



Pontificia Universidad Católica del Ecuador  
Sede Ibarra

ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y AMBIENTALES

INFORME FINAL DEL PROYECTO

TEMA:

Efecto de la inducción magnética del agua de riego, en el desarrollo, producción y rendimiento del cultivo de pepinillo (*Cucumis sativus* L.), variedad jaguar en la Granja Experimental ECAA

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE

INGENIERO AGROPECUARIO

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN:

Línea 04: Gestión sostenible y aprovechamiento de los recursos naturales

Sub línea 4.1: Desarrollo y Sostenibilidad

**AUTOR:** HUGO MARCELO CÓRDOVA SUÁREZ

**ASESOR:** ING. DIEGO MIGUEL PUERRES VERA MGS

IBARRA, ABRIL 2019



Ibarra, abril de 2019

Mgs Diego Miguel Puerres Vera.  
ASESOR

**CERTIFICA:**

Haber revisado el presente informe final de investigación, el mismo que se ajusta a las normas vigentes en la Escuela de Ciencias Agrícolas y Ambientales (ECCA), de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra (PUCESI); en consecuencia, autorizo su presentación para los fines legales pertinentes.

Mgs Diego Miguel Puerres Vera.

C.C.: 1000177898-2



## PÁGINA DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

El jurado examinador, aprueba el presente informe de investigación en nombre de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra (PUCESI):

(f): 

Mgs. Diego Miguel Puerres Vera.

C.C.: 100177898-2

(f): 

Mgs. Maritza de los Ángeles Mier Quiroz

C.C.: 100287828-6

(f): 

MSc. Edwin Fernando Del Pozo Villacis


C.C.: 100175656-6



## ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS

Yo, Hugo Marcelo Córdova Suárez, declaro conocer y aceptar la disposición del Art. Art.165 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, que manifiesta textualmente: “Se reconoce facultad de los autores y demás titulares de derechos de disponer de sus derechos o autorizar las utilidades de sus obras o prestaciones, a título gratuito u oneroso, según las condiciones que determinen. Esta facultad podrá ejercerse mediante licencias libres, abiertas y otros modelos alternativos de licenciamiento o la renuncia”.

Ibarra, abril de 2019

f): .....

Hugo Marcelo Córdova Suárez

C.C.: 100426902-1



## AUTORÍA

Yo, Hugo Marcelo Córdova Suárez, portador de la cédula de ciudadanía N°100426902-1, declaro que la presente investigación es de total responsabilidad del autor, y eximo expresamente a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra de posibles reclamos o acciones legales

f): .....  .....

Hugo Marcelo Córdova Suárez

C.C.:100426902-1



## DECLARACIÓN y AUTORIZACIÓN

Yo: Hugo Marcelo Córdova Suárez, con CC: 100426902-1, autor del trabajo de grado intitulado: **Efecto de la inducción magnética del agua de riego, en el desarrollo, producción y rendimiento del cultivo de pepinillo (*Cucumis sativus L.*), variedad Jaguar en la Granja Experimental ECAA**, previo a la obtención del título profesional de “Ingeniero Agropecuario” en la Escuela de Ciencias Agrícolas y Ambientales.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tiene la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede- Ibarra, de conformidad con el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de graduación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra a difundir a través de sitio web de la Biblioteca de la PUCESI el referido trabajo de graduación, respetando las políticas de propiedad intelectual de Universidad.

Ibarra, abril de 2019

f): .....

Hugo Marcelo Córdova Suárez

C.C.: 100426902-1



## **DECLARACIÓN DE COMPORTAMIENTO ÉTICO EN LA ELABORACIÓN, DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE TRABAJOS DE TITULACIÓN**

Por medio de la presente declaro conocer y aplicar en la elaboración, desarrollo y evaluación del Proyecto de Titulación: EFECTO DE LA INDUCCIÓN MAGNÉTICA DEL AGUA DE RIEGO, EN EL DESARROLLO, PRODUCCIÓN Y RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE PEPINILLO (*Cucumis sativus* L.), VARIEDAD JAGUAR EN LA GRANJA EXPERIMENTAL ECAA, lo propuesto en el Código de Ética de la Investigación y el Aprendizaje de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, aprobado por el Consejo Superior de la PUCE con fecha 15 de enero de 2018.

Para constancia firma:

f): .....

Hugo Marcelo Córdova Suárez  
Estudiante que ejecuta el Trabajo de Titulación  
C.C/Pasaporte: 1004269021  
Carrera: Ingeniería Agropecuaria

Ibarra, abril de 2019

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a Dios, porque me ha demostrado que, en los momentos más difíciles de mi vida, siempre existe una luz que nos ayuda a culminar todo lo que iniciamos y por poner en camino a las personas, que con sus consejos han fortalecido mi vida.

A mis padres José Córdova y Hilda Consuelo por brindarme la vida, compartiendo sus conocimientos y consejos. Por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad.

A mis hermanos por compartir los mejores momentos de nuestras vidas y de estar siempre pendiente en la culminación de la carrera.

Todo este trabajo ha sido posible gracias a ellos.

**Hugo Marcelo Córdova Suárez**

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a Dios, por guiarme en el camino de la vida; por brindarme una vida llena de felicidad, experiencias y aprendizajes; por ser mi fortaleza en momentos de debilidad.

A mis padres José Córdova y Hilda Suárez por estar al pendiente, dándome apoyo en todo momento, por darme la oportunidad de tener una excelente educación y por ser unos ejemplos a seguir.

A mi asesor Mgs. Diego Puerres, por la confianza, apoyo y el tiempo dedicado; por compartir sus conocimientos, su amistad. Por motivarme a seguir adelante en el proceso de Educación.

A mis compañeros de la carrera, con los cuales he compartido conocimientos.

Gracias a todas las personas que, de alguna manera contribuyeron en la realización de este proyecto.

**Hugo Marcelo Córdova Suárez**

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICA:.....	ii
PÁGINA DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL.....	iii
ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS.....	iv
AUTORÍA.....	v
DECLARACIÓN y AUTORIZACIÓN.....	vi
DECLARACIÓN DE COMPORTAMIENTO ÉTICO EN LA ELABORACIÓN, DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE TRABAJOS DE TITULACIÓN.....	vii
DEDICATORIA.....	viii
AGRADECIMIENTOS.....	ix
RESUMEN.....	xvii
ABSTRAC.....	xviii
CAPITULO I.....	19
1 INTRODUCCIÓN.....	19
1.1 Objetivo General.....	21
1.2 Objetivos Específicos:.....	21
1.3 Hipótesis.....	21
CAPÍTULO II.....	22
ESTADO DEL ARTE.....	22
2 Efectos de la magnetización del agua de riego en la agricultura.....	22
2.1 La magnetización.....	22
2.2 Dispositivo de tratamiento magnético.....	24
2.3 Efectos de la magnetización en el agua de riego.....	24
2.4 Efectos de la magnetización en las plantas y animales.....	26
2.5 Efectos de la magnetización en el suelo.....	29
2.6 Cultivo de pepinillo.....	30
2.6.1 Clasificación taxonómica.....	30
2.6.2 Generalidades del cultivo.....	31
2.6.3 Etapas fenológicas del pepinillo ( <i>Cucumis sativus</i> L.).....	32
2.6.4 Requerimientos nutricionales.....	32
2.7 Sistema de riego localizado.....	33

2.7.1 Método de goteo .....	33
CAPITULO III.....	34
3 MATERIALES Y MÉTODOS.....	34
3.1 Materiales .....	34
3.2 METODOLOGÍA .....	35
3.2.1 Ubicación del área de estudio.....	35
3.2.2 Diseño experimental .....	35
3.2.3 Descripción de los tratamientos.....	36
3.2.4 Esquema del análisis de varianza .....	37
3.2.5 Unidades experimentales.....	37
3.2.6 Distribución de las unidades experimentales .....	38
3.2.7 Diseño del área útil de la unidad experimental (parcela) .....	39
3.2.8 Diseño del equipo de inducción magnética .....	39
3.2.9 Características de los imanes seleccionados para la investigación .....	39
3.3 Variables dependientes evaluadas.....	40
3.3.1 Variables dependientes evaluadas en campo.....	40
3.3.2 Variables dependientes evaluadas en laboratorio.....	41
3.4 MANEJO DEL EXPERIMENTO.....	42
3.4.1 Preparación de suelo.....	42
3.4.2 Delimitación del área de investigación.....	42
3.4.3 Trasplante .....	42
3.4.4 Densidad de siembra.....	43
3.4.5 Tutorado para las plantas.....	43
3.4.6 Riego.....	43
3.4.7 Fertilización.....	43
3.4.8 Control fitosanitario.....	45
3.4.9 Control de malezas .....	45
3.4.10 Cosecha.....	45
CAPITULO IV .....	46
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	46
4 Resultados.....	46
4.1 Pruebas de normalidad y homogeneidad de la varianza .....	46

4.2 Variables dependientes evaluadas en campo .....	47
4.2.1 Altura de plantas (cm) .....	47
4.2.2 Diámetro de tallo (cm).....	52
4.2.3 Etapa fenológica (Días a la floración) .....	56
4.2.4 Rendimiento del cultivo (t/ha).....	58
4.2.5 Mortalidad (Número de plantas) .....	60
4.3 Variables dependientes evaluadas en laboratorio .....	60
4.3.1 Potencial de hidrógeno (pH).....	60
4.3.2 Conductividad eléctrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ).....	62
4.4 Socialización de resultados .....	64
4.4.1 Organización del evento de socialización .....	64
4.4.2 Ejecución del evento por parte del expositor .....	65
4.4.3 Medición de impacto de la investigación .....	67
CAPITULO V.....	69
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	69
Conclusiones.....	69
Recomendaciones .....	70
BIBLIOGRAFÍA .....	71
ANEXOS .....	83

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Etapas fenológicas del cultivo de pepinillo ( <i>Cucumis sativus</i> L.) .....	32
<b>Tabla 2</b> Ubicación y climatología del área de estudio .....	35
<b>Tabla 3</b> Tiempos de magnetización del agua de riego según fase fenológica 1 por tratamiento .....	36
<b>Tabla 4</b> Tiempos de magnetización del agua de riego según fase fenológica 2 por tratamiento .....	36
<b>Tabla 5</b> Tiempos de magnetización del agua de riego según fase fenológica 3 por tratamiento .....	37
<b>Tabla 6</b> Tiempos de magnetización del agua de riego según fase fenológica 1 por tratamiento .....	37
<b>Tabla 7</b> Esquema del análisis de varianza.....	37
<b>Tabla 8</b> Características de las unidades experimentales .....	38
<b>Tabla 9</b> Especificación técnica del imán de neodimio N52 (20*3 mm de anillo avellanado con agujero de 5 mm) .....	40
<b>Tabla 10</b> Análisis de suelo lote 17 .....	44
<b>Tabla 11</b> Requerimientos del cultivo de pepinillo y la eficiencia de los fertilizantes .....	44
<b>Tabla 12</b> Dosis de fertilización .....	44
<b>Tabla 13</b> Control de plagas y enfermedades .....	45
<b>Tabla 14</b> Prueba de normalidad Shapiro Wilk y de la homogeneidad de la varianza .....	46
<b>Tabla 15</b> Análisis de varianza para altura de las plantas (cm) de pepinillo ( <i>Cucumis sativus</i> L.) a los 28 días después del trasplante bajo tiempos de inducción magnética .....	47
<b>Tabla 16</b> Análisis de varianza para altura de la planta (cm) de pepinillo ( <i>Cucumis sativus</i> L.) a los 56 días después del trasplante bajo tiempos de inducción magnética .....	49
<b>Tabla 17</b> Análisis de varianza para altura de la planta (cm) de pepinillo ( <i>Cucumis sativus</i> L.) a los 84 días después del trasplante bajo tiempos de inducción magnética .....	50
<b>Tabla 18</b> Análisis de varianza para diámetro de tallo (cm) de la planta de pepinillo ( <i>Cucumis sativus</i> L.) a los 28 días después del trasplante bajo tiempos de inducción magnética .....	52
<b>Tabla 19</b> Análisis de varianza para diámetro de tallo (cm) de la planta de pepinillo ( <i>Cucumis sativus</i> L.) a los 56 días después del trasplante bajo tiempos de inducción magnética .....	54

<b>Tabla 20</b> Análisis de varianza para diámetro de tallo de la planta (cm) de pepinillo ( <i>Cucumis sativus</i> L.) a los 84 días después del trasplante bajo tiempos de inducción magnética .....	55
<b>Tabla 21</b> Análisis de varianza para días a la floración transcurridos desde el trasplante en plantas de pepinillo ( <i>Cucumis sativus</i> L.) bajo tiempos de inducción magnética .....	57
<b>Tabla 22</b> Análisis de varianza para rendimiento (t/ha) de las plantas de pepinillo ( <i>Cucumis sativus</i> L.) bajo tiempos de inducción magnética .....	58
<b>Tabla 23</b> Análisis de varianza para pH de muestras de agua de riego bajo tiempos de inducción magnética .....	61
<b>Tabla 24</b> Análisis de varianza para conductividad eléctrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) del agua de riego bajo tiempos de inducción magnética .....	62

## ÍNDICE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Distribución de las unidades experimentales .....	38
<b>Figura 2</b> Diseño del área útil de la unidad experimental (parcela) .....	39
<b>Figura 3</b> Imán de neodimio usado en la investigación .....	40
<b>Figura 4</b> Promedios de altura (cm) de las plantas de pepinillo ( <i>Cucumis sativus</i> L.) a los 28 días después del trasplante bajo tiempos de inducción magnética .....	48
<b>Figura 5</b> Promedios de altura (cm) de las plantas de pepinillo ( <i>Cucumis sativus</i> L.) a los 56 días después del trasplante, bajo tiempos de inducción magnética .....	49
<b>Figura 6</b> Promedios de altura (cm) de las plantas de pepinillo ( <i>Cucumis sativus</i> L.) a los 84 días después del trasplante bajo tiempos de inducción magnética .....	51
<b>Figura 7</b> Promedios de diámetro de tallo de las plantas de pepinillo ( <i>Cucumis sativus</i> L.) a los 28 días después del trasplante bajo tiempos de inducción magnética .....	53
<b>Figura 8</b> Promedios de diámetro de tallo (cm) de las plantas de pepinillo ( <i>Cucumis sativus</i> L.) a los 56 días después del trasplante bajo tiempos de inducción magnética ..	54
<b>Figura 9</b> Promedios de diámetro de tallo (cm) de las plantas de pepinillo ( <i>Cucumis sativus</i> L.) a los 84 días después del trasplante bajo tiempos de inducción magnética ..	56
<b>Figura 10</b> Promedios de días a la floración transcurridos desde el trasplante en plantas de pepinillo ( <i>Cucumis sativus</i> L.) bajo tiempos de inducción magnética .....	57
<b>Figura 11</b> Promedios de rendimiento de las plantas de pepinillo ( <i>Cucumis sativus</i> L.) bajo tiempos de inducción magnética.....	59
<b>Figura 12</b> Promedios de potencial de hidrógeno (pH) de muestras de agua de riego bajo tiempos de inducción magnética.....	61
<b>Figura 13</b> Promedios de conductividad eléctrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) de muestras de agua de riego bajo tiempos de inducción magnética.....	63
<b>Figura 14</b> Resultado de la primera pregunta de la encuesta. ....	64
<b>Figura 15</b> Resultados de la segunda pregunta de la encuesta. ....	65
<b>Figura 16</b> Resultados de la tercera pregunta de la encuesta. ....	65
<b>Figura 17</b> Resultados de la cuarta pregunta de la encuesta .....	66
<b>Figura 18</b> Resultados de la quinta pregunta de la encuesta. ....	66
<b>Figura 19</b> Resultados de la sexta pregunta de la encuesta .....	67
<b>Figura 20</b> Resultados de la séptima pregunta de la encuesta.....	67
<b>Figura 21</b> Resultados de la octava pregunta de la encuesta.....	68
<b>Figura 22</b> Resultados de la novena pregunta de la encuesta.....	68

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1</b> Calculo de la lámina de riego.....	83
<b>Anexo 2</b> Resultado del análisis físico – químico de la muestra de suelo .....	86
<b>Anexo 3</b> Resultados del análisis de muestra de agua de riego. ....	87
<b>Anexo 4</b> Invitación a la socialización.....	88
<b>Anexo 5</b> Oficio de la invitación.....	89
<b>Anexo 6</b> Formato de Encuesta.....	90
<b>Anexo 7</b> Lista de asistentes 1 .....	91
<b>Anexo 8</b> Lista de asistentes 2 .....	92
<b>Anexo 9</b> Resultados de la socialización .....	92
<b>Anexo 10</b> Actividades preparación de suelo y recolección de muestra de suelo .....	93
<b>Anexo 11</b> Delimitación de las unidades experimentales .....	94
<b>Anexo 12</b> Alambrado del área de estudio.....	94
<b>Anexo 13</b> Instalación del sistema de riego .....	95
<b>Anexo 14</b> Diseño del equipo de magnetización .....	96
<b>Anexo 15</b> Letreros para las unidades experimentales .....	97
<b>Anexo 16</b> Plantines de pepinillo .....	97
<b>Anexo 17</b> Mediciones de campo .....	98
<b>Anexo 18</b> Trasplante de plántulas de pepinillo .....	98
<b>Anexo 19</b> Fumigación y riego .....	99
<b>Anexo 20</b> Manejo agronómico del ensayo .....	99
<b>Anexo 21</b> Medición de variables de campo 1.....	100
<b>Anexo 22</b> Medición de las variables de campo 2 .....	100
<b>Anexo 23</b> Actividades de tutorio del Cultivo .....	101
<b>Anexo 24</b> Desarrollo de las plantas .....	101
<b>Anexo 25</b> Manejo agronómico y cosecha.....	102
<b>Anexo 26</b> Socialización .....	102

## RESUMEN

La investigación se realizó en los predios de la Granja Experimental ECAA, ubicada en la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra. El objetivo principal de la investigación fue evaluar los efectos de la inducción magnética del agua de riego, en el desarrollo, producción y rendimiento en el cultivo de pepinillo (*Cucumis sativus* L.), variedad Jaguar en la Granja Experimental ECAA. Se aplicó el diseño de bloques completamente al azar con cinco tratamientos y tres repeticiones, utilizando 480 plantines de pepinillo de 15 días de crecimiento vegetativo establecidas en 15 unidades experimentales, con 32 plantines en cada una. Los tratamientos fueron: T1 con 100 % del suministro del agua de riego con inducción magnética, para los tratamientos T2 el 75 %; T3 el 50 %; T4 el 25 %; T5 (testigo), no se usó la inducción magnética. Las variables en estudio fueron: Altura de plantas, diámetro de tallo, días a la floración, rendimiento del cultivo, pH, conductividad eléctrica. En la presente investigación se evidenció el efecto de la inducción magnética, obteniendo los siguientes resultados: El rendimiento obtenido en T1 = 20 t/ha, T2 = 18 t/ha, T3= 16 t/ha, T4 = 15 t/ha y testigo = 14 t/ha. Considerando al tratamiento al 100 % de inducción magnética el que mejores valores ha obtenido; parámetros agronómicos: altura de planta en 142,64 cm, diámetro de tallo 1,10 cm, días a la floración 36 días; parámetros químicos de agua: pH 6,40 y conductividad eléctrica en 195,83  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , en relación al testigo. Dichos resultados favorecieron el incremento del rendimiento con una reducción de cuatro días en la etapa fenológica (floración) con respecto al testigo.

**Palabras claves:** Pepinillo, riego, campos magnéticos, inducción magnética.

## ABSTRAC

The investigation was realized in the lands of the Experimental Farm ECAA, place in the Pontifical Catholic University of Ecuador Headquarters Ibarra. The objective of this investigation was the evaluation the effects of the magnetic induction of the water of irrigation, in the development, production and performance in the culture of gherkin (*Cucumis sativus* L.), Jaguar in the Experimental Farm ECAA. The design of blocks was applied completely at random by five treatments and three repetitions, using 480 plantines of gherkin of 15 days of vegetative growth established in 15 experimental units, with 32 plantines in each one. The treatments were: T1 100 % of the supply of the water of irrigation with magnetic induction, For the treatments T2 75 %; T3 50 %; T4 25 %; T5 (witness), did not use the magnetic induction. The variables in study were: Height of plants, thickness of stem, days to the flowering, performance of the culture, pH, electrical conductivity. In the present investigation the effect of the magnetic induction was evidenced, obtaining the following results: The performance obtained in T1 = 20 t/ha, T2 = 18 t/ha, T3 = 16 t/ha, T4 = 15 t/ha and witness = 14 t/ha. Considering the 100% magnetic induction treatment the best values obtained; agronomic parameters: height of plant in 142,64 cm, diameter of stem 1,10 cm, days to the flowering 36 days; chemical parameters of water: pH 6,40 and electrical conductivity in 195,83  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , in relation to the witness. These results favored the increase of the yield with a reduction of four days in the phenological stage (flowering) with respect to the control.

**Key Word:** Cucumber, irrigation , magnetic fields, magnetic induction.

## CAPITULO I

### 1 INTRODUCCIÓN

Se estima que para el año 2050, las producciones de alimentos a nivel mundial se deberán elevar en un 60 %, más aún en países en vías de desarrollo este porcentaje debe llegar a un 100 %, debido a que, existe una creciente demanda de agua para ser utilizada en la agricultura (Márquez *et al.*, 2017).

En ese mismo sentido, es de conocimiento general que el agua es un recurso natural no renovable que por causa de diferentes factores climáticos y de polución, se encuentra siendo escaso en distintas zonas a nivel mundial (Alomoto y Ramírez, 2016). Además, los estudios demuestran que la disponibilidad, la calidad del agua para el consumo humano, abrevaderos para animales y requerimientos hídricos de los cultivos son cada vez es más escaso. Afectando las actividades económicas dentro de las cuales las actividades agrícolas de los países en vías de desarrollo.

El desarrollo de la agricultura en grandes extensiones de terreno ha provocado la pérdida de suelos por efectos de la erosión, salinidad, reducción de nutrientes. Además, se siguen realizando prácticas y técnicas, que a futuro ocasionarán impactos negativos en el ambiente. Aún, cuando el cambio climático ha ocasionado la mayor cantidad de pérdidas económicas. De estos la sequía es el detonante para los bajos ingresos económicos que enfrentan los agricultores (Beermann *et al.*, 2015). Causando el efecto de la migración del campo a la ciudad como también la ampliación de la frontera agrícola en busca de mejores suelos para la producción (Duarte *et al.*, 2005).

Actualmente en el Ecuador se fomenta la implementación de riego tecnificado parcelario para suplir las necesidades hídricas de los cultivos y obtener un mayor rendimiento, como también incrementar los ciclos de producción que antes se los realizaba en la temporada de invierno presentes entre los meses octubre – marzo (Chávez *et al.*, 2010), lo cual se puede lograr mediante la incorporación de tecnologías para el diseño, funcionamiento y manejo de los sistemas de riego (Bonet y Gerrero, 2016), ayudando a aplicar el agua en las cantidades necesarias, durante las etapas de crecimiento del cultivo, reduciendo los gastos innecesarios del recurso hídrico (Fajardo, Benítez, Rivera, & Bernal, 2016).

Dentro de las tecnologías alternativas para mejorar las condiciones de producción, calidad de agua, absorción de nutrientes está la aplicación de los campos magnéticos (inducción magnética), en agua de riego, con el propósito de mejorar e incrementar los rendimientos agrícolas, según los tiempos a que se exponga y durante las fases fenológicas del cultivo (Medeiros *et al.*, 2014).

Las propiedades fisicoquímicas del agua de riego cambian cuando se pone en contacto con el campo magnético (Alkassab y Albach, 2014), produciéndose una elevada solubilidad de las sales como el caso del carbonato de calcio y el incremento de la conductividad eléctrica, promoviendo el aprovechamiento de los nutrientes, motivo por el cual se puede observar un mayor crecimiento de las plantas (Martínez *et al.*, 2003). Los cambios en las propiedades del agua se deben a que contiene partículas coloidales y sustancias iónicas consideradas de fácil susceptibilidad magnética, usándose en el proceso de desalinización del agua de mar para su posterior uso en la irrigación de cultivos (Waqar, 2015).

Su uso en el suelo ayuda a la disminución de los valores de pH mejorando la movilización, extracción y absorción de minerales por parte de las plantas, como también una mayor lixiviación de las sales solubles (Jiménez *et al.*, 2013). Además incrementa el contenido microbiológico de los suelos de uso agrícola, induciendo también la resistencia de las plantas a las condiciones ambientales desfavorables (Hassan *et al.*, 2017).

Los estudios en plántulas de pimiento (*Capsicum annum*) y maíz (*Zea mays*) demuestran que los cultivos pueden lograr mayores crecimientos con dosis bajas de fertilizantes nitrogenados (Alfonso *et al.*, 2009). De igual manera se corrobora los efectos de la magnetización en el incremento de los rendimientos en cultivos de tipo industrial: Mostaza (*Sinapis alba*), Tabaco (*Nicotiana tabacum*) y albaricoque (*Prunus armeniaca*); además de su eficacia en las etapas fenológicas con mayores elongaciones de la raíz, como producto de un aumento de la biomasa en cultivos de tomate (*Lycopersicon esculentum* P. Mill.) y algodón (*Gossypium herbaceum*) (Garibello, 2012).

En los microorganismos *Staphylococcus aureus*, *Leclercia adecarboxylata* y *Escherichia coli*, puede reducir el crecimiento celular afectando su viabilidad. Además, posee un efecto bactericida para la *Pseudomonas aeruginosa* (Moussa & Hozayn, 2018).

Con base a lo expuesto anteriormente, se plantea la evaluación de la inducción magnética del agua de riego en el cultivo de pepinillo (*Cucumis sativus* L.), cuyos resultados obtenidos contribuirán a la implementación de la tecnología alternativa en las parcelas agrícolas de pequeños y medianos productores.

### **1.1 Objetivo General**

- ✓ Evaluar los efectos de la inducción magnética del agua de riego, en el desarrollo, producción y rendimiento en el cultivo de pepinillo (*Cucumis sativus* L.), variedad jaguar en la Granja Experimental ECAA.

### **1.2 Objetivos Específicos:**

- ✓ Evaluar el efecto de la inducción magnética en el comportamiento agronómico del cultivo de pepinillo (*Cucumis sativus* L.), variedad jaguar.
- ✓ Establecer el rendimiento en el cultivo pepinillo (*Cucumis sativus* L.), variedad jaguar con la aplicación de inducción magnética.
- ✓ Determinar el tiempo de inducción magnética del agua de riego óptimo en el cultivo de pepinillo (*Cucumis sativus* L.), variedad jaguar.
- ✓ Difundir los resultados logrados en esta investigación a interesados en esta temática.

### **1.3 Hipótesis**

Al menos un tiempo de inducción magnética del agua de riego tiene efecto en el rendimiento del cultivo de pepinillo (*Cucumis sativus* L.), variedad jaguar.

## CAPÍTULO II

### ESTADO DEL ARTE

#### 2 Efectos de la magnetización del agua de riego en la agricultura

##### 2.1 La magnetización

Los campos magnéticos del planeta Tierra oscilan entre 0,04 y 0,06 mt (Militeslas). Encontrándose variación en función a las altitudes, estaciones del año y a la actividad solar (Zúñiga *et al.*, 2016). Las indagaciones realizadas por investigadores indican que los griegos, identificaron en la antigua ciudad de Magnesia unas piedras que tenían la capacidad de atraer al hierro. En la actualidad se conoce que aquellas piedras contienen óxido de hierro magnético ( $Fe_3 O_4$ ), a la cual se la denomina magnetita. La palabra magnetismo es empleada para la designación de las propiedades de los imanes y los posibles efectos artificiales (Borbor y Suárez, 2007).

Se ha descubierto que las células de varios microorganismos contienen de 0,5 a 2 % de magnetita, la cual es usada para la orientación en sus movimientos. Las células vegetales pueden realizar procesos de biosíntesis de concentraciones acuosas de 1 y 2 microgramos de Hierro (Fe), mediante el uso de complejos orgánicos solubles (Martínez *et al.*, 2003). Hallazgos de cristales de magnetita formando parte del cráneo de animales como los delfines, las palomas mensajeras y especies de ratones, demuestra la capacidad de los animales para orientarse en sus largos viajes usando las líneas del campo magnético del planeta Tierra (Sarta y Bobadilla, 2004).

Algunas algas se orientan al sur magnético desplazándose al fondo de las lagunas; diferentes peces se trasladan en función a los campos magnéticos al igual que las abejas se comunican, orientan y reciben información de cambios meteorológicos. Las termitas siguen la orientación norte-sur para la construcción de sus termiteros (Martínez *et al.*, 2003).

Sugiriendo que los mecanismos de orientación de los animales están ligados al magnetoreceptor animal. Además, se cuestiona si las plantas pueden usar la magnetita para la magnetorecepción, la magnetita puede ser absorbida por las raíces y se encuentra formando parte de las proteínas fitoferritinas, localizadas en los cloroplastos (Samuelsson, 2015).

Las plantas pueden exhibir distintos fenómenos de carácter fisiológico, al estar expuestas a campos magnéticos, los investigadores han descubierto efectos en las actividades enzimáticas y absorción de agua de las semillas tratadas, respaldando la teoría de la existencia de los mecanismos no relacionados con el magnetoreceptor (detección de la dirección y sentido del campo magnético) (Teixeira *et al.*, 2014). A mediados del siglo XVIII se inició las investigaciones en Escocia, en función al efecto que producía los campos electromagnéticos sobre las plantaciones de mirto (*Myrtus communis*), generando mayor crecimiento y florecimiento en las plantas tratadas (Vásquez *et al.*, 2006).

Se desarrollaron estudios de campos magnéticos a cargo de Savostin donde observo una mayor elongación de las plantas de trigo (*Triticum spp*). Luego se corroboró un efecto estimulante como tratamiento para semillas con bajo poder germinativo, en cambio en plantas de cebolla (*Allium cepa*) y arroz (*Oryza sativa*), se obtuvo un aumento de las cantidades de pigmentos fotosintéticos y de los contenidos de hidratos de carbono (Martínez *et al.*, 2003).

Posteriormente se desarrolló pruebas de campo magnético con una intensidad de 6 mt (Militeslas), en cultivos como habas (*Vicia faba*), tomate (*Lycopersicon esculentum* P. Mill.), maíz (*Zea mays*), obteniéndose un incremento en el desarrollo foliar y generando mayores rendimientos en los cultivos estudiados (Vásquez *et al.*, 2006).

Aunque el uso de esta tecnología ha dado buenos resultados en el incremento de las producciones agrícolas y el uso eficiente del agua. En algunos casos no sea podido demostrar un efecto significativo. Debiendo revisar las condiciones por las cuales se presentan los efectos, para poder realizar una recomendación en la aplicación de la magnetización del agua (Azimi *et al.*, 2014).

Esta tecnología se ha usado en la agricultura, la construcción, la industria. Las aplicaciones se basan en los cambios físicos y químicos que experimentan las materias usadas. Es una tecnología que ayudará a reducir los consumos de energía y las emisiones de contaminantes al ambiente (Wang *et al.*, 2018).

## **2.2 Dispositivo de tratamiento magnético**

Los imanes son una aleación de diferentes metales, poseen dos polos opuestos, el polo norte (N) y el polo sur (S), realizando una atracción entre los dos polos. En las condiciones de atracción del imán se crea el llamado campo magnético o también denominado inducción magnética. La intensidad de la inducción magnética puede ser medida por las unidades Tesla (T) y Gauss (G) (Garibello, 2012).

Los dispositivos de tratamiento magnético se instalan de dos formas: A) Los dispositivos invasivos (fabricados en forma similar a una tubería), se necesita eliminar parte de la tubería de riego instalada en campo, debido a que tiene mayores dimensiones externas con relación a la tubería, sin embargo, internamente tiene las mismas dimensiones. B) Los dispositivos no invasivos se instalan alrededor de la tubería de riego por lo cual no es necesario realizar modificaciones al sistema de riego. (Ali *et al.*, 2014).

El agua tratada magnéticamente se obtiene al pasar el agua de riego a través de electroimanes (flujo de una corriente eléctrica) o imanes que están instalados sobre la tubería del sistema de riego (Khoshravesh *et al.*, 2011). El tiempo de exposición depende de su flujo dentro de las tuberías de los diferentes sistemas de riego, en el caso del riego por goteo el agua estará en contacto con el dispositivo en un intervalo de uno a tres segundos (Patil, 2014).

## **2.3 Efectos de la magnetización en el agua de riego**

El agua en condiciones normales posee moléculas caóticas y sueltas, predisponiendo transportes de sustancias contaminantes y toxinas, al interior de cada molécula (Ali *et al.*, 2014). Su estructura química es dos electrones de hidrógeno y un electrón de oxígeno en enlaces covalentes, formando un ángulo de 105 °. Por este fenómeno se pueden atraer unas moléculas a otras (Ahmed, 2009).

Al recurso hídrico es considera como un imán por tener polos con cargas diferentes, a estas diferencias se las conoce como polaridad. Pudiendo ser más afín a la polaridad de los compuestos orgánicos de las plantas (Dalal, 2006). Las moléculas de agua de riego van organizándose cuando son sometidas a un campo magnético, reduciéndose el ángulo de formación. Por consiguiente, cada molécula va a estar más cercana de la otra (Reddy *et al.*, 2014).

Además, se debilita los enlaces de hidrógeno dentro de los clústeres (Acumulación de moléculas de agua), rompiendo los más grandes, formando más pequeños y fuertes (Hassan *et al.*, 2017). Cada clúster tiene una estructura hexagonal (seis moléculas) organizadas simétricamente; logrando ingresar fácilmente por las membranas celulares de animales y plantas (Ali *et al.*, 2014).

Un aumento en la intensidad del campo magnético, ayuda a elevar la cantidad de enlaces de hidrógeno en un 0,34 %, mejorando la capacidad de conexión de cada molécula (Esmailnezhad *et al.*, 2017). Con un campo magnético de 50 mt (Militeslas), se va a afectar las propiedades fisicoquímicas del agua (Dhawi, 2014). Logrando reducir la tensión superficial y aumentando la viscosidad (Nakhaei *et al.*, 2017). El efecto biológico del agua de riego tratada magnéticamente depende de la intensidad y el tiempo en que se encuentra expuesta.

La tensión superficial del agua hace que la superficie de ésta sea impenetrable para objetos con pesos muy pequeños, esto se debe a las fuerzas cohesivas de las partículas. Hassan, (2015), demostró en experimentos que existe una disminución del 8 % en la tensión superficial del agua cuando aplicamos campos magnéticos. Además de resultados variables en la reducción del pH del agua, los valores van desde 0,4, 0,5, 0,6, 0,7 sin embargo, alargar el tiempo de magnetización afecta en el incremento de una (1) unidad de pH.

Las variaciones del campo magnético pueden ir en aumento o en tal caso reduciendo lo cual es motivo de la ejecución de investigaciones para encontrar el tiempo ideal de exposición del agua de riego que eleve los índices de las características agronómicas de cada cultivo a tratar, mejorando con el fin de abastecer de información para el avance de la agricultura (Al-Ogaidi *et al.*, 2017).

Cuando el agua de riego es sometida a cargas magnéticas, se producen modificaciones de la viscosidad y la tensión superficial alterándose la conductividad eléctrica, esto aumenta las concentraciones de oxígeno que promueve la actividad biológica de los microorganismos para generar la descomposición de materia orgánica presente en el agua, acortando los tiempos en relación a los tratamientos tradicionales (Alfonso *et al.*, 2009).

Investigaciones realizadas en países enfocados a la utilización de imanes en los sistemas de riego, presentan resultados alentadores en cuanto a desarrollo, absorción de nutrientes, rendimientos de los cultivos, mejorando las características del suelo mediante la disolución de sales, ayudando a evitar los trastornos que sufren las plantas por estrés hídrico debido a que la humedad se mantiene por más tiempo en el suelo (Samanez, 2016).

Los tratamientos magnéticos de agua de riego son económicos y fáciles de instalar. La intensidad de los campos magnéticos debe ser mayor a 800 G (Gauss), para tener diferencias en los tratamientos los imanes deben estar alrededor de la tubería o en su proximidad al agua de riego (Martínez *et al.*, 2003).

La magnetización ha logrado purificar las aguas residuales influyendo en la degradación de las sustancias orgánicas, eliminando contaminantes y residuos industriales, la cual luego de este proceso se puede reutilizar en la agricultura (Liu *et al.*, 2011).

Mediante el uso del sistema de riego por método de goteo, se ha logrado evaluar la función del agua magnetizada en la distribución de la humedad en el suelo. Concluyendo que se puede reducir los intervalos de riego, debido a que el agua permanece por mayor tiempo en el suelo, de esta forma el agua se puede destinar a otros sitios o en su caso lograr regar una mayor área de terreno (Khoshravesh *et al.*, 2011).

Se debe tener en cuenta que la salinidad presente en el agua de riego puede taponar los emisores de las cintas de goteo. Mediante el uso de los imanes se puede reducir y prevenir los taponamientos, alargando la vida útil de los materiales y equipos que se instalan para el funcionamiento del sistema de riego (Sahin *et al.*, 2012).

#### **2.4 Efectos de la magnetización en las plantas y animales**

Los excelentes efectos de la aplicación del campo magnético, sobre la biosíntesis de proteínas, contenidos de ácidos nucleicos, actividades fotoquímicas como también reducción en los periodos de desarrollo de las plantas, son considerados como una alternativa y frecuentemente usados en la agricultura de precisión (Fung *et al.*, 2010).

En las células vegetales se encuentran las acuaporinas, las cuales tiene como función permitir el acceso del agua, regulación del volumen y participan en la elongación celular, estas actividades pueden estar coordinadas por señales moleculares, que condicionaran sus estímulos una de estas señales puede ser la luz solar que condiciona la cantidad de agua existente en las plantas (Medeiros *et al.*, 2014).

En base a este criterio científico se puede suponer que el efecto del campo magnético en el agua de riego puede estar condicionando un estímulo que incremente la longitud y diámetro del tallo, permitiendo la apertura de estomas debido a una alongación celular, e iniciando la transpiración que es el proceso fisiológico de metabolismo por parte de la planta (Medeiros *et al.*, 2014).

La permeabilidad de las membranas se ve comprometida dando una mayor captación y acumulación de macro y micro nutrientes. Un aumento en las actividades de las reacciones químicas, enzimáticas y en la respiración (Stange *et al.*, 2002). Por ejemplo, las plantas de guisantes (*Pisum sativum* L.), produjeron una mayor captación de calcio en las células radiculares. Este mineral es fundamental en los factores de respuesta al estrés y de procesos de crecimiento para las plantas (Belyavskaya, 2004).

Además, este efecto genera un aumento de energía que ayuda a mantener y acelerar las actividades fisiológicas de las plantas (Dicu y Pirsan, 2014). Sin embargo, se está produciendo indirectamente un estrés abiótico, para el cual en respuesta se produce un aumento en la producción de aminoácidos y pigmentos fotosintéticos (Anand *et al.*, 2012).

Se produce un ajuste en la presión osmótica e induce la absorción del agua, lo cual, genera un aumento de la biomasa, en cuanto a los compuestos producidos ayudaran a proteger los órganos de las plantas (Herrera *et al.*, 2012).

Las semillas de uso agrícola al no tener un tratamiento físico son susceptibles a factores como a) deterioro influenciado por la edad fisiológica, b) procesos que se sufren internamente y c) factores ambientales. Los cuales terminan reduciendo la capacidad germinativa (Marcos-Filho, 2015). Por estas razones se usan muchos tratamientos químicos antes de la siembra a fin de garantizar la germinación, lo cual, si está en exceso puede terminar deteriorando los tejidos, del mismo modo la química del suelo (Asghar *et al.*, 2017).

Sin embargo, cuando se usa un tratamiento físico como la inducción magnética se puede crear condiciones favorables para obtener un mayor porcentaje de germinación y demás procesos fisiológicos de las plantas ya establecidas al campo (Đukić *et al.*, 2017).

Obteniendo como resultado un establecimiento exitoso y confiable de los cultivos, estos van a soportar los efectos de los cambios climáticos, mantener una eficiencia en la absorción de nutrientes del suelo y elevar los rendimientos (Finch *et al.*, 2016). Las raíces incrementan su desarrollo, debido a una activación de la síntesis de proteínas y a cambios a nivel celular, que generan un aumento en la viabilidad, organización y diferenciación celular (Dhawi, 2014).

Los cultivos incrementan su desarrollo lográndose una mayor competencia contra las malezas (Palmqvist *et al.*, 2017). Estos factores pueden estar relacionados a una mayor absorción de nutrientes como a un aumento en el movimiento intracelular (Khattab *et al.*, 2014). La influencia en las plantas se debe a un crecimiento acelerado de sus raíces. Además, se ha descubierto la sensibilidad de las mitocondrias ante la inducción magnética, generándose un aumento en el crecimiento, con relación al tamaño y volumen (Maheshwari y Grewal, 2009).

Los costos de las producciones agrícolas se reducen, debido a un aumento en el crecimiento vegetativo, madurez temprana, mayor rendimiento, mejor calidad de los cultivos y el uso eficiente de los fertilizantes (Amer *et al.*, 2014; Swelam *et al.*, 2017). Se han demostrado efectos similares a los producidos por la hormona auxina en las raíces y en maduración de frutos de las plantas (Samuelsson, 2015). Al mismo tiempo se puede estar estimulando la actividad fotosintética, el sistema de defensa de las plantas y la reducción del estrés hídrico (Yusuf y Ogunlela, 2015).

La exposición de 30 y 60 min pueden generar diferentes resultados, en el crecimiento del tallo y de la raíz del cultivo del arroz. Siendo muy beneficioso a los 30 min de exposición. Sin embargo, cuando se usa la polaridad (norte-sur) de los imanes en semillas de mostaza, se logra obtener una mayor longitud de las plantas, mayor número de brotes y mayor rendimiento (Martínez *et al.*, 2003).

La respuesta del cultivos de girasol (*Helianthus annuus*), al suministro de agua de riego con inducción magnética es aceptable, donde la longitud de la planta se incrementa en un 4,7 a 5,3 %, el peso seco de las raíces en 4,8 a 7,5 % y el rendimiento genera un aumento en un 44 % (Yahya y Abdul, 2017).

Del mismo modo en suelos arenosos poco fértiles se evaluaron los efectos del agua tratada magnéticamente con equipos de la compañía Magnetic Technologies, en cultivos de haba (*Vicia faba*), obteniendo buenos resultados en el incremento de numero de semillas cosechadas, la mejora del valor nutricional y la reducción de las frecuencias de riego (Hozayn *et al.*, 2013).

El cultivo de trigo (*Triticum aestivum*), experimentó un aumento en los niveles de pigmentos fotosintéticos, que son componentes necesarios para el valor nutricional (N, P, Ca, Mg, Fe), las cantidades de aminoácidos esenciales y aminoácidos totales en los granos cosechados y por consiguiente un mayor rendimiento. Considerando a esta tecnología como una alternativa para aumentar los rendimientos de los cultivos y las posibilidades de ahorrar agua, que será necesaria a futuro (Hozayn *et al.*, 2016).

En ensayos de exposición de semillas a campos magnéticos de 0,125 y 0,250 T (Teslas), a diferentes tiempos de exposición, se ha demostrado que existe un aumento en la velocidad de la germinación y en el número de semillas germinadas, además en los ensayos de crecimiento se identifican mayores longitudes y pesos. De estos ensayos se puede concluir que los campos magnéticos podrían ser usados como agentes estimulantes para la gran variedad de semillas de interés económico (Martínez *et al.*, 2003).

## **2.5 Efectos de la magnetización en el suelo**

Los campos magnéticos estimulan y aceleran la acción de los microorganismos benéficos del suelo; rehabilitando suelos afectados por la salinidad, mediante un proceso químico y biológico. Además de usarse para acelerar la descomposición química de distintas materias orgánicas (Zúñiga *et al.*, 2016). El suelo contiene la mayoría de nutrientes necesarios para las plantas, sin embargo, algunos de los nutrientes son imposibles de asimilar y se encuentran adheridos a partículas del suelo, con la aplicación de los campos magnéticos en el agua de riego, se ha logrado una mayor disponibilidad de los nutrientes en relación al uso de agua convencional (Generoso *et al.*, 2017).

La aplicación de campos magnéticos de 1500 y 3500 G (Gauss) en un tiempo de duración de 15 a 30 minutos, produce un acelerado proceso de agregación de partículas en el suelo favoreciendo el crecimiento de las plantas de interés comercial (Martínez *et al.*, 2003).

Así mismo, el uso del agua magnetizada aumenta las cantidades de los nutrientes potasio, fósforo y zinc, sin embargo, evita que los metales pesados (níquel y plomo), cercanos al área radicular de los cultivos, sean absorbidos por las raíces y depositados en los frutos (Hilal *et al.*, 2013).

Khoshravesh *et al.* (2011), usaron agua subterránea que contenía distintos grados de carbonato de calcio, para irrigar suelos semiáridos usando el método de goteo y con inducción magnética, se midió la humedad a los días 1, 2 y 3 después del riego. Los resultados demostraron que las frecuencias de riego se debían reducir debido a que el agua se mantenía con mayor constancia a diferencia de la utilización del agua subterránea normal.

## **2.6 Cultivo de pepinillo**

El pepinillo (*Cucumis sativus L.*), es una planta de tipo anual, de porte herbáceo y semillas dicotiledóneas, es originaria de las regiones tropicales del sur de Asia (Arévalo, 2016).

### **2.6.1 Clasificación taxonómica**

Maca (2002) citado en Ruiz (2016), reporta la siguiente clasificación taxonómica.

**Reino:** Plantae.

**Sub. Reino:** Tracheobionta.

**Súper división:** Spermatophyta.

**División:** Magnoliophyta.

**Clase:** Magnoliopsida (Dicotiledónea).

**Sub. Clase:** Dilleniidae.

**Orden:** Violales.

**Familia:** Cucurbitaceae.

**Género:** *Cucumis*.

**Especie:** *Sativus*

**Nombre Científico:** *Cucumis sativus L.*

**Nombre común:** Pepino de ensalada, pepino, pepinillo, alpicoz, cetriolo, gurke, cohombro.

### 2.6.2 Generalidades del cultivo

El pepinillo (*Cucumis sativus L.*), es cultivado en distintos tipos de climas y de suelos en todo el mundo, el interés está enfocado en factores como su precocidad a la cosecha, el alto valor nutritivo que poseen los frutos, es usado frecuentemente en cambios de hábitos alimenticios por parte de los consumidores (Acosta, 2016; Reyes *et al.*, 2017). El alto índice de consumo del fruto, en fresco, ensaladas e industrializado, representa una alternativa de producción para los agricultores y oportunidades de mercado (Cortés *et al.*, 2011).

De acuerdo al Censo Agropecuario Nacional (2000), citado en Usiña y Usiña (2010), el cultivo de pepinillo (*Cucumis sativus L.*), se ha implementado en 72,18 hectáreas con un número de 308,7 UPAs (unión de pequeños agricultores). De las cuales, Tungurahua tiene un 39 % de las superficies cosechadas y el número de 211,61 UPAs en monocultivo. Los cultivos se localizan en los valles bajos de las provincias de la sierra Azuay, Carchi, Chimborazo, Imbabura, Loja, Pichincha y Tungurahua y en la costa Guayas, Los Ríos y Manabí. Los procesos industriales para encurtir el pepinillo se realiza en empresas localizadas en la costa ecuatoriana (Cedeño y Guzmán, 2008).

Posee un desarrollo rápido desde la siembra hasta la cosecha, sin embargo la temperatura ambiental puede influir en alargar o disminuir los días a la cosecha (Hoyos *et al.*, 2012). La producción se realiza tanto en campo abierto como en invernaderos, los rendimientos van de 20 a 40 t/ha, los agricultores se desplazan a comercializar en comisariatos y supermercados (Quinchiguango, 2017). Es cultivado en épocas secas (con riego) y en lluviosas, a fin de mantener las ofertas en el mercado local, como también para la exportación. Programándose las siembras para estar cosechando en fechas donde los precios se mantienen elevados (Arias, 2007).

Los tipos de suelo óptimos para el cultivo van desde los arenosos hasta los franco – arcillosos (Zeas, 2016). Con una estructura suelta, suficiente materia orgánica y con buen drenaje. Se adapta a pH de 5,5 a 6,8 e incluso a 7,5. Es resistente levemente a la salinidad y se recomienda evitar suelos con pH menores a 5,5 (Ruiz, 2016). La línea de siembra depende del sistema de riego a usar. Si se riega por el método de goteo, la línea de siembra estará a la par de la línea de goteo para garantizar el suministro de agua en la zona radicular de las plantas (Casaca, 2005).

Los frutos son cosechados generalmente en estados inmaduros, antes de que se forme un material gelatinoso alrededor de la semilla. El color del epicarpio va desde verde oscuro hasta amarillo, los frutos deben poseer características de firmeza, brillo y color verde oscuro los cuales son los estados prematuros deseados (Elizabeth, 2015).

La madurez comercial puede ser distintos tamaños, fluctuando tamaños de 20 a 30 cm de largo y de 3 a 6 cm de diámetro, en cambio los frutos para encurtir tienen dimensiones más pequeñas (Elizabeth, 2015). Del fruto el 90 % es parte comestible, además es rico en fósforo, calcio, vitaminas y proteínas. Se encuentra ligado a las dietas alimenticias, siendo necesario desarrollar tecnologías que mejoren sus procesos de producción (Castillo, 2016). Además, la fruta posee un 95 % de agua y bajo valor calórico. Útil para las personas que desean reducir su peso (Flores, 2015).

### 2.6.3 Etapas fenológicas del pepinillo (*Cucumis sativus* L.)

Son generalmente cortas pero pueden ser afectadas por factores como los efectos de las condiciones edafoclimáticas de las zonas de siembra, condiciones de las variedades usadas y por el tipo de manejo agronómico que se realice durante el desarrollo del cultivo (Aguirre, 2017).

**Tabla 1**

*Etapas fenológicas del cultivo de pepinillo (*Cucumis sativus* L.)*

Estado fenológico	Días después de la siembra	Coefficiente de cultivo (Kc)
Emergencia	4 - 6	0,45
Inicio de emisión de guías	16 - 25	0,70
Inicio de floración	35 - 42	0,90
Inicio de cosecha	53 - 60	0,75
Fin de cosecha	110 - 120	0,75

**Fuente:** Castillo, (2016) adaptado por el autor

### 2.6.4 Requerimientos nutricionales

De acuerdo con Coveña (2015), en las plantaciones de pepinillo se usan cultivares de polinización abierta. Sin embargo, las casas comerciales han invertido en mejoramientos genéticos, incursionando en los híbridos.

Para obtener una producción de 35 t/ha. El cultivo extrae del suelo una cantidad de 128 kg/ha de nitrógeno, 24 kg/ha de fósforo, 99 kg/ha de potasio, 28 kg/ha de calcio, 6,3 kg/ha de magnesio (Coveña, 2015).

## **2.7 Sistema de riego localizado**

El uso de sistemas de riego localizado contribuye a dar un buen manejo del agua, elevando las eficiencias debido a que con la aplicación de pequeñas cantidades de agua se puede lograr un incremento de las producciones agrícolas (Rogério *et al.*, 2015). El agua se suministra de forma controlada; alrededor de la zona radicular de los cultivos (Aviña, 2015).

A menudo el costo de instalación es alto, pero tiende a compensarse con la reducción de los costos de mano de obra para operar. Además, se necesita de bajas cantidades de agua por hectárea, obteniendo una mayor uniformidad de distribución para cultivos de ciclo corto (Aviña, 2015). Además, es importante la determinación de las necesidades hídricas del cultivo antes del establecimiento, de este modo se conocerá el volumen de agua necesario que tiene que aportar el sistema de riego, de igual forma el área que se podrá cultivar sin restringir el suministro de agua (Martínez, 2004).

### **2.7.1 Método de goteo**

El agua es distribuida por un sistema de tuberías laterales, que consiste en una serie de cintas o mangueras provistas de goteros a distancias específicas, que se distribuyen a lo largo de las hileras y las camas (Aviña, 2015). Cada uno de los goteros posee la capacidad de disipar la energía, ejercida por el agua y generar un caudal. Esta característica es necesaria al momento de realizar una instalación (Ascencios, 2012).

La flexibilidad de adaptar los sistemas de riego por método de goteo a pequeñas, medianas y grandes áreas de terreno, hace que el sistema tenga mayor importancia frente a los demás sistemas de riego conocidos. Evidenciándose la necesidad de realizar mejoras en los diseños y en los manejos, con el fin de obtener mayor rentabilidad (Rogério *et al.*, 2015).

Comparando con el método de riego por gravedad, no necesita la aplicación de un exceso en la cantidad de agua aplicada en una zona de la parcela para compensar la humedad en otra zona (Shock y Welch, 2013).

## CAPITULO III

### 3 MATERIALES Y MÉTODOS.

#### 3.1 Materiales

##### Físicos

- ✓ Azadón
- ✓ Motocultor
- ✓ Pala plana
- ✓ Pala hoyadora
- ✓ Rastrillo
- ✓ Pico
- ✓ Machete
- ✓ Cinta métrica
- ✓ Segueta
- ✓ Martillo
- ✓ Estacas de madera
- ✓ Alambre de púas
- ✓ Carrizo
- ✓ Alambre de tutoreo
- ✓ Bomba de fumigar
- ✓ Pabilo de amarrar
- ✓ Barra
- ✓ Rótulos de madera
- ✓ Cámara fotográfica
- ✓ Libreta de campo
- ✓ Mangueras
- ✓ Tubos
- ✓ Pegamento
- ✓ Goteros de 4 l/h
- ✓ Válvulas
- ✓ Conector manguera

##### Químicos

- ✓ Insecticidas
- ✓ Funguicidas
- ✓ Fertilizantes foliares
- ✓ Fertilizantes granulados

##### Biológicos

- ✓ Plántulas de pepinillo

##### Equipos de Laboratorio

- ✓ Conductímetro
- ✓ pH-metro
- ✓ Balanza digital
- ✓ Calibrador

##### Programas de análisis

- ✓ CROPWAT Software de riego
- ✓ R- studio programa estadístico

## 3.2 METODOLOGÍA

### 3.2.1 Ubicación del área de estudio

La investigación se ejecutó en los predios de la Granja Experimental de la Escuela de Ciencias Agrícolas y Ambientales (ECAA) La Victoria. Como se detalla en la tabla 2.

**Tabla 2**  
*Ubicación y climatología del área de estudio*

<b>UBICACIÓN POLÍTICA</b>	
Provincia	Imbabura
Cantón	Ibarra
Parroquia	San Francisco
Sector	La Victoria
<b>UBICACIÓN GEOGRÁFICA</b>	
Latitud	N 00°21'50"
Longitud	W 78°15'40"
Altitud	2220 m.s.n.m.
<b>CARÁCTERÍSTICAS AGROCLIMÁTICAS DEL LUGAR</b>	
Temperatura media anual	17 °C
Temperatura máxima mensual:	21 °C
Temperatura mínima mensual:	13 °C
Precipitación anual	866,4 mm
Humedad relativa	71 %

**Fuente:** Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología [INAMHI], (2018) adaptado por el autor

### 3.2.2 Diseño experimental

En la presente investigación se utilizó un diseño de bloques completamente al azar (DBCA), con cinco tratamientos y tres repeticiones por cada tratamiento, obteniéndose un total de 15 unidades experimentales. Además, se realizó la prueba de significancia de Tukey al 5 %.

Fisher (1960) citado por Mendiburu (2007), indica que en un diseño de bloques al azar aplicada a investigaciones en campo, las unidades experimentales se agrupan en bloques los cuales sean más homogéneas posibles, diferenciándose de las unidades experimentales agrupadas en otros bloques.

### 3.2.3 Descripción de los tratamientos

Se determinó la lámina y frecuencia de riego del cultivo mediante el uso del programa Cropwat 8.0 obteniéndose los siguientes tiempos de riego sin magnetización: 13 min para la fase fenológica 1 del cultivo, 21 min para la fase 2, 27 min para la fase 3 y 23 min para la fase 4.

Para el cálculo de la frecuencia de riego magnetizada se tomó en cuenta los tiempos de riego calculados con el programa, considerándolos como el 100 %, esto se constituye como base para el cálculo de los porcentajes de magnetización del agua de riego, los cuales se investigaron en el presente estudio. Los tratamientos se exponen en las siguientes tablas 3,4,5,6.

**Tabla 3**

*Tiempos de magnetización del agua de riego según fase fenológica 1 por tratamiento*

Fase fenológica	Kc	Lámina de riego (mm/día)	Frecuencia de riego (min)	Tratamientos	Riego con agua magnetizada	Riego con agua sin magnetizar	Total de la frecuencia de riego
I	0,45	2,85	13	T1 (100%)	13	0	13
I	0,45	2,85	13	T2 (75%)	10	3	13
I	0,45	2,85	13	T3 (50%)	6,5	6,5	13
I	0,45	2,85	13	T4 (25%)	3	10	13
I	0,45	2,85	13	T5 (0%)	0	13	13

*Nota:* Kc = Coeficiente de cultivo extraído del manual 56 FAO. Fuente FAO, (2006) adaptado por el autor

**Tabla 4**

*Tiempos de magnetización del agua de riego según fase fenológica 2 por tratamiento*

Fase fenológica	Kc	Lámina de riego (mm/día)	Frecuencia de riego (min)	Tratamientos	Riego con agua magnetizada	Riego con agua sin magnetizar	Total de la frecuencia de riego
II	0,70	3,34	21	T1 (100%)	21	0	21
II	0,70	3,34	21	T2 (75%)	16	5	21
II	0,70	3,34	21	T3 (50%)	10,5	10,5	21
II	0,70	3,34	21	T4 (25%)	5	16	21
II	0,70	3,34	21	T5 (0%)	0	21	21

*Nota:* Kc = Coeficiente de cultivo extraído del manual 56 FAO. Fuente FAO, (2006) adaptado por el autor

**Tabla 5***Tiempos de magnetización del agua de riego según fase fenológica 3 por tratamiento*

Fase fenológica	Kc	Lámina de riego (mm/día)	Frecuencia de riego (min)	Tratamientos	Riego con agua magnetizada	Riego con agua sin magnetizar	Total de la frecuencia de riego
III	0,90	5,70	27	T1 (100%)	27	0	27
III	0,90	5,70	27	T2 (75%)	20	7	27
III	0,90	5,70	27	T3 (50%)	13,5	13,5	27
III	0,90	5,70	27	T4 (25%)	7	20	27
III	0,90	5,70	27	T5 (0%)	0	27	27

*Nota:* Kc = Coeficiente de cultivo extraído del manual 56 FAO. Fuente FAO, (2006) adaptado por el autor

**Tabla 6***Tiempos de magnetización del agua de riego según fase fenológica 4 por tratamiento*

Fase fenológica	Kc	Lámina de riego (mm/día)	Frecuencia de riego (min)	Tratamientos	Riego con agua magnetizada	Riego con agua sin magnetizar	Total de la frecuencia de riego
IV	0,75	4,75	23	T1 (100%)	23	0	23
IV	0,75	4,75	23	T2 (75%)	17	6	23
IV	0,75	4,75	23	T3 (50%)	11,5	11,5	23
IV	0,75	4,75	23	T4 (25%)	6	17	23
IV	0,75	4,75	23	T5 (0%)	0	23	23

*Nota:* Kc = Coeficiente de cultivo extraído del manual 56 FAO. Fuente FAO, (2006) adaptado por el autor

### 3.2.4 Esquema del análisis de varianza

**Tabla 7***Esquema del análisis de varianza*

Fuentes de variación	Grado de libertad
Total	14
Tratamientos	4
Error experimental	10

**Fuente:** El autor

### 3.2.5 Unidades experimentales

Las unidades experimentales midieron 3,5 m x 3,5 m, y fueron establecidas en campo en uno de los lotes de la Granja Experimental ECAA, en cada una de las unidades experimentales se instaló un sistema de riego localizado por método de goteo.

En cada unidad experimental se plantó 32 plantines de pepinillo Jaguar, de 15 días de crecimiento vegetativo, con una altura promedio de 6,3 cm y un diámetro de tallo de 0,03cm. Conforme se detalla en la tabla 8.

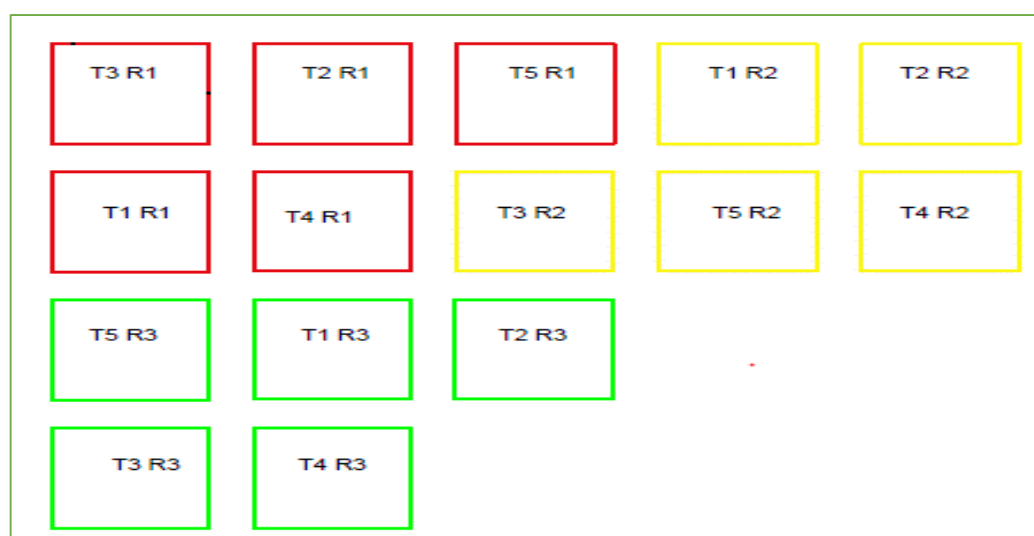
**Tabla 8**

*Características de las unidades experimentales*

Descripción	Medidas
Total unidades experimentales	15
Forma	Rectangular
Tamaño de la parcela	12,25 m <sup>2</sup> (3,5 m x 3,5 m)
Área útil de la parcela (Parcela neta)	9,69 m <sup>2</sup>
Área de borde (Efecto borde)	2,56 m <sup>2</sup>
Población total en las 15 parcelas	480 plantas
Distancia de siembra	0,40 m x 0,80 m
Numero de surcos por parcela	4
Número de plantas por parcela	32
Separación entre parcelas	1 m
Separación entre bloques	1 m
Área total del ensayo	684 m <sup>2</sup>

**Nota:** Fuente El autor. Para el análisis de los datos de las variables dependientes se seleccionó 6 plantas de la segunda y tercera hilera, dado un total de 12 plantas, que corresponden a la parcela útil de cada unidad experimental.

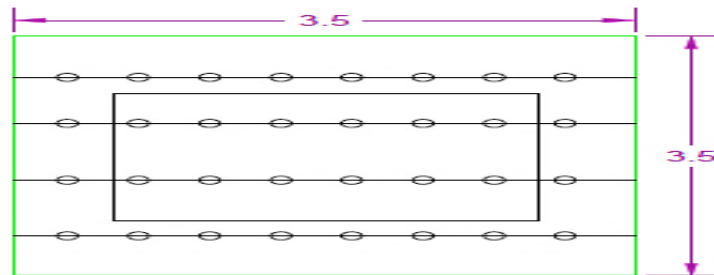
### 3.2.6 Distribución de las unidades experimentales



**Figura 1** Distribución de las unidades experimentales

**Fuente:** El autor

### 3.2.7 Diseño del área útil de la unidad experimental (parcela)



**Figura 2** Diseño del área útil de la unidad experimental (parcela)

**Fuente:** El autor

### 3.2.8 Diseño del equipo de inducción magnética

El dispositivo magnético para el tratamiento del agua de riego, tiene un material de polietileno (plástico), que es sostenido por la tubería PVC para agua de riego que es material no magnético. En cada riego se procede a colocar el dispositivo que esta sellado por la parte exterior. El dispositivo no usa electricidad siendo amigable para el ambiente. Se elaboraron cuatro dispositivos con su respectiva numeración para los tratamientos en estudio.

El dispositivo tiene forma de cubo que contiene cuatro imanes N52 de neodimio, cada imán está colocado y sujetado por un tornillo de aluminio en cada pared del cubo. La realización del dispositivo se demuestra en el anexo 14.

### 3.2.9 Características de los imanes seleccionados para la investigación

Los imanes utilizados fueron de neodimio – hierro – boro de forma circular o de tipo arco cuyas dimensiones: 20 mm de largo, 3 mm de espesor, 5 mm de agujero, con una fuerza de sujeción de 3,4 kg y un recubierto de níquel. En la tabla 9 se especifica las características magnéticas.

**Tabla 9**

*Especificación técnica del imán de neodimio N52 (20\*3 mm de anillo avellanado con agujero de 5 mm)*

<b>Propiedades</b>	<b>Valor</b>
Calidad de magnetización	N52
Inducción Magnética o Densidad de Flujo magnético	1,42-1,47 (T) ↔ 14200 -14700 (G)
Coercividad* de densidad de flujo (bHv) <sup>1</sup>	10,8-12,5 (kOe) ↔ 860-995 (kA/m)
Coercividad intrínseca de polarización (iHc) <sup>2</sup>	≥12 (MGOe) ↔ 380-420 (kA/m)
Producto energético máximo <sup>3</sup>	48-53 (MGOe) ↔ 3180-334 (kJ/m <sup>3</sup> )
Temperatura de servicio máximo <sup>4</sup>	≤65 (°C)

\*Coercitividad (Hc), intensidad del campo necesario para desmagnetizar completamente un imán.

(1) Campo magnético Hc necesario para reducir a cero la inducción magnética B.

(2) Campo magnético Hc necesario para reducir a cero la magnetización M.

(3) Máx. energía magnética almacenada, producto de densidad de flujo B e intensidad del campo H (BxH).

(4) Temperatura máxima de exposición que puede resistir sin que se produzcan cambios estructurales o inestabilidades en sus propiedades. Si supera esta temperatura, perderá parte de su magnetización.

**Fuente:** Supermagnete, (2002) adaptado por el autor



**Figura 3** Imán de neodimio usado en la investigación

**Fuente:** el autor

### 3.3 Variables dependientes evaluadas

#### 3.3.1 Variables dependientes evaluadas en campo

Se evaluaron las siguientes variables dependientes:

##### 3.3.1.1 Altura de plantas (cm)

Se tomó en centímetros (cm) empleando un flexómetro, realizando la medición desde el cuello de la planta, hasta el último entrenudo desarrollado, Esta actividad de medición se realizó cada semana luego de realizado el trasplante.

### 3.3.1.2 Diámetro de tallo (cm)

Mediante el uso del vernier se realizaron las mediciones de las plantas seleccionadas colocando el equipo en la parte inferior (primer entrenudo) de la planta.

### 3.3.1.3 Mortalidad (Número de plantas)

En la libreta de campo se registraron las plantas muertas durante la duración de la investigación, para la determinación del porcentaje de mortalidad mediante la siguiente fórmula.

$$\% \text{ Mortalidad} = \frac{N^{\circ} \text{ plantas muertas}}{N^{\circ} \text{ plantas establecidas}} \times 100$$

### 3.3.1.4 Etapa fenológica (Días a la floración)

Se registró en el libro de campo los días que transcurrieron desde el día del trasplante hasta que emitieron el primer botón floral de las plantas establecidas.

### 3.3.1.5 Rendimiento del cultivo (t/ha)

Se realizó el pesaje de todos los frutos por unidad experimental, para luego extrapolar a toneladas por hectárea, tomando datos en cada cosecha realizada, desde el inicio de la cosecha.

$$R \left( \frac{t}{ha} \right) = \frac{\text{Peso} * \text{Parcela}}{\text{Área de la parcela (m}^2\text{)}} \times 10000 \text{ m}^2$$

## 3.3.2 Variables dependientes evaluadas en laboratorio

Se tomó muestras de agua dos veces por semana los días lunes y jueves, después de cada riego aplicado a cada unidad experimental, siendo la hora óptima establecida por la tarde. Utilizando tubos de ensayos con tapones de caucho, los cuales fueron etiquetados previamente de acuerdo a cada tratamiento.

### 3.3.2.1 Potencial de hidrógeno (pH)

Para medir el pH del agua de riego se utilizó un equipo de medición denominado potenciómetro que previamente fue calibrado para realizar las lecturas de las muestras recolectadas. colocando el equipo directamente sobre la muestra respectiva para su posterior tabulación de los datos.

### **3.3.2.2 Conductividad eléctrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )**

Se utilizó un equipo de medición llamado Conductímetro, previamente calibrado y realizando el mismo procedimiento señalado para la determinación del pH.

## **3.4 MANEJO DEL EXPERIMENTO**

### **3.4.1 Preparación de suelo**

Se seleccionó un terreno de topografía plana, con un grado de pendiente de 2 % con acceso al sistema de agua de riego presurizado de la Granja Experimental ECAA La Victoria, se tomó muestras de suelo del lote seleccionado para el análisis físico químico.

Las labores de preparación del suelo; arada, rastrada y nivelación se iniciaron con anticipación de 30 días, para controlar las malezas como también para acondicionar la estructura del suelo para la implementación del cultivo a experimentar.

### **3.4.2 Delimitación del área de investigación**

Se colocó una cerca alrededor del área de investigación, usando alambre de púas y postes de 2 m de largo con un diámetro de 15 cm para soporte, con el fin de evitar el ingreso de animales domésticos.

### **3.4.3 Trasplante**

La homogeneidad de las plántulas a utilizar en el experimento se constituyó como factor determinante por lo cual, se utilizaron plántulas de pepinillo (*Cucumis sativus* L.), variedad Jaguar, de la empresa Plántulas San Martín las cuales, se recibieron de 15 días después de la germinación con la presencia de una hoja principal.

Con el material vegetativo seleccionado, se procedió a trasplantar al sitio donde se ubican las unidades experimentales, las cuales estuvieron a capacidad de campo con una humedad promedio de 60%. El trasplante se lo realizó en las horas de menor influencia del sol, siendo estas desde 16:00 hasta las 18:00 horas para evitar el estrés hídrico de las plántulas.

#### **3.4.4 Densidad de siembra**

La distancia utilizada para el experimento entre hileras fue de 0,80 m y la distancia entre plántulas de 0,40 m, el número total de plántulas requeridas para el ensayo de investigación fue de 480, en cada unidad experimental se plantó 32 plántulas.

#### **3.4.5 Tutorado para las plantas**

Se utilizaron tutores de carrizo con una longitud de 2,50 m instalados a distancia de 3 m, el alambre N° 16 galvanizado, colocado a 2 m de altura sobre el tutor, para guiar las plántulas se utilizaron hilos de polipropileno, el cual sostuvo a la plántula desde su zona basal incrementando su tutorado según el crecimiento de la planta de acuerdo a su ciclo fenológico.

De acuerdo a Maya (2014), la finalidad de esta actividad es mantener la verticalidad de la planta y soporte del peso generado por el desarrollo de los frutos, antes y durante la cosecha.

#### **3.4.6 Riego**

La frecuencia del riego fue diaria desde el inicio hasta el final de la investigación. La lámina de riego aplicada depende del Kc y fenología, el cual para la primera etapa fenológica es de 2,85 mm/día (2,85 l/m<sup>2</sup>/día), para el suministro de la misma se empleó el método de riego por goteo con una eficiencia del 90 %. Se estableció que la aplicación del agua de riego sea en las horas de la tarde desde las 17:00 hasta las 18:00 horas. Siendo estas las horas recomendadas por diversos autores. El cálculo de la lámina de riego se puede identificar en el Anexo 1

#### **3.4.7 Fertilización**

De acuerdo a Casilimas *et al.* (2012), los requerimientos nutricionales para una producción de 35 a 45 t/ha se necesita de los siguientes nutrientes: 150 a 180 kg de Nitrógeno, 120 a 140 kg de Fosforo (P<sub>2</sub> O<sub>5</sub>) y 110 a 130 kg de Potasio (K<sub>2</sub> O). Mediante la obtención de los análisis de suelo ver (tabla 10), los requerimientos nutricionales (tabla 11) posteriormente se determinó la cantidad de nutriente a usarse (tabla 12).

**Tabla 10***Análisis de suelo lote 17*

<b>Nutriente</b>	<b>Cantidad</b>
pH	6,25 (H <sup>+</sup> )
Textura	Franco arenoso
Nitrógeno	31,18 ppm
Fósforo	88,13 ppm
Azufre	33,5 ppm
Potasio	1,01 meq/100 ml
Calcio	17,32 meq/100 ml
Magnesio	4,77 meq/100 ml
Zn	7,86 ppm
Cobre	4,71 ppm
Hierro	52,07 ppm
Manganeso	45,23 ppm
Boro	1,48 ppm

**Fuente:** Labonort, (2018) adaptado por el autor**Tabla 11***Requerimientos del cultivo de pepinillo y la eficiencia de los fertilizantes*

<b>Nutrientes</b>	<b>Requerimientos (kg/ha)</b>	<b>Eficiencia del fertilizante</b>
Nitrógeno	180	0,6
Fosforo	140	0,3
Potasio	130	0,6
Calcio	90	0,5
Magnesio	50	0,5

**Fuente:** Casilimas *et al.*, (2012) adaptado por el autor**Tabla 12***Dosis de fertilización*

<b>Fertilizante</b>	<b>Cantidad de fertilizante (kg/ha)</b>
Yaramila (19-09-19)	700
Urea (46-00-00)	189,52
Muriato de potasio (00-00-60)	48,36

**Fuente:** El autor

La fertilización se realizó de forma manual, primera fertilización a los 10 días después del trasplante, la siguiente a los 45 días y la final a los 60 días después de haber ejecutado el trasplante, a una distancia de 10 cm de las plantas y una profundidad de 5 cm, para que sea interceptada por las raíces (Casilimas *et al.*, 2012).

### 3.4.8 Control fitosanitario

El control de plagas y enfermedades se realizó de forma preventiva, desde el trasplante hasta el final de la cosecha. Usando una bomba de mochila debidamente calibrada, las fumigaciones se realizaron en las horas de baja intensidad lumínica. Los agroquímicos utilizados para el control de plagas y enfermedades se detallan en la tabla 13.

**Tabla 13**  
*Control de plagas y enfermedades*

Agroquímicos	Dosis por hectárea	Plagas y enfermedades
Lorsban	2 l	Gusano soldado ( <i>Spodoptera urticae</i> )
Actara	0,2 kg	Mosca blanca ( <i>Bemisia tabaci</i> )
Imidacloprid	1,5 l	Trips ( <i>Frankliniella occidentalis</i> )
Abamectina	0,8 l	Mosquita blanca ( <i>Bemisia tabaci</i> )
Macht	0,4 l	Pulgones ( <i>Aphis gossippi</i> y <i>Myzus persicae</i> ).
Mancozeb	2 kg	Tizón temprano ( <i>Alternaria solani</i> )
Acrobat	3 kg	Mildium veloso ( <i>Pseudoperonospora cubensis</i> )
Ridomil	1,5 kg	Antracnosis ( <i>Colletotrichum lagenariu</i> ).
Iprodione	1,5 kg	Mildium veloso ( <i>Pseudoperonospora cubensis</i> )

Fuente: El autor

### 3.4.9 Control de malezas

Se realizó labores de limpieza de malezas mediante el uso de herramientas manuales de labranza esto cada 15 a 20 días después del trasplante, con el fin de eliminar la competencia por nutrientes, luz, etc.

### 3.4.10 Cosecha

Se realizó cosechas semanales desde el momento que los frutos se encuentren en estado duro y con color verde intenso.

## CAPITULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4 Resultados

##### 4.1 Pruebas de normalidad y homogeneidad de la varianza

Luego de obtenidos los resultados se realizó las pruebas de normalidad de Shapiro – Wilk, obteniendo las *p value* de las variables dependientes de campo y de laboratorio, observándose que los datos obtenidos se encuentran distribuidos normalmente. Conjuntamente se realizó evaluaciones de la homogeneidad de la varianza mediante la prueba de Leven, obteniendo valores estadísticos F calculado, mayores a 0,05, que demuestran homogeneidad entre los valores.

**Tabla 14**

*Prueba de normalidad Shapiro Wilk y de la homogeneidad de la varianza*

Variable	N	Media	Desviación estándar	W*	<i>p - value</i>	Homogeneidad de la var. Valor F
<b>Campo</b>						
<b>Altura</b>						
Altura 28 Días	15	12,24	1,22	0,96	0,1024	0,9012
Altura 56 Días	15	62,62	4,92	0,91	0,5309	0,0729
Altura 84 Días	15	118,58	5,63	0,86	0,8309	0,1789
<b>Diámetro</b>						
Diámetro 28 Días	15	0,77	0,03	0,88	0,4404	0,0952
Diámetro 56 Días	15	0,95	0,07	0,88	0,0975	0,0549
Diámetro 84 Días	15	1,06	0,03	0,93	0,2796	0,3275
<b>Floración</b>						
Días Floración	15	38,43	1,27	0,91	0,5632	0,0943
<b>Rendimiento</b>						
Rendimiento (t/ha)	15	16,45	2,59	0,96	0,8059	0,7507
<b>Laboratorio</b>						
pH	15	6,64	0,23	0,89	0,1152	0,4356
Conductividad eléctrica	15	200,37	5,67	0,89	0,1259	0,3704

**Fuente:** El autor

## 4.2 Variables dependientes evaluadas en campo

### 4.2.1 Altura de plantas (cm)

#### 4.2.1.1 Altura de planta (cm) a los 28 días después del trasplante

La Tabla 15 análisis de varianza para altura de la planta de pepinillo (*Cucumis sativus L.*), a los 28 días después del trasplante, se observa que existe significancia estadística para los tratamientos, la variable altura posee un coeficiente de variación de 3,35 %, relativamente bajo, demostrando que los datos obtenidos del experimento no presentan mucha variabilidad.

El p-valor fue de  $0,0005 < 0,05$  lo que indica que existe diferencias altamente significativas entre tratamientos.

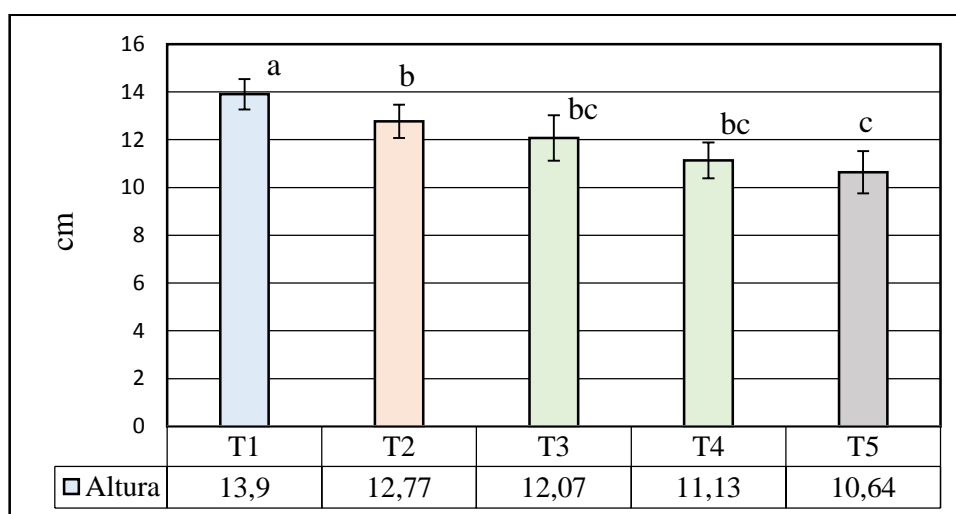
#### **Tabla 15**

*Análisis de varianza para altura de las plantas (cm) de pepinillo (*Cucumis sativus L.*) a los 28 días después del trasplante bajo tiempos de inducción magnética*

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Total	23,91	14			
Tratamiento	20,22	4	5,05	13,7	0,0005
Error	3,69	10	0,37		
CV	3,35 %				

*Nota:* Fuente El autor. FV= Fuentes de Variación, SC= Suma de Cuadrados, gl= Grados de Libertad, CM= Cuadrados Medios, CV= Coeficiente de variación.

Al realizar la prueba Tukey al 5 % (figura 4), se observa la existencia de cuatro rangos de significancia, en el cual el de mayor altura es el tratamiento 1 con 13,90 cm, mientras que, el de menor altura es el tratamiento 5 con 10,64 cm.



**Figura 4** Promedios de altura de las plantas (cm) de pepinillo (*Cucumis sativus* L.) a los 28 días después del trasplante bajo tiempos de inducción magnética

**Fuente:** El autor

Los datos reportados de los efectos de la inducción magnética del agua de riego en la investigación se relacionan a los datos reportados por Hozayn *et al.* (2010), en donde la altura de las plantas de lenteja irrigadas con agua magnetizada mostraron aumentos significativos en 21,75 cm en comparación con las plantas regadas con agua sin magnetizar. El parámetro de crecimiento se atribuye a cambios en las propiedades celulares, que afecta la biosíntesis de proteínas y la reproducción celular.

Lo anterior puede ser explicado mediante la investigación de Panagopoulos *et al.* (2002), en el cual demostraron la acción biológica del campo magnético sobre las células vegetales mediante un modelo biofísico. Dentro de las plantas en condiciones normales los iones libres se desplazan dentro y fuera de la célula vegetal condicionados por las membranas plasmáticas, cuando se aplica una fuerza externa y se va aumentando a tal punto de llegar a un valor crítico. Los iones darán falsas señales de alarma a los canales de cierre de las membranas desencadenando un desorden de funciones en la célula vegetal.

#### 4.2.1.2 Altura de planta (cm) a los 56 días después del trasplante

La Tabla 16 análisis de varianza para altura de la planta de pepinillo (*Cucumis sativus* L.), a los 56 días después del trasplante, se observa que existe significancia estadística para los tratamientos, la variable altura posee un coeficiente de variación de 5,96 %, relativamente bajo, demostrando que los datos obtenidos del experimento no presentan mucha variabilidad.

El p-valor fue de  $0,0461 < 0,05$  lo que indica que existe diferencias altamente significativas entre tratamientos.

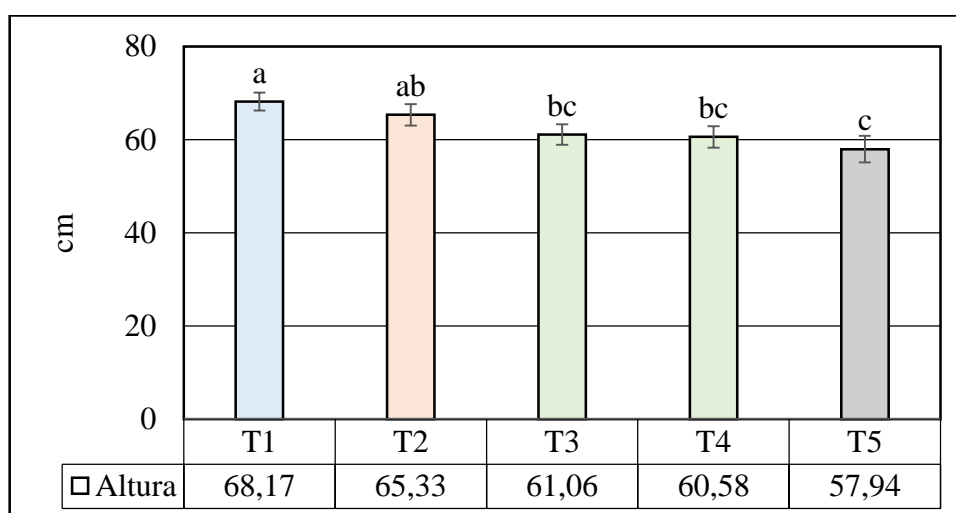
**Tabla 16**

*Análisis de varianza para altura de la planta (cm) de pepinillo (*Cucumis sativus* L.) a los 56 días después del trasplante bajo tiempos de inducción magnética*

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Total	338,97	14			
Tratamiento	199,77	4	49,94	3,59	0,0461
Error	139,19	10	13,92		
CV	5.96 %				

*Nota:* Fuente El autor. FV= Fuentes de Variación, SC= Suma de Cuadrados, gl= Grados de Libertad, CM= Cuadrados Medios, CV= Coeficiente de variación.

Al realizar la prueba Tukey al 5 % (figura 5), se observa la existencia de cuatro rangos de significancia, en el cual el de mayor altura es el tratamiento 1 con 68,17 cm, mientras que, el de menor altura es el tratamiento 5 con 57,94 cm.



**Figura 5** Promedios de altura de las plantas (cm) de pepinillo (*Cucumis sativus* L.) a los 56 días después del trasplante, bajo tiempos de inducción magnética

**Fuente:** El autor

En los datos reportados por Quiala (2010), indican que las plantas de pepinillo que fueron irrigadas con agua tratada magnéticamente crecieron un 27,45 cm más que los tratamientos con agua de riego sin tratar. En la investigación se detectó que las plantas de pepinillo alcanzaron 10,23 cm más que el tratamiento testigo (sin tratamiento).

Zúñiga *et al.* (2016), investigaron la influencia de los tiempos de exposición al campo magnético en cultivo de cúrcuma (*Curcuma longa* L.), concluyendo que la altura del cultivo fue influenciado con un tiempo de 30 minutos de exposición, obteniéndose un 44,9 % de mayor altura que los tratamientos de control.

El-Kholy *et al.* (2015), evaluaron los efectos del agua tratada magnéticamente y los niveles de fertilización en el cultivo de banano (*Musa sp.*), encontrando diferencias significativas en todas las variables evaluadas. Del mismo modo Patil (2014), demuestra en sus investigaciones que existe diferencia en las plantas de banano en cuanto a la altura, grosor del pseudo tallo, número de hojas funcionales, con diferencia de a los del control.

#### 4.2.1.3 Altura de planta (cm) a los 84 días después del trasplante

La Tabla 17 análisis de varianza para altura de la planta de pepinillo (*Cucumis sativus* L.), a los 84 días después del trasplante, se observa que existe significancia estadística para los tratamientos, la variable altura posee un coeficiente de variación de 3,44 %, relativamente bajo, demostrando que los datos obtenidos del experimento no presentan mucha variabilidad.

El p-valor fue de  $0,048 < 0,05$  lo que indica que existe diferencias altamente significativas entre tratamientos.

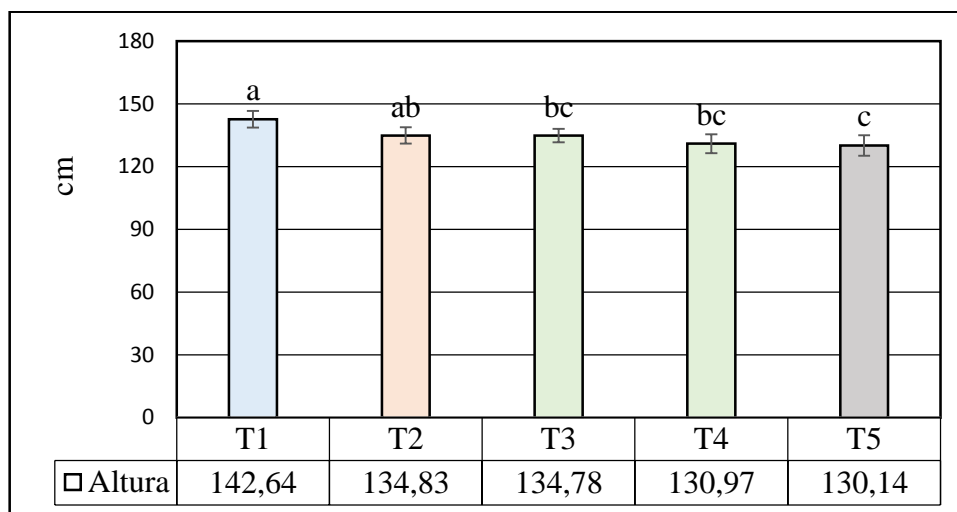
**Tabla 17**

*Análisis de varianza para altura de la planta (cm) de pepinillo (*Cucumis sativus* L.) a los 84 días después del trasplante bajo tiempos de inducción magnética*

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Total	521,02	14			
Tratamiento	304,76	4	76,19	3,52	0,048
Error	216,26	10	21,63		
CV	3,44%				

*Nota:* Fuente El autor. FV= Fuentes de Variación, SC= Suma de Cuadrados, gl= Grados de Libertad, CM= Cuadrados Medios, CV= Coeficiente de variación.

Al realizar la prueba Tukey al 5 % (figura 6), se observa la existencia de cuatro rangos de significancia, en el cual el de mayor altura es el tratamiento 1 con 142,62 cm, mientras que, el de menor altura es el tratamiento 5 con 130,14 cm.



**Figura 6** Promedios de altura de las plantas (cm) de pepinillo (*Cucumis sativus* L.) a los 84 días después del trasplante bajo tiempos de inducción magnética

**Fuente:** El autor

Los datos obtenidos en la investigación son similares a los reportados por Aguirre (2017), quien indica que en el cultivo de pepinillo se debe realizar un manejo agronómico desde el trasplante para obtener plantas más vigorosas y por ende a mayor altura de la planta mayor cantidad de frutos lo cual incrementara el rendimiento del cultivo.

De acuerdo a Pietruszewski (2011), el tratamiento magnético del agua de riego, ayuda a que las plantas tengan un crecimiento más acelerado del sistema radicular y mayores cantidades de clorofila en las hojas, esto favorecerá el ingreso de nutrientes conjuntamente con el recurso hídrico, los cuales son absorbido desde el suelo.

Del mismo modo De Souza *et al.* (1999), mencionan que el tratamiento magnético genera un aceleramiento en el crecimiento por parte de los cultivos, eso se debe a estímulos en el tejido empalizado, que es el encargado de los mecanismos del cierre y apertura estomática, además de una mayor capacidad fotosintética. Estos efectos generan una reducción en la perdida de agua por procesos fisiológicos de las plantas, manteniendo un abastecimiento hídrico interno necesario para el desarrollo de los cultivos.

## 4.2.2 Diámetro de tallo (cm)

### 4.2.2.1 Diámetro de tallo (cm) de las plantas a los 28 días después del trasplante

La Tabla 18 análisis de varianza para diámetro de tallo de las plantas de pepinillo (*Cucumis sativus* L.), a los 28 días después del trasplante, se observa que existe significancia estadística para los tratamientos, la variable diámetro de tallo posee un coeficiente de variación de 2,51 %, relativamente bajo, demostrando que los datos obtenidos del experimento no presentan mucha variabilidad.

El p-valor fue de  $0,003 < 0,05$  lo que indica que existe diferencias altamente significativas entre tratamientos.

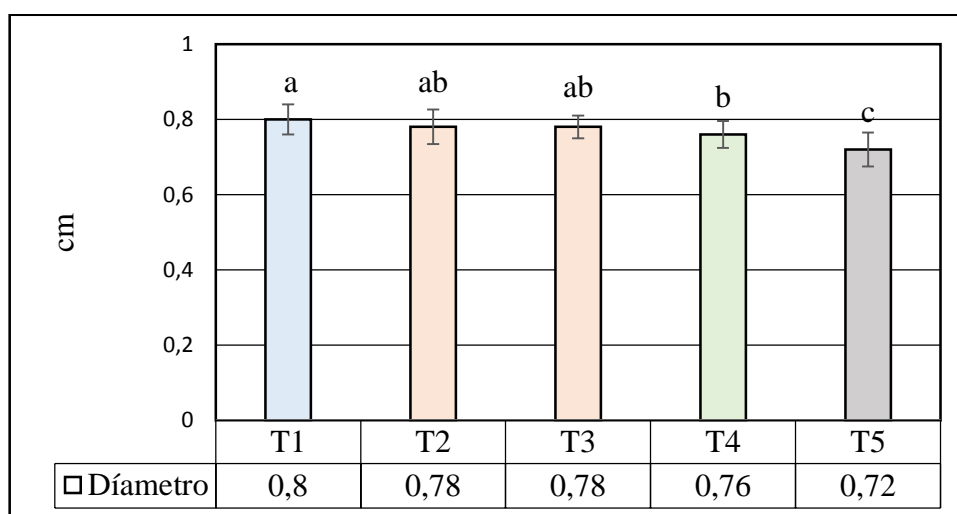
**Tabla 18**

*Análisis de varianza para diámetro de tallo (cm) de la planta de pepinillo (Cucumis sativus L.) a los 28 días después del trasplante bajo tiempos de inducción magnética*

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Total	0,02	14			
Tratamiento	0,01	4	0,00320	8,46	0,003
Error	0,0037	10	0,00037		
CV	2,51%				

*Nota:* Fuente El autor. FV= Fuentes de Variación, SC= Suma de Cuadrados, gl= Grados de Libertad, CM= Cuadrados Medios, CV= Coeficiente de variación.

Al realizar la prueba Tukey al 5 % (figura 7), se observa la existencia de cuatro rangos de significancia, en el cual el de mayor diámetro de tallo es el tratamiento 1 con 0,80 cm, mientras que, el de menor diámetro de tallo es el tratamiento 5 con 0,72 cm.



**Figura 7** Promedios de diámetro de tallo de las plantas (cm) de pepinillo (*Cucumis sativus* L.) a los 28 días después del trasplante bajo tiempos de inducción magnética

**Fuente:** El autor

Al analizar los datos de diámetro de tallo a los 28 días después del trasplante se evidencio que el tratamiento 1 con 0,8 cm se mantuvo un mejor resultado en relación a los demás tratamientos. Esos resultados se corroboran con los reportados por Montenegro (2018), quien indica que la utilización de una variedad, va a depender de su adaptabilidad a las condiciones de la zona. En su investigación el diámetro de tallo a los 15 días fue de 0,59 y 0,58 cm para los tratamientos 1 y 2 correspondientemente, mientras que el testigo obtuvo un diámetro de tallo de 0,46 cm.

Gutiérrez (2018), reporta que el tallo se va ensanchando como resultado de un aprovechamiento de los nutrientes presentes en el suelo por efecto de la aplicación de tecnologías alternativas que mejoran el intercambio catiónico entre el suelo y las plantas.

#### 4.2.2.2 Diámetro de tallo (cm) a los 56 días después del trasplante

La Tabla 19 análisis de varianza para diámetro de tallo de las plantas de pepinillo (*Cucumis sativus* L.), a los 56 días después del trasplante, se observa que existe significancia estadística para los tratamientos, la variable diámetro de tallo posee un coeficiente de variación de 2,51 %, relativamente bajo, demostrando que los datos obtenidos del experimento no presentan mucha variabilidad.

El p-valor fue de  $0,0397 < 0,05$  lo que indica que existe diferencias altamente significativas entre tratamientos.

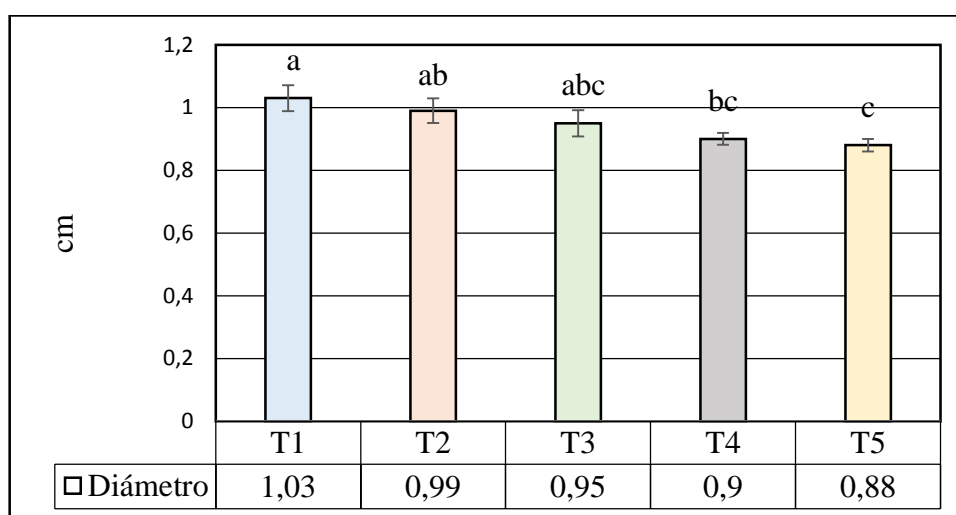
**Tabla 19**

*Análisis de varianza para diámetro de tallo (cm) de la planta de pepinillo (*Cucumis sativus* L.) a los 56 días después del trasplante bajo tiempos de inducción magnética*

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Total	0,08	14			
Tratamiento	0,05	4	0,01	3,79	0,0397
Error	0,03	10	0,003		
CV	2,51 %				

*Nota:* Fuente El autor. FV= Fuentes de Variación, SC= Suma de Cuadrados, gl= Grados de Libertad, CM= Cuadrados Medios, CV= Coeficiente de variación.

Al realizar la prueba Tukey al 5 % (figura 8), se observa la existencia de cinco rangos de significancia, siendo el de mayor diámetro de tallo el tratamiento 1 con 1,03 cm, mientras que, el de menor diámetro de tallo es el tratamiento 5 con 0,88 cm.



**Figura 8** Promedios de diámetro de tallo de las plantas (cm) de pepinillo (*Cucumis sativus* L.) a los 56 días después del trasplante bajo tiempos de inducción magnética

**Fuente:** El autor

Luego de realizar el análisis del diámetro de tallo a los 56 días, el tratamiento 1 obtuvo el mejor resultado con el valor de 1,03 cm el cual es 15 mm más en relación al testigo. Los datos son similares a los reportados por Gutiérrez (2018), en donde el pepinillo tubo un diámetro de tallo de 1,34 cm a los 56 días después del trasplante, con una diferencia de 13 mm con relación al testigo. Mientras tanto Montenegro (2018), obtiene un diámetro de tallo de 0,80 cm el cual es inferior al dato reportado en el tratamiento testigo (0,88 cm) en la presente investigación.

#### 4.2.2.3 Diámetro de tallo (cm) a los 84 días después del trasplante

La Tabla 20 análisis de varianza para diámetro de tallo de la planta de pepinillo (*Cucumis sativus* L.), a los 84 días después del trasplante, se observa que existe significancia estadística para los tratamientos, la variable diámetro de tallo posee un coeficiente de variación de 1,38 %, relativamente bajo, demostrando que los datos obtenidos del experimento no presentan mucha variabilidad.

El p-valor fue de  $0,0032 < 0,05$  lo que indica que existe diferencias altamente significativas entre tratamientos.

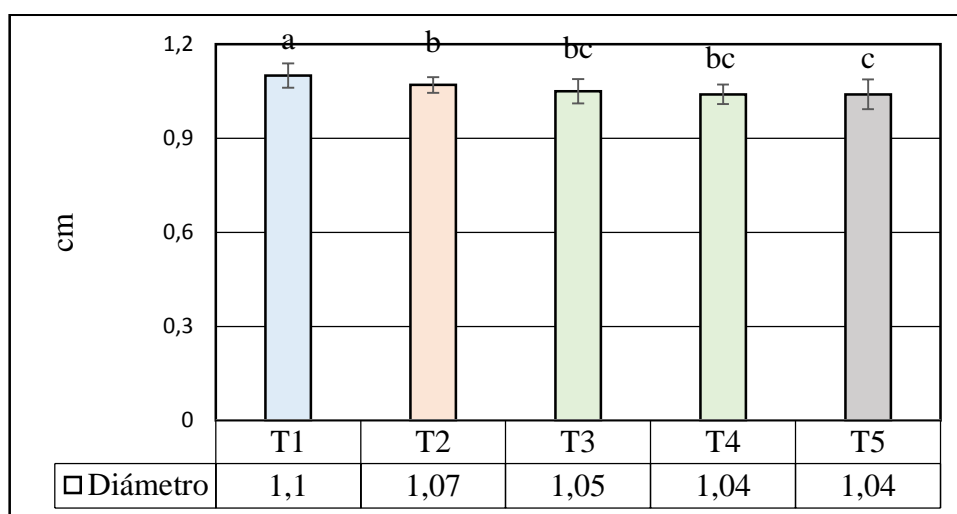
#### **Tabla 20**

*Análisis de varianza para diámetro de tallo de la planta (cm) de pepinillo (Cucumis sativus L.) a los 84 días después del trasplante bajo tiempos de inducción magnética*

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>GI</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Total	0,01	14			
Tratamiento	0,01	4	0,0018	8,33	0,0032
Error	0,0021	10	0,0002		
CV	1,38 %				

*Nota:* Fuente El autor. FV= Fuentes de Variación, SC= Suma de Cuadrados, gl= Grados de Libertad, CM= Cuadrados Medios, CV= Coeficiente de variación.

Al realizar la prueba Tukey al 5 % (figura 9), se observa la existencia de cuatro rangos de significancia, en el cual el de mayor diámetro de tallo es el tratamiento 1 con 1,10 cm, mientras que, el de menor diámetro de tallo es el tratamiento 5 con 1,04 cm.



**Figura 9** Promedios de diámetro de tallo de las plantas (cm) de pepinillo (*Cucumis sativus* L.) a los 84 días después del trasplante bajo tiempos de inducción magnética

**Fuente:** El autor

Valladares (2016), usando dosis crecientes de nitrógeno en el cultivo de pepinillo (*Cucumis sativus* L.), logro obtener diámetros de tallo con un valor de 1,62 cm a los 80 días después de transcurrido el trasplante, los resultados obtenidos son superiores para la presente investigación En cambio, en el estudio realizado por Montenegro (2018), a los 60 días después del trasplante se obtuvo un diámetro de tallo de 0,99 cm, siendo este resultado inferior al dato reportado por el tratamiento testigo (1,04 cm) en la presente investigación.

#### 4.2.3 Etapa fenológica (Días a la floración)

La Tabla 21 análisis de varianza para días a la floración transcurridos desde el trasplante en plantas de pepinillo (*Cucumis sativus* L.), se observa que existe significancia estadística para los tratamientos, la variable días a la floración posee un coeficiente de variación de 1,63 %, relativamente bajo, demostrando que los datos obtenidos del experimento no presentan mucha variabilidad.

El p-valor fue de  $0,0008 < 0,05$  lo que indica que existe diferencias altamente significativas entre tratamientos.

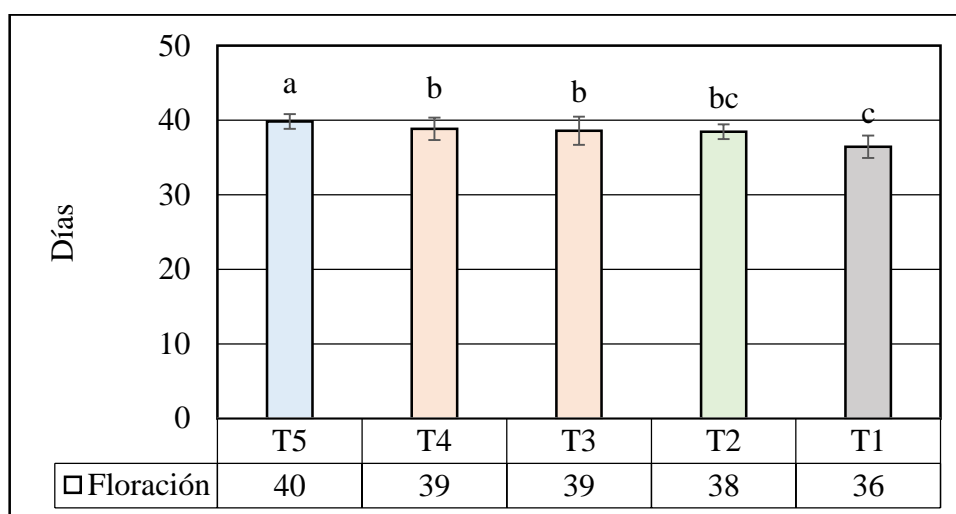
**Tabla 21**

*Análisis de varianza para días a la floración transcurridos desde el trasplante en plantas de pepinillo (Cucumis sativus L.) bajo tiempos de inducción magnética*

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Total	22,62	14			
Tratamiento	18,7	4	4,67	11,91	0,0008
Error	3,93	10	0,39		
CV	1,63 %				

*Nota:* Fuente El autor. FV= Fuentes de Variación, SC= Suma de Cuadrados, gl= Grados de Libertad, CM= Cuadrados Medios, CV= Coeficiente de variación.

Al realizar la prueba Tukey al 5 % (figura 10), se observa la existencia de cuatro rangos de significancia, en el cual el de mayores días a la floración es el tratamiento 5 con 40 días, mientras que, el de menor días a la floración es el tratamiento 1 con 36 días.



**Figura 10** Promedios de días a la floración transcurridos desde el trasplante en plantas de pepinillo (*Cucumis sativus L.*) bajo tiempos de inducción magnética

*Fuente:* El autor

Montenegro (2018), usando un acondicionador de suelo compuesto por polímeros denominado lluvia solida obtuvo la primera floración a los 61 días mientras que la floración en el tratamiento testigo fue a los 83,33 días después del trasplante. En cambio en la investigación de Medina (2009), los días transcurridos a la floración fueron de 28 días para todos los tratamientos. Sin embargo Aguirre (2017), menciona que los días a la floración pueden ser afectados por las condiciones edafoclimáticas presentes en las regiones que se acostumbra a cultivos esta hortaliza.

Pérez (1994) citado en Quiala (2010), expresa que el magnetismo hace más eficiente el uso de los fertilizantes y minerales disponibles en el suelo, ayudando a adelanta los días a la floración, por consiguiente los frutos van a tener más tiempo de crecimiento por lo cual se asegura la calidad y cantidad de los mismos. Desde el inicio de las cosechas las plantas van a alargar su vida útil, en otras palabras, se demora el envejecimiento a diferencia de las plantas regadas con agua en condiciones normales.

En la investigación de Patil (2014), considera que los tratamientos regados con agua tratada magnéticamente mejoraron en un 15 % la floración y fructificación del banano, obteniendo un rendimiento mayor que las parcelas de control. Expresando que la disposición de los imanes dentro de un dispositivo ayuda a mejorar los indicadores de calidad del agua de riego. Hecho por los cuales se ha usado en la agricultura en procesos como la germinación, desarrollo de plantas, flores, frutos, incremento en los rendimientos y en los sistemas de riego evita el depósito de sales alrededor de las plantas.

#### 4.2.4 Rendimiento del cultivo (t/ha)

La Tabla 22 análisis de varianza para rendimiento en plantas de pepinillo (*Cucumis sativus* L.), se observa que existe significancia estadística para los tratamientos, la variable rendimiento posee un coeficiente de variación de 7,26 %, relativamente bajo, demostrando que los datos obtenidos del experimento no presentan mucha variabilidad.

El p-valor fue de  $0,0004 < 0,05$  lo que indica que existe diferencias altamente significativas entre tratamientos.

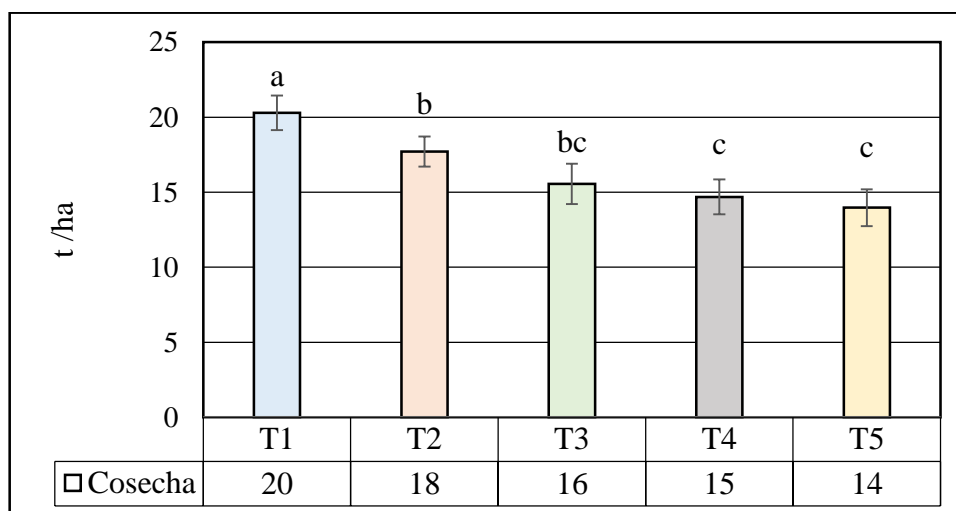
**Tabla 22**

*Análisis de varianza para rendimiento (t/ha) de las plantas de pepinillo (Cucumis sativus L.) bajo tiempos de inducción magnética*

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Total	93,72	14			
Tratamiento	79,45	4	19,86	13,91	0,0004
Error	14,28	10	1,43		
CV	7,26 %				

*Nota:* Fuente El autor. FV= Fuentes de Variación, SC= Suma de Cuadrados, gl= Grados de Libertad, CM= Cuadrados Medios, CV= Coeficiente de variación.

Al realizar la prueba Tukey al 5 % (figura 11), se observa la existencia de cuatro rangos de significancia, en el cual el de mayor rendimiento es el tratamiento 1 con 20 t/ha, mientras que, el de menor rendimiento es el tratamiento 5 con 14 t/ha.



**Figura 11** Promedios de rendimiento (t/ha) de las plantas de pepinillo (*Cucumis sativus* L.) bajo tiempos de inducción magnética

**Fuente:** El autor

Los datos obtenidos son inferiores a los publicados por el Servicio de Información Alimentaria y Pesquera [SIAP] (2013), quienes informan que el rendimiento promedio del pepinillo a campo abierto se encuentra en 30,50 t/ha. El mayor rendimiento obtenido en la investigación puede estar relacionado al manejo agronómico del cultivo. Sin embargo Quiala (2010), indica que el suministro de agua magnetizada eleva los rendimiento de pepinillo (*Cucumis sativus* L.), a campo abierto a 60,39 t/ha, con relación a los cultivos sin agua magnetizada.

Duarte *et al.* (2004), reportaron que el agua tratada magnéticamente generó un aumento del 45 % del rendimiento en el cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* P. Mill.) a diferencia de los demás tratamientos y además mantiene al sistema de riego libre de impurezas, lo cual evita gastos de mantenimiento del sistema. Por otra parte Maheshwari *et al.* (2009), indican que el uso de diferentes tipos de agua para riego tratadas magnéticamente en cultivos de apio y guisantes, pueden afectar distintamente el rendimiento, para el apio se produjo un incremento en un 17,75 % del rendimiento y para los guisantes el rendimiento se elevó en un 6 % .

Los datos reportados por Patil (2014), demuestran que la parcela irrigada con agua tratada magnéticamente, mejoro los promedios de manos de banana en un 9,5 en comparación de la parcela con tratamiento convencional que proporciono 7,5 manos en promedio. Además, considerando el numero promedio de bananas por racimo, la parcela con tratamiento produjo 180 bananas por racimo, en comparación a las 155 bananas por racimo de la parcela convencional. Comparando el peso de los racimos se determinó que los racimos de la parcela tratada genero un 25 % más de peso, debido a que las bananas tenían un 15 % más de longitud. El rendimiento obtenido fue de 40 toneladas para la parcela con tratamiento que es un 26,67 % más alto que el obtenido de la parcela convencional.

#### **4.2.5 Mortalidad (Número de plantas)**

La presente investigación reportó 0 % de mortalidad en los cinco tratamientos, durante el desarrollo de las plantas de pepinillo (*Cucumis sativus* L.). El indicador fue muy positivo debido a que se mantuvo un ambiente óptimo mediante la ejecución de los manejos agronómicos en los tiempos establecidos, esto en el trascurso de toda la fase de campo.

### **4.3 Variables dependientes evaluadas en laboratorio**

#### **4.3.1 Potencial de hidrógeno (pH)**

La Tabla 23 análisis de varianza para pH en muestras de agua de riego, se observa que existe significancia estadística para los tratamientos, la variable pH posee un coeficiente de variación de 0,59 %, relativamente bajo, demostrando que los datos obtenidos del experimento no presentan mucha variabilidad.

El p-valor fue de  $0,0409 < 0,05$  lo que indica que existe diferencias altamente significativas entre tratamientos.

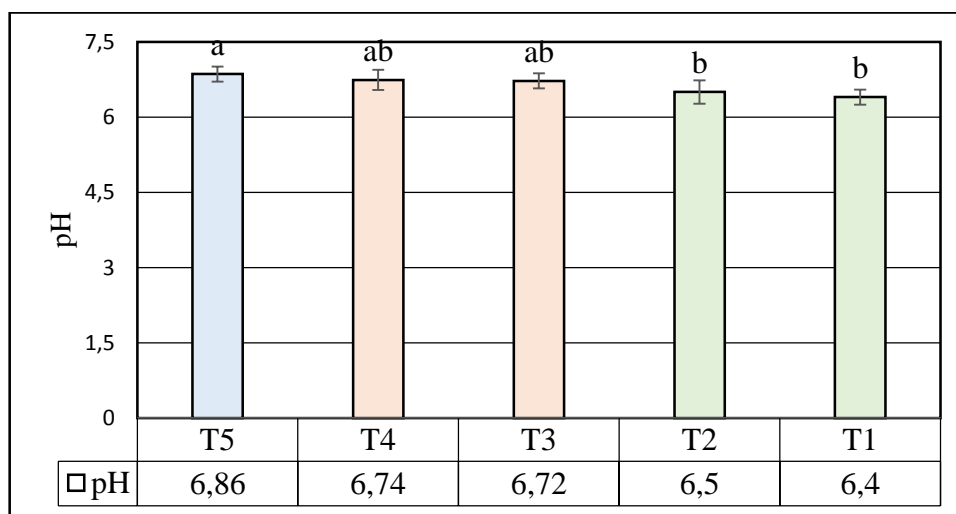
**Tabla 23**

*Análisis de varianza para pH de muestras de agua de riego bajo tiempos de inducción magnética*

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Total	0,71	14			
Tratamiento	0,43	4	0,11	3,75	0,0409
Error	0,28	10	0,03		
CV	0,59 %				

*Nota:* Fuente El autor. FV= Fuentes de Variación, SC= Suma de Cuadrados, gl= Grados de Libertad, CM= Cuadrados Medios, CV= Coeficiente de variación.

Al realizar la prueba Tukey al 5 % (figura 12), se observa la existencia de tres rangos de significancia, en el cual el de mayor potencial de hidrógeno es el tratamiento 5 con 6,86 pH, mientras que, el de menor potencial de hidrógeno es el tratamiento 1 con 6,4 pH.



**Figura 12** Promedios de potencial de hidrógeno (pH) de muestras de agua de riego bajo tiempos de inducción magnética

**Fuente:** El autor

Quiala (2010), indica que el agua adquiere un efecto al pasar por un campo magnético, el cual va a permanecer por un tiempo hasta recuperar su estado original. Esto se corrobora mediante a la investigación de Alwediyan *et al.* (2016), donde se obtiene un incremento en el pH del agua en un 7,14 % con relación al pH del agua normal, lo cual ayuda a reducir las sustancias acidas presentes en el agua de riego.

Los datos reportados durante la presente investigación informan que la inducción magnética del agua del riego redujo los valores de pH en 6,4 y 6,5 con relación a al testigo que se obtuvo valores de 6,86 de pH. Esto se corrobora con la investigación de Hassan (2015), en donde indica que los resultados pueden variar tanto en subir y bajar el pH todo esto dependerá a la polaridad de los imanes y como sean colocados alrededor de la tubería de riego.

Patil (2014), considera que el agua tratada magnéticamente reduce los depósitos salinos de apariencia blanquecina, alrededor de los orificios de los goteros de la cita de goteo. Al momento que los cristales de sal se reducen de tamaño pueden ser aprovechados por las plantas.

#### 4.3.2 Conductividad eléctrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )

La Tabla 24 análisis de varianza para conductividad eléctrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) en muestras de agua de riego, usadas para irrigar plantas de pepinillo (*Cucumis sativus* L.), se observa que existe significancia estadística para los tratamientos, la variable conductividad eléctrica posee un coeficiente de variación de 1,82 %, relativamente bajo, demostrando que los datos obtenidos del experimento no presentan mucha variabilidad.

El p-valor fue de  $0,010 < 0,05$  lo que indica que existe diferencias altamente significativas entre tratamientos.

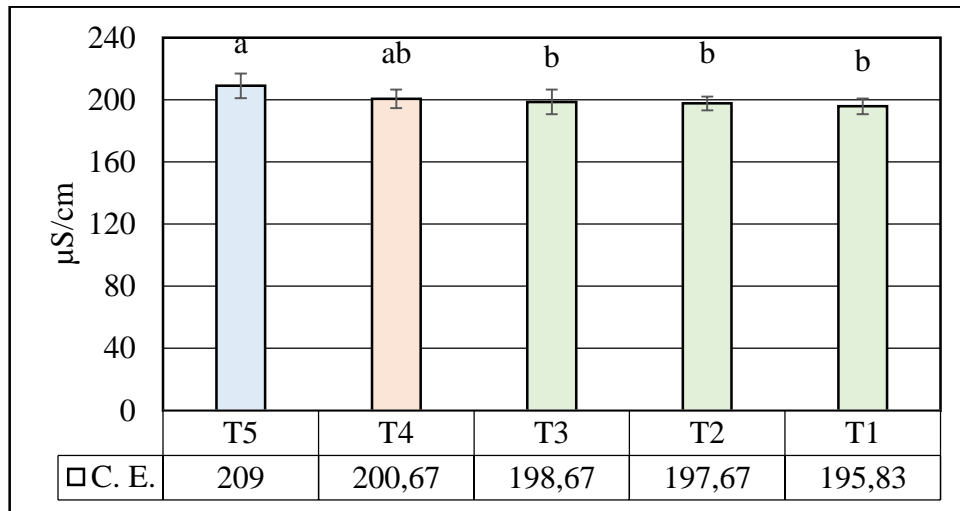
**Tabla 24**

*Análisis de varianza para conductividad eléctrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) del agua de riego bajo tiempos de inducción magnética*

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Total	449,37	14			
TRATAMIENTO	316,01	4	79	5,92	0,0104
Error	133,35	10	13,34		
CV	1,82 %				

*Nota:* Fuente El autor. FV= Fuentes de Variación, SC= Suma de Cuadrados, gl= Grados de Libertad, CM= Cuadrados Medios, CV= Coeficiente de variación.

Al realizar la prueba Tukey al 5 % (figura 13), se observa la existencia de tres rangos de significancia, en el cual el de mayor conductividad eléctrica es el tratamiento 5 con 209 ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), mientras que, el de menor conductividad eléctrica es el tratamiento 1 con 195,83 ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ).



**Figura 13** Promedios de conductividad eléctrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) de muestras de agua de riego bajo tiempos de inducción magnética

**Fuente:** El autor

Quiala (2010), reporta que el tratamiento magnético en el agua de riego disminuye de 8 a 10 % la conductividad eléctrica, al igual que la tensión superficial. Lo cual ocasiona el aumento de la solubilidad de las sales y la actividad del oxígeno disuelto.

Hilal *et al.* (2002), consideran que los campos magnéticos causan tres efectos principales en el agua de riego. a) mayor lixiviación de las sales solubles presentes en el suelo, b) reducción de los niveles de pH el suelo, c) solubilidad de las sales ligeramente solubles (fosfatos, sulfatos, carbonatos). Sin embargo, el efecto se condiciona al solape producido por los goteros empleados en el método de riego por goteo.

En la investigación de Hilal *et al.* (2013), demostraron que se incrementa la concentración de potasio a 15 cm de profundidad en suelos irrigados con agua magnetizada, sin embargo las concentraciones se reducen en la superficie del suelo tratado.

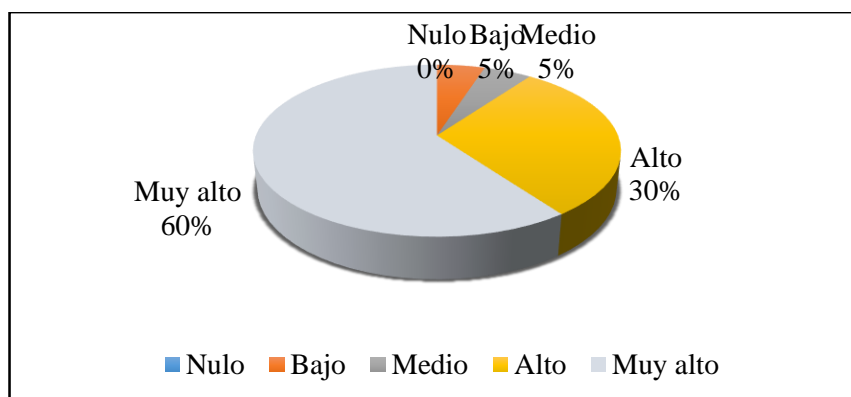
Los mismos autores indican que la conductividad eléctrica fue mayor en comparación a los tratamientos control. Las sales solubles del suelo pueden ser movilizadas con mayor eficiencia mediante tratamientos como la magnetización del agua de riego.

#### 4.4 Socialización de resultados

Los resultados obtenidos en esta investigación fueron presentados a un grupo de agricultores representantes de las juntas de agua de riego de la Parroquia y Cantón Imantag, Urcuquí respectivamente, a los docentes y estudiantes de la PUCESI. La socialización se realizó en las instalaciones de la Granja Experimental anexa a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra. La respuesta de los asistentes se presenta en los siguientes resultados de la socialización.

##### 4.4.1 Organización del evento de socialización

*¿Considera Usted que la sala donde se desarrolló este evento brindó las comodidades necesarias?*

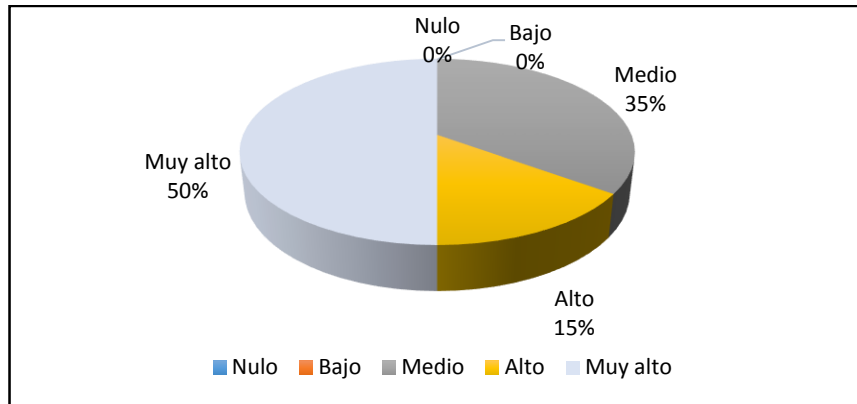


**Figura 14** Resultado de la primera pregunta de la encuesta

**Fuente:** El autor

En la figura 14 se puede apreciar que el 60 % de los asistentes consideran que el lugar donde se realizó la socialización estuvo adecuado y cómodo.

