field based on multidomain-corrected paleointensities from Galapagos lavas. Proceedings of the National Academy of Sciences.
- Watt, B. 1975. Composition of foods. Agrc. Handbook. N° 8. Dept. of Agriculture. Washington.

## Anexo 1 Tablas de resultados del estudio

Tabla de porcentaje de emergencia.

TRATAMIENTOS	I	II	III	IV
T1	47	57	47	60
T2	73	37	73	37
T3	80	80	80	80
T4	53	50	53	47
T5	73	73	80	80
T6	80	80	87	87
T7	60	51	60	53
T8	73	87	73	87
T9	87	87	87	87
T10	51	51	53	60
T11	80	87	87	80
T12	87	93	87	93

Tabla de velocidad de crecimiento (cm/dia).

TRATAMIENTOS	I	II	III	IV
T1	1.26	1.26	1.26	1.26
T2	1.51	1.52	1.50	1.51
T3	1.43	1.44	1.42	1.43
T4	1.26	1.26	1.26	1.26
T5	1.56	1.57	1.55	1.56
T6	1.53	1.54	1.52	1.53
T7	1.26	1.26	1.26	1.26
T8	1.63	1.64	1.62	1.63
T9	1.68	1.69	1.67	1.68
T10	1.26	1.26	1.26	1.26
T11	1.72	1.73	1.71	1.72
T12	1.79	1.80	1.78	1.79

**Tabla de volumen de raíz (cm<sup>3</sup>).**

TRATAMIENTOS	I	II	III	IV
T1	0.80	0.90	0.80	0.90
T2	0.80	1.00	1.00	1.10
T3	1.20	1.10	1.00	0.90
T4	0.90	0.90	0.90	0.80
T5	0.90	0.80	0.90	1.10
T6	0.80	0.90	1.10	0.90
T7	0.80	0.80	0.80	0.90
T8	0.90	0.80	1.00	1.40
T9	1.00	1.10	1.00	1.00
T10	0.80	0.90	0.80	0.80
T11	0.90	0.80	1.00	1.00
T12	0.90	1.00	0.80	1.10

**Tabla de longitud de raíz (cm).**

TRATAMIENTOS	I	II	III	IV
T1	6.50	6.7	6.4	6.4
T2	6.4	6.6	6.5	6.6
T3	6.5	6.6	6.5	6.7
T4	6.6	6.5	6.5	6.6
T5	6.8	6.6	6.6	6.6
T6	6.8	6.6	6.7	6.6
T7	6.6	6.6	6.6	6.5
T8	6.7	6.5	6.5	6.7
T9	6.40	6.7	6.7	6.5
T10	6.7	6.5	6.5	6.5
T11	6.7	6.4	6.5	6.6
T12	6.50	6.5	6.6	6.8

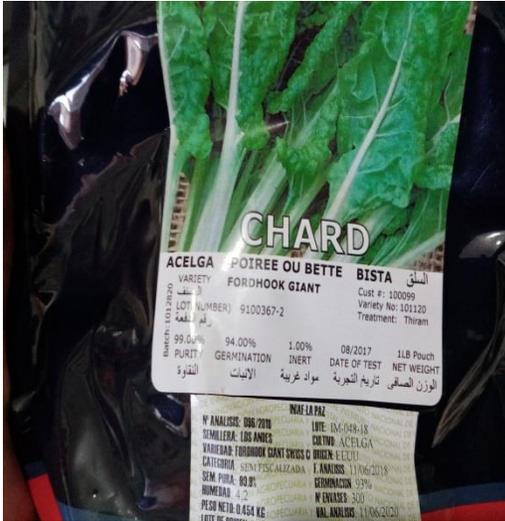
Tabla de altura de planta (cm).

TRATAMIENTOS	I	II	III	IV
T1	6.95	6.9	6.9	6.88
T2	8.44	8.5	8.39	8.44
T3	8.16	8.47	8.45	8.62
T4	6.88	6.95	6.9	6.985
T5	9.01	9.03	8.96	9.12
T6	8.79	9.05	8.97	9.01
T7	6.9	9.88	6.88	6.9
T8	9.24	9.28	9.25	9.36
T9	9.28	9.27	9.26	9.28
T10	6.88	6.95	6.9	6.88
T11	9.96	10.04	9.93	9.9
T12	9.77	9.91	9.96	9.81

Tabla de diámetro de tallo (mm).

TRATAMIENTOS	I	II	III	IV
T1	2.00	2.00	2.05	2.20
T2	2.25	2.10	2.27	2.09
T3	2.19	2.16	2.02	2.24
T4	2.26	2.00	2.06	2.05
T5	2.11	2.08	2.19	2.23
T6	2.02	1.97	2.16	2.12
T7	2.04	2.04	2.00	2.20
T8	2.11	2.40	2.13	2.25
T9	2.07	2.22	2.26	2.17
T10	2.04	2.26	2.04	2.06
T11	2.15	2.15	2.07	2.14
T12	2.04	2.29	2.23	2.15

## Anexo 2. Fotografías del estudio



Semilla de acelga.



Imán de ferrita y neodimio.



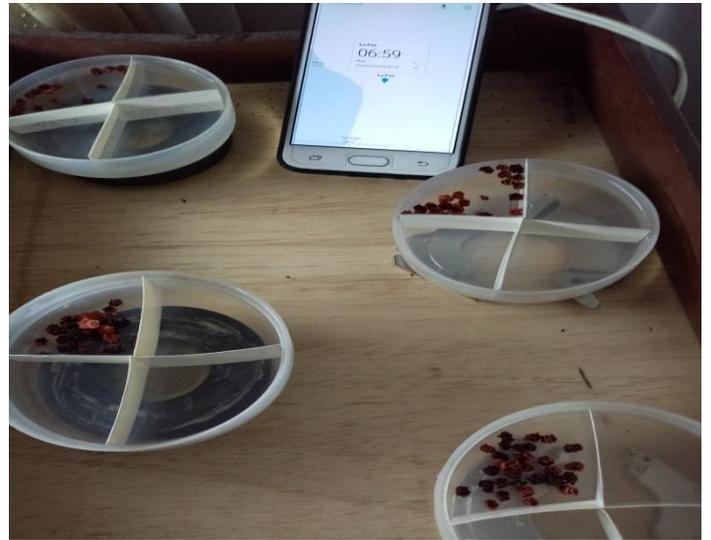
Hipoclorito de sodio.



Etanol al 70%.



Lavado de semillas



Aplicación de campos magnéticos



Desinfección de sustrato



División de sustrato



Siembra de cultivo



Emergencia del cultivo



Toma de datos



Crecimiento de las plantas



Altura de planta



Diámetro de tallo



Volumen de raíz