



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y**  
**AMBIENTALES**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

**EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DEL CULTIVO DE LECHUGA**  
**(*Lactuca sativa* L.) Y EFICIENCIA DEL USO DE AGUA UTILIZANDO**  
**POLIACRILATO DE POTASIO EN LA GRANJA EXPERIMENTAL LA**  
**PRADERA, IMBABURA**

Trabajo de Grado previo a la obtención del título de Ingeniero Agropecuario.

**AUTOR:**

Rivera Beltrán Juan Francisco

**DIRECTORA:**

Ing. Romero Astudillo María José M.Sc.

Ibarra, 2020

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD INGENIERIA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y  
AMBIENTALES  
CARRERA INGENIERIA AGROPECUARIA

## EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DEL CULTIVO DE LECHUGA (*Lactuca sativa* L.) Y EFICIENCIA DEL USO DE AGUA UTILIZANDO POLIACRILATO DE POTASIO EN LA GRANJA EXPERIMENTAL LA PRADERA, IMBABURA

Trabajo de grado revisado por el Comité Asesor, por lo cual se autoriza su presencia  
como registro parcial para obtener Título de:  
**INGENIERO AGROPECUARIO**

APROBADO:

Ing. María José Romero Astudillo, M.Sc.

DIRECTORA



FIRMA

Ing. Miguel Gómez, M.Sc

OPOSITOR



FIRMA

Ing. Gabriel Chimbo, M.Sc.

OPOSITOR



FIRMA



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**BIBLIOTECA UNIVERSITARIA**

**AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN**  
**A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA**

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

<b>DATOS DE CONTACTO</b>			
<b>CÉDULA DE IDENTIDAD:</b>	1003137153		
<b>APELLIDOS Y NOMBRES:</b>	Rivera Beltrán Juan Francisco		
<b>DIRECCIÓN:</b>	Pilanquí Mz. 10, N° 119		
<b>EMAIL:</b>	jfrivera@utn.edu.ec		
<b>TELÉFONO FIJO:</b>	062645140	<b>TELÉFONO MÓVIL:</b>	0985879872

<b>DATOS DE LA OBRA</b>	
<b>TÍTULO:</b>	Evaluación del comportamiento del cultivo de lechuga ( <i>Lactuca sativa</i> L.) y eficiencia del uso de agua utilizando poliacrilato de potasio en la Granja Experimental La Pradera, Imbabura
<b>AUTOR (ES):</b>	Rivera Beltrán Juan Francisco
<b>FECHA: DD/MM/AAAA</b>	25/05/2020
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
<b>PROGRAMA:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> <b>PREGRADO</b> <input type="checkbox"/> <b>POSGRADO</b>
<b>TITULO POR EL QUE OPTA:</b>	Ingeniero Agropecuario
<b>ASESOR /DIRECTOR:</b>	Ing. María José Romero Astudillo, M.Sc.

**2. CONSTANCIAS**

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 25 días del mes de Mayo de 2020

**EL AUTOR:**



.....

Rivera Beltrán Juan Francisco

C.I.: 1003137153

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Manifiesto que la presente obra es original y se la desarrolló sin violar derechos de autores terceros, por lo tanto es original y que soy el titular de los derechos patrimoniales; por lo que asumo la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldré en defensa de la Universidad Técnica del Norte en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, 25 de Mayo del 2020.



---

Rivera Beltrán Juan Francisco

## **CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA**

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Rivera Beltrán Juan Francisco, bajo mi supervisión.

Ibarra, 14 de Julio del 2020.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'María José Romero Astudillo', is written over a horizontal line.

Ing. María José Romero Astudillo, M.Sc.

**DIRECTOR DE TESIS**

## REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

**Guía:** FICAYA-UTN

**Fecha:** Ibarra, 14 de Julio del 2020.

**Nombres y Apellidos:** “EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DEL CULTIVO DE LECHUGA (*Lactuca sativa* L.) Y EFICIENCIA DEL USO DE AGUA UTILIZANDO POLIACRILATO DE POTASIO EN LA GRANJA EXPERIMENTAL LA PRADERA, IMBABURA” /Trabajo de titulación. Ingeniero Agropecuario.

Universidad Técnica del Norte. Carrera de Ingeniería Agropecuaria. Ibarra, a los 14 días del mes de Julio del 2020. 84 páginas.

**DIRECTOR (A):**

El objetivo principal de la presente investigación fue: Evaluar el comportamiento del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) y la eficiencia del uso de agua utilizando poliacrilato de potasio en la Granja Experimental La Pradera. Entre los objetivos específicos se encuentran: Evaluar la influencia del poliacrilato de potasio en el rendimiento del cultivo de lechuga. Cuantificar la eficiencia del uso de agua en el cultivo de lechuga utilizando poliacrilato de potasio. Determinar la rentabilidad económica de los niveles en estudio.



Ing. María José Romero Astudillo, M.Sc.

**Directora de Trabajo de Grado**



Rivera Beltrán Juan Francisco

# AGRADECIMIENTO

A Dios, que me ha conducido por un buen camino y me ha dado mucha fortaleza para seguir adelante.

Un sincero agradecimiento a la Universidad Técnica del Norte que me brindó la oportunidad de formarme como un buen profesional.

A todos mis maestros, quienes han sido mis mejores formadores.

A mis compañeros y amigos, que supieron ayudarme de forma incondicional.

A mi querida familia de quien recibí el constante apoyo en todo el trayecto de mi carrera, de manera especial a mi Madre, que desde el cielo recibo su bendición, lo que me da energía para continuar.

De una forma especial a mi Directora de Tesis Ing. María José Romero M.Sc. por su valiosa guía y dedicación, que me han permitido desarrollar mi trabajo de grado con éxito.

A todos quienes hicieron posible este importante logro en mi vida.

Juan Francisco.



# DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo a toda mi querida familia, de manera especial a mi Madre de quién recibí sus virtudes y valores; estoy seguro que en el cielo hay una inmensa alegría porque ahora nuestro sueño se hizo realidad, Mamita este trabajo te dedico con mucho cariño, gracias por estar siempre a mi lado.

Juan Francisco.

# ÍNDICE

RESUMEN .....	i
ABSTRACT .....	ii
CAPÍTULO I .....	1
1. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1. Antecedentes.....	1
1.2. Problema .....	2
1.3. Justificación.....	3
1.4. Objetivos .....	5
1.4.1. General .....	5
1.4.2. Específicos.....	5
1.5. Hipótesis.....	5
1.5.1. Ho.....	5
1.5.2. Ha.....	5
CAPÍTULO II.....	6
2. MARCO TEÓRICO.....	6
2.1. Cultivo de lechuga .....	6
2.1.1. Partes de la planta .....	6
2.2. Etapas fenológicas .....	8
2.2.1. Germinación .....	8
2.2.2. Plántula.....	9
2.2.3. Madurez.....	9
2.2.4. Formación del tallo floral.....	9
2.3. Requerimiento hídrico del cultivo de lechuga.....	9
2.4. Lámina de riego .....	10
2.5. Uso eficiente del agua de riego.....	11
2.6. Influencia de riego en la concentración de clorofila.....	11
2.7. Poliacrilato de potasio.....	12
2.7.1. Poliacrilato de potasio en el suelo .....	13
2.7.2. Ventajas del uso de poliacrilato de potasio en cultivos .....	14
CAPÍTULO III .....	16
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	16
3.1. Caracterización del área de estudio .....	16
3.1.1. Ubicación geográfica .....	16

3.1.2.	Características climáticas .....	17
3.2.	Materiales, equipos e insumos.....	17
3.2.1.	Materiales .....	17
3.2.2.	Equipos.....	18
3.2.3.	Insumos .....	18
3.2.4.	Material experimental .....	18
3.3.	Métodos .....	18
3.3.1.	Factor en estudio.....	18
3.3.2.	Características del experimento.....	19
3.3.3.	Diseño experimental .....	20
3.3.4.	Análisis estadístico .....	20
3.4.	Disposición del ensayo.....	22
3.5.	Variables evaluadas .....	23
3.5.1.	Porcentaje de prendimiento.....	23
3.5.2.	Longitud de raíz.....	23
3.5.3.	Área foliar .....	23
3.5.4.	Materia seca de la raíz y parte aérea .....	23
3.5.5.	Concentración de clorofila .....	24
3.5.6.	Lámina de riego utilizada.....	24
3.5.7.	Uso eficiente del agua en peso seco.....	24
3.5.8.	Intervalo de riego.....	25
3.5.9.	Rendimiento .....	25
3.5.10.	Rentabilidad.....	25
3.6.	Manejo específico del experimento .....	25
3.6.1.	Construcción de estructura para soporte .....	25
3.6.2.	Obtención y manejo de las plántulas .....	26
3.6.3.	Análisis de suelo .....	26
3.6.4.	Desinfección del suelo .....	27
3.6.5.	Llenado de fundas y trasplante .....	27
3.6.6.	Aplicación de poliacrilato de potasio.....	27
3.6.7.	Estimación del estado de humedad a capacidad de campo .....	28
3.6.8.	Riego .....	28
3.6.9.	Prácticas culturales .....	28
3.6.10.	Cosecha .....	28
3.6.11.	Postcosecha .....	29

CAPÍTULO IV .....	30
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	30
4.1. Porcentaje de prendimiento (%) .....	30
4.2. Longitud de raíz (mm) .....	30
4.3. Área foliar (cm <sup>2</sup> ).....	32
4.4. Materia seca de la raíz y parte aérea (g).....	34
4.4.1. Materia seca de la raíz (g) .....	34
4.4.2. Materia seca parte aérea (g).....	36
4.5. Concentración de clorofila (μmoles/m <sup>2</sup> ) .....	38
4.6. Lámina de riego (mm).....	40
4.7. Uso eficiente del agua en peso seco (g) .....	42
4.8. Intervalo de riego (días) .....	43
4.9. Rendimiento (g).....	45
4.10. Rentabilidad.....	46
CAPÍTULO V.....	48
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	48
5.1. CONCLUSIONES .....	48
5.2. RECOMENDACIONES .....	49
BIBLIOGRAFÍA .....	50
ANEXOS.....	60

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Ubicación geográfica del área de estudio.....	17
Tabla 2	Descripción de la dosis que fue implementada en los cuatro niveles en estudio .....	19
Tabla 3	Descripción de las diferentes mediciones y los días en las que fueron efectuadas.....	19
Tabla 4	Descripción de las dimensiones del área experimental.....	20
Tabla 5	Esquema del análisis de varianza (un factor).....	21
Tabla 6	Esquema del análisis de varianza (dos factores) .....	21
Tabla 7	ADEVA para la variable longitud de raíz.....	31
Tabla 8	ADEVA para la variable área foliar .....	32
Tabla 9	ADEVA para la variable de materia seca de la raíz .....	34
Tabla 10	ADEVA para la variable de materia seca de la parte aérea de la planta.....	36
Tabla 11	ADEVA para la variable de concentración de clorofila .....	38
Tabla 12	ADEVA para la variable intervalo de riego .....	43
Tabla 13	Parámetros para análisis Beneficio/Costo .....	47

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Etapas fenológicas del cultivo de lechuga.....	8
Figura 2. Estructura química del poliacrilato de potasio .....	13
Figura 3. Mapa de ubicación del área de estudio.....	16
Figura 4. Disposición del ensayo.....	22
Figura 5. Estructura de soporte para plantas de lechuga.....	26
Figura 6. Longitud de raíz (mm), descripción de los valores que se obtuvo en el factor medición a los 50, 75 y 100 DDS .....	31
Figura 7. Área foliar (cm <sup>2</sup> ), descripción de los valores que se obtuvo en el factor medición a los 50, 75 y 100 DDS .....	33
Figura 8. Peso seco raíz (g/planta), descripción de los valores que se obtuvo en el factor medición a los 50, 75 y 100 DDS .....	35
Figura 9. Peso seco de parte aérea (g/planta), descripción de los valores que se obtuvo en el factor medición a los 50, 75, 100 DDS, en cada tratamiento (0.00, 0.25, 0.50 y 0.75 g de poliacrilato de potasio) .....	37
Figura 10. Concentración de clorofila (μmoles/m <sup>2</sup> ), descripción de los valores que se obtuvo en el factor medición a los 50, 75, 100 DDS .....	39
Figura 11. Concentración de clorofila (μmoles/m <sup>2</sup> ), descripción de los valores que se obtuvo en el factor nivel (0.00, 0.25, 0.50 y 0.75 g de poliacrilato de potasio) .....	39
Figura 12. Lámina de riego (mm), descripción de los valores que se obtuvo en el factor nivel (0.00, 0.25, 0.50 y 0.75 g de poliacrilato de potasio) .....	40
Figura 13. Uso eficiente del agua en peso seco (g/mm), descripción de los valores que se obtuvo en el factor nivel (0.00, 0.25, 0.50 y 0.75 g de poliacrilato de potasio) .....	42
Figura 14. Intervalo de riego en días, descripción de los valores que se obtuvo en el factor nivel (0.00, 0.25, 0.50 y 0.75 g de poliacrilato de potasio) .....	44
Figura 15. Rendimiento (g), descripción de los valores que se obtuvo en el factor nivel (0.00, 0.25, 0.50 y 0.75 g de poliacrilato de potasio).....	45

EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DEL CULTIVO DE LECHUGA (*Lactuca sativa* L.) Y EFICIENCIA DEL USO DE AGUA UTILIZANDO POLIACRILATO DE POTASIO EN LA GRANJA EXPERIMENTAL LA PRADERA, IMBABURA.

Autor: Rivera Beltrán Juan Francisco  
Universidad Técnica del Norte  
jfrivera@utn.edu.ec

## RESUMEN

La presente investigación se realizó en la Granja Experimental La Pradera, ubicada en la parroquia San José de Chaltura, con la finalidad de evaluar el comportamiento del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) y el uso eficiente de agua, utilizando poliacrilato de potasio. Los objetivos específicos fueron: evaluar la influencia del poliacrilato de potasio en el rendimiento del cultivo, cuantificar la eficiencia del uso de agua y determinar la rentabilidad económica de los niveles evaluados. El factor en estudio fue niveles de poliacrilato de potasio (0, 0.25, 0.50, y 0.75 g), bajo condiciones climáticas controladas (invernadero). Los datos obtenidos se analizaron bajo un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA), con cuatro niveles y tres bloques. Las variables evaluadas fueron: porcentaje de prendimiento, longitud de raíz, área foliar, materia seca de la raíz y parte aérea, concentración de clorofila, lámina de riego utilizada, uso eficiente del agua, intervalo de riego, rendimiento y rentabilidad. Los resultados indicaron que el poliacrilato de potasio si influye en el rendimiento de la planta de lechuga, la dosis 0.25 g reflejó un mejor rendimiento que fue de 39 g/planta. No se presentaron significancias en el uso eficiente del agua, pero existió un ahorro en 10.86% en el consumo de agua con la aplicación de 0.50 g poliacrilato. Los resultados permitieron comprobar que el poliacrilato de potasio es una alternativa eficaz para retener el agua en el suelo, los beneficios en producción y en el ahorro hídrico compensan de alguna manera la inversión al utilizar estos retenedores.

**Palabras claves:** Poliacrilato de potasio, hidrogel, lechuga, uso eficiente del agua.

## ABSTRACT

This research was carried out at La Pradera Experimental Farm, located in San Jose de Chaltura parish. The objective was to assess the behavior of lettuce (*Lactuca sativa* L.) and efficient water use, using potassium polyacrylate. The specific objectives were: to evaluate the influence of potassium polyacrylate on crop yield, to quantify the efficiency of water use, and to determine the economic profitability of the evaluated levels. The levels of potassium polyacrylate (0g, 0.25g, 0.50g, 0.75g) were evaluated, under controlled climatic conditions (greenhouse). The data obtained were analyzed under a Complete Random Block Design, with four levels and three blocks. The variables evaluated were: percentage of yield, root length, leaf area, root and aerial part dry matter, chlorophyll concentration, net irrigation depth, efficient water use, irrigation interval, yield and profitability. The results indicated that the potassium polyacrylate does influence the yield of the lettuce plant; the 0.25 g dose showed a better yield that was 39 g / plant. There were no significance in the efficient use of water, but there was a saving of 10.86% in water consumption with the application of 0.50 g of polyacrylate. The results showed that potassium polyacrylate is an effective alternative to retain water in the soil. The benefits in production and in water savings in some way offset the investment in using these retainers.

Keywords: Potassium polyacrylate, hydrogel, lettuce, efficient use of water.



# CAPÍTULO I

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Antecedentes

Existen productos derivados del poliacrilato de potasio que son conocidos como hidroretenedores. Estos retenedores ayudan al desarrollo de las plantas al promover la formación de raíces, y también al crecimiento. Debido a la propiedad de retención de agua y nutrientes, facilita la descompactación del suelo (Orozco, 2010).

Estos retenedores están formados por varias moléculas de monómeros de acrilato, tienen la capacidad de retener hasta 400 veces su peso en agua destilada (Porles, 2018). Este material polimérico forma una red entrecruzada con estructura tridimensional, que por su naturaleza tiene propiedades absorbentes. Las cargas negativas existentes, permite el ingreso del agua, mediante la repulsión de las cadenas poliméricas (Coggino, 2008).

Un hidroretenedor mejora las condiciones del cultivo en regiones con escasez de agua, y ayuda a frenar la desertificación. El beneficio de utilizar estos retenedores de agua, es que la planta se desarrolla con normalidad al ser incorporado a la siembra. Este compuesto puede ser utilizado incluso cuando un área carece de una precipitación suficiente (Anderson, 2009).

Los retenedores de agua han sido ampliamente utilizados y en los últimos años se han realizado estudios relacionados con su uso y efectos en la agricultura. En una investigación en que se aplicaron 30 g de retenedor de agua en la especie guarango (*Caesalpinia spinosa* Moll O. Kuntz), se encontró que el porcentaje de retención de humedad y nutrientes, incidieron en la altura, diámetro y número de folíolos de la planta (Orozco, 2010).

De igual forma, se empleó un retenedor de agua en suelos arenosos en el cultivo de rábano (*Raphanus sativus* L.). Este favoreció una mejor dosificación de nutrientes, al retenerlos

y liberarlos lentamente, dándole mayor tiempo de aprovechamiento a la planta para absorberlos. También, se menciona que este producto tiene una capacidad alta para retener la humedad del suelo, por lo que puede ser aprovechado para ofrecer un uso más eficiente del agua en el sector agrícola (Idrobo, Rodríguez y Díaz, 2010).

En el Ecuador se han realizado estudios para determinar la eficacia del uso de retenedores de agua. Los resultados muestran efectos positivos en el porcentaje de prendimiento y sobrevivencia de plantas de lechuga (Vélez, 2016). De igual forma, se comprobó la capacidad de retención hídrica con el uso de retenedores de agua en el cultivo de haba (*Vicia faba* L.) (Campaña, 2016). Por otro lado, se comprobó que el poliacrilato de potasio incidió en la altura de plantas de tara (*Caesalpinia spinosa* Moll.), obteniéndose resultados significativos en el crecimiento de esta leguminosa cuando se utilizó este retenedor de agua (Arevalo, 2012).

## **1.2. Problema**

Según FAO (2002), la agricultura emplea más del 70% del agua utilizada en el mundo, haciendo que la adopción de nuevas tecnologías sea una estrategia indispensable en la producción agrícola. La escasez de agua será cada vez mayor y limitará la producción local de alimentos. El agua es uno de los recursos naturales más importantes en el planeta, siendo la fuente de vida para plantas, animales y para el ser humano.

Actualmente, se experimenta una variación considerable en el clima lo que ha hecho que el régimen de lluvias sea cada vez más escaso. Luego del periodo de lluvias se presenta un intenso verano que puede deteriorar la calidad y el número de las plantas sembradas. En el 2016, en Imbabura, según reportes meteorológicos, hubo una precipitación de 381 mm en todo el año. Esta precipitación no fue constante, ya que esta cantidad de milímetros es distribuida en nueve meses y existe tres meses de sequía. Es por eso que el agua puede llegar a ser un factor limitante para la productividad agrícola (INAMHI, 2016).

Históricamente los esfuerzos para mejorar el uso del agua han sido arduos, ya que se necesita llegar a una mejor producción optimizando el recurso hídrico (ONU, 2014). La

degradación ambiental es un problema, el cual radica en la producción de hortalizas. El aumento en la explotación de estos cultivos, hace que se busque incorporar un método para un uso eficiente del agua (Duarte y Sarmiento, 2013).

### **1.3. Justificación**

La producción de vegetales requiere una alta provisión de agua, de lo contrario, se dificulta su explotación. Las hortalizas tienen una mayor sensibilidad al estrés hídrico. El requerimiento de agua está marcado por un alto volumen especialmente, en los meses más secos del año. Las regiones áridas y semiaridas se caracterizan por presentar escasas precipitaciones y suelos con bajo contenido de materia orgánica (Barbaro et al., 2013).

En las explotaciones hortícolas que son cultivadas bajo una cubierta plástica (invernadero), se utilizan métodos para reducir el requerimiento hídrico de la planta en cada ciclo. La utilización de polímeros absorbentes como el poliacrilato de potasio, es una alternativa viable en la reducción y el aprovechamiento del agua (Villegas, 2013). El uso eficiente del agua en la explotación agrícola es un componente fundamental para poder garantizar la producción de alimentos (Salazar et al., 2014).

Según lo menciona Arreguín (2017) la agricultura en la producción de hortalizas representa el principal sistema consumidor de agua en todos los países. En ella se utiliza fuerte cantidad de agua para el riego, y normalmente las eficiencias de aprovechamiento son bajas. La notoria escasez de agua y el incremento en los costos de los sistemas de riego, hace necesario implementar tecnologías para mejorar el uso eficiente de agua. Se debe enfocar en la búsqueda de nuevas técnicas de control, conducción, distribución y aplicación de riego.

La modernización de los sistemas existentes de recolección y difusión de agua. El uso de tecnologías de captación de agua brindan un aporte valioso para: asegurar la producción, mejorar rendimientos de los cultivos de hortalizas y contribuyen a la adaptación al cambio climático (Martínez, 2013).

Por otro lado, si bien se han realizado estudios relacionados al uso de retenedores de agua, existe el desconocimiento del ahorro hídrico con diferentes dosis. De igual forma, no se registran datos de la cantidad de agua que debe suministrarse para lograr un óptimo desempeño del producto, que resultará en el adecuado desarrollo del cultivo. Los agricultores deben conocer las dosis requeridas para poder implementar este método de optimización del uso del agua. Es así que Vélez (2016) recomienda realizar estudios enfocados a dosificación de poliacrilato de potasio y volumen de agua requerido.

Un aspecto que se debe considerar, es que la lechuga es una especie poco tolerante al estrés hídrico (Andrada y Di Barbaro, 2018). Por lo expuesto, al utilizar el cultivo de lechuga, se procura que los signos de deficiencia de agua sean más notables en el experimento y que permitan encontrar el nivel que muestre mejor respuesta del cultivo al utilizar poliacrilato de potasio.

Los antecedentes descritos han motivado a investigar dosis de retenedores de agua en el cultivo de lechuga y, de este modo, mejorar el uso eficiente de agua, con el fin de ver qué tan eficaces son estos retenedores. Se pretende estudiar las ventajas que brinda el poliacrilato de potasio, para contrarrestar el déficit hídrico, garantizando así el desarrollo de las plantas a nivel de campo, cuando los factores climáticos (época seca) sean adversos y afecten el normal desarrollo de las plantas.

## **1.4. Objetivos**

### **1.4.1. General**

Evaluar el comportamiento del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) y la eficiencia del uso de agua utilizando poliacrilato de potasio en la Granja Experimental La Pradera.

### **1.4.2. Específicos**

- Evaluar la influencia del poliacrilato de potasio en el rendimiento del cultivo de lechuga.
- Cuantificar la eficiencia del uso de agua en el cultivo de lechuga utilizando poliacrilato de potasio.
- Determinar la rentabilidad económica de los niveles en estudio.

## **1.5. Hipótesis**

### **1.5.1. Ho**

El poliacrilato de potasio no tiene efecto en el rendimiento del cultivo de lechuga y en la eficiencia del uso de agua.

### **1.5.2. Ha**

El poliacrilato de potasio muestra un efecto en el rendimiento del cultivo de lechuga y en la eficiencia del uso de agua.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Cultivo de lechuga

La lechuga es una de las hortalizas de hoja más conocidas y consumidas a nivel mundial (Barbaro et al., 2013). La planta es de ciclo corto y pertenece a la familia botánica Asteraceae, cuyo nombre científico es *Lactuca sativa* L. Su consumo es en estado joven, antes de emitir el verticilo floral. Dependiendo de la variedad, desarrolla hojas estrechas en forma de espiral o una roseta de hojas enteras en forma de cogollo. Después de la etapa de madurez, el tallo experimenta un alargamiento y el ápice evoluciona en escapo floral (Halsouet y Miñambres, 2005).

Su importancia se ha incrementado en los últimos años, debido a la diversificación de variedades, que pueden llegar a ser cultivadas desde el nivel del mar hasta los 2800 m. La lechuga tiene una amplia adaptabilidad a distintos climas. Esta puede tolerar temperaturas de 6° hasta 20 °C y puede sobrevivir en todo tipo de suelos, excepto en suelos pantanosos (Japon, 2016). La principal forma de consumo de la lechuga es en ensaladas, por su agradable sabor y su alto contenido nutricional (Fajardo et al., 2009).

López y Heredia (2013) mencionan que en el Ecuador se cultivan 123 070 ha de hortalizas. De estas, 1 145 ha corresponden a cultivo de lechuga, el 70 % son de cabeza y un 30 % son de lechuga de tipo hoja, es decir 802 ha y 343 ha respectivamente. El 86 % se produce en la sierra ya que ésta genera una gran demanda, y es consumida durante todas las épocas del año.

##### 2.1.1. Partes de la planta

- **Raíz**

Esta hortaliza posee un sistema radicular profundo con una raíz pivotante que puede llegar a medir 30 cm. El crecimiento radicular a diferencia de otras hortalizas, es rápido.

Contiene abundante látex y sus raíces pueden llegar a ser numerosas, según lo menciona Valderrama (2016). La raíz de la lechuga es muy susceptible a plagas, como los áfidos (*Aphidoidea*). Esta plaga puede causar un debilitamiento, y con su progresión puede causar hasta la muerte de la planta (Neval, 2017). La mayor absorción de nutrientes y agua se realiza en las áreas cercanas a la superficie, debido a que en esta zona se encuentran la mayor cantidad de raíces laterales absorbentes (Saavedra, 2017).

- **Tallo**

Su tallo es corto, de forma cilíndrica sin ramificaciones. No obstante, cuando ya finaliza la etapa de maduración, a los 90 a 100 días después de la siembra (DDS), el tallo empieza a elongarse hacia arriba para producir un verticilo floral, según como lo menciona González (2013). La plaga que afecta al tallo es el gusano gris (*Agrotis exclamationis*), el cual provoca clorosis en las hojas (Holmes, 2018).

- **Hojas**

Las hojas están distribuidas en forma de roseta espiral, alrededor de un tallo corto. La roseta sigue desarrollándose durante todo el período vegetativo. Existen diversos colores, formas, tipos de limbo y márgenes. Las características morfológicas cambian dependiendo la variedad (Sepúlveda, 2017). En las lechugas de hoja el desarrollo de la roseta puede continuar durante el período vegetativo de la planta y en el caso de las lechugas escorolas o romanas forman una cabeza redondeada o alargada (Saavedra, 2017), respectivamente. La plaga que más afecta la parte foliar es la mosca blanca (*Bemisia tabaci*), la cual produce un amarillamiento y favorece la infección de hongos, especialmente por la fumagina (*Capnodium* sp.) (Mordaza, 2017).

- **Flores**

El tallo simple termina en una inflorescencia de tipo panícula corimbosa, compuesta por muchos capítulos (Rueda, 2015). Las flores están formadas por un receptáculo plano rodeado por brácteas y pétalos de color blanco. El androceo está constituido por cinco estambres. El cáliz es filamentososo y, cuando madura la semilla, forma el vilano, según lo menciona Valderrama (2016). La floración se produce al término del ciclo vegetativo, de







acuerdo a las condiciones climáticas. Cuando la flor aparece de forma prematura, se trata de un desorden fisiológico ocasionado, usualmente, por altas temperaturas (Pérez, 2008).

- **Semilla**

La semilla de la lechuga es de color blanco, amarillo o marrón y mide de 2 a 5 mm. Está permanece latente durante un tiempo variable ya que no germina debido a la presencia de una envoltura membranosa que es impermeable. Para la germinación de la planta se debe lograr la ruptura de la dormancia (Granval y Graviola, 1991).

## 2.2. Etapas fenológicas

El cultivo de lechuga comprende cuatro etapas fenológicas que son: germinación, desarrollo vegetativo, madurez y floración (Figura 1).

Semanas	1	4	7	10	14	25
Etapas de desarrollo						
	Germinación	Desarrollo de vegetativo			Madurez	Floración

*Figura 1.* Etapas fenológicas del cultivo de lechuga

Fuente: Modificado de Saavedra (2017)

### 2.2.1. Germinación

Esta etapa inicia cuando ingresa agua a la semilla, para la hidratación de los tejidos internos. Posteriormente, inician los procesos metabólicos, hasta el comienzo de la elongación de la radícula. La duración de la etapa de germinación consta de dos semanas hasta la aparición del primer brote. La temperatura óptima para germinación oscila entre 18-20 °C (Hernández, 2014).



### **2.2.2. Plántula**

Se conoce como plántula al brote de la semilla, desde el periodo de germinación hasta cuando tiene cuatro semanas y por lo menos tres hojas verdaderas, sanas y vigorosas. La característica definida en esta etapa es que el brote empieza a desallorarse foliar y radicularmente. Cuando la plántula de lechuga esta en condiciones óptimas, se puede trasplantar para reducir el tiempo de cosecha (FAO, 2002).

### **2.2.3. Madurez**

Según lo menciona Vélez (2016) para la madurez de esta hortaliza se toma en cuenta la firmeza de las hojas. En esta etapa empiezan los peciolo a hacerse más cortos o desaparecer, por lo que la planta adquiere un aspecto visual, en el cual las hojas se tornan turgentes de color verde lima a los 90-100 DDS. Este periodo dura alrededor de ocho semanas. Para la cosecha también se debe considerar aspectos técnicos, la planta debe tener hojas laterales abiertas, con un corazón compacto y un peso mayor a 350 g (Saavedra, 2017).

### **2.2.4. Formación del tallo floral**

Después de alcanzar los índices de madurez fisiológica, si la planta no es cosechada, se presenta una elongación del tallo. Este emite inflorescencias que contienen entre 10 y 15 flores por planta. El alargamiento del tallo puede llegar a medir entre 1 y 1.5 m (Méndez, 2016).

## **2.3. Requerimiento hídrico del cultivo de lechuga**

La lechuga bajo condiciones climáticas controladas es muy sensible a los riegos deficientes. La falta de agua en el cultivo puede ocasionar una disminución del desarrollo, seguido de necrosis sobre los bordes de la hoja. De igual forma, aumenta la sensibilidad

a enfermedades y disminuye el rendimiento. En el caso de exceso de agua, puede provocar una asfixia radicular (Fueyo, Arrieta y Feito, 1998).

En una planta de lechuga, cuando presenta estrés hídrico, los estomas se cierran y la transpiración decrece. A su vez, incrementa la temperatura foliar entre 4 a 6 °C mas que la temperatura ambiente. Cuando la planta transpira con normalidad, su temperatura foliar esta entre 1 a 4 °C (Tarqui et al., 2017).

El consumo de agua por parte del cultivo de lechuga está entre 52 y 125 mm por ciclo, dependiendo de las condiciones climáticas. Por tener un sistema radicular poco profundo, la planta requiere niveles hídricos cercanos a capacidad de campo (FAO, 1996). La mayor cantidad de agua que se requiere en la producción de esta hortaliza, es la que ocupa en mayor proporción en los últimos días del cultivo, cuando las tasas de evapotranspiración son máximas (Antúnez, 2019).

## **2.4. Lámina de riego**

La lámina de riego es la cantidad de agua total que debe aplicarse en todo el ciclo del cultivo, distribuido en cada riego que se aplica a la superficie del suelo. De esta manera se asegura una penetración y retención suficiente en el área radicular de la planta, para que esta no sufra estrés hídrico según lo menciona el Consorcio de Gobiernos del Ecuador (CONGOPE, 2016).

Burbano, Puentes y Benavides (2003) mencionan que una lámina de riego que se puede aprovechar en un cultivo, es la cantidad de agua que el suelo puede almacenar. Estos rangos son entre los límites de capacidad de campo y punto de marchitez permanente, a la profundidad de acuerdo con la textura y movilidad del suelo.

Existen dos tipos de lámina de riego. La lámina de riego neta que es la cantidad de agua exacta que la planta requiere para su desarrollo total, sin considerar pérdidas por evaporación y lixiviación. Por otro lado, existe la lámina de riego bruta que es la cantidad

de agua total que se va a implementar al momento del riego considerando todas pérdidas que puedan presentarse (Delgado, 2012).

El cultivo de lechuga requiere una lámina de riego suficiente para remplazar la humedad perdida por evapotranspiración, también sirve para enfriar el cultivo por medio de la transpiración (Antúnez, 2019).

### **2.5. Uso eficiente del agua de riego**

El uso eficiente del agua de riego se ha convertido en una estricta necesidad para garantizar la sostenibilidad del recurso hídrico, ya que es un recurso finito y esencial para los cultivos en producción (Minambiente, 2019).

Un uso eficiente del agua de riego consta de qué tan eficaz fue la optimización del recurso hídrico. Existen tres factores que influyen en este resultado: a) almacenamiento en el suelo, b) uniformidad de riego y c) pérdida de este recurso desde su aplicación. La eficiencia de la aplicación de agua determina directamente la superficie factible para regar, sin la necesidad de causar un déficit hídrico al cultivo (Antúnez, Felmer y Mora, 2018).

La eficiencia del uso del agua, es definida por la correlación entre gramos de agua que fueron transpirados en el cultivo y los gramos de materia seca producidos, es decir que la planta más eficiente en el uso de agua es la que produce más materia seca por gramo de agua transpirado (Intagri, 2009).

### **2.6. Influencia de riego en la concentración de clorofila**

Las clorofilas son los pigmentos principales de la absorción energética, se puede decir que estos pigmentos son la base de la vida de las plantas. Tienen la capacidad de captar energía lumínica y transformarla en energía química mediante la fotosíntesis. Estos pigmentos pueden adaptarse al ambiente según lo requiera, así lo menciona Manrique (2003).

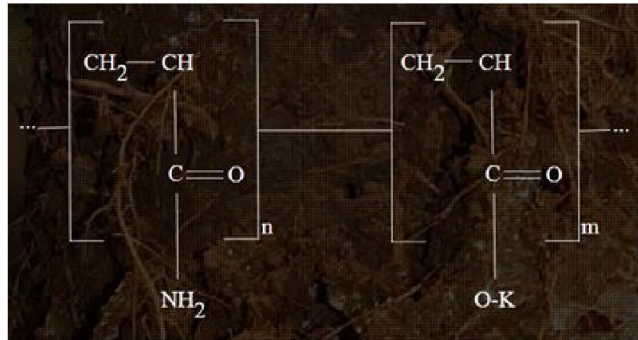
Por otro lado, la sequía, salinidad y temperaturas extremas causan efectos en el crecimiento y la productividad de los cultivos, ya que estos factores influyen para que la planta sufra un estrés abiótico, es decir influyen en la clorofila. En un mismo sentido, la concentración excesiva de cloro (Cl) en el agua de riego, disminuye la fotosíntesis e inhibe la absorción de nitratos, cuando esta es suministrada a la parte aérea de la planta (Villa et al., 2006).

Se ha realizados estudios para evaluar la fluctuación del contenido de clorofila, en los cuales se pretende comprender mejor los factores que influyen en este cambio. Se investigó la simbiosis micorrízica y crecimiento de sorgo (*Sorghum* spp.) irrigado con agua salina, en el cual se comprobó que el riego con cantidades excesivas de sal, incrementa el contenido de clorofila de las hojas (Díaz, Ortiz y Espinosa, 2016). De igual forma se estudió contenido de pigmentos fotosintéticos en hojas de caléndula (*Calendula officinalis*) bajo sol y sombra, los resultados concluyeron, que la concentración de clorofila varía también de acuerdo a la hora del día Casierra, Ávila y Riascos (2012).

## **2.7.Poliacrilato de potasio**

Ahmed (2015) establece que el poliacrilato de potasio está constituido de cadenas poliméricas (Figura 2) que, generalmente, se encuentran en forma de geles coloidales. Este polímero tiene la capacidad de aumentar su volumen, cuando está en contacto con el agua u otro fluido, y retener una fracción significativa de líquido dentro de su estructura, sin disolverse, formando materiales blandos y elásticos (Coggino, 2008).

La composición química se basa en poliacrilamidas que están formadas por acrilamida insoluble en agua y acrilato de potasio que se entrecruzan para formar una red. El agua es retenida en el centro de la red entrecruzada (Ochoa, 2014). Por otro lado, Campaña (2016) resalta que, por su composición química, el poliacrilato de potasio puede considerarse un material biodegradable.



*Figura 2.* Estructura química del poliacrilato de potasio

Fuente: Zuchem (2002).

El poliacrilato de potasio fue, en primera instancia, diseñado en el campo agrícola para reducir frecuencias de riego. Tiene una vida útil de cinco años y puede llegar a retener incluso fertilizantes de forma líquida, evitando la lixiviación de estos (Campaña, 2016). El proceso de absorción de agua es reversible, muchas veces dependiente de las condiciones a las que el material está sometido (Coggino, 2008).

Este polímero es capaz de absorber agua de 120 a 400 veces de su peso en seco, siendo el 98 % utilizable para las plantas. Por lo antes mencionado los usos que atribuyen a los retenedores de agua son: aditivo para preparar el suelo aumentando la porosidad, también se emplea en trasplante de vegetales, transporte y almacenamiento de plantas (San Martín, 2004).

### **2.7.1. Poliacrilato de potasio en el suelo**

El mecanismo del poliacrilato de potasio en el suelo es similar que fuera de él, ya que cuando entra en contacto con el agua, los grupos carboxilos que presenta en su estructura se disocian, exponiendo cargas negativas. Estas cargas se repelen ampliando la red estructural y también incrementando su tamaño. El agua se almacena en su interior y la planta lo extrae en un 99 % por osmosis (Campaña, 2016).

Cuando el poliacrilato de potasio se deshidrata, puede ser expuesto al agua nuevamente para rehidratarse y repetir el proceso de almacenamiento. Este polímero es un compuesto

hidrófilo que puede retener la humedad del suelo en zonas áridas y proveer gradualmente de agua al sistema radicular de las plantas. Al momento de utilizar estos retenedores, la planta puede controlar su propia demanda hídrica. Adicionalmente esta tecnología ayuda a la mejor aireación y estructura de los suelos, incrementando la humedad y fertilidad natural de estos (Idrobo, Rodríguez y Díaz, 2010).

Azevedo, Berthona y Goncalvez (2002) mencionan que las propiedades del poliacrilato de potasio son varias ya que estos, funcionan como acondicionadores del suelo. Se destacan los efectos benéficos en relación con el aumento de la retención de agua en el suelo, lo que reduce la lixiviación de nutrientes y la mejora de capacidad de intercambio catiónico (CIC), dando una mayor disponibilidad de agua y nutrientes para las plantas.

Estos retenedores son utilizados en estudios de cultivos de hortalizas, cítricos y en fruticultura. Se ha encontrado que reduce los problemas de infertilidad del suelo, escasez de agua, ausencia de fertilizante, formación de costras de sal y erosión del suelo. Sus propiedades de retención de agua ayudan al almacenamiento de aguas de lluvia y de riego, que normalmente se perderían por efecto de la gravedad (Vélez, 2016).

Gómez (2014) menciona que se utiliza el poliacrilato de potasio en viveros, trasplante y protección. Está demostrado que este polímero es efectivo, puede reducir el shock de trasplante y minimizar el secado del sistema radicular, tanto durante el transporte como en la plantación.

### **2.7.2. Ventajas del uso de poliacrilato de potasio en cultivos**

Anderson (2009) indica, que existen varios beneficios al utilizar el poliacrilato de potasio. Este polímero se puede emplear en los siguientes cultivos: cítricos, hortalizas, forestales y frutales. Estos retenedores promueven un mayor crecimiento en la planta, especialmente en regiones con escasez de lluvias, ya que provee un suplemento regular de humedad en el suelo.

Este retenedor reduce un tercio la pérdida de nutrientes disponible en el suelo, gracias a su capacidad de mantener la humedad existente a su alrededor. Puede incrementar la reserva de agua hasta por cinco años, por su tiempo de duración después de su incorporación en el suelo. El poliacrilato de potasio puede hidratarse con fertilizantes hidrosolubles, lo que ayudara a la planta absorber estos nutrientes, gracias a su efecto retardado de liberación (Growth, 2019).

# CAPÍTULO III

## 3. MATERIALES Y MÉTODOS

El presente ensayo fue de tipo experimental porque se aplicó principios del método científico en donde se evaluaron variables, se recopilaron datos y se presentan resultados.

### 3.1. Caracterización del área de estudio

#### 3.1.1. Ubicación geográfica

El lugar en el que se realizó la investigación fue la Granja Experimental “La Pradera”, de la Universidad Técnica del Norte, que se encuentra ubicada en la provincia de Imbabura, cantón Antonio Ante, parroquia San José de Chaltura, como se muestra en la Figura 3.



Figura 3. Mapa de ubicación del área de estudio

Fuente: Instituto Geográfico Militar (2018)



La ubicación exacta del lugar de estudio se presenta en la Tabla 1.

Tabla 1

*Ubicación geográfica del área de estudio*

<b>Ubicación/Característica</b>	<b>Descripción</b>
Provincia:	Imbabura
Cantón:	Antonio Ante
Parroquia:	San José de Chaltura
Lugar:	Granja Experimental “La Pradera”
Latitud:	00° 21’22”
Longitud:	78° 12’24”

### **3.1.2. Características climáticas**

La parroquia San José de Chaltura está ubicada a una altura de 2243 metros sobre el nivel del mar, las características climáticas del área de estudio consta de una temperatura anual de 17.1°C y una precipitación de 381 mm distribuida en todo el año, según lo reporta INAMHI (2016).

## **3.2. Materiales, equipos e insumos**

### **3.2.1. Materiales**

Los materiales empleados en la investigación fueron los siguientes:

- Libro de campo
- Letreros
- Fundas de polietileno y papel
- Probeta (volumen de agua)
- Herramientas de campo (palas, azadones, piola, cinta métrica, baldes, carretilla, entre otros)

### **3.2.2. Equipos**

- Computadora
- Balanza electrónica
- Medidor de área foliar Licor®
- Medidor del contenido de clorofila Apogee®
- Estufa
- Cámara fotográfica
- Bomba de fumigar

### **3.2.3. Insumos**

- Fertilizantes foliares (sulfato de magnesio 2g/l)

### **3.2.4. Material experimental**

- Retenedor de agua (poliacrilato de potasio)
- Plántulas de lechuga (variedad Crespa Salad)

## **3.3. Métodos**

### **3.3.1. Factor en estudio**

- *Dosis (nivel) aplicada de poliacrilato de potasio.*

N1= 0.00 g/planta

N2= 0.25 g/planta

N3= 0.50 g/planta

N4= 0.75 g/planta

Se evaluaron cuatro niveles, como se detalla en la Tabla 2.

Tabla 2

*Descripción de la dosis que fue implementada en los cuatro niveles en estudio*

<b>Niveles</b>	<b>Dosis</b> (g PP*/planta)	<b>Descripción</b>
1	0.00	0.0 g de PP (testigo)
2	0.25	Aplicación de 0.25 g de PP, al suelo.
3	0.50	Aplicación de 0.50 g de PP, al suelo.
4	0.75	Aplicación de 0.75 g de PP, al suelo.

\*PP = Poliacrilato de potasio.

- *Medición (factor independiente)*

M1= 25 DDS

M2= 75 DDS

M3= 100 DDS

El factor medición (Tabla 3) no se contempló para todas las variables en estudio, ya que no todas tenían la aplicabilidad de este. Las variables en las cuales se evaluó este factor con sus diferentes niveles fueron: longitud de raíz, área foliar, materia seca de la raíz y parte aérea y concentración de clorofila.

Tabla 3

*Descripción de las diferentes mediciones y los días en las que fueron efectuadas*

<b>Medición</b>	<b>Días</b>	<b>Descripción</b>
1	25	Se midió a los 25 días después de la siembra a una planta por unidad experimental.
2	75	Se midió a los 75 días después de la siembra a 3 plantas por unidad experimental.
3	100	Se midió a los 100 días después de la siembra a 3 plantas por unidad experimental.

### 3.3.2. Características del experimento

En la Tabla 4 se presentan los detalles del área experimental.

Tabla 4

*Descripción de las dimensiones del área experimental*

Área Experimental	Descripción
Niveles	4
Bloques	3
Separación entre bloques (calles)	2.55 m
Separación entre unidad experimental	0.4 m
Forma	rectangular
Ancho	0.95 m
Largo	1.20 m
Área total de una unidad exp.	1.14 m <sup>2</sup>
Total de unidades experimentales	12
Plantas por unidad experimental	20
Área total del ensayo	74.4 m <sup>2</sup>

### 3.3.3. Diseño experimental

Para el ensayo en campo se utilizó un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) con tres bloques.

### 3.3.4. Análisis estadístico

En esta investigación las variables se analizaron con dos tipos de análisis estadísticos. Estos análisis se aplicaron dependiendo del tipo de resultado que requería la variable. Es decir, con un factor (nivel) o dos factores (nivel y medición). En la Tabla 5 se describen las fuentes de variación que existen con un factor, con sus respectivos grados de libertad. Las variables que se analizaron con este esquema fueron: porcentaje de prendimiento, lamina de riego, uso eficiente del agua, intervalo de riego y rendimiento. En el análisis de varianza, los resultados obtenidos fueron normalizados, es por eso que los coeficientes de variación del experimento son elevados.

Tabla 5

*Esquema del análisis de varianza (un factor)*

<b>Fuentes de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>
Total	11
Nivel	3
Bloques	2
Error Experimental	6

Se utilizó la prueba de medias de Fisher al 5% en los niveles que presenten diferencias significativas.

En la Tabla 6 se describen las fuentes de variación que existen con dos factores, con sus respectivos grados de libertad. Las variables que se analizaron con este esquema fueron: longitud de raíz, área foliar, materia seca de la raíz y parte aérea y concentración de clorofila. En el análisis de varianza los resultados obtenidos fueron normalizados, es por eso que los coeficientes de variación del experimento son elevados.

Tabla 6

*Esquema del análisis de varianza (dos factores)*

<b>Fuentes de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>
Total	35
Nivel	11
Bloques	2
Factor (nivel)	3
Factor (medición)	2
Interacción (Fn x Fm)	6
Error Experimental	22

Se utilizó la prueba de medias de Fisher al 5% en los niveles que presenten diferencias significativas.

### 3.4. Disposición del ensayo

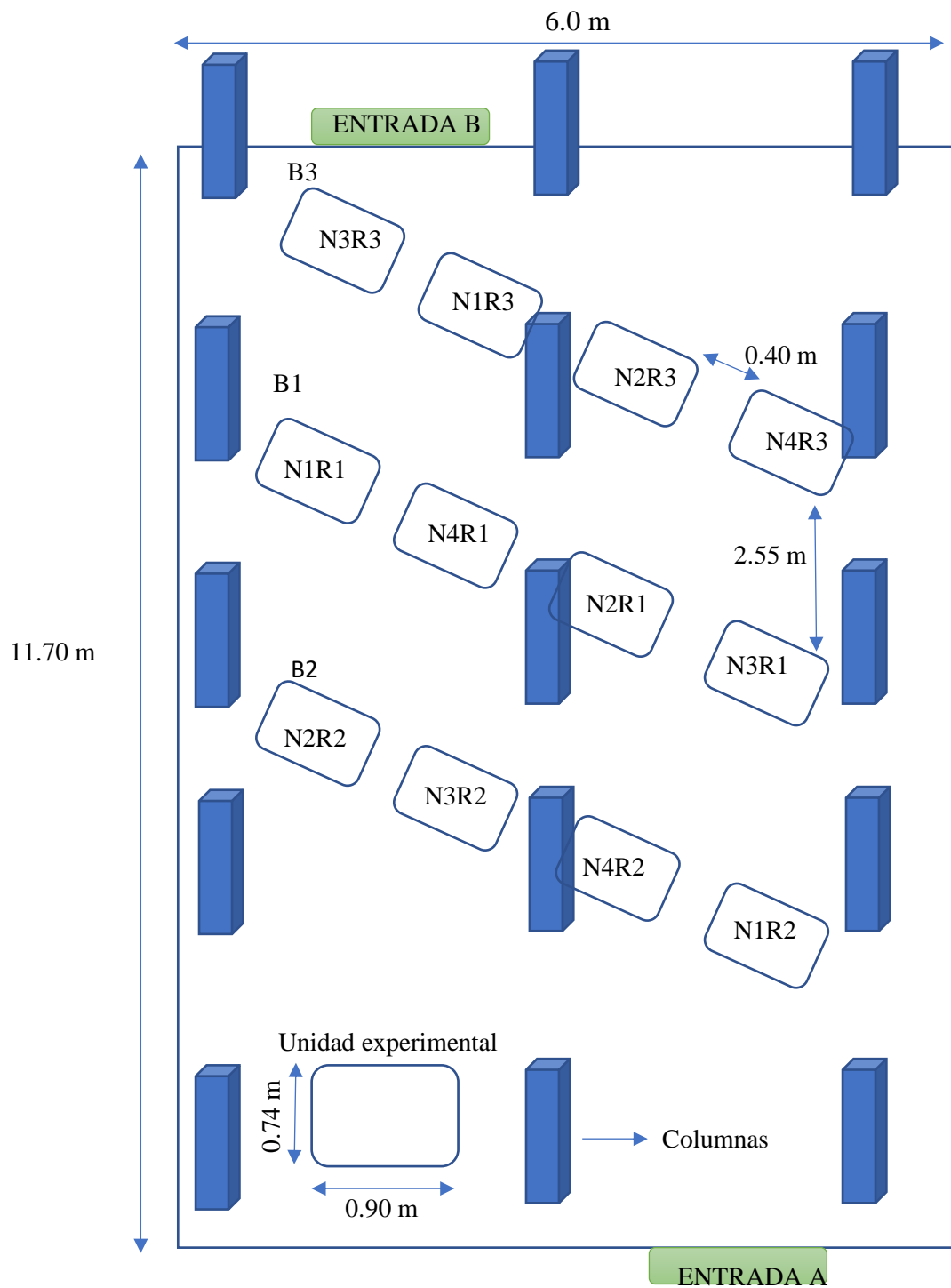


Figura 4. Disposición del ensayo

### **3.5. Variables evaluadas**

Para las variables: longitud de raíz, área foliar, materia seca de la raíz y de la parte aérea y concentración de clorofila, la primera medición se realizó a una planta por parcela neta cuando las plantas tuvieron 50 DDS. La segunda medición se la realizó en tres plantas por parcela neta, cuando las plantas tuvieron 75 DDS. Finalmente, la tercera medición se la realizó en tres plantas por parcela neta, cuando las plantas tuvieron 100 DDS.

#### **3.5.1. Porcentaje de prendimiento**

Esta variable se midió a los 20 días después del trasplante (DDT), con el fin de observar la cantidad de prendimiento de las plántulas. Se contabilizó el total de las plantas que prendieron en cada uno de los niveles y la variable se expresó en porcentaje (%).

#### **3.5.2. Longitud de raíz**

Esta variable se determinó a través de un método destructivo. Se procedió a medir las raíces tomando en cuenta desde el cuello de la planta hasta el extremo final de la raíz. La variable se expresó en milímetros (mm).

#### **3.5.3. Área foliar**

Se realizó de forma periódica en las mismas plantas utilizadas para la variable de longitud de raíz. Para la medición, se utilizó un medidor de área foliar marca Licor®. La variable se expresó en centímetros cuadrados (cm<sup>2</sup>/planta) de área foliar.

#### **3.5.4. Materia seca de la raíz y parte aérea**

Para esta variable se procedió a diseccionar la raíz y la parte aérea en las mismas plantas utilizadas en área foliar. Cada órgano fue colocado en una funda de papel perforado para luego ser secado en una estufa a 105 °C, hasta alcanzar un peso constante. Su peso fue registrado en base a una balanza electrónica. Las variables fueron expresadas en gramos (g/planta).

### **3.5.5. Concentración de clorofila**

La medición se realizó a tres plantas por unidad experimental con el medidor de concentración de clorofila de marca Apogee®. La concentración se evaluó a la tercera y cuarta hoja a partir del ápice de la planta. Estas plantas no fueron sacrificadas, ni registradas para el rendimiento. La variable se expresó en micromoles de clorofila por metro cuadrado de hoja ( $\mu\text{moles/m}^2$ ).

### **3.5.6. Lámina de riego utilizada**

Se contabilizó la cantidad de agua utilizada por todas las plantas de la unidad experimental en todo el ciclo del cultivo, obviando las que fueron sacrificadas y registradas para la concentración de clorofila (diez plantas). Para el efecto, cada vez que se necesitó hidratar a la planta se aplicó riego mediante una probeta graduada hasta que el suelo alcance el nivel de capacidad de campo y se llevó un registro exacto de la cantidad de agua que se aplicó por nivel. Posteriormente se transformó la cantidad de agua provista de centímetros cúbicos a milímetros. La variable se expresó en milímetros por ciclo (mm/ciclo).

Para estimar el estado de humedad a capacidad de campo del suelo (CC), se realizó un riego inicial abundante y se dejó drenar el agua libremente por 24 horas, evitando la pérdida por evapotranspiración (Julca et al., 2006). Una vez que la humedad de la funda se encontraba en estado de capacidad de campo, se procedió a pesar, con el fin de registrar el peso que alcanza en este estado. Posteriormente, para volver a regar, se estableció como límite una pérdida de 40% de humedad y se administró agua hasta que el peso de la funda alcance nuevamente el valor registrado en estado de CC.

### **3.5.7. Uso eficiente del agua en peso seco**

La variable se midió únicamente al final del experimento, se calculó tomando el peso individual de materia seca de la tercera medición de las tres plantas sacrificadas por unidad experimental. Este valor se dividió para la lámina de agua individual utilizada en cada nivel, durante toda la fase experimental de las plantas antes mencionadas. La



variable se expresó en gramos de materia seca producida por milímetro de agua utilizado (g/mm).

#### **3.5.8. Intervalo de riego**

Se contabilizó el número de días transcurridos entre cada riego de las plantas de cada unidad experimental, obviando periódicamente las que fueron sacrificadas (siete plantas). La variable se expresó en número de días entre riego.

#### **3.5.9. Rendimiento**

Esta variable se determinó al momento de la cosecha. Se procedió al pesado de la parte aérea de cada una de las plantas restantes en cada nivel (diez plantas por bloque) y se hizo un promedio. La variable se expresó en gramos por planta (g/planta).

#### **3.5.10. Rentabilidad**

Para evaluar la rentabilidad de la tecnología de retenedores de agua, se aplicó la metodología de análisis Beneficio/Costo. Se realizó el cálculo de costos de producción e ingresos por ventas de cada uno de los niveles. Los ingresos por ventas se calcularon tomando en cuenta el rendimiento total de cada nivel, y se comparó con el actual precio del mercado. Con estos valores se realizó el cálculo de la relación Beneficio/Costo.

### **3.6. Manejo específico del experimento**

Para el estudio se escogió la especie hortícola *Lactuca sativa* L. variedad Crespa Salad, por su alto requerimiento hídrico.

#### **3.6.1. Construcción de estructura para soporte**

En el área destinada a vivero de la Granja Experimental La Pradera, se realizó la construcción de estructuras con vigas metálicas (Figura 5) con dimensiones de 4.0 m de

largo por 0.15 m de ancho, colocadas a 0.8 m de altura sobre el suelo. Sobre estas estructuras se colocaron tablas de madera que sirvieron como soporte de las fundas conteniendo las plántulas de lechuga. El sitio experimental constó de un total de tres estructuras metálicas (una por bloque). Sobre cada estructura se colocaron cuatro niveles.



*Figura 5.* Estructura de soporte para plantas de lechuga

### **3.6.2. Obtención y manejo de las plántulas**

Las plántulas de lechuga fueron adquiridas en la empresa Pilonos La Victoria S.A. (PILVICSA). El ciclo fenológico de esta variedad es de 90 – 110 días (30 - 40 días en semillero + 60 - 70 días desde el trasplante a cosecha). Las plántulas fueron trasplantadas a las fundas cuando tuvieron una altura de 8 a 10 centímetros y un buen desarrollo radicular. Se colocaron 20 plántulas por nivel, con un total de 240 plántulas por todo el ensayo.

### **3.6.3. Análisis de suelo**

Previo al inicio del experimento se seleccionó un área de la Granja Experimental La Pradera, de donde se recolectó el suelo de los primeros 20 cm (capa arable). Se mezcló este suelo y se procedió a realizar un muestreo, para su posterior envío al Laboratorio Agrarprojekt, para el análisis de sus propiedades físicas y químicas (textura, macro y micronutrientes, conductividad eléctrica).

#### **3.6.4. Desinfección del suelo**

Se realizó la desinfección del suelo por solarización. Para el efecto, se cubrió el suelo utilizando plástico de polietileno transparente, durante 30 días, con constantes remociones con el fin de que la cubierta plástica produzca un efecto térmico en el suelo según lo menciona Misle (2002).

#### **3.6.5. Llenado de fundas y trasplante**

Se procedió a rellenar 20 fundas de polietileno por nivel con el suelo extraído y desinfectado. El trasplante se realizó en horas de la mañana cuando las plántulas alcanzaron una altura de 8 a 10 cm y un buen desarrollo radicular. Un día antes del trasplante se efectuó un riego inicial con igual cantidad de agua en todas las fundas, con el fin de evitar la deshidratación y con el objetivo de partir de un mismo nivel de contenido de agua en todos los niveles.

El llenado de fundas se lo realizó en tres etapas. La primera consistió en colocar 1500 gramos de suelo y posteriormente, las diferentes dosis de poliacrilato de potasio (hidratado). La segunda etapa constó en aforar hasta los 2000 gramos con suelo en cada funda. Con esto, se garantizó que cada funda tenía los 2 kg mencionados anteriormente. La tercera fue más adelante la cual consto de una reincorporación de suelo con materia orgánica de 200 gramos a los 75 DDS.

#### **3.6.6. Aplicación de poliacrilato de potasio**

Se realizó el pesaje de las diferentes dosis: 0.25, 0.50 y 0.75 g de poliacrilato de potasio en seco. Una vez que la dosis fue pesada, se procedió a hidratar el producto con 500 ml de agua destilada por gramo de poliacrilato de potasio, en un lapso de cuatro horas con remociones constantes. Finalmente, se colocó en cada funda en el momento previo al trasplante.

### **3.6.7. Estimación del estado de humedad a capacidad de campo**

Para considerar que el suelo se encuentra en un estado de humedad a CC se realizó un riego abundante y se dejó drenar el agua libremente por 24 horas, evitando la pérdida por evapotranspiración (Julca et al., 2006). Una vez que la humedad de la funda se encontró en estado de CC, se procedió a pesar con el fin de registrar el peso que alcanza en este estado y tomarlo como referencia para calcular una pérdida de humedad de 40%, para volver aplicar agua de riego.

### **3.6.8. Riego**

Para la aplicación del riego se utilizó una probeta graduada. La cantidad de agua se dosificó tratando de mantener el suelo a capacidad de campo en las diferentes etapas fenológicas del cultivo. Se suministró la cantidad de agua de riego hasta que el peso de la funda alcanzó el peso referencial del estado de capacidad de campo (descrito en la sección *Estimación del estado de humedad a capacidad de campo* y en la variable *Lámina de riego utilizada*). La cantidad de agua que se utilizó y la frecuencia de riego, fueron variables que se evaluaron durante el estudio.

### **3.6.9. Prácticas culturales**

Se realizaron monitoreos frecuentes del estado fitosanitario de las plantas. Se efectuaron deshierbas manuales con el fin de mantener la sanidad del cultivo. De igual forma, realizaron remociones del suelo en cada funda, con el fin de disminuir la compactación del suelo.

### **3.6.10. Cosecha**

La cosecha se efectuó tomando en cuenta la madurez fisiológica de la planta de lechuga (70 días luego del trasplante o 100 DDS). Los parámetros de madurez que se consideraron

fueron los siguientes: grado de arrellamiento, hojas turgentes y brillantes de color verde oscuro, una altura promedio de 15 cm, con un verticilo florar aun dentro de las hojas.

### **3.6.11. Postcosecha**

Luego de realizar la cosecha, las plantas de lechuga fueron seleccionadas y se sometieron a una limpieza con agua potable y empacado en bolsas plásticas transparentes para su posterior comercialización.

## CAPÍTULO IV

### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. Porcentaje de prendimiento (%)

Se obtuvo un 100 % de prendimiento de las plántulas a los 20 días después del trasplante (DDT) en todos los niveles evaluados. Esto puede deberse a que las plántulas utilizadas en el experimento fueron de alta calidad. De acuerdo a lo manifestado por Quiroz y Mestanza (2010), la calidad inicial de las plántulas es un aspecto que influye directamente en el desarrollo del cultivo de lechuga. De igual forma se debió, probablemente, a que las plantas fueron hidratadas constantemente, iniciando con un riego previo antes del trasplante para evitar el estrés hídrico en la planta.

En el mismo sentido, en una investigación se evaluó el rendimiento del cultivo de lechuga utilizando poliacrilato de potasio. En este estudio se comprobó la sobrevivencia de plantas a los 15 DDS, en la cual los resultados obtenidos fueron que un 100% de plantas en una textura de suelo arenosa sobrevivieron (Caizapasto, 2019), estos resultados se asemejan a los obtenidos en el presente estudio.

#### 4.2. Longitud de raíz (mm)

El ADEVA para la variable longitud de raíz (Tabla 7) mostró, que no existe interacción entre medición y niveles ( $F=0.85$ ;  $gl=6,70$ ;  $p=0.5362$ ). De igual manera, no existe un efecto en niveles ( $F=0.79$ ;  $gl=3,70$ ;  $p=0.5044$ ). Sin embargo, existen diferencias significativas entre mediciones ( $F=20.54$ ;  $gl=2,70$ ;  $p<0.0001$ ).

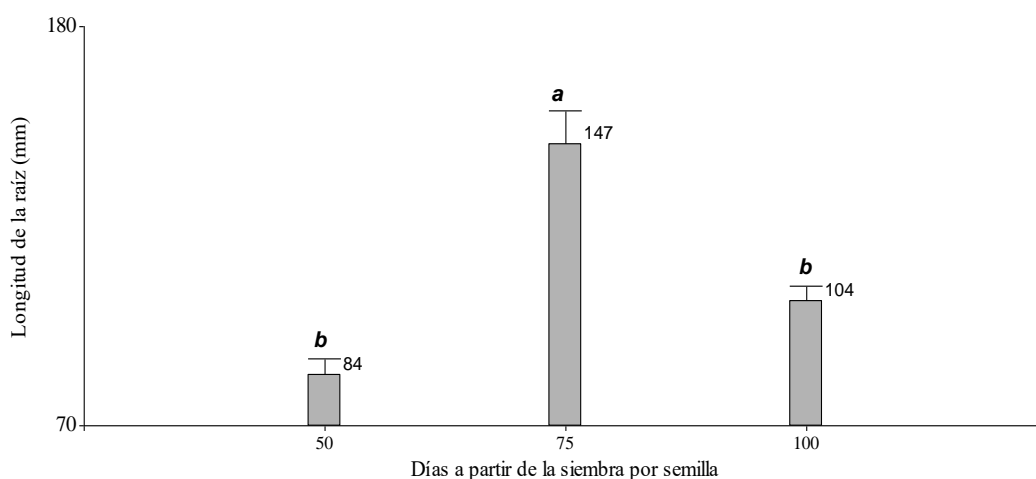
Tabla 7

*ADEVA para la variable longitud de raíz*

<b>Fuentes de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Grados de libertad del error</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor p</b>
<b>MEDICIÓN</b>	<b>2</b>	<b>70</b>	<b>20.54</b>	<b>&lt;0.0001</b>
NIVEL	3	70	0.79	0.5044
Medición: Nivel	6	70	0.85	0.5362

La longitud de la raíz a los 75 días de edad de la planta, mostró un aumento del 43.02%, con una longitud de 147.42 mm, con respecto a la primera medición que presentó una longitud de 84 mm. Al contrario, en la tercera medición, la longitud de raíz disminuyó en un 29.32%, ya que tuvo una longitud de 104.19 mm con respecto a la segunda medición, como se puede observar en la Figura 6.

En la investigación realizada por Archilla (1998) sobre el análisis de crecimiento de cuatro materiales de lechuga, el máximo crecimiento se alcanzó a los 70 (DDS) y su decrecimiento fue a los 98 (DDS), presentando los valores más bajos entre las dos etapas. En la presente investigación se obtuvo resultados similares ya que la máxima longitud se registró a los 75 (DDS) y el decrecimiento se presentó a los 100 (DDS).



*Figura 6.* Longitud de raíz (mm), descripción de los valores que se obtuvo en el factor medición a los 50, 75 y 100 DDS

La disminución en la longitud de raíz en la tercera medición tiene que ver, probablemente, con la tasa de crecimiento de la lechuga (TCL). En los primeros días del ciclo la TCL está en constante incremento, pero con el paso del tiempo decrece proporcionalmente. Esto se debe a que los primeros días de vida, la plántula debe asegurar su sobrevivencia creciendo rápidamente según lo menciona Barrientos (2015).

La absorción de nutrimentos N, P, K, Ca, Mg y microelementos depende de la dinámica en la TCL, esta también se rige con la disponibilidad, distribución y estado de la materia orgánica (Riaño et al., 2004). Probablemente la disminución en la longitud de la raíz puede deberse al estado de la materia orgánica ya que se reincorporó 200 g de suelo con materia orgánica a los 75 DDS.

En la presente investigación no se registró diferencias significativas entre niveles, tampoco existió una interacción. Estos resultados concuerdan con un estudio en el cual se comprobaron dos niveles de hidrogel en el crecimiento de plántulas de pino (*Pinus radiata*), con tres cantidades de riego. El resultado que se obtuvo en esa investigación, en longitud de raíz, es que no existió significancia entre niveles, de igual manera no existió interacción entre los niveles de hidrogel y riego (Granados, 2015).

#### 4.3. Área foliar (cm<sup>2</sup>)

El ADEVA para la variable área foliar (Tabla 8) indica que no existe interacción entre medición y niveles (F=0.73; gl=6,70; p=0.6253). De igual manera no existe un efecto en niveles (F=1.13; gl=3,70; p=0.3419). Sin embargo, existen diferencias significativas entre mediciones (F=65.64; gl=2,70; p<0.0001).

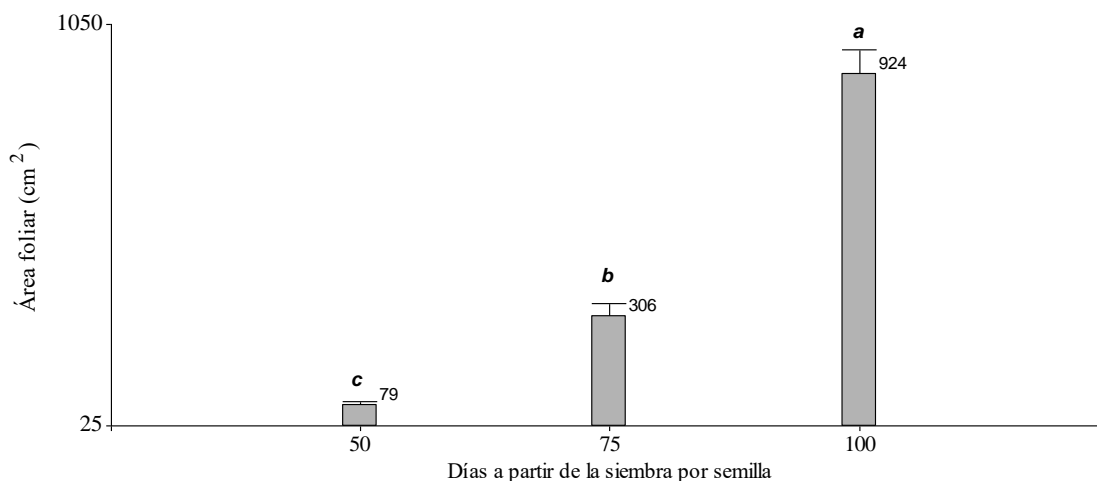
Tabla 8

*ADEVA para la variable área foliar*

<b>Fuentes de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Grados de libertad del error</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor p</b>
<b>MEDICIÓN</b>	<b>2</b>	<b>70</b>	<b>65.64</b>	<b>&lt;0.0001</b>
NIVEL	3	70	1.13	0.3419
Medición: Nivel	6	70	0.73	0.6253



La Figura 7 muestra que a medida que se incrementan los días del cultivo, también la planta aumenta su área foliar. Sin embargo, entre la primera y segunda medición se obtuvo un incremento de 24.52%, y desde la segunda medición hasta la tercera, el incremento fue de 66.89%.



*Figura 7.* Área foliar (cm<sup>2</sup>), descripción de los valores que se obtuvo en el factor medición a los 50, 75 y 100 DDS

Es evidente que existe un mayor incremento de área foliar entre la segunda y la tercera medición. Esto puede deberse a las etapas de crecimiento del cultivo, las cuales comprenden diferentes porcentajes de crecimiento en cada etapa de la planta, en estos porcentajes pueden influir y alterar varios factores (Munns, 2002). Cuando la planta desarrolla la madurez fisiológica, la tasa de crecimiento disminuye. Esta etapa se caracteriza por la senescencia de las hojas. La temperatura también, es un factor que acelera la madurez y senescencia de las hojas según lo menciona FAO (2006).

En el mismo sentido, Carranza (2009) estudió el crecimiento de lechuga cultivada en un suelo salino. Los resultados mostraron un incremento progresivo a través del tiempo, con un aumento de 25% en la segunda medición que fue a los 60 DDS y en la tercera medición un aumento de 75%. Los resultados obtenidos concuerdan con la presente investigación con respecto al área foliar, ya que el incremento fue de 24.52% y de 66.89% en la segunda y tercera medición respectivamente.

En el estudio del área foliar de begonia (*Begonia semperflorens*) con diferentes intervalos de tiempo en el riego (IR) (6, 8, 10, 12 y 14 días), los resultados obtenidos mostraron que a mayor IR, disminuye su área foliar y con un menor IR su área foliar aumenta (Pérez et al., 2011). En comparación con esta investigación, se evidencia que los resultados obtenidos concuerdan, pues los IR después de los 75 DDS fueron reducidos, debido a que la planta requería más agua. Esto hizo que el porcentaje de área foliar aumentara en la tercera medición.

#### 4.4. Materia seca de la raíz y parte aérea (g)

##### 4.4.1. Materia seca de la raíz (g)

El ADEVA para la variable materia seca de la raíz de la planta (Tabla 9) mostró, que no existe interacción entre medición y niveles ( $F=1.61$ ;  $gl=6,70$ ;  $p=0.1574$ ). De igual manera no existe un efecto entre niveles ( $F=0.78$ ;  $gl=3,70$ ;  $p=0.5104$ ). Sin embargo, existen diferencias significativas en medición ( $F=129.03$ ;  $gl=2,70$ ;  $p<0.0001$ ).

Tabla 9

*ADEVA para la variable de materia seca de la raíz*

<b>Fuentes de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Grados de libertad del error</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor p</b>
<b>MEDICIÓN</b>	<b>2</b>	<b>70</b>	<b>129.03</b>	<b>&lt;0.0001</b>
NIVEL	3	70	0.78	0.5104
Medición: Nivel	6	70	1.61	0.1574

El aumento periódico del peso seco de la raíz, se debe a la expansión de la hoja por su fenología, esto conlleva a que se disminuya el consumo de carbono y energía, por lo que la mayor proporción de los asimilados de la planta van a ser distribuidos a la raíz, lo cual va a favorecer o a perjudicar el crecimiento radicular de la planta (Zaiger y Taiz, 2006).

En ese mismo sentido, un factor que es determinante en el desarrollo de la raíz es el potasio. Este elemento no solo influye para el desarrollo radicular sino también para la producción de materia seca (Kant y Kafkafi, 2016). El nivel de potasio que se reflejó el análisis de suelo fue óptimo (anexo 1), se puede suponer que el decremento de materia

seca en la tercera comparado a la segunda medición, se debió a una disminución de la cantidad de potasio disponible para la planta durante toda la fase del cultivo.

Vélez (2016), obtuvo resultados similares respecto a peso fresco de raíz. Los resultados mostraron que no existieron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos o niveles en cuanto a peso fresco, ya que obtuvieron un peso promedio de 15.17 g/planta. De la misma forma, en la presente investigación, no se encontraron diferencias entre niveles, con la particularidad de que el estado de la planta al momento en que fue realizado el pesaje, fue diferente, ya que se midió el peso seco de la raíz.

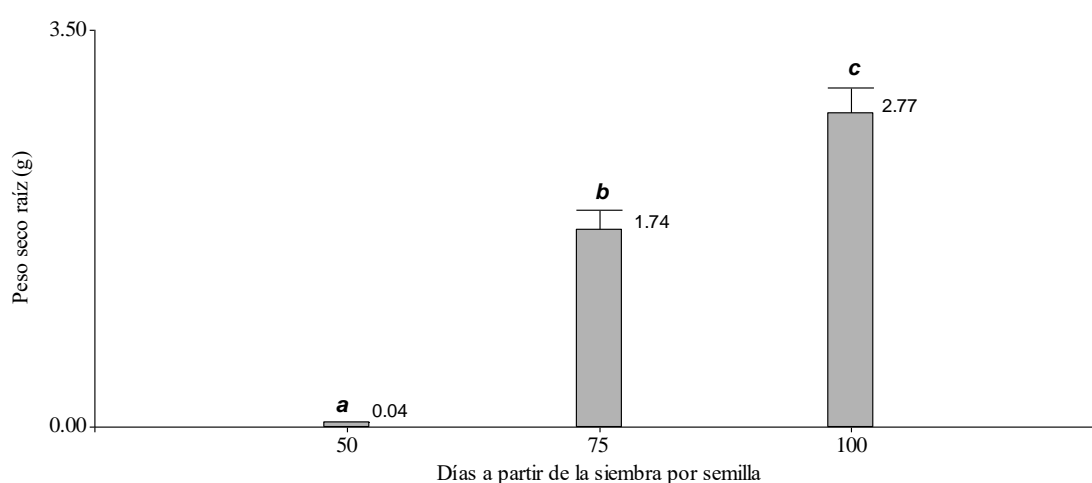


Figura 8. Peso seco raíz (g/planta), descripción de los valores que se obtuvo en el factor medición a los 50, 75 y 100 DDS

De forma similar, Pérez et al., (2011) encontraron que el peso de la raíz de begonia (*Begonia semperfloren C.*) en contenedor, aumentó significativamente cuando las plantas fueron regadas en intervalos mayores a seis días, mientras que el peso de la raíz disminuyó cuando estos fueron de dos días. Los resultados obtenidos en la presente investigación pueden deberse a que los intervalos de riego fueron desde cuatro días en adelante y la planta no sufrió un déficit hídrico. La cantidad de agua que fluye a través de la planta depende del agua existente en el suelo. La planta debe tener un balance entre el agua absorbida y la que pierde por transpiración, un exceso de transpiración puede producir un déficit hídrico. Este déficit influye sobre el crecimiento y la producción de materia seca

(Gumercindo et al., 2010). Por esa razón, el peso seco de la raíz estuvo en constante incremento, concordando con los resultados de la investigación antes mencionada.

Estos resultados probablemente pueden relacionarse con las propiedades biológicas y la presencia de microorganismos. Los agentes biológicos deben permanecer estables, ya que estos producen cambios en la relación agua-aire y si la cantidad de oxígeno no es la apropiada, pueden ocasionar asfixia radicular (Vence, 2008).

#### 4.4.2. Materia seca parte aérea (g)

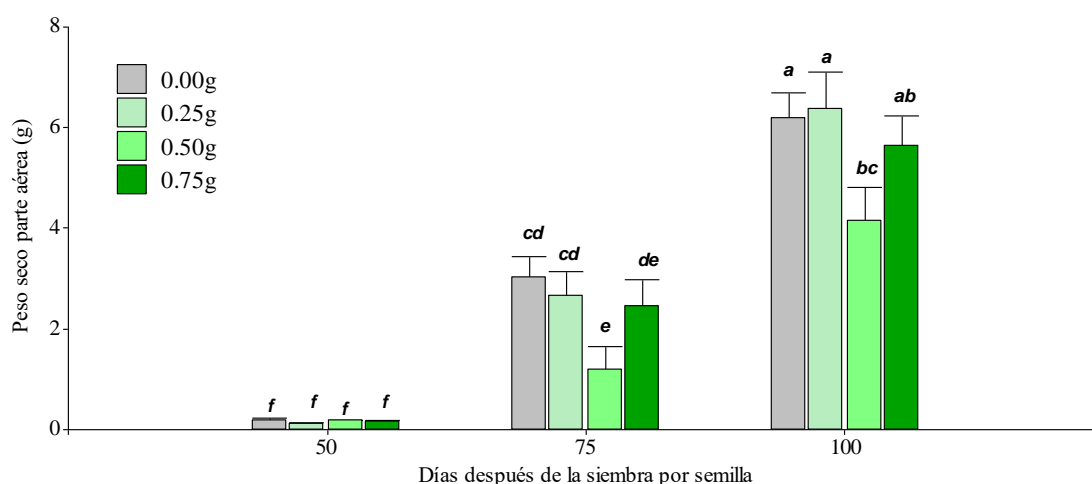
El ADEVA de materia seca de la parte aérea de la planta (Tabla 10) mostró, que existe interacción entre medición y niveles ( $F=2.75$ ;  $gl=6,70$ ;  $p=0.0186$ ). Por otro lado, no existe un efecto en niveles ( $F=0.77$ ;  $gl=3,70$ ;  $p=0.5155$ ). De igual manera, existen diferencias significativas en las diferentes mediciones ( $F=188.19$ ;  $gl=2,70$ ;  $p<0.0001$ ).

Tabla 10

*ADEVA para la variable de materia seca de la parte aérea de la planta*

<b>Fuentes de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Grados de libertad del error</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor p</b>
<b>MEDICIÓN</b>	<b>2</b>	<b>70</b>	<b>188.19</b>	<b>&lt;0.0001</b>
NIVEL	3	70	0.77	0.5155
<b>Medición: Nivel</b>	<b>6</b>	<b>70</b>	<b>2.75</b>	<b>0.0186</b>

Se puede observar que no existen diferencias significativas entre niveles (Tabla10), lo cual se diferencia con lo reportado por Andrada y Di Barbaro (2018), sobre el efecto de la aplicación de copolímeros en el cultivo de lechuga. En el estudio, los autores encontraron diferencias estadísticas significativas, registrando el mayor rendimiento con la menor dosis (25kg/ha). El efecto del poliacrilato de potasio sobre el crecimiento de las plantas está influenciado por las condiciones agroclimáticas presentes en todo el ciclo del cultivo (Dranski et al., 2013). Estos resultados pudieron deberse a que el estudio antes mencionado no tuvo las mismas condiciones climáticas, ya que fue realizado a campo abierto.



*Figura 9.* Peso seco de parte aérea (g/planta), descripción de los valores que se obtuvo en el factor medición a los 50, 75, 100 DDS, en cada tratamiento (0.00, 0.25, 0.50 y 0.75 g de poliacrilato de potasio)

Los resultados de la presente investigación permiten suponer que el N2 (0.25 g) (Figura 9) presentó un mayor contenido de sustancias orgánicas sintetizadas por la planta en el proceso de fotosíntesis, al igual que sales minerales acumuladas (Andrada y Di Barbaro, 2018), puesto que es el nivel que evidenció un mayor peso de materia seca de la parte aérea aritméticamente. Es probable que esto se deba a que la dosis de 0.25g de poliacrilato de potasio permite una mayor disponibilidad de nutrientes minerales que son retenidos y entran en la planta en forma de iones inorgánicos disueltos en el agua, que son absorbidos por las raíces (Killian, 2010). Sin embargo cabe recalcar que el N1 obtuvo resultados similares a N2, sin la aplicación de poliacrilato de potasio.

Por otro lado en un estudio se comprobó el efecto de diferentes fertilizantes incorporados al cultivo de lechuga. Los resultados obtenidos demostraron que la planta tiene un mayor rendimiento en materia secar de la parte aérea, cuando existe un aumento de actividad biológica y la presencia de nitrógeno disponible en el suelo (Costantini et al., 1998). En la presente investigación la variación de peso entre la segunda y tercera medición probablemente se dio, por que existió un mayor aumento de actividad biológica con la dosis 0.25g poliacrilato de potasio, posteriormente a la incorporación de suelo a los 75 DDS (Figura 9).

#### 4.5. Concentración de clorofila ( $\mu\text{moles/m}^2$ )

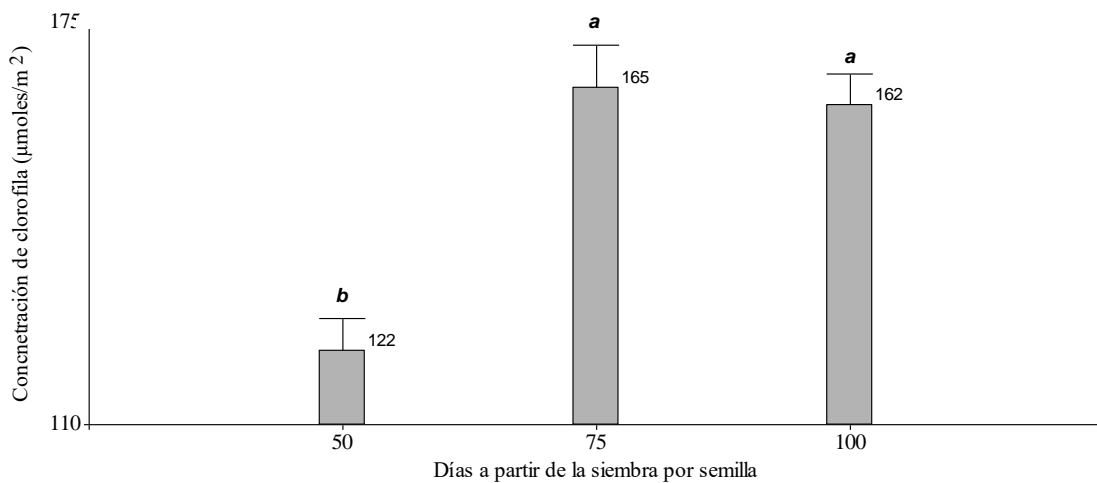
El ADEVA para la variable concentración de clorofila (Tabla 11) indica que no existe una interacción entre medición y niveles ( $F=0.31$ ;  $gl=6,94$ ;  $p=0.9296$ ). Sin embargo, existen diferencias significativas en niveles ( $F=2.23$ ;  $gl=3.94$ ;  $p=0.0497$ ). De igual manera, existen diferencias significativas en mediciones ( $F=17.36$ ;  $gl=2,94$ ;  $p<0.0001$ ).