*¿Considera Usted que el material audiovisual utilizado en la presentación fue adecuado?*

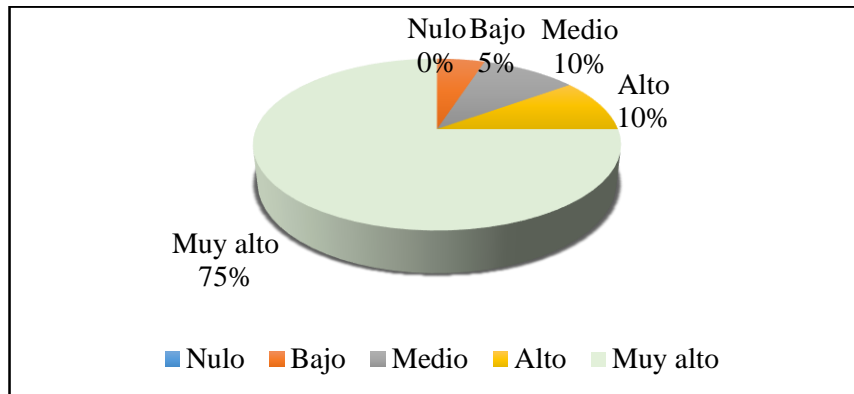


**Figura 15** Resultados de la segunda pregunta de la encuesta  
**Fuente:** El autor

En la figura 15 demuestra que el 50 % de los asistentes, consideran que la presentación fue apropiada y contaba con información necesaria para un correcto entendimiento.

#### 4.4.2 Ejecución del evento por parte del expositor

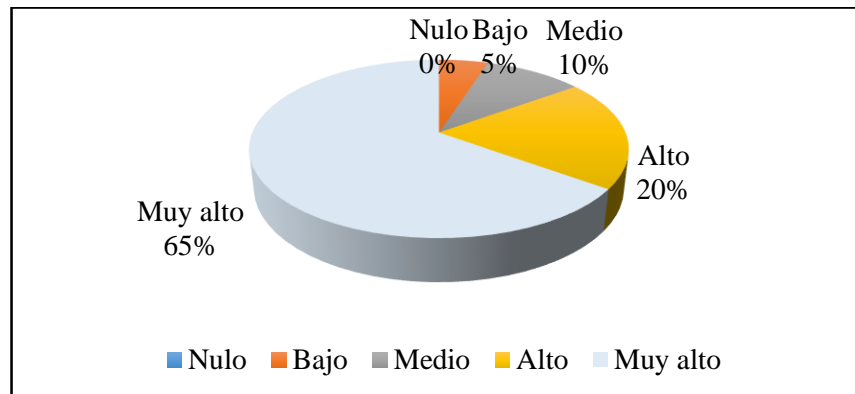
*¿Considera Usted que el expositor mostró dominio del tema?*



**Figura 16** Resultados de la tercera pregunta de la encuesta  
**Fuente:** El autor

En la figura 16 se parecía que el 75 % de los asistentes, consideran que el expositor y el manejo escénico del mismo es bueno.

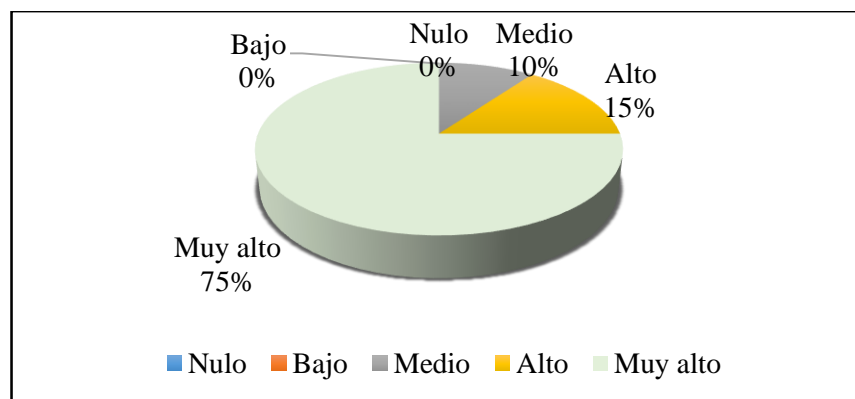
*¿Estima Usted que el manejo del auditorio por parte del expositor fue adecuado?*



**Figura 17** Resultados de la cuarta pregunta de la encuesta  
**Fuente:** El autor

En la figura 17 demuestra que el 65 % de los asistentes, coinciden que el manejo del auditorio fue adecuado por parte del expositor.

*¿Considera Usted que el expositor demostró facilidad de expresión?*

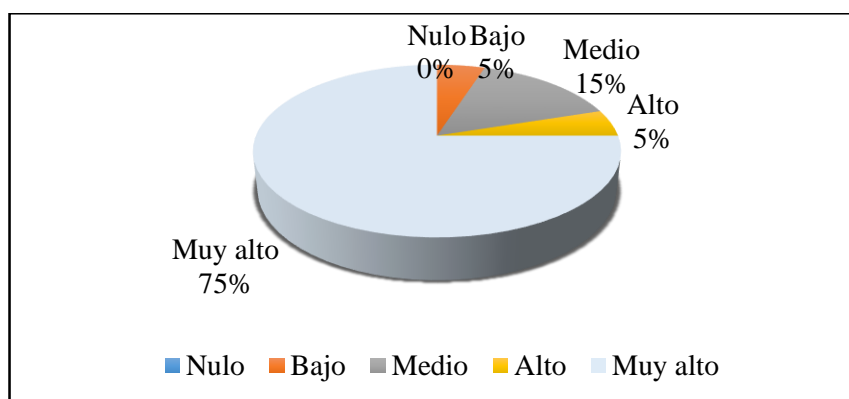


**Figura 18** Resultados de la quinta pregunta de la encuesta  
**Fuente:** El autor

En la figura 18 demuestra que el 75 % de los asistentes, coinciden que el expositor demostró facilidad de expresión.

#### 4.4.3 Medición de impacto de la investigación

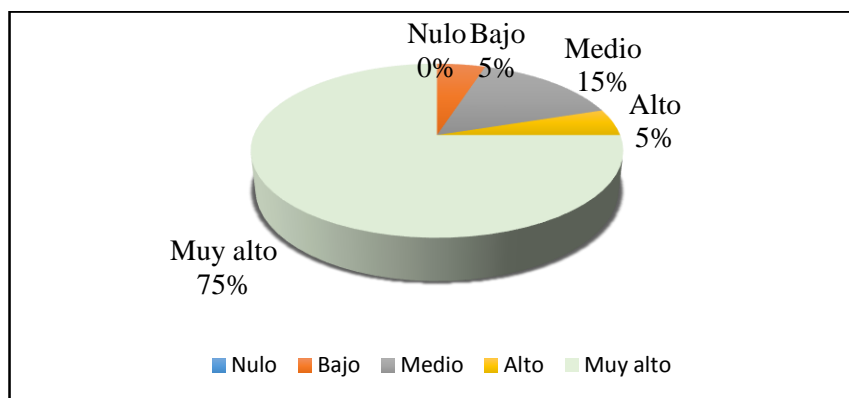
*¿Considera Usted que el tema de investigación posee relevancia para algún actor y/o sector de la sociedad?*



**Figura 19** Resultados de la sexta pregunta de la encuesta  
**Fuente:** El autor

En la figura 19 el 80 % de los asistentes consideran que el tema investigado tiene un impacto en el sector agropecuario.

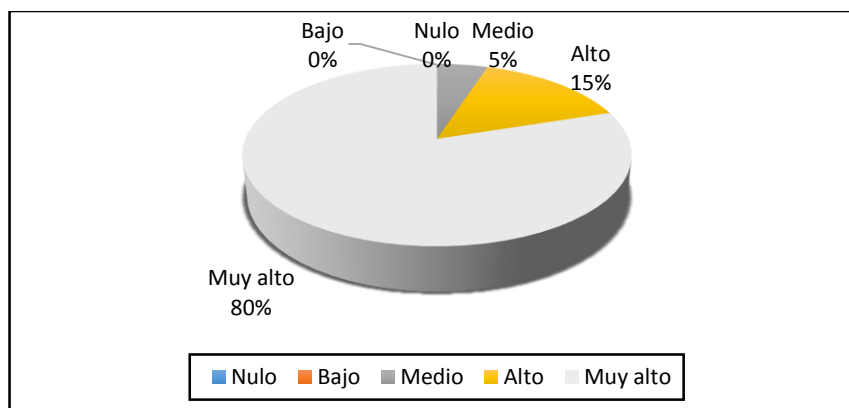
*¿Considera Usted que esta investigación posee perspectivas para estudios complementarios posteriores?*



**Figura 20** Resultados de la séptima pregunta de la encuesta  
**Fuente:** El autor

En la figura 20 muestra que el 75 % de los asistentes considera la necesidad de realizar estudios complementarios o en su defecto se realicen nuevas investigaciones con otras hortalizas.

*¿Considera Usted que el tema investigado genera actualmente o a futuro un beneficio concreto para alguna organización, empresa pública o privada, comunidad o institución?*

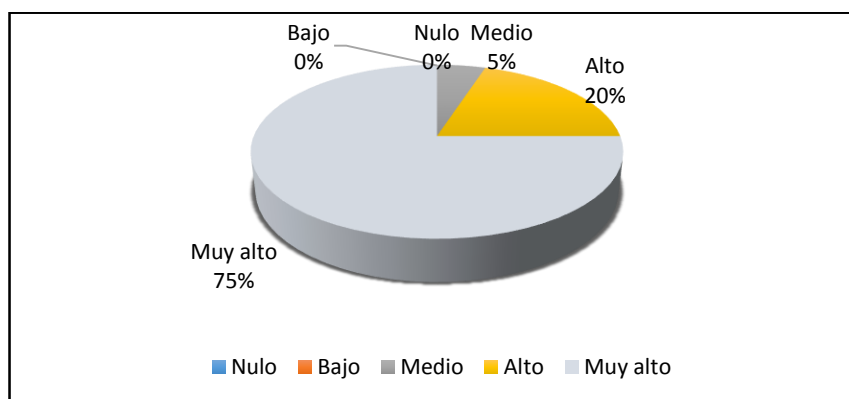


**Figura 21** Resultados de la octava pregunta de la encuesta

**Fuente:** El autor

En la figura 21 el 80 % de los asistentes consideran que el tema investigado aporta a mejorar las producciones en agrícolas dentro de las comunidades, como también para las empresas públicas y privadas que apunten a estos beneficios.

*¿En función de los objetivos planteados expuestos en la investigación, considera Usted que estos se cumplieron?*



**Figura 22** Resultados de la novena pregunta de la encuesta

**Fuente:** El autor

En la figura 22 se observa que el 75 % de los asistentes consideran que los objetivos planteados han sido cumplidos.

## CAPITULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### Conclusiones

- ✓ La inducción magnética generó un efecto positivo sobre las características agronómicas del cultivo, lográndose obtener una altura promedio por planta de 142,64 cm, el diámetro de tallo 1,10 cm, 36 días a la floración después del trasplante, los valores reportados son indicadores que el cultivo mantuvo un buen desarrollo y que se logró reducir los días a la floración en al menos 4 días, con relación al testigo.
- ✓ Los rendimientos al aplicar los diferentes tratamientos con la tecnología alternativa de inducción magnética en el agua de riego, fue positiva pues los valores promedios del T1 son superiores en 6 t/ha en relación con el testigo como también existe diferencia con los diferentes tratamientos en lo que respecta al rendimiento. Los valores obtenidos son los siguientes: T1 = 20 t/ha, T2 = 18 t/ha, T3= 16 t/ha, T4 = 15 t/ha y testigo = 14 t/ha.
- ✓ El agua de riego mostró una estabilidad en la variable de pH y conductividad eléctrica, en el tratamiento al 100 % de inducción magnética tuvo un pH de 6,4 y la conductividad eléctrica de 195,83  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , comparados a los datos obtenidos con el testigo donde el pH fue 6,86 y la conductividad eléctrica 209  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .
- ✓ La socialización del trabajo de titulación se realizó a un grupo de pequeños y medianos agricultores, los cuales son representantes de las juntas de agua de riego: Cantón Urcuquí acequia Grande de Caciques, Parroquia Imantag (Cotacachi), acequia Quitubi, acequia el Morlan, acequia Quitumba Grande, GAD parroquial de Imantag. Los participantes mostraron interés en la necesidad de usar eficientemente el agua de riego, además de la implantación de la tecnología alternativa propuesta que mejoren las características agronómicas del cultivo e incremento de sus rendimientos.

## **Recomendaciones**

- ✓ Realizar estudios con las diferentes etapas fenológicas que posee el pepinillo implementando otras variables de control, para comprender el efecto de la inducción magnética en la relación suelo - planta - agua.
- ✓ Replicar la investigación con distintas variedades de pepinillo para lograr determinar los rendimientos que presenten cada una de estas para la respectiva socialización de las mejores variedades de pepinillo
- ✓ Los resultados obtenidos en la investigación demuestran que la inducción magnética genera efectos positivos, por lo que se recomienda trabajar con distintos tipos de imanes de neodimio y con otras variedades de hortalizas. Así mismo los resultados servirán de base para que se propongan nuevos temas de investigación.
- ✓ Se recomienda la implementación de parcelas demostrativas las cuales sirvan de apoyo en las salidas de campo donde se invite a los pequeños y medianos agricultores, para motivarlos a implementar la tecnología alternativa de inducción magnética investigada en los predios de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra.

## BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, Y. (2016). *Diagnóstico de la producción de pepinillo (Cucumis sativus L.) en Moche, Trujillo - La Libertad*. (tesis de pregrado). Universidad Nacional de Trujillo, Perú. Recuperado de <http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/7741/ACOSTA MORILLO.pdf?sequence=1>
- Aguirre, J. (2017). *Efecto de poda (1,2,3 y 4 ramas por planta) en el cultivo de pepinillo (Cucumis sativus L.) híbrido Em American Slicer 160 F1 Hyb, en la provincia de Lamas*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de San Martín, Tarapoto. Perú. Recuperado de <http://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/UNSM/2477/TESIS AGUIRRE.pdf?sequence=1>
- Ahmed, S. (2009). Effect of Magnetic Water on Engineering Properties of Concrete. *Al-Rafidain Engineering Journal*, 17(1), 11. Recuperado de [http://permagconditioner.com/doc/Concrete\\_magnetic\\_water\\_3.pdf](http://permagconditioner.com/doc/Concrete_magnetic_water_3.pdf)
- Al-Ogaidi, A., Wayayok, A., Rowshon, M., y Abdullah, A. (2017). The influence of magnetized water on soil water dynamics under drip irrigation systems. *Agricultural Water Management*, 180, 70-77. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2016.11.001>
- Alfonso, D., Pérez, C., Pérez, I., Silveira, E., y Enrique, A. (2009). Efecto del agua tratada magnéticamente sobre los procesos biológicos ( Magnetically treated water effect on biological processes ). *Revista electrónica de Veterinaria*, 10(4), 1-24. Recuperado de <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n040409/040916.pdf>
- Ali, Y., Samaneh, R., y Kavakebian, F. (2014). Applications of Magnetic Water Technology in Farming and Agriculture Development: A Review of Recent Advances. *Current World Environment*, 9(3), 695-703. <https://doi.org/10.12944/CWE.9.3.18>
- Alkassab, A., y Albach, D. (2014). Response of Mexican aster *Cosmos bipinnatus* and field mustard *Sinapis arvensis* to irrigation with magnetically treated water (MTW). *Biological Agriculture and Horticulture*. Taylor y Francis. <https://doi.org/10.1080/01448765.2013.849208>
- Alomoto, E., y Ramírez, J. (2016). *Diseño y construcción de un prototipo de sistema de riego automatizado para la granja experimental nono de la UDLA*. Recuperado de <http://200.24.220.94/bitstream/33000/6179/4/UDLA-EC-TIRT-2016-36.pdf>

- Alwediyan, H., Almasoudi, A., Abdulrahman, A., Kenkar, N., Alsaïdi, S., Khalofa, H., y Bjafar, F. (2016). The Change in Physical Properties of Magnetic Water, 4-8. Recuperado de [https://drive.uqu.edu.sa/\\_/physcim/files/Media - Samar/ Committee of Graduation Project/pr-the change in physical properties of magnetic water.pdf](https://drive.uqu.edu.sa/_/physcim/files/Media - Samar/ Committee of Graduation Project/pr-the change in physical properties of magnetic water.pdf)
- Amer, M., El-Sanat, A., y Racherd, S. (2014). Effects of magnetized low quality irrigation water on some soil properties and soybean yield (*Glycine max* L.) under salt affected soils conditions. *J. Soil Sci. and Agric. Eng. Mansoura Univ*, 5(10), 1377-1388. Recuperado de [http://www.eulc.edu.eg/eulc\\_v5/Libraries/ UploadFiles/DownLoad File.aspx?RelatedBibID=ZTU3N2E1ZmYtNTE0Ni00N2I2LWE5ZDctNDMxY2U2OGEyYWZjX2I0ZW1zXzEyMTE2MDY0XzExNzg4MjY0X18=yfilename=1377.pdf](http://www.eulc.edu.eg/eulc_v5/Libraries/ UploadFiles/DownLoad File.aspx?RelatedBibID=ZTU3N2E1ZmYtNTE0Ni00N2I2LWE5ZDctNDMxY2U2OGEyYWZjX2I0ZW1zXzEyMTE2MDY0XzExNzg4MjY0X18=yfilename=1377.pdf)
- Anand, A., Nagarajan, S., Verma, A., Joshi, D., Pathak, P., y Bhardwaj, J. (2012). Pre-treatment of seeds with static magnetic field ameliorates soil water stress in seedlings of maize (*Zea mays* L.). *Indian Journal of Biochemistry and Biophysics*, 49(1), 63-70. Recuperado de <https://pdfs.semanticscholar.org/f0b2/f09c1656eb4bba13faeac462b4f6b08f17c7.pdf>
- Arévalo, L. (2016). *Evaluación de tres concentraciones de benzoato de emamectina en el control de Diaphania nitidalis (Lepidóptera, Pyralidae) en el cultivo de pepinillo (Cucumis sativus L.)*. (Tesis de pregrado). Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo, Perú. Recuperado de <http://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/upaorep/3067/1/ING.AGRONLEYLA.AREVALOCONCENTARCIONES.DE.BENZOATODATOS.PDF>
- Arias, S. (2007). *Manual de producción de pepino*. Recuperado de [http://bvirtual.infoagro.hn/xmlui/bitstream/handle/123456789/110/RED\\_Manual\\_Produccion\\_08\\_Pepino\\_04\\_12.pdf?sequence=1](http://bvirtual.infoagro.hn/xmlui/bitstream/handle/123456789/110/RED_Manual_Produccion_08_Pepino_04_12.pdf?sequence=1)
- Ascencios, D. (2012). Sistema De Riego En El Cultivo De Espárrago, 1-28. Recuperado de <https://www.agrobanco.com.pe/data/uploads/ctecnica/016-a-esparragos.pdf>
- Asghar, T., Iqbal, M., Jamil, Y., Haq, Z., Nisar, J., y Shahid, M. (2017). Comparison of He-Ne laser and sinusoidal non-uniform magnetic field seed pre-sowing treatment effect on *Glycine max* (Var 90-I) germination, growth and yield. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 166 (December), 212-219. <https://doi.org/10.1016/j.jphotobiol.2016.11.018>

- Aviña, E. (2015). *Sistema de producción de tomates (Solanum lycopersicum) bajo condiciones de agricultura protegida y tradicional en México*. (Tesis de pregrado). Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Coahuila, México. Recuperado de [http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/7685/63729 AVIÑA JUAREZ%20 EDGAR IVAN MONOG.pdf?sequence=1](http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/7685/63729%20AVIÑA%20JUAREZ%20EDGAR%20IVAN%20MONOG.pdf?sequence=1)
- Azimi, N., Majd, A., Nejadsattari, T., Ghanati, F., y Arbabian, S. (2014). Effect of Magnetically-Treated Water On Seed Germination and Seedling Growth of Lentil (*Lens Culinaris L.*). *World Journal of Environmental Biosciences*, 6, 16-22. Recuperado de <http://www.environmentaljournal.org/index/ArchivDetail/21-47AEEP/articles/R2.pdf>
- Beermann, J., González, K., Morales, R., y García, D. (2015). Diseño de un controlador para sistemas de cultivos hidropónicos con ajuste automático de nivel de solución. *Prisma Tecnológico*, 6(1), 29-33. Recuperado de <http://revistas.utp.ac.pa/index.php/prisma/article/view/608/629>
- Belyavskaya, N. A. (2004). Biological effects due to weak magnetic field on plants. *Advances in Space Research*, 34, 1566-1574. <https://doi.org/10.1016/j.asr.2004.01.021>
- Bonet, C., y Gerrero, P. (2016). Análisis de la calidad de riego de dos sistemas por aspersión de producción nacional. *Ingeniería agrícola*, 6(1), 14-18. Recuperado de <https://rcta.unah.edu.cu/index.php/IAgric/article/download/724/725>
- Borbor, A., y Suárez, G. (2007). *Producción de tres híbridos de pimiento (Capsicum annum) de semillas sometidas a imbibición e imbibición más campo magnético en el campo experimental rio verde, cantón Santa Elena*. (Tesis de pregrado). Universidad Estatal Península de Santa Elena. La Libertad, Ecuador. Recuperado de [http://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/901/1/BORBOR NEIRA ALBERTO Y SUÁREZ SUÁREZ GARDENIA.pdf](http://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/901/1/BORBOR%20NEIRA%20ALBERTO%20Y%20SUÁREZ%20SUÁREZ%20GARDENIA.pdf)
- Casaca, Á. (2005). *Guías tecnológicas de frutas y vegetales*. Recuperado de [https://hortintl.cals.ncsu.edu/sites/default/files/articles/El\\_Cultivo\\_del\\_Pepino.pdf](https://hortintl.cals.ncsu.edu/sites/default/files/articles/El_Cultivo_del_Pepino.pdf)
- Casilimas, H., Monsalve, O., Bojacá, C., Gil, E., Arias, L., y Fuertes, L. (2012). Manual de producción de pepino bajo invernadero. Recuperado de 2018, de <http://avalon.utadeo.edu.co/servicios/ebooks/manualpepino/files/assets/basichtml/page5.html>

- Castillo, A. (2016). *Evaluación del rendimiento de pepinillo (Cucumis sativus L.) var palomar, en sustrato hidropónicos en la Esperanza Trujillo*. (tesis de pregrado). Universidad Nacional de Trujillo, Perú. Recuperado de <http://www.dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/9583/CASTILLOMARCELOADAEDITH.pdf?>
- Cedeño, J., y Guzmán, F. (2008). *Diseño de una planta procesadora de baby corn y pepinillo en la zona de Santo Domingo de los Tsáchilas-Ecuador (tesis de pregrado)*. Escuela Politécnica Nacional. Quito, Ecuador. Recuperado de <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/1651/1/CD-1867.pdf>
- Chávez, C., Fuentes, C., y Ventura, E. (2010). Uso eficiente del agua de riego por gravedad utilizando yeso y poliacrilamida, 231-238. Recuperado de <http://www.scielo.org.mx/pdf/tl/v28n3/v28n3a5.pdf>
- Cortés, M., Martelo, J., y Rodríguez, E. (2011). Valoración de atributos de calidad en pepino (*Cucumis sativus L.*) fortificado con vitamina E. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 9(1), 24-34. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v9n1/v9n1a04.pdf>
- Coveña, L. (2015). *Evaluación de tres híbridos de pepino (Cucumis sativus L.) con dos poblaciones de siembra bajo el sistema de hidroponía*. (tesis de pregrado). Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador. Recuperado de [http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/8371/1/Coveña Leonardo.pdf](http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/8371/1/Coveña%20Leonardo.pdf)
- Dalal, E.-D. (2006). *Evaluation of magnetic technology for vegetable production under drip irrigation system*. University of Khartoum. Recuperado de [http://khartoumspace.uofk.edu/bitstream/handle/123456789/11191/Evaluation of Magnetic Technology For Vegetable Production under Drip IrrigationSystem. pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://khartoumspace.uofk.edu/bitstream/handle/123456789/11191/Evaluation%20of%20Magnetic%20Technology%20For%20Vegetable%20Production%20under%20Drip%20Irrigation%20System.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Mendiburu, F. (2007). *Estadística Aplicada a la Forestería II*. Recuperado de <https://tarwi.lamolina.edu.pe/~fmendiburu/index-filer/academic/ForesteriaII/Teoria/Aplicada2.pdf>
- De Souza, A., Porras, E., y Fernandez, R. (1999). Efecto del tratamiento magnético de semillas de tomate (*Lycopersicon esculentum Mill*) sobre la germinación y el crecimiento de las plántulas. *Investigación Agraria. Producción y Protección Vegetales*, 14(3), 437-444. Recuperado de [https://www.researchgate.net/profile/RicardoFernandez13/publication/28052208\\_Efecto\\_del\\_tratamiento\\_magnetico\\_de\\_semillas\\_de\\_tomate\\_Lycopersicon\\_esculentum\\_Mill\\_sobre\\_la\\_germinacion\\_y\\_el\\_crecimiento\\_de\\_las\\_plantulas/links/00463523c4ff2e1b69000000/Efecto-](https://www.researchgate.net/profile/RicardoFernandez13/publication/28052208_Efecto_del_tratamiento_magnetico_de_semillas_de_tomate_Lycopersicon_esculentum_Mill_sobre_la_germinacion_y_el_crecimiento_de_las_plantulas/links/00463523c4ff2e1b69000000/Efecto-)

- Dhawi, F. (2014). Why magnetic fields are used to enhance a plant's growth and productivity? *Annual Research y Review in Biology*, 4(6), 886-896. <https://doi.org/10.9734/ARRB/2014/5983>
- Dicu, D., y Pirsan, P. (2014). The Effect of Electromagnetic Waves on Airflow During Air Sparging. *Research Journal of Agricultural Science*, 46(4), 27-33. Recuperado de [https://www.rjas.ro/download/paper\\_version.paper\\_file.8bc104237e6cb927.646963752064616e69656c2e706466.pdf](https://www.rjas.ro/download/paper_version.paper_file.8bc104237e6cb927.646963752064616e69656c2e706466.pdf)
- Duarte, C. E., Rodríguez, R., Rey, R., González, L., y Guevara, G. (2005). Algunas consideraciones sobre el uso del agua tratada magnéticamente en especies ornamentales del Jardín Botánico Nacional. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 14(1), 37-42. Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/932/93214109.pdf>
- Duarte, D., Carmen, E., Greter, G., y Méndez, M. (2004). Uso del agua activada y con tratamiento magnético del tomate en condiciones de organopónico. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 13(3). Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/932/03.pdf>
- Đukić, V., Miladinov, Z., Dozet, G., Cvijanović, M., Tatić, M., Miladinović, J., y Balešević-Tubić, S. (2017). Pulsed electromagnetic field - A cultivation practice used to increase soybean seed germination and yield. *Zemdirbyste*, 104(4), 345-352. <https://doi.org/10.13080/z-a.2017.104.044>
- Elaoud, A., Turki, N., Ben, H., Rim, J., y Nahla, B. (2016). Influence of the Magnetic Device on Water Quality and Production of Melon, 6(6), 2256-2260. Recuperado de <https://www.researchgate.net/c/p7ujuj/javascript/lib/pdfjs/build/pdf.worker.js>
- Elizabeth, E. (2015). *Costo de producción del pepino (Cucumis Sativus L.), bajo condiciones protegidas en macro túnel en la Universidad Nacional Agraria, Enero-Abril 2014*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua.
- Esmailnezhad, E., Choi, H., Schaffie, M., Gholizadeh, M., y Ranjbar, M. (2017). Characteristics and applications of magnetized water as a green technology. *Journal of Cleaner Production*, 161, 908-921. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.05.166>
- Fajardo, E., Benítez, D., Rivera, A., y Bernal, R. (2016). Sustrato y sistema de riego óptimos para la producción de tomate bajo condiciones de invernadero. *Revista I3+*, 3(1), 72-87. Recuperado de <http://revistasdigitales.uniboyaca.edu.co/index.php/reiv3/162/156>
- FAO, (2006). *Estudio FAO Riego y Drenaje. Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos*. Roma, Italia.

- Finch-Savage, W., y Bassel, G. (2016). Seed vigour and crop establishment: Extending performance beyond adaptation. *Journal of Experimental Botany*, 67(3), 567-591. <https://doi.org/10.1093/jxb/erv490>
- Flores, F. (2015). *Determinación de las características físicas y químicas de las variedades de pepinillo, asterix fl y marketmore para conserva y consumo en fresco*. (Tesis de pregrado). Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador. Recuperado de <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/5644/1/03EIA381TRABAJOGRAFO.pdf>
- Fung, Y., Pimentel, C., Salgueiro, C. L., Alfarge, A. C., Olivera, R., y Sato, A. (2010). Efecto de la aplicación de un campo magnético sobre la germinación in vitro de semillas de *Rosmarinus officinalis L.*, 10(2), 105-111. Recuperado de <https://revista.ibp.co.cu/index.php/BV/article/view/277/251>
- Garibello, J. (2012). *Respuesta de la papa criolla (Solanum phureja) variedad colombia en calidad y rendimiento, a la magnetización del tuberculo semilla y a la fertilización en un andisol de Cundinamarca*. (tesis de pregrado). Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales. Bogota, Colombia. Recuperado de <http://repository.udca.edu.co:8080/jspui/bitstream/11158/111/1/203520.pdf>
- Generoso, T., Martinez, M., Rocha, G., y Hamakawa, P. (2017). Water magnetization and phosphorus transport parameters in the soil. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 21(1), 9-13. <https://doi.org/dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v21n>
- Gutiérrez, O. (2018). *Efecto de la aplicación de tres dosis crecientes del biofertilizante biol en la producción de «pepinillo» Cucumis sativus L. (curcubitaceae) en condiciones del valle de Santa Catalina*. (Tesis de pregrado). Universidad Privada Antenor Orrego. Trujillo, Perú. Recuperado de [http://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/upaoep/4657/1/RE\\_AGRO\\_OLGA.GUTIERREZ\\_EFECTO.APLICACION.TRES\\_DATOS.pdf](http://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/upaoep/4657/1/RE_AGRO_OLGA.GUTIERREZ_EFECTO.APLICACION.TRES_DATOS.pdf)
- Hassan, K. (2015). *Magnetic Treatment of Brackish Water for Sustainable Agriculture*. (Tesis postgrado). The American University in Cairo. Cairo, Egipto. Recuperado de <http://dar.aucegypt.edu/bitstream/handle/10526/4538/FinalThesisDraftKareemHassan27.12.2015.pdf?sequence=1>
- Hassan, S., Elrahman, A., y Shalady, O. (2017). Response of wheat plants to irrigation with magnetized water under Egyptian soil conditions. *Egyptian Journal of Soil Science*, 57(4), 477-488. <https://doi.org/10.21608/ejss.2017.1605.1122>

- Herrera, T., Ortíz, J., Delgado, A., y Acosta, J. (2012). Crecimiento y contenido de prolina y carbohidratos de plántulas de frijol sometidas a estrés por sequía. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 3(4), 713-725. Recuperado de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-09342012000400007](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342012000400007)
- Hilal, M., El-Fakhrani, Y., Mabrouk, S., Mohamed, A., y Ebead, B. (2013). Effect of magnetic treated irrigation water on salt removal from a sandy soil and on the availability of certain nutrients. *International Journal of Engineering and Applied Sciences*, 2(2), 36-44. Recuperado de [http://eaas-journal.org/survey/userfiles/files/agriculture engineering 4\(4\).pdf](http://eaas-journal.org/survey/userfiles/files/agriculture%20engineering%204(4).pdf)
- Hilal, M., Shata, S., Abdel-Dayem, y Hilal, M. (2002). Application of magnetic technologies in desert agriculture. III- Effect of Magnetized Water on yield and uptake of certain elements by citrus in relation to nutrients mobilization in soil. *Egyptian Journal of Soil Science*, 42, 43-55.
- Hoyos, D., Morales, J., Chavarría, H., Montoya, A., Correa, G., y Jaramillo, C. (2012). Acumulación de Grados-Día en un Cultivo de Pepino (*Cucumis sativus* L.) en un Modelo de Producción Aeropónico. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 65(1), 6389-6398. Recuperado de [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0304-28472012000100009](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0304-28472012000100009)
- Hozayn, M., Abd El-Wahed, M. S. A., Abd El-Monem, A. A., Abdelraouf, R. E., y Abd Elhamid, E. M. (2016). Applications of magnetic technology in agriculture, a novel tool for improving water and crop productivity: 3. Faba bean, 7(6), 1288-1296. Recuperado de <https://www.scopus.com/record/display.uri?origin=citedby&eid=2-s2.0-84996618769&citeCnt=0&highlight=false&sort=plf-fysrcsyst1Irrigation+watermagnetization&yst2=ysid=0851c06f13a300924f92c17995362af8&ysot=bysdt=bysl=46&ys=TITLE-ABS->
- Hozayn, M., El Monem, A. A. A., Abdelraouf, R. E., y Abdalla, M. M. (2013). Do Magnetic Water Affect Water Use Efficiency, Quality and Yield of Sugar Beet (*Beta vulgaris* L.) Plant under Arid Regions Conditions? *Journal of Agronomy*, 12(1), 1-10. <https://doi.org/10.3923/ja.2013.1.10>
- Hozayn, M., Qados, A., y Amira, M. (2010). Magntic Water Technology, a Novel Tool to Increase Growth, Yield and Chemical Constituents of Lentin (*Lens esculenta*) under Greenhouse Condition. *American-Eurasian J. Agric. y Environ. Sci.*, 7(4), 457-462. Recuperado de [http://www.idosi.org/aejaes/jaes7\(4\)/13.pdf](http://www.idosi.org/aejaes/jaes7(4)/13.pdf)

- INAMHI. (2018). Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología – Ecuador. Recuperado 11 de febrero de 2019, de <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/>
- Jiménez, C., Méndez, M., Daza, M. C., y Zúñiga, O. (2013). Germinación de semillas de ají (*Capsicum sinense*) estimuladas electromagnéticamente. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 7(1), 46-54. <https://doi.org/10.17584/rcch.2013v7i1.2034>
- Khattab, K., Mona, A., Amal, H., y Arafa, A. (2014). Magnetic Treatment of Irrigation Water for Improving Vegetative Growth , Fresh and Dry Yield of Bean ( *Phaseolus Vulgaris L .* ). *Egypt. J . Agric . Res*, 92(4), 1395-1411. Recuperado de <https://www.researchgate.net/c/p9ah62/javascript/lib/pdfjs/build/pdf.worker.js>
- Khoshravesh, M., Mostafazadeh-Fard, B., Mousavi, S., y Kiani, A. (2011). Effects of magnetized water on the distribution pattern of soil water with respect to time in trickle irrigation. *Soil Use and Management*, 27, 515-522. <https://doi.org/10.1111/j.1475-2743.2011.00358.x>
- Maheshwari, B., y Grewal, H. (2009). Magnetic treatment of irrigation water: Its effects on vegetable crop yield and water productivity. *Agricultural Water Management*, 96(8), 1229-1236. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2009.03.016>
- Marcos-Filho, J. (2015). Seed vigor testing: an overview of the past, present and future perspective. *Scientia Agricola*, 72(4), 363-374. <https://doi.org/10.1590/0103-9016-2015-0007>
- Márquez, R., Pinto, A., y Toro, D. (2017). La Gobernanza del agua para riego en el Ecuador contemporáneo, 9-24. Recuperado de <http://186.46.158.26/ojs/index.php/mikarimin/article/view/562/262>
- Martínez-Cob, A. (2004). Necesidades hídricas en cultivos hortícolas. *Revista Horticultura*, (2), 1-17. Recuperado de <http://digital.csic.es/handle/10261/87407>
- Martínez, E., Carbonell, V., y Flórez, M. (2003). Estimulación de la germinación y el crecimiento por exposición a campos magnéticos. *Investigación y Ciencia*, 24-28. Recuperado de <https://www.researchgate.net/c/p7ujuj/javascript/lib/pdfjs/build/pdf>.
- Maya, M. (2014). *Operaciones culturales, riego y fertilización* (IC Editori). Málaga. Recuperado de <https://books.google.com.ec/books?id=u31bCwAAQBAJypg=PT76y1pg=PT76ydq=carrizo+para+tutoradoysource=blyots=VPBzM6z1a8ysig=54Z7fJujTU GzReMuKjoZXVJNYYkyhl=esysa=Xyved=2ahUKEwjSy5-1puPdAhUqx1kKHcSm Ct8Q6AEwCXoECAEQAQ#v=onepageyq=carrizo para tutoradoyf=f>

- Medeiros, N., Fung, Y., Martínez, C., Ferrer, A., Asanza, G., y Gilart, F. (2014). Efecto Del Agua Tratada Magnéticamente En La Recuperación De Plántulas De *Adenanthera Pavonina* En Estrés Climático. <https://doi.org/10.6008/SPC2179-6858.2014.002.0001>
- Medina, L. (2009). *Evaluación de tres sistemas de tutoraje y su efecto en el rendimiento del pepinillo (*Cucumis sativus* L.) en el sector Ahuashiyacu, distrito de la Banda de Shilcayo, provincia y región San Martín*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de San Martín. Tarapoto, Perú. Recuperado de [http://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/UNSM/2217/TP\\_AGRO\\_00323\\_2009.pdf?sequence=1](http://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/UNSM/2217/TP_AGRO_00323_2009.pdf?sequence=1)
- Montenegro, M. (2018). *Estudio de la incidencia de *Barbary Plantae G2T*, aplicado al suelo, en el rendimiento de dos híbridos de pepinillo (*Cucumis sativus*, L.), en la Comunidad de San Vicente de Pusir, Cantón Bolívar, Provincia del Carchi, 2017*. (Tesis de pregrado). Universidad Técnica De Babahoyo. Carchi Ecuador. Recuperado de <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/49000/4384/1/TEUTBFACIAGINGAGRON.pdf>
- Moussa, Z., y Hozayn, M. (2018). Using of magnetic water technology for the management of brown rot disease of potato. *Mansoura Journal Plant Production*, 9(3), 175-180. Recuperado de <https://www.researchgate.net/c/p8twhm/javascript/lib/pdfjs/build/pdf>.
- Nakhaei, A., Gholizadeh, M., Housaindokht, M., Moosavi, F., y Monhemi, H. (2017). A new method for preparing mono-dispersed nanoparticles using magnetized water. *Applied Physics A: Materials Science and Processing*, 268-280. <https://doi.org/10.1007/s00339-017-0876-7>
- Palmqvist, N., Seisenbaeva, G., Svedlindh, P., y Kessler, V. (2017). Maghemite Nanoparticles Acts as Nanozymes, Improving Growth and Abiotic Stress Tolerance in *Brassica napus*. *Nanoscale Research Letters*, 12, 1-9. <https://doi.org/10.1186/s11671-017-2404-2>
- Panagopoulos, D. J., Karabarbounis, A., y Margaritis, L. H. (2002). Mechanism for action of electromagnetic fields on cells. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 298(1), 95-102. [https://doi.org/10.1016/S0006-291X\(02\)02393-8](https://doi.org/10.1016/S0006-291X(02)02393-8)
- Patil, A. (2014). Device for magnetic treatment of irrigation water and its effects on quality and yield of banana plants. *International Journal of Biological Sciences and Applications*, 1(4), 152-156. Recuperado de <http://article.aascit.org/file/pdf/90307.pdf>
- Pietruszewski, S. (2011). Electromagnetic fields, impact on seed germination and plant growth. En *Encyclopedia of Agrophysics* (Vol. 44, pp. 267-269). <https://doi.org/10.>

1007/978-90-481-3585-1

- Quiala, R. (2010). *Efecto del agua tratada con campo magnético estático sobre Meloidogyne spp. en Cucumis sativus en condiciones de cultivo protegido*. (Tesis posgrado). Universidad de Oriente. Santiago de Cuba, Cuba. Recuperado de [http://karin.fq.uh.cu/acc/2017/CAP/CAP 10/TesisdeDoctoradoyMaestría/TesisdeMaestríaR.Quiala.pdf](http://karin.fq.uh.cu/acc/2017/CAP/CAP%2010/TesisdeDoctoradoyMaestría/TesisdeMaestríaR.Quiala.pdf)
- Quinchiguango, E. (2017). *Evaluación del rendimiento de dos híbridos de pepinillo (Cucumis sativus L.) sometidos a tres niveles de fertilización química en la zona de Monte Olivo, Cantón Bolívar, Provincia del Carchi*. (Tesis de pregrado). Universidad Técnica De Babahoyo. Carchi, Ecuador. Recuperado de [http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/49000/3209/1/E-UTB-FACIAG-ING AGRON-000067.pdf](http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/49000/3209/1/E-UTB-FACIAG-ING%20AGRON-000067.pdf)
- Reddy, B., Ghorpade, V., y Rao, S. (2014). Influence of Magnetic Water on Strength Properties of Concrete. *Indian Journal of Science and Technology*, 7(1), 14-18. Recuperado de <http://www.indjst.org/index.php/indjst/article/view/46674/37865>
- Reyes, J., Luna, R., Reyes, M., Yépez, Á., Abasolo, F., Espinosa, K., ... Torres, J. (2017). Uso Del Humus De Lombriz Y Jacinto De Agua sobre el crecimiento y desarrollo del pepino (*Cucumis sativus*, L.). *Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud*, 19(2), 30-35. Recuperado de <http://biotecnia.unison.mx/index.php/biotecnia/article/view/382/25>
- Rogério, A., Brown, O., Mujica, A., Mata, C., y Osorio, I. (2015). Riego por goteo con energía solar para el tomate en Cavaco, Benguela, Angola. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 24(2), 11-17. Recuperado de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2071-00542015000200002](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2071-00542015000200002)
- Ruiz, R. (2016). *Dosis de fosforo, calcio y boro en el cultivo de pepinillo (Cucumis sativus L.), híbrido em american slicer 160 fl HYB, en la provincia de Lamas*. (Tesis de pregrado). Universidad de San Martín-Tarapoto, Tarapoto, Perú. Recuperado de <http://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/UNSM/2151/TPAGRO0692016.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Sahin, U., Tunc, T., y Eroğlu, S. (2012). Evaluation of CaCO<sub>3</sub> clogging in emitters with magnetized saline waters. *Desalination and Water Treatment*, 40, 168-173. <https://doi.org/10.1080/19443994.2012.671163>
- Samanez, D. (2016). *Influencia del tratamiento magnético de semillas y agua de riego en el cultivo de lechuga tipo iceberg cv. salinas (Lactuca sativa L. var. capitata), bajo condiciones semi-controladas de casa sombra en la zona de zamácola*. (Tesis de

- pregrado). Universidad Católica De Santa María. Arequipa, Perú. Recuperado de <http://tesis.ucsm.edu.pe/repositorio/handle/UCSM/3052>
- Samuelsson, A. (2015). Bioelectromagnetics for improved crop productivity. *Tesis*, 1-56. Recuperado de [https://stud.epsilon.slu.se/8192/1/samuelsson\\_a\\_150701.pdf](https://stud.epsilon.slu.se/8192/1/samuelsson_a_150701.pdf)
- Sarta, J., y Bobadilla, J. (2004). Campos Magnéticos y sus efectos Biológicos. *Ciencia, investigacion, academia y desarrollo*, 13-16. Recuperado de <https://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/reving/article/download/2736/3964>
- Servicio de Información Alimentaria y Pesquera [SIAP]. (2013). Agricultura protegida: productos todo el año. Recuperado 24 de diciembre de 2018, de <http://www.campomexicano.gob.mx/boletinsiap/002-e.html>
- Shock, C., y Welch, T. (2013). El riego por goteo: Una introducción. *Técnicas para la Agricultura Sostenible.*, 1-9. Recuperado de <https://ir.library.oregonstate.edu/downloads/ng451h973>
- Stange, B., Rowland, R., Rapley, B., y Podd, J. (2002). ELF Magnetic Fields Increase Amino Acid Uptake into *Vicia faba* L. Roots and Alter Ion Movement Across the Plasma Membrane. *Bioelectromagnetics*, 23(5), 347-354. <https://doi.org/10.1002/bem.10026>
- Supermagnete. (2002). Datos físicos de los imanes - supermagnete.es. Recuperado 20 de abril de 2018, de [https://www.supermagnete.es/data\\_table.php](https://www.supermagnete.es/data_table.php)
- Swelam, W., Dawa, K., y El-nabi, H. (2017). Response of Tomato Plants to Irrigation with Magnetized Water and some Foliar Application Treatments under Drip Irrigation System: 1- Vegetative Growth and Chemical Constituents of Leaves. *Mansoura Journal Plant Production*, 8(11), 1127-1133. Recuperado de <https://www.researchgate.net/c/p8tqf5/javascript/lib/pdfjs/build/pdf.worker.js>
- Teixeira, J., y Dobránszki, J. (2014). Impact of Magnetic Water on Plant Growth. *Environmental and Experimental Biology*, 12, 137-142. Recuperado de <https://www.researchgate.net/c/p8vo1v/javascript/lib/pdfjs/build/pdf.worker.js>
- Usiña, G., y Usiña, V. (2010). *Evaluación agronómica del cultivo de pepinillo (Cucumis sativus L.) híbrido panther fl a la aplicación complementaria de tres fertilizantes foliares orgánicos con tres diferentes dosis, en la parroquia de Tumbaco provincia de pichincha.* (tesis de pregrado). Universidad Estatal De Bolívar. Guaranda, Ecuador. Recuperado de <http://dspace.ueb.edu.ec/bitstream/123456789/972/1/027.pdf>

- Valladares, F. (2016). *Influencia de tres dosis crecientes de biol en comparación con tres dosis crecientes de nitrógeno en la producción del cultivo de pepinillo (Cucumis sativus L.) para encurtido cv. Palomar*. Universidad Privada Antenor Orrego. Trujillo, Perú. Recuperado de <http://repositorio.upao.edu.pe/handle/upaorep/2426>
- Vásquez, V., Gómez, O., Segura, H., y Rosales, G. (2006). Efectos De Campos Magnéticos En Material Orgánico. *Revista Colombiana de Física*, 38(3), 1307-1310. Recuperado de [http://www.revcolfis.org/busqueda/vol38\\_3/articulos/38031307.pdf](http://www.revcolfis.org/busqueda/vol38_3/articulos/38031307.pdf)
- Wang, Y., Wei, H., y Li, Z. (2018). Effect of magnetic field on the physical properties of water. *Results in Physics*, 8, 262-267. <https://doi.org/10.1016/j.rinp.2017.12.022>
- Waqar, M. (2015). Magnetic Treatment of Irrigation Water and its Effect on Water Salinity. *International Proceedings of Chemical, Biological and Environmental Engineering*, 51(26), 139-142. <https://doi.org/10.7763/IPCBE>
- Yahya, S. H., y Abdul-Razaq, M. M. A. (2017). The effect of irrigation methods and magnetization of water on growth and yield of sunflower and water use efficiency, 48(4), 930-940. Recuperado de <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85030244274yorigin=resultslistysort=plf-fysrc=syst1=+Irrigation+water+magnetizationyst2=ysid=0851c06f13a300924f92c17995362af8ysot=bysdt=bysl=46ys=TITLE-ABS-KEY%28Irrigation+water+magnetization%29yrelpos=3yciteCnt=0ysearchTerm=>
- Yusuf, K., y Ogunlela, A. (2015). Impact of magnetic treatment of irrigation water on the growth and yield of tomato. *Notulae Scientia Biologicae*, 7(3), 345-348. <https://doi.org/10.15835/nsb.7.3.9532>
- Zeas, E. (2016). *Evaluación de cuatro sustratos y tres niveles de fertilización en el cultivo semihidroponico de pepinillo de sal (Cucumis sativus L.)*. Recuperado de [http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/24349/1/tesis\\_009\\_Ingeniería\\_Agropecuaria - Zeas Pérez Eudoro - cd 009.pdf](http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/24349/1/tesis_009_Ingeniería_Agropecuaria_-_Zeas_Pérez_Eudoro_-_cd_009.pdf)
- Zúñiga, O., Benavides, J., Opsina - Salazar, D., Jiménez, C., y Gutiérrez, M. (2016). Tratamiento magnético de agua de riego y semillas en agricultura. *Ingeniería y Competitividad*, 18(2), 217-232. <https://doi.org/10.25100/iyc.v18i2.2170>
- Zúñiga, O., Jiménez, C., Benavides, J., y Torres, C. (2016). Efecto de campos electromagnéticos sobre la actividad microbiana de un bio-fertilizante. *Revista de Ciencias*, 20(1), 27-40. <https://doi.org/10.25100/rc.v20i1.6108>

## ANEXOS

### Anexo 1 Calculo de la lámina de riego

Cultivo: Pepinillo

Fecha de plantación: 25/ 07/2018

Fase de cultivo inicial: 20 días

Evapotranspiración: 5.7 mm/día

Kc: 0.45

Eficiencia del sistema de riego: 90%

$$ET = ETR * KC$$

$$ET = 5,7 * 0,45$$

$$ET = 2,565 \frac{mm}{día}$$

Et = Nn = Nb

$$Nb = \frac{2,565}{90} * 100$$

$$Nb = 2,85 \frac{mm}{día}$$

Vamos a regar 2,85 mm/día o 2,85 litros/metro cuadrado/día

Marco de plantación:

Hileras 0,8 m

Entre planta 0,4 m

Es un lateral de riego con separación de 0,40m

El caudal de cada gotero es de 4 l/h

Tiempo de riego

Numero de emisores/m<sup>2</sup>

$$N^{\circ} \text{ emisores/m}^2 = \frac{1}{0,8 * 0,4}$$

$$N^{\circ} \text{ emisores/m}^2 = 3,12$$

Tiempo de riego en minutos

$$T = \frac{2,85 \text{ l/m}^2}{4 \text{ l/h}} * \frac{1}{3,12} * 60$$

$$T = 13 \text{ min}$$

El tiempo de riego es de 13 minutos en el kc 0,45 de la fase de crecimiento de las plantas de pepinillo

Fecha de desarrollo: 35 días

Kc: 0,7

$$ET = 5,7 * 0,70$$

$$ET = 3,99 \frac{mm}{día}$$

Et = Nn = Nb

$$Nb = \frac{3,99}{90} * 100$$

$$Nb = 4,34 \frac{mm}{día}$$

Vamos a regar 4,34 mm/día o 4,34 litros/metro cuadrado/día

Tiempo de riego

Numero de emisores/m<sup>2</sup>

$$N^{\circ} \text{ emisores/m}^2 = \frac{1}{0,8 * 0,4}$$
$$N^{\circ} \text{ emisores/m}^2 = 3,12$$

Tiempo de riego en minutos

$$T = \frac{4,34 \text{ l/m}^2}{4 \text{ l/h}} * \frac{1}{3,12} * 60$$
$$T = 21 \text{ min}$$

El tiempo de riego es de 21 minutos en el kc 0,7 de la fase de desarrollo de las plantas de pepinillo

Fecha de mediados de desarrollo: 50 días

Kc: 0,9

$$ET = 5,7 * 0,90$$
$$ET = 5,13 \frac{\text{mm}}{\text{día}}$$

Et = Nn = Nb

$$Nb = \frac{5,13}{90} * 100$$
$$Nb = 5,70 \frac{\text{mm}}{\text{día}}$$

Vamos a regar 5,70 mm/día o 5,70 litros/metro cuadrado/día

Tiempo de riego

Numero de emisores/m<sup>2</sup>

$$N^{\circ} \text{ emisores/m}^2 = \frac{1}{0,8 * 0,4}$$
$$N^{\circ} \text{ emisores/m}^2 = 3,12$$

Tiempo de riego en minutos

$$T = \frac{5,70 \text{ l/m}^2}{4 \text{ l/h}} * \frac{1}{3,12} * 60$$
$$T = 27 \text{ min}$$

El tiempo de riego es de 27 minutos en el kc 0,9 de la fase de desarrollo de las plantas de pepinillo

Fecha final: 20 días

Kc: 0,75

$$ET = 5,7 * 0,75$$
$$ET = 4,28 \frac{\text{mm}}{\text{día}}$$

Et = Nn = Nb

$$Nb = \frac{4,28}{90} * 100$$
$$Nb = 4,75 \frac{\text{mm}}{\text{día}}$$

Vamos a regar 5,70 mm/día o 5,70 litros/metro cuadrado/día

Tiempo de riego

Numero de emisores/m<sup>2</sup>

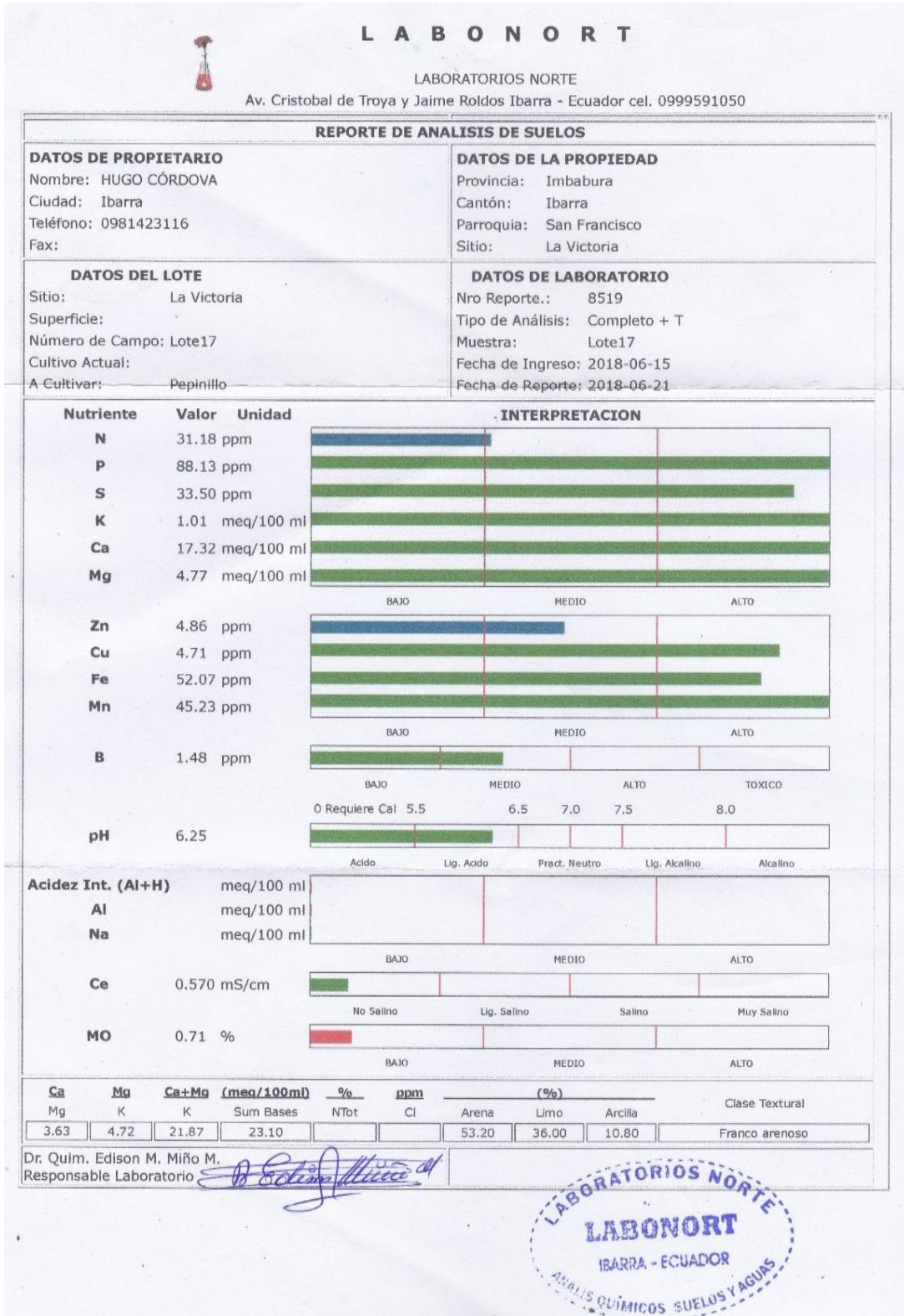
$$N^{\circ} \text{ emisores/m}^2 = \frac{1}{0,8 * 0,4}$$
$$N^{\circ} \text{ emisores/m}^2 = 3,12$$

Tiempo de riego en minutos

$$T = \frac{4,75 \text{ l/m}^2}{4 \text{ l/h}} * \frac{1}{3,12} * 60$$
$$T = 23 \text{ min}$$

El tiempo de riego es de 23 minutos en el kc 0,75 de la fase final de desarrollo de las plantas de pepinillo

**Anexo 2** Resultado del análisis físico – químico de la muestra de suelo




Fuente: Labonort, (2018)

### Anexo 3 Resultados del análisis de muestra de agua de riego.

# LABONORT

LABORATORIOS NORTE

Av. Cristóbal de Troya 493 y Jaime Roldos Ibarra-Ecuador. Telf. cel. 0999591050



## REPORTE DE ANÁLISIS DE AGUAS


<b>DATOS DEL PROPIETARIO</b> NOMBRE : HUGO CORDOVA CIUDAD : Ibarra TELÉFONO : 0981423116 FAX :	<b>DATOS DE LA PROPIEDAD</b> PROVINCIA : Imbabura CANTÓN : Ibarra PARROQUIA : San Francisco SITIO : San Francisco
<b>DATOS DEL AGUA</b> SITIO : Agua de riego (acequia) MUESTRA : Agua ASPECTO: Clara con sedimento	<b>DATOS DE LABORATORIO</b> No REPORTE : R 8549 No MUES.LAB.: L 8549 FECHA DE MUESTREO: FECHA DE INGRESO : 06 07 2018 FECHA DE REPORTE : 12 07 2018

### RESULTADOS


PARAMETRO	CONTENIDO	RANGO USUAL**
TDS (Sólidos totales disueltos)	112,0 ppm	0 - 2000 ppm
Carbonatos (CO3)=	< 0,0 ppm	0 - 3,1 ppm
Bicarbonatos (HCO3)-	122,0 ppm	0 - 180 ppm
Calcio Ca++	13,50 ppm	0 - 200 ppm
Magnesio Mg ++	9,90 ppm	0 - 61 ppm
Sulfatos (SO4)=	13,40 ppm	0 - 960 ppm
Boro B	0,50 ppm	0 -2,5 ppm
pH	6,91	6 - 8,5
Dureza total CaCO3	74,34 ppm	Moderadamente dura
Conductividad eléctrica	0,230 dS/m	0 - 3 dS/m
Potasio K	0,90 ppm	0 - 7,8 ppm
Cloruros Cl	16,0ppm	0 -180 ppm
Sodio Na	42,2 ppm	0 - 69 ppm
RAS*	2,11	0 - 6 (meq/L)1/2

\* Relación adsorción de sodio  
 \*\* Rangos usuales para aguas de riego  
 negrillas = exceso

Se recomienda regular el pH a 6,5 (regulador de pH) en caso de utilizar como solvente para aplicaciones de nutrientes foliares y fertirrigación. El contenido de los parámetros analizados en la muestra de agua, se encuentran bajo la media del rango usual para aguas de riego(\*\*). Por tanto se concluye que el agua es de buena calidad y puede ser usada para el riego de cultivos agrícolas.




Dr. Quím. Edison M. Miño M.  
**RESPONSABLE DE LABONORT**



Fuente: Labonort, (2018)

## Anexo 4 Invitación a la socialización



**UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR SEDE IBARRA**

**ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y AMBIENTALES**

Le extienden la más cordial Invitación a la socialización del trabajo de investigación:

*"Efecto de la inducción magnética del agua de riego, en el desarrollo, producción y rendimiento del cultivo de pepinillo (*Cucumis sativus* L.), cultivar jaguar en la Granja Experimental ECAA."*

cuyo autor es el señor Córdova Suarez Hugo Marcelo, de la carrera de Ingeniería Agropecuaria.

Fecha: 20 de noviembre del 2018

Lugar: Granja Experimental ECAA-PUCESI- parcela demostrativa |

Hora: 9: 00 am

**RESUMEN**

El presente estudio se realizó en la Granja Experimental de la Universidad Católica Sede Ibarra en la cual se evaluó la influencia del uso de imanes Neodimio N52 sobre el desarrollo del cultivo de pepinillo. En la parcela se instaló un sistema de riego por método de goteo, para suplir las necesidades hídricas de dicho cultivo. Se realizó el cálculo de la lámina de riego del cultivo, conjuntamente con el diseño agronómico e hidráulico del mismo además de realizar las actividades de manejo de cultivo. Luego del análisis de las variables tomadas en campo y laboratorio se puede identificar que existe una diferencia entre cada uno de los tratamientos, en el cual el Tratamiento 1 (100% del tiempo de riego con influencia de los imanes) es el que presenta mayor altura de la planta como también mayor rendimiento en la cosecha.

Demostrando que, puede ser una tecnología alternativa para mejor las condiciones de producción, calidad de agua, absorción de nutrientes, con el propósito de mejorar e incrementar los rendimientos agrícolas, según los tiempos a que se exponga y durante las fases fenológicas del cultivo (Medeiros, Fung, Martínez, Ferrer, Asanza y Gilart, 2014).

**Fuente:** El autor

## Anexo 5 Oficio de la invitación

Pontificia Universidad Católica del Ecuador  
Sede Ibarra

Ibarra, 14 de noviembre del 2018  
OFICIO Nro. 443 DIR-ECAA

Señor  
Alejandro Tugumbango  
**VOCAL DEL GAD PARROQUIAL DE IMANTAG**  
Presente. -

Quienes hacemos la Escuela de Ciencias Agrícolas y Ambientales queremos expresarle un atento y cordial saludo y nuestro deseo de éxito en las funciones a usted encomendadas.

Por medio del presente, hacemos una cordial invitación para que usted sea parte del evento académico de socialización del trabajo de investigación denominado: **"Efecto de la inducción magnética del agua de riego, en el desarrollo, producción y rendimiento del cultivo de pepinillo (*Cucumis sativus* L.), cultivar jaguar en la Granja Experimental ECAA."** que realiza el señor Hugo Marcelo Córdova estudiante de la carrera de Agropecuaria, bajo la dirección del Mgs. Diego Puerres docente de la ECAA, estamos seguros de que será muy provechoso para nuestras instituciones.

Este evento se desarrollará el día martes 20 de noviembre de 2018, a las 8:30 am, en la Granja Experimental ECAA.


Seguros de contar con su presencia la misma que dará realce al evento, anticipo mi agradecimiento.

Atentamente,

Ph.D. Yadira Ordóñez  
DIRECTORA DE LA ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y AMBIENTALES  
I/c

Fuente: El autor

**Anexo 6** Formato de Encuesta



**Pontificia Universidad  
Católica del Ecuador**

**ESCUELA CIENCIAS AGRÍCOLAS Y AMBIENTALES**  
ÁREA DE VINCULACIÓN CON LA COMUNIDAD

**PROCESO DE SOCIALIZACIÓN DE INVESTIGACIÓN**

El siguiente cuestionario nos permitirá implementar mejoras constantes en los procesos de socialización de trabajo investigación, por favor háganos llegar sus comentarios y sugerencias:

FECHA	20 de Noviembre		
EXPOSITOR	FERRER GONZALEZ		
LUGAR	DENTRO PUCESI	FUERA PUCESI	

**NOTA IMPORTANTE:** Por favor conteste las preguntas según la siguiente escala:

5. MUY ALTO / 4. ALTO / 3. MEDIO / 2. BAJO / 1. NULO

DETALLE DE VALORACIÓN	1	2	3	4	5
<b>ORGANIZACIÓN DEL EVENTO DE SOCIALIZACIÓN:</b>					
1. ¿Considera Usted que la sala donde se desarrolló este evento brindó las comodidades necesarias?					✗
2. ¿Considera Usted que el material audiovisual utilizado en la presentación fue adecuado?					✓
<b>EJECUCIÓN DEL EVENTO POR PARTE DEL EXPOSITOR</b>					
3. ¿Considera Usted que el expositor mostró dominio del tema?					✗
4. ¿Estima Usted que el manejo del auditorio por parte del expositor fue adecuado?					✗
5. ¿Considera Usted que el Expositor demostró facilidad de expresión?					✗
<b>MEDICIÓN DE IMPACTO DE LA INVESTIGACIÓN:</b>					
6. ¿Considera Usted que el tema investigado posee relevancia para algún actor y/o sector de la sociedad?					✗
7. ¿Considera Usted que esta investigación posee perspectivas para estudios complementarios posteriores?					✗
8. ¿Considera Usted que el tema investigado genera actualmente o a futuro un beneficio concreto para alguna organización, empresa pública o privada, comunidad o institución?					✗
9. ¿En función de los objetivos planteados expuestos en la investigación, considera Usted que éstos se cumplieron?					✗
<b>REALICE UN COMENTARIO O SUGERENCIA PARA LOS ORGANIZADORES DE ESTE EVENTO</b>					
Positivo					
<b>MENCIONE USTED OTRAS PROBLEMÁTICAS QUE A SU PARECER PODRÍAN SER INVESTIGADAS Y QUE POSEAN IMPORTANCIA PARA ALGÚN ACTOR Y/O SECTOR DE NUESTRA COLECTIVIDAD</b>					
Inbetras para e Inbetras					
<b>INSTITUCIÓN U ORGANIZACIÓN A LA QUE PERTENECE EL ENCUESTADO</b>					
Representante Junta de Vecinos Unacampi					

**Fuente:** El autor

Anexo 7 Lista de asistentes 1




LISTA DE ASISTENCIA A SOCIALIZACIÓN DE INVESTIGACIÓN

NOMBRE DEL EXPOSITOR: Hugo Córdoba  
 CARRERA: Ing Agropecuaria  
 FECHA: 20 Noviembre 2018

NOMBRE ASISTENTE	NÚMERO DE CÉDULA	INSTITUCIÓN A LA QUE REPRESENTA	FIRMA
Emmanuel Cabarcango	1001118902	Junta de Pecueros Peri Sucia	[Firma]
Alejandro Tuzandá	1001102928	Vocal C.A.D. Imantag	[Firma]
Luz María Cavalles	100147972-2	Imantag	[Firma]
Miguel Quijuelo	1001687777	El marlon	[Firma]
Messias Lita	100159081-4	Imantag	[Firma]
Erlinda Guevara	100128740-6	Imantag	[Firma]
Diego Caspud	1003096109	Monte Olivo	[Firma]
Cristian Acoz	0401679204	Bioamecsa	[Firma]
Diego Morán	100344131-6	Bioamecsa	[Firma]
Marijori Morejón	100422542	PUCE-SI	[Firma]
Graciela Rueda	1004174824	PUCE-SI	[Firma]
Ricardo Carlosoma	100293204-11	Puce SI	[Firma]
Raul Carlosoma	1002974473-1	PUCE SI	[Firma]
PSBLO Quillayangu	10011166893	PUCE SI	[Firma]
Eduardo Fuentes	1002489832	PUCE SI	[Firma]
Jhenny Celymbe	1721122370	U	[Firma]
Yadira Ordóñez	1103769861	PUCE SI ECAA	[Firma]
Cristian Guayalóng	172657458	PUCE SI ECAA	[Firma]

Fuente: El autor

## Anexo 8 Lista de asistentes 2

 Pontificia Universidad Católica del Ecuador ESCUELA CIENCIAS AGRÍCOLAS Y AMBIENTALES ÁREA DE VINCULACIÓN CON LA COMUNIDAD			
LISTA DE ASISTENCIA A SOCIALIZACIÓN DE INVESTIGACIÓN			
NOMBRE DEL EXPOSITOR: <i>Hugo Córdoba</i> CARRERA: <i>Ing Agropecuaria</i> FECHA: <i>20 Noviembre 2018</i>			
NOMBRE ASISTENTE	NÚMERO DE CÉDULA	INSTITUCION A LA QUE REPRESENTA	FIRMA
<i>Jose M. Córdoba</i>	<i>1001960111-6</i>	<i>Junta de aguas Urcuquí</i>	<i>[Firma]</i>
<i>Jesús Lasso</i>	<i>1001068224-8</i>	<i>ECAH</i>	<i>[Firma]</i>
<i>Pablo Quiroz</i>	<i>100116683</i>	<i>ECAH</i>	<i>[Firma]</i>
<i>Hilda Suárez</i>	<i>100209389-4</i>	<i>Junta de aguas Urcuquí</i>	<i>[Firma]</i>

Fuente: El autor

## Anexo 9 Resultados de la socialización

Preguntas de la socialización	Nulo	Bajo	Medio	Alto	Muy
¿Considera Usted que la sala donde se desarrolló este evento brindó las comodidades necesarias?	0	1	1	6	12
¿Considera Usted que el material audiovisual utilizado en la presentación fue adecuado?	0	0	7	3	10
¿Considera Usted que el expositor mostro dominio del tema?	0	1	2	2	15
¿Estima Usted que el manejo del auditorio por parte del expositor fue adecuado?	0	1	2	4	13
¿Considera Usted que el expositor demostró facilidad de expresión?	0	0	2	3	15
¿Considera Usted que el tema de investigación posee relevancia para algún actor y/o sector de la sociedad?	0	0	1	3	16
¿Considera Usted que esta investigación posee perspectivas para estudios complementarios posteriores?	0	1	3	1	15
¿Considera Usted que el tema investigado genera actualmente o a futuro un beneficio concreto para alguna organización, empresa pública o privada, comunidad o institución?	0	0	1	3	16
¿En función de los objetivos planteados expuestos en la investigación, considera Usted que estos se cumplieron?	0	0	1	4	15

Fuente: El autor

**Anexo 10** Actividades preparación de suelo y recolección de muestra de suelo



**Fuente:** El autor

## Anexo 11 Delimitación de las unidades experimentales



**Fuente:** El autor

## Anexo 12 Alambrado del área de estudio



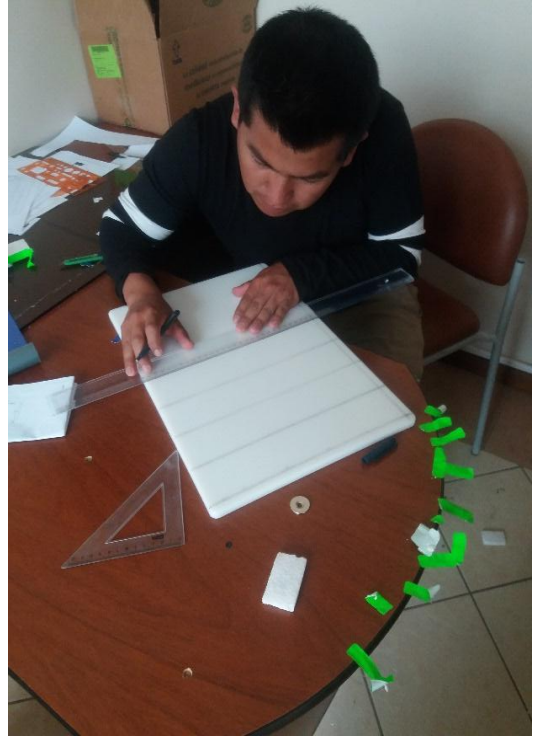
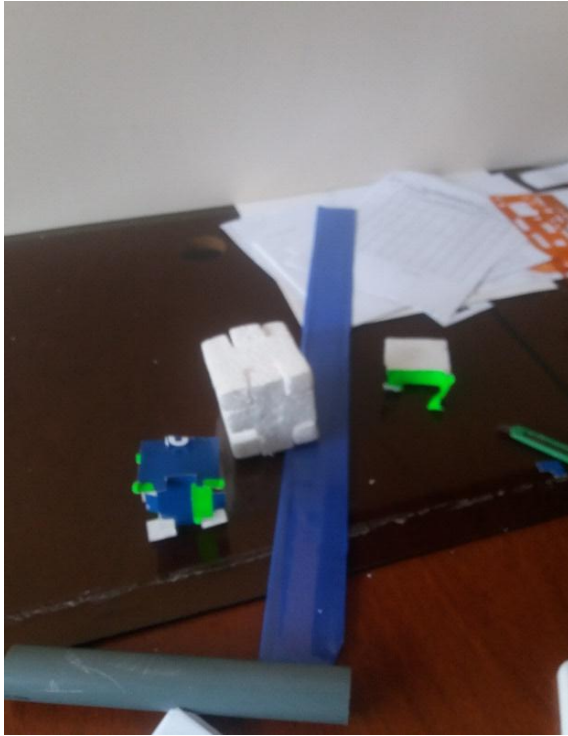
**Fuente:** El autor

### Anexo 13 Instalación del sistema de riego



Fuente: El autor

## Anexo 14 Diseño del equipo de magnetización



Fuente: El autor

### Anexo 15 Letreros para las unidades experimentales



Fuente: El autor

### Anexo 16 Plantines de pepinillo



Fuente: El autor

## Anexo 17 Mediciones de campo



Fuente: El autor

## Anexo 18 Trasplante de plántulas de pepinillo



Fuente: El autor

## Anexo 19 Fumigación y riego



Fuente: El autor



## Anexo 20 Manejo agronómico del ensayo



Fuente: El autor



## Anexo 21 Medición de variables de campo 1



Fuente: El autor

## Anexo 22 Medición de las variables de campo 2



Fuente: El autor

### Anexo 23 Actividades de tutoro del Cultivo



Fuente: El autor

### Anexo 24 Desarrollo de las plantas



Fuente: El autor

## Anexo 25 Manejo agronómico y cosecha



Fuente: El autor



## Anexo 26 Socialización



Fuente: El autor