Tabla 11

*ADEVA para la variable de concentración de clorofila*

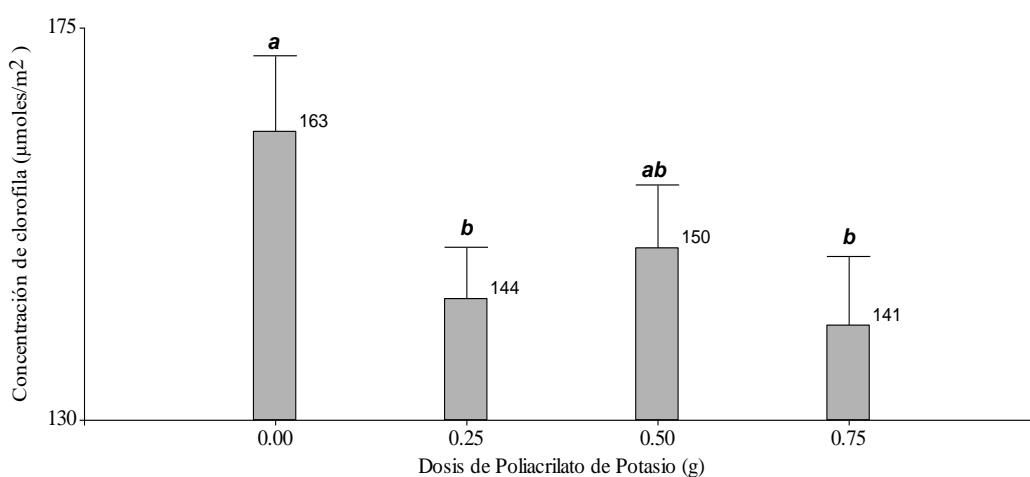
<b>Fuentes de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Grados de libertad del error</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor p</b>
<b>MEDICIÓN</b>	<b>2</b>	<b>94</b>	<b>17.36</b>	<b>&lt;0.0001</b>
NIVEL	3	94	2.23	0.0497
Medición: Nivel	6	94	0.31	0.9296

La concentración de clorofila desde la segunda hasta la tercera medición se debe, probablemente, al déficit hídrico que sufren las plantas, ya que afecta a la mayor parte de sus funciones vitales. Este déficit incide en la eficiencia de la absorción de la luz por la hoja y por ende en la concentración de clorofila (Pereira et al., 2001). Un 80 a 90 % del peso fresco en especies herbáceas, como la lechuga, es agua. Según Soriano (2017), el déficit hídrico afecta tanto a la morfología como al metabolismo de las plantas. Como se puede observar en la Figura 10 la segunda medición es de  $165 \mu\text{moles/m}^2$  y la tercera medición es de  $162 \mu\text{moles/m}^2$ , pese a que los dos niveles son aproximadamente similares existe una disminución aritmética en la concentración de clorofila de 1.77%.



*Figura 10.* Concentración de clorofila ( $\mu\text{moles}/\text{m}^2$ ), descripción de los valores que se obtuvo en el factor medición a los 50, 75, 100 DDS

Pérez et al., (2011) encontraron que las plantas que tuvieron cortos IR, redujeron o mantuvieron su concentración de clorofila. De una forma similar, los resultados obtenidos en la presente investigación mostraron que los valores de la segunda y tercera medición se mantienen, no varían de una forma considerable, con respecto a la concentración de clorofila, esta concentración se mantienen desde la segunda medición. Esto se debe, posiblemente, a que los IR fueron más cortos después de la segunda medición, porque la planta fue más exigente en agua por su aumento de tamaño.



*Figura 11.* Concentración de clorofila ( $\mu\text{moles}/\text{m}^2$ ), descripción de los valores que se obtuvo en el factor nivel (0.00, 0.25, 0.50 y 0.75 g de poliacrilato de potasio)

En la Figura 11, se puede observar que la concentración de clorofila para N2, N3, N4 con una dosis de 0.25, 0.50, 0.75 g de poliacrilato de potasio respectivamente, muestran similitudes por compartir rangos estadísticos. En comparación con el N1, la variación del contenido de pigmentos, probablemente se debe, a que este nivel contuvo una mayor cantidad de suelo y la planta sufrió un menor estrés hídrico o fenológico, (Casierra, Ávila y Riascos, 2012).

#### 4.6. Lámina de riego (mm)

El análisis de varianza para la variable lámina de riego plasmo un resultado en el cual indica que existen diferencias significativas entre niveles, estos resultados reflejaron que el factor calculado fue de 7.18, con 3,222 grados de libertad y un valor P de 0.0001 (F=7.18; gl=3,222; p=0.0001).

En la Figura 12, se puede observar que el N1 (0.0 g) y el N2 (0.25g), son los que muestran resultados similares, con un promedio de 76 mm/planta/ciclo y los niveles N3 (0.50g) y N4 (0.75g) son los que reflejaron los mejores resultados, al requerirse una menor lámina de riego, con un promedio de 67 mm/planta/ciclo, siendo estos niveles un 11.84% más óptimos en el requerimiento hídrico.

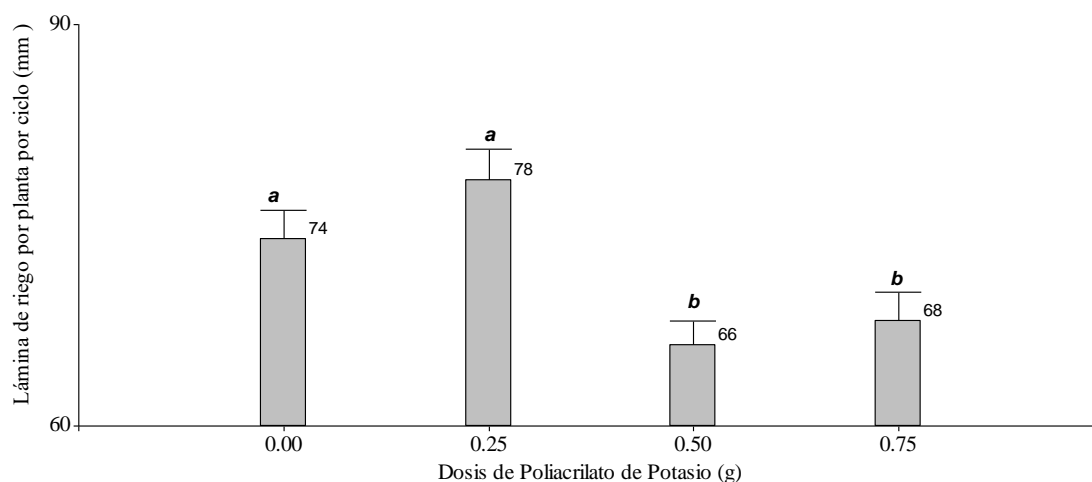


Figura 12. Lámina de riego (mm), descripción de los valores que se obtuvo en el factor nivel (0.00, 0.25, 0.50 y 0.75 g de poliacrilato de potasio)



Flores (2012) evaluó el efecto de tres dosis de poliacrilato de potasio en la frecuencia de riego y rendimiento de biomasa en el cultivo de rye grass (*Lolium multiflorum* Lam.). Como resultado, obtuvo que el tratamiento en el que se aplicó la dosis más alta (80 kg/ha), requirió menos cantidad de agua de riego. El resultado de esta investigación concuerda con los resultados obtenidos, ya que los niveles que utilizaron una menor lámina de riego fueron, precisamente, aquellos que tenían las más altas dosis de poliacrilato de potasio. Esto pudo deberse a la capacidad de retención de agua que tiene estos polímeros, ya que con los retenedores se puede llegar a un ahorro de hasta un 50%, la planta puede aprovechar mejor la parte hídrica disponible (Westreicher, 2012).

En este mismo sentido, Idrobo et al (2010), encontraron que con la mayor dosis de poliacrilato de potasio en suelos arenosos, se obtuvo una menor pérdida de agua, concordando con la información que existe sobre este polímero. Pazmiño (2018) indica que el poliacrilato de potasio incrementa la disponibilidad de agua en el suelo, mejorando el uso del agua de riego. Este compuesto es un microreservorio de agua, el sistema que utiliza esta tecnología es eficiente por un largo periodo.

En la presente investigación, los niveles N3 y N4 obtuvieron una reducción de un 11.84% en lámina de riego, en comparación con los otros niveles. En un estudio realizado por López et al. (2013), sobre el uso de un polímero hidrófilo en el cultivo de ají (*Capsicum annum* L.) bajo condiciones de invernadero, se encontró una reducción de un 12% en el volumen de agua con la utilización de estos polímeros, coincidiendo con los resultados obtenidos en la presente investigación.

La aplicación de una lámina de riego adecuada, es un factor influyente, ya que la planta se beneficia en la aireación a nivel de suelo y crea condiciones anaeróbicas para el desarrollo radicular y foliar (Casierra y Vargas, 2011). Los resultados que se registraron en la presente investigación mostraron que el N3 promovió un mayor incremento aritméticamente hablando en longitud de raíz (120.22 mm), en área foliar (486.38 cm<sup>2</sup>), en materia seca de la raíz (1.78 g), en comparación con los otros niveles. Con los antecedentes antes descritos, N3 corrobora con la información reportada por los autores antes mencionados.

#### 4.7. Uso eficiente del agua en peso seco (g)

El análisis de varianza para la variable uso eficiente del agua en peso seco reflejó un resultado en el cual indica que existen diferencias no significativas entre niveles, estos resultados manifestaron que el factor calculado fue de 0.10, con 3,30 grados de libertad y un valor P de 0.1600 ( $F=0.10$ ;  $gl=3,30$ ;  $p=0.1600$ ).

En la Figura 13, se puede observar que el N1 con una dosis de 0 g de poliacrilato de potasio tiene una superioridad numérica en relación al resto de niveles, en eficiencia del uso del agua en peso seco. Estos resultados son más notorios en superioridad, si se compara con el N4 que tiene la dosis más alta (0.75 g) de poliacrilato de potasio.

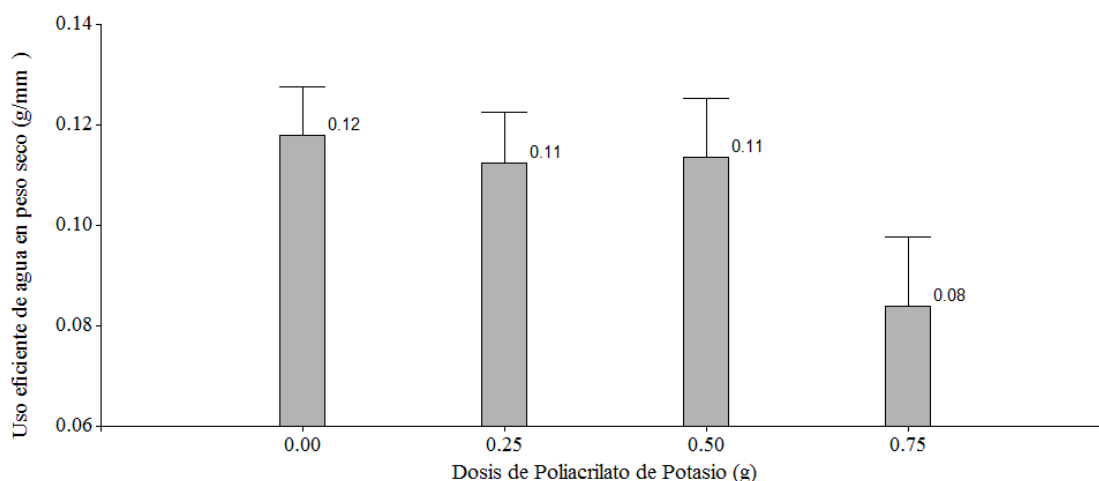


Figura 13. Uso eficiente del agua en peso seco (g/mm), descripción de los valores que se obtuvo en el factor nivel (0.00, 0.25, 0.50 y 0.75 g de poliacrilato de potasio)

En un estudio realizado por López et al., (2013), sobre el uso de poliacrilato de potasio en el cultivo de ají (*Capsicum annuum* L.), bajo condiciones de invernadero, se enfatizó el uso eficiente de agua como enfoque principal. Se encontró que no existe diferencia estadística entre tratamientos o niveles en el uso eficiente del agua en peso seco. En la presente investigación ninguno de los niveles en estudio reflejó diferencia estadística, concordando entre resultados.

Idrobo et al., (2010), realizó un estudio sobre el comportamiento de poliacrilato de potasio en suelos arenosos. Los resultados que obtuvieron en el uso eficiente del agua fueron

positivos, ya que las dosis más altas estuvieron entre las más eficientes. Los resultados no coinciden con los obtenidos en la presente investigación, puesto que una de las mayores dosis de este retenedor no reflejó el uso más eficiente de agua en relación al peso seco. Esto se debe a que, probablemente, tiene un mayor espacio entre moléculas, lo cual no ayudó a que la planta absorbiera constantemente nutrientes.

Cabe mencionar que el N1 tuvo una superioridad numérica en el uso eficiente del agua ( $0.12 \text{ g/mm}^3$ ), en contraste con los otros niveles. Por otro lado, este nivel registró un mayor contenido de clorofila ( $163.1 \text{ } \mu\text{moles/m}^2$ ). En ese sentido, Deaquiz, Álvarez y Pinzón (2014) sostienen que la concentración de clorofila influye en los procesos metabólicos de la planta. Los procesos de producción de biomasa (fotosíntesis) y el gasto de agua (transpiración), son efectuados al mismo tiempo. La concentración de clorofila favoreció la transpiración y los tejidos de la planta acumularon poca agua, probablemente por esa razón este nivel registro un peso mayor.

#### 4.8. Intervalo de riego (días)

El ADEVA para la variable intervalo de riego indica (Tabla 12) que existen diferencias significativas entre niveles ( $F=20.77$ ;  $gl=3,2077$ ;  $p<0.0001$ ).

Tabla 12

*ADEVA para la variable intervalo de riego*

<b>Fuentes de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Grados de libertad del error</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor P</b>
<b>NIVEL</b>	<b>3</b>	<b>2077</b>	<b>20.77</b>	<b>&lt;0.0001</b>

En la Figura 14, se puede observar que el N1 (0.0 g) es el menos frecuente en el riego con un promedio de intervalo de 6.2 días entre cada riego. Los N2 (0.25 g), N3 (0.50 g) y N4 (0.75 g) son similares con promedios de 5.1, 5.1 y 5.2 días respectivamente.

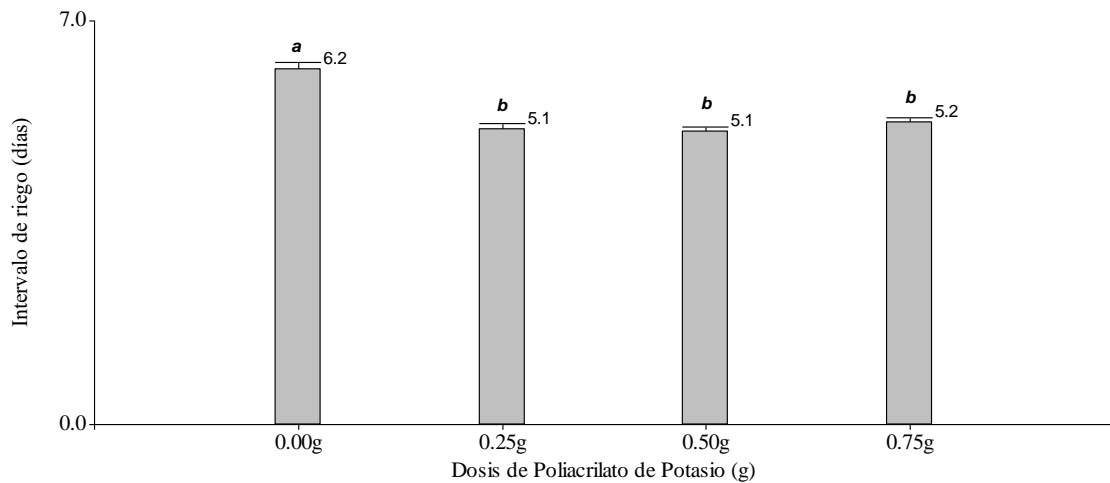


Figura 14. Intervalo de riego en días, descripción de los valores que se obtuvo en el factor nivel (0.00, 0.25, 0.50 y 0.75 g de poliacrilato de potasio)

En una investigación realizada por Cervantes et al. (2018), se estudió el crecimiento de mezquite (*Prosopis spp.*) en vivero bajo diferentes condiciones de sustrato, riego y retención de humedad. En esta investigación se evaluaron cinco dosis de poliacrilato de potasio, las frecuencias de riego (FR) fueron cada 48 y 96 horas. Los resultados obtenidos evidenciaron que las plantas con una FR de 48 h registraban mayor producción de biomasa en comparación con las que tenían una FR de 96 H. Cuando el intervalo de riego es extenso, el rendimiento de la planta disminuye, en cambio, los rendimientos son más altos cuando el intervalo de riegos se acorta. Se puede determinar que lo mencionado por Cervantes et al. (2018), no concuerda, ya que en la presente investigación el N3 y N4 registran los rendimientos más bajos, de igual forma sus intervalos de riego fueron reducidos.

En esta investigación la cantidad de suelo fue diferente para cada nivel (N1 con 2000 g, N2 con 1999.28 g, N3 con 1856 g y N4 con 1784 g de suelo). Los intervalos de riego, con los niveles que tuvieron poliacrilato de potasio (N2, N3, N4) no fueron prolongados. Estos resultados se puede suponer que se dieron por una mayor evaporación de humedad, ya que estos niveles tenían menos cantidad de suelo.

#### 4.9. Rendimiento (g)

El análisis de varianza para la variable rendimiento reflejó un resultado en el cual indica que existen diferencias significativas entre niveles, estos resultados manifestaron que el factor calculado fue de 4.26, con 3,114 grados de libertad y un valor P de 0.0068 ( $F=4.26$ ;  $gl=3.114$ ;  $p=0.0068$ ).

En la Figura 15, se puede observar que el N2 con dosis de 0.25 g de poliacrilato de potasio, presentó mayor rendimiento, comparado con los demás niveles. Los resultados obtenidos se diferencian de los otros niveles, especialmente en contraste con el N3 y N4 con una dosis de 0.50 y 0.75 g de poliacrilato de potasio respectivamente, siendo así el N2 un 33.3% superior en peso.

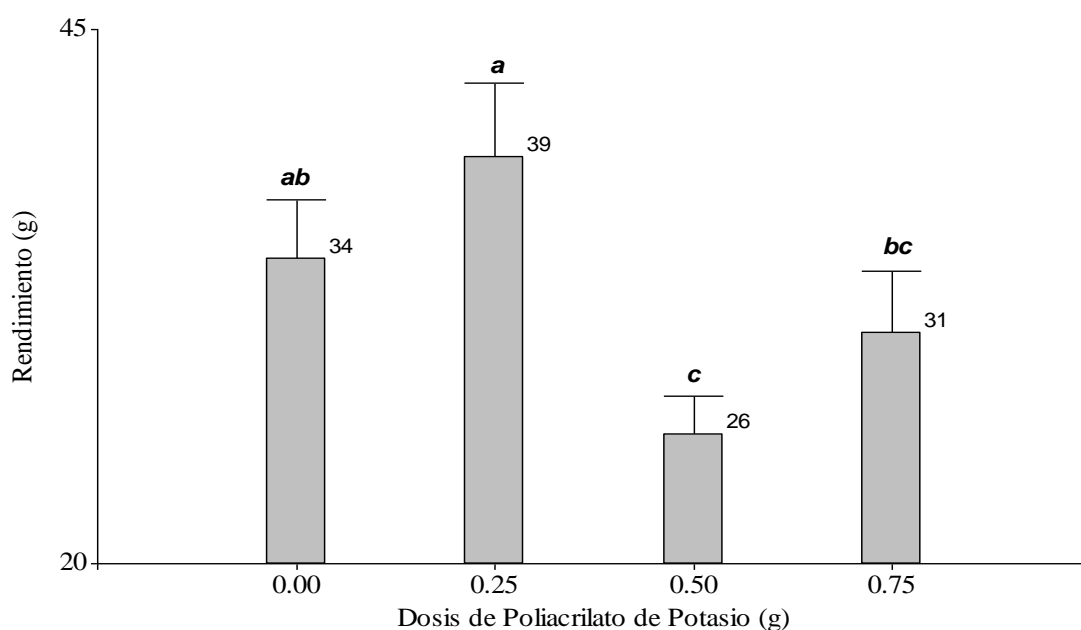


Figura 15. Rendimiento (g), descripción de los valores que se obtuvo en el factor nivel (0.00, 0.25, 0.50 y 0.75 g de poliacrilato de potasio)

Alarcón (2013) realizó una investigación en la cual probó este retenedor en el cultivo de fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.). Los resultados reflejaron la eficacia en rendimiento con la utilización del poliacrilato de potasio con la dosis de 25 Kg/ha, que es la dosis baja recomendada por el fabricante de este retenedor para fréjol. Estos resultados concuerdan

con los obtenidos con la presente investigación, ya que se evidencia un mejor rendimiento con la menor dosis, que fue de 0.25 g/planta, es decir se 20 Kg/ha.

En el mismo sentido, se probaron cuatro dosis de poliacrilato de potasio con diferentes frecuencias de riego en maíz (*Zea mays* L.). Los resultados obtenidos en la variable rendimiento mostraron valores mayores al aplicar una dosis baja (60 kg/ha) (Orbegoso, 2017). Estos resultados concuerdan con los obtenidos en la presente investigación, ya que con la menor dosis (0.25 g) de poliacrilato de potasio recomendada por el fabricante (20 kg/ha), se obtuvo el mayor rendimiento (39 g/planta).

Por otro lado, Varela (2018) probó tres diferentes dosis de poliacriato de potasio en brócoli (*Brassica oleracea* L.). Los resultados obtenidos en esta investigación fueron que con la dosis más alta de poliacrilato de potasio (90 kg/ha) se obtuvo el mejor rendimiento (1099.6 g/pella). Estos resultados fueron contradictorios comparados con el presente estudio, ya que se registró una tendencia diferente, se obtuvo un mejor rendimiento (39 g/planta) con la menor dosis de poliacrilato de potasio (20 kg/ha).

Las plantas que tienen mayor disponibilidad de agua y nutrientes son las que expresan un mayor rendimiento según lo menciona Orbegoso (2017). Los resultados obtenidos reflejan que el cultivo ha tenido una mayor producción con el N2. Este comportamiento se explica probablemente debido a que el N2 (0.25 g) tuvo mayor disposición de agua y nutrientes. También este resultado puede deberse a que el poliacrilato de potasio retiene y distribuye de mejor manera el agua utilizada, evitando que se lixivie o evapore, según lo menciona Toctaguano (2019). Cabe recalcar que no es factible la comparación de este estudio con el rendimiento en cultivos comerciales, ya que las condiciones en que se realizó el experimento fueron únicas, esto hizo que se obtuviera un bajo rendimiento, comparado con los estándares de producción de lechuga en condiciones normales.

#### **4.10. Rentabilidad**

Los resultados reflejaron que el N1 (0.0 g) y el N2 (0.25 g) son en los que se obtiene una ganancia, ya que estos tuvieron un mayor rendimiento y un costo de implementación menor de 19.60 y 20.08 USD comparado a los otros niveles. El ingreso por ventas de

lechuga correspondiente al N1 y N2 fueron de 22.01 y 24.00 USD, con un costo de producción unitario de 0.32 y 0.33 USD respectivamente. La relación Beneficio/Costo fue de 1.12 USD para el N1 y 1.19 USD para el N2. Esto quiere decir que por cada dólar invertido se recupera ese dólar y se obtiene en el 0.12 USD y 0.19 USD de ganancia, como se puede observar en la Tabla 13.

Tabla 13

*Parámetros para análisis Beneficio/Costo*

<b>Concepto</b>	<b>Nivel 1 Valor (USD)</b>	<b>Nivel 2 Valor (USD)</b>	<b>Nivel 3 Valor (USD)</b>	<b>Nivel 4 Valor (USD)</b>
Costo de producción total	19.60	20.08	20.56	21.04
Costo de producción unitario	0.32	0.33	0.34	0.35
Ingreso por ventas (lechuga)	22.01	24.00	16.72	19.76
Beneficio/Costo	1.12	1.19	0.81	0.93

Los resultados reflejados en una investigación en la cual, se utilizó poliacrilato de potasio se determinó, que el uso de este retenedor en el cultivo de fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.) no es rentable para los agricultores, ya que existe una mayor inversión en el producto y las ganancias no reflejan el costo invertido (Alarcón, 2013). Con el presente estudio los resultados se diferencian ya que muestran, que el N2 (0.25 g) si registró un gasto adicional por utilizar el retenedor de agua, pero de igual manera compensó con el rendimiento y obtuvo una relación beneficio costo superior.

De igual forma, en un estudio se comprobó la eficacia de diferentes dosis de poliacrilato de potasio en dos tipos de suelo en el cultivo de lechuga (Caizapasto, 2019). Los resultados reflejados en esta investigación son que el tratamiento que tenían la dosis más alta de poliacrilato, en el suelo tipo franco arenoso, registró un mayor Beneficio/Costo de 1.23 USD. Al comparar con la presente investigación los resultados no concuerdan, ya que el mayor Beneficio/Costo lo registró el nivel que tenía la menor dosis de poliacrilato de potasio.

## CAPÍTULO V

### 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. CONCLUSIONES

- El poliacrilato de potasio si influye en el rendimiento del cultivo de lechuga. Se obtuvo diferencias no significativas, pero aritméticamente se podría concluir que el poliacrilato potasio tiene un efecto beneficioso sobre el rendimiento de esta hortaliza con la dosis de 0.25 g/planta en 2000 g de suelo.
- En lo que corresponde a la eficiencia en el uso de agua en la planta con poliacrilato de potasio, no se observó una relación positiva entre el rendimiento del cultivo y la lámina de riego suministrada. Se concluye que el poliacrilato de potasio no interviene de forma significativa en el uso eficiente de agua en la planta.
- Los resultados del análisis Beneficio/Costo muestran que el nivel en que se obtuvo mayor rentabilidad fue el N2 (0.25 g) (1.19 USD) y también reflejó el mayor rendimiento comparado con los otros niveles. Los costos del retenedor puede llegar a compensar la producción de lechuga en alguna manera, por los resultados obtenidos en el rendimiento.



## 5.2. RECOMENDACIONES

- En futuras investigaciones, si existiera un déficit en el suelo en retención de agua, se recomienda trabajar con una dosis de 0.25 g de poliacrilato de potasio por contenedor de 2 kg en el cultivo de lechuga. Con este polímero se puede aumentar la humedad existente y reducir el estrés hídrico.
- Para cultivar esta hortaliza en condiciones climáticas controladas es necesario tener un control exacto e individual de la cantidad de lámina de agua que se estima suministrar, ya que los resultados pueden variar considerablemente si se hace una rehidratación excesiva.
- Es importante considerar la realización de una fertilización de fondo de acuerdo al análisis de suelo para evitar la descompensación de nutrientes a lo largo todo el ciclo de la planta, ya que es una hortaliza poco tolerante a la descompensación nutricional.

## BIBLIOGRAFÍA

- Ahmed, E. M. (2015). Hidrogel: Preparación, caracterización y aplicaciones: Una revisión. *Revista de Investigación Avanzada*, 105-121. Recuperado el 2018, de <https://core.ac.uk/download/pdf/80533271.pdf>
- Alarcón, J. (Noviembre de 2013). Evaluación del poliacrilato de potasio, en el cultivo de frijol, como practica de adaptación a la amenaza de sequía. Guatemala. Recuperado el 2019, de <http://www.repositorio.usac.edu.gt/1832/1/22Tg%28479%29Agr%20%20%20J%20ulio%20Renato%20Alarc%C3%B3n%20Recinos.pdf>
- Álvarez, J., Balaguera, H., & Chacón, E. (2010). Efecto de la aplicación de diversas láminas y frecuencias de riego en la propagación del romero. *30*, 86-90. Colombia. Recuperado el 2019, de <http://www.scielo.org.co/pdf/iei/v30n1/v30n1a15.pdf>
- Anderson. (2009). Silvotecnía. Costa rica. Recuperado el 2017, de <http://www.silvotecniacr.com/productos.html>
- Andrada, H., & Barbaro, G. D. (julio de 2018). Efecto de la aplicación de copolímeros sobre el cultivo de lechuga. *Revista de ciencias agrícolas*, 34, 27 - 35. Nariño, Colombia. Recuperado el Junio de 2019, de <http://www.scielo.org.co/pdf/rcia/v35n2/2256-2273-rcia-35-02-00027.pdf>
- Antúnez, A. (2019). Deficit y exceso de riego en el cultivo de lechugas tipo escarola. Chile. Recuperado el 2019, de [https://www.campoytecnologia.cl/index.php/Home/read\\_content/24](https://www.campoytecnologia.cl/index.php/Home/read_content/24)
- Archilla, J. (1998). Análisis de crecimiento de cuatro materiales de lechuga. *Agronomía Colombiana*, 15, 68-75. Colombia. Recuperado el Junio de 2019, de <https://revistas.unal.edu.co/index.php/agrocol/article/view/21497>
- Arevalo, R. (2012). Evaluación de la influencia de los retenedores de agua en el comportamiento inicial de la Tara. 48. Ecuador. Recuperado el 2019, de <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/2340/1/03%20FOR%20208%20TESIS.pdf>
- Arreguín, F. (2017). Uso eficiente del agua. *I*. México. Recuperado el 2019, de <http://www.bvsde.paho.org/bvsair/e/repindex/rep48/uso/uso.html>
- Azevedo, T. L., Berthona, A., & Goncalvez, A. C. (2002). Uso de hidrogel en la agricultura. *Revista de programas de ciencias Agro-Ambientales*, 23-31. Recuperado el 2017, de <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/6884/3/03%20AGP%20196%20ARTICULO.pdf>
- Barbaro, D., Andrada, Arias, P. d., S, C., & Morales, B. (Octubre de 2013). Acrilato de potasio en la formulación de inoculantes de *Azospirillum brasilense* y su

aplicación en semillas de lechuga. *Biología en Agronomía*, 3, 2, 68. Catamarca. Recuperado el 27 de ABRIL de 2018, de <http://www.agrariasvirtual.com.ar/fca/rebea/2013-octubre/7.DiBarbaro.66-77.pdf>

- Barrientos, H. (2015). Análisis de crecimiento funcional, acumulación de biomasa y translocación de materia seca de ocho hortalizas cultivadas en invernadero. *Producción de cultivos*, 2, 1. La Paz, Bolivia. Recuperado el Junio de 2019, de [http://www.revistasbolivianas.org.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2409-16182015000100010&lng=en&nrm=iso](http://www.revistasbolivianas.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2409-16182015000100010&lng=en&nrm=iso)
- Bautista, L. (2018). Efecto de te de humus de lombriz en el cultivo de espinaca variedad viroflay a diferente frecuencia de aplicación. La Paz, Bolivia. Obtenido de <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/15473/T-2494.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Bernabé, J. (2004). Efecto del uso de una poliacrilamida sobre la sobrevivencia al trasplante y rendimiento de lechugas. Valdivia, Chile. Recuperado el Junio de 2019, de <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2004/fab517e/pdf/fab517e.pdf>
- Burbano, L., Puentes, G., & Benavides, H. (2003). Importancia de los parámetros hidrofísicos del suelo y requerimientos hídricos del cultivo en el diseño de un proyecto de riego por aspersión liviana. 103-104. Pasto, Colombia. Obtenido de <file:///C:/Users/PC/Downloads/Dialnet-ImportanciaDeLosParametrosHidrofisicosDelSueloYReq-6191459.pdf>
- Cáceres, I. (2013). Efecto de cristales hidrosolubles frecuencias de riego y sustrato en el almácigo de pino. 57-58. Perú. Recuperado el 2019, de [http://tesis.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/1844/C%c3%a1ceres\\_Inofuente\\_Iv%c3%a1n\\_Roger%20.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://tesis.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/1844/C%c3%a1ceres_Inofuente_Iv%c3%a1n_Roger%20.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Caizapasto, G. (2019). Evaluación del rendimiento del cultivo de lechuga variedad crespasalad con retenedores de agua en tocachi. 33-34. Ecuador. Recuperado el 2020, de <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/9780/2/03%20EIA%20486%20TRABAJO%20GRADO.pdf>
- Campaña, A. (Diciembre de 2016). Evaluación de la capacidad de retención hídrica en sustratos con poliacrilato de potasio, para el cultivo de haba, en ambiente controlado. 9. Pichincha, Ecuador. Recuperado el 16 de Mayo de 2018, de <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/10155>
- Carranza, C. (2009). Análisis del crecimiento de lechuga "Batavia" cultivada. *Agronomía Colombiana*, 27, 41 - 48. Bogotá, Colombia. Recuperado el 2019, de <file:///C:/Users/PC/Downloads/11330-27522-1-PB.pdf>

- Casierra, F., & Vargas, Y. (2011). Crecimiento y producción de fruta en cultivares de fresa afectados por encharcamiento. *1*, 21-31. Colombia. Recuperado el 2019, de [https://revistas.uptc.edu.co/index.php/ciencias\\_hortícolas/article/view/1142](https://revistas.uptc.edu.co/index.php/ciencias_hortícolas/article/view/1142)
- Casierra, F., Ávila, O., & Riascos, D. (2012). Cambios diarios del contenido de pigmentos fotosintéticos en hojas de calendula bajo sol y sombra. Recuperado el 2019, de <file:///C:/Users/PC/Downloads/Dialnet-CarcinomaUrotelialPrimarioDeLaTrompaUterinaUnaPato-4232300.pdf>
- Cervantes-Rodriguez, Prieto-Ruíz, J., Rosales-Mata, S., & Félix-Herrán, J. (Abril de 2018). Crecimiento de mezquite en el vivero bajo diferentes condiciones de sustrato, riego y retención de humedad. *Artículo científico*, 24. Chapingo, México. Recuperado el junio de 2019, de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-40182018000100017&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-40182018000100017&script=sci_arttext)
- Coggino, J. (2008). Síntesis de Hidrogeles para su posible aplicación en liberación controlada de drogas. Obtenido de [http://www.materiales-sam.org.ar/sitio/biblioteca/jovenesSAM08/Trabajos\\_completos/10.Materiales%20Polim%C3%A9ricos/10012CugginoJ.pdf](http://www.materiales-sam.org.ar/sitio/biblioteca/jovenesSAM08/Trabajos_completos/10.Materiales%20Polim%C3%A9ricos/10012CugginoJ.pdf)
- CONGOPE. (2016). Hablemos de riego. Quito, Ecuador. Recuperado el 2019, de <http://www.congope.gob.ec/wp-content/uploads/2017/03/HABLEMOS-DE-RIEGO-LOW.pdf>
- Costantini, A., Segat, A., Almeida, D., & Polli, H. (1998). Efecto de diferentes fertilizantes sobre el carbono de biomasa microbiana, respiración y rendimiento bajo el cultivo de lechuga. *33*, 71-76. Brasil. Recuperado el 2020, de <file:///C:/Users/PC/Downloads/4817-55638-1-PB.pdf>
- CYMMYT. (1998). La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: Un manual metodológico de evaluación económica. *CIMMYT*, 77. Recuperado el 2018, de <https://repository.cimmyt.org/xmlui/bitstream/handle/10883/1063/9031.pdf>
- Deaquiz, Y., Álvarez, J., & Pinzón, L. (2014). Efecto de diferentes láminas de riego sobre la producción y calidad de fresa. *8*, 201-205. Colombia. Recuperado el 2020, de [https://www.researchgate.net/publication/274196649\\_Efecto\\_de\\_diferentes\\_laminas\\_de\\_riego\\_sobre\\_la\\_produccion\\_y\\_calidad\\_de\\_fresa\\_Fragaria\\_sp](https://www.researchgate.net/publication/274196649_Efecto_de_diferentes_laminas_de_riego_sobre_la_produccion_y_calidad_de_fresa_Fragaria_sp)
- Delgado, G. (2012). Determinación de la lámina de riego para el cultivo de la albahaca genovesa a partir de la variación del coeficiente multiplicador de la evaporación. Cali, Colombia. Recuperado el 2019, de <http://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/10893/9017/1/CB-0478859.pdf>
- Díaz, A., Ortiz, F., & Espinosa, M. (2016). Simbiosis micorrizica y crecimiento de sorgo irrigado con agua salina. *62*. México. Recuperado el 2019, de

<https://www.chapingo.mx/revistas/revistas/articulos/doc/r.rchsza.2016.01.001.pdf>

- Dranski, J., Pinto, J., Campagnolo, M., Malavasi, U., & Malavasi, M. (2013). Sobrevivencia y crecimiento de acuerdo con el método de aplicación y formulaciones de hidrogel . *17*, 537-542. Brazil. Recuperado el 2020, de [https://www.researchgate.net/profile/Joao\\_Dranski/publication/262747691\\_Survival\\_and\\_seedling\\_growth\\_of\\_physic\\_nut\\_as\\_a\\_function\\_of\\_method\\_of\\_application\\_and\\_hydrogel\\_formulations/links/00b7d53bef4e84d85c000000/Survival-and-seedling-growth-of-physic-nut-a](https://www.researchgate.net/profile/Joao_Dranski/publication/262747691_Survival_and_seedling_growth_of_physic_nut_as_a_function_of_method_of_application_and_hydrogel_formulations/links/00b7d53bef4e84d85c000000/Survival-and-seedling-growth-of-physic-nut-a)
- Duarte, C., & Sarmiento. (2013). Influencia de tratamiento alternativo del agua de riego en los requerimientos hídricos de algunas hortalizas para condiciones de deficiencias hídricas. 91-99. Colombia. Recuperado el 2019, de <https://www.redalyc.org/pdf/2311/231130851009.pdf>
- Fajardo, S., Patiño, J., Álvarez, Á., Taborda, D., & Velasquez, S. (2009). Modelo tecnológico para el cultivo de Lechuga . 7. Medellin, Colombia. Obtenido de <https://granjaintegralvalledetenza.files.wordpress.com/2018/12/manual-del-cultivo-de-la-lechuga.pdf>
- FAO. (1996). Origen y descripción de la quinua. *1*, 3. Obtenido de [http://www.fao.org/tempref/GI/Reserved/FTP\\_FaoRlc/old/prior/segalim/prodalbum/prodveg/cdrom/contenido/libro03/cap1.htm](http://www.fao.org/tempref/GI/Reserved/FTP_FaoRlc/old/prior/segalim/prodalbum/prodveg/cdrom/contenido/libro03/cap1.htm)
- FAO. (Junio de 2002). El agua y la agricultura. *Ayuda a construir un mundo sin hambre*, 1. Recuperado el 6 de Mayo de 2018, de <http://www.fao.org/WorldFoodSummit/sideevents/papers/Y6899S.htm>
- FAO. (2006). Evapotranspiración del cultivo. 3-6. Recuperado el 2019, de <http://www.fao.org/3/a-x0490s.pdf>
- Flores, M. (2012). Efecto del Hidrosorb en la frecuencia de riego y rendimiento de biomasa en el cultivo de *Lollum multiflorum*. *Facultad de Zootecnia*, 39. Huancayo, Peru. Recuperado el Junio de 2019, de <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/1052>
- Fueyo, Á., Arrieta, A., & Feito, I. (1998). Produccion de lechuga. *Horticultura*. Argentina. Recuperado el 2019, de <http://www.serida.org/pdfs/271.pdf>
- Gómez, A. (Junio de 2014). Aplicacion del hidrogel como retenedores de agua en la agroforesteria. México. Obtenido de <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/1089/62938s.pdf?sequence=1>
- González, L. (Diciembre de 2013). Rendimiento de Cinco Variedades de Lechuga. México. Recuperado el 2018, de <http://ninive.uaslp.mx/jspui/bitstream/i/3477/1/IAF1GOU01301.pdf>

- Granados, P. (2015). Producción de plantulas de pino en mezclas de sustrato con hidrogel y tres niveles de riego, bajo condiciones de invernadero. 70-75. Peru. Recuperado el 2019, de <http://repositorio.unasam.edu.pe/bitstream/handle/UNASAM/1071/T%20827%202015.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Granval, & Graviola. (1991). Lechuga. Colombia. Recuperado el 2017, de <https://todoplantasyflores.blogspot.com/2018/02/lechuga-morfologia.html>
- Growth, S. (2019). HidroGel AT. 2. Chile. Recuperado el 2020, de <http://www.atsa.cl/agricultura-y-forestal/>
- Gumercindo, G., Arriaga, A., Mandujano, M., & Gonzáles, S. (2010). Efecto de sequía sobre algunas variables hídricas y morfométricas en cinco genotipos de amaranthus. 28, 87-95. Chile. Recuperado el 2020, de [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-34292010000300011](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-34292010000300011)
- Halsouet, P., & Miñambres, S. (2005). *La lechuga*. Recuperado el 2019, de <https://www.ecoagricultor.com/wp-content/uploads/2013/03/Lechuga-Manual-para-su-cultivo-en-agricultura-ecol%C3%B3gica.pdf>
- Hernández, J. (2014). Fenología de la Lechuga UPEC. Ecuador. Recuperado el 2018, de <https://es.scribd.com/doc/235709583/Fenologia-de-La-Lechuga>
- Holmes, G. (2018). Plagas de la lechuga. Recuperado el 2019, de <https://www.agromatica.es/plagas-y-enfermedades-de-la-lechuga/>
- Idrobo, J. H., Rodriguez, M. A., & Diaz, J. E. (enero de 2010). Comportamiento del hidrogel en suelos arenosos. *Ingenieria de Recursos Naturales y del Ambiente*, 33 - 37. Colombia. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/2311/231116434004.pdf>
- INAMHI. (2016). Boletín climatológico semestral. 1, 10. Quito, Ecuador. Recuperado el 11 de Mayo de 2018, de [http://www.serviciometeorologico.gob.ec/meteorologia/boletines/bol\\_sem.pdf](http://www.serviciometeorologico.gob.ec/meteorologia/boletines/bol_sem.pdf)
- Intagri. (2009). La eficiencia de uso del agua por las plantas. Ecuador. Recuperado el 2019, de <https://www.intagri.com/articulos/agua-riego/la-eficiencia-uso-agua-plantas>
- International, Q. (2002). Hidrokeeper. Obtenido de emi International. (26 de Junio de 2002)Retenedor <dwww.hidrokeeper.com/images/descargas/HojaDeSeguridadHKActualizada.pdf>
- Japon, J. (2016). La lechuga. 2-4. Recuperado el 2018, de [https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd\\_1977\\_10.pdf](https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1977_10.pdf)

- Julca, A., Meneses, L., Blas, R., & Bello, S. (2006). La materia orgánica, importancia y experiencia de su uso en la agricultura. *24, 1*, 49-61. Chile. Recuperado el 2019, de [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-34292006000100009](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-34292006000100009)
- Kant, S., & Kafkafi, U. (2016). Absorción de potasio por los cultivos en distintos estadios fisiológicos . Jerusalem. Recuperado el 2020, de <https://www.ipipotash.org/uploads/udocs/Sesion%20V.pdf>
- Killian, S. (2010). Introducción a la fisiología vegetal. 109-165. Argentina: Científica Universitaria. Recuperado el Junio de 2019, de <http://www.scielo.org.co/pdf/rcia/v35n2/2256-2273-rcia-35-02-00027.pdf>
- López, G., & Heredia, M. (2013). Producción y comercialización de lechugas y tomates hidropónicos. 2. Ecuador. Recuperado el 2019, de <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/8638/1/T-UCSG-PRE-ECO-GES-398.pdf>
- López, J., Huez, M. A., Rueda, E., Jiménez, J., Cruz, F., & Garrido, O. (junio de 2013). Uso de un polímero hidrófilo en chile bajo condiciones de invernadero. *31, 2*. Arica, Chile. Recuperado el Julio de 2019, de [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-34292013000200011&script=sci\\_arttext&tlng=en](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-34292013000200011&script=sci_arttext&tlng=en)
- Manrique, E. (2003). Los pigmentos fotosintéticos, algo más que la captación de luz para la fotosíntesis. Alicante, España. Recuperado el 2019, de <https://www.redalyc.org/pdf/540/54012108.pdf>
- Martínez, A. (2013). Tecnologías para el uso sostenible del agua. *1*, 21. Honduras. Recuperado el 2019, de <http://www.fao.org/3/a-i3442s.pdf>
- Méndez. (2016). Reporte del cultivo Agronomía . *1*. México. Recuperado el 15 de Mayo de 2018, de <https://es.slideshare.net/DiegoLucasGarcia/fenologia-de-los-cultivos-rabano-lechuga-cilantro-y-calabaza>
- MINAMBIENTE. (2019). Uso eficiente del agua. Recuperado el 2019, de <http://www.minambiente.gov.co/index.php/gestion-integral-del-recurso-hidrico/administracion-del-recurso-hidrico/demanda/uso-eficiente-y-ahorro-de-agua>
- Misle. (Enero de 2002). Agricultura Técnica. *Comportamiento térmico del suelo bajo cubiertas plásticas II, efecto del polietileno transparente a diferentes profundidades*, 62(1). Chillán, Chile. Recuperado el 28 de Abril de 2018, de [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0365-28072002000100013&script=sci\\_arttext&tlng=en](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0365-28072002000100013&script=sci_arttext&tlng=en)
- Mordaza. (2017). Enfermedades lechuga. Ecuador. Recuperado el 2019, de <https://www.agromatica.es/plagas-y-enfermedades-de-la-lechuga/>

- Munns, R. (2002). Fisiología comparada del estrés por sal y agua. 28, 239-250. Australia. Recuperado el 2019, de [https://www.researchgate.net/publication/11518764\\_Munns\\_R\\_Comparative\\_Physiology\\_of\\_Salt\\_and\\_Water\\_Stress\\_Plant\\_Cell\\_Environ\\_28\\_239-250](https://www.researchgate.net/publication/11518764_Munns_R_Comparative_Physiology_of_Salt_and_Water_Stress_Plant_Cell_Environ_28_239-250)
- Neval. (2017). Plagas y enfermedades mas importantes de la lechuga. 2. España. Recuperado el 2019, de <http://www.ne-val.com/plagas-enfermedades-mas-importantes-lechuga/>
- Ochoa, S. (28 de MAYO de 2014). Efecto con diferentes dosis de polímero en trigo para retención de agua en suelos arcillosos en el valle del Yaki. Obtenido de [https://biblioteca.itson.mx/dac\\_new/tesis/853\\_ochoa\\_cauticio.pdf](https://biblioteca.itson.mx/dac_new/tesis/853_ochoa_cauticio.pdf)
- ONU. (2014). Eficiencia en el uso del agua y la energía. *CONFERENCIA ANUAL, 1, 2*. Zaragoza. Recuperado el 10 de Mayo de 2018, de [http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/pdf/01\\_2014\\_water\\_energy\\_efficiency\\_spa.pdf](http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/pdf/01_2014_water_energy_efficiency_spa.pdf)
- Orbegoso, L. (2017). Efecto del polimero y frecuencias de riego en el rendimiento de maiz amarillo, bajo condiciones de cambio climatico. 63. Lambayeque, Peru. Recuperado el 2019, de <http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/3473?show=full>
- Orozco, M. (2010). Evaluacion de cuatro dosis de Hidroretenedores Luquasorb y tres tipos de sustratos en la plantacion de guarango. Recuperado el 2019, de <http://dspace.esoch.edu.ec/handle/123456789/720>
- Pazmiño, L. (2018). Evaluación del efecto del poliacrilato de potasio sobre la productividad del cultivo de brocoli híbrido Avenger. *UCE*, 1. Quito, Ecuador. Recuperado el Julio de 2019, de <http://200.12.169.19:8080/handle/25000/16937>
- Pereira, G., Sanchez, M., Rios, D., & Herrera, M. (2001). Micorrizas vesículo arbusculares y su incidencia en el crecimiento de plantulas de Eucalipto. 22, 2, 39-52. Chile. Recuperado el 2020, de [https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=\\_JkdEaKPq0gC&oi=fnd&pg=PA39&dq=incidencia+en+clorofila+plantas&ots=pvnvyrcaCK&sig=EHD3RRgp3x\\_UPLX83SlitoH82tU#v=onepage&q&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=_JkdEaKPq0gC&oi=fnd&pg=PA39&dq=incidencia+en+clorofila+plantas&ots=pvnvyrcaCK&sig=EHD3RRgp3x_UPLX83SlitoH82tU#v=onepage&q&f=false)
- Pérez, B. (2008). Resistencia a subida a flor en cultivares de lechuga. 1253. España. Obtenido de <http://www.sech.info/ACTAS/Acta%20n%C2%BA%2054.%20VI%20Congreso%20Ib%C3%A9rico%20de%20Ciencias%20Hort%C3%ADcolas.%20XII%20Congreso%20Nacional%20de%20Ciencias%20Hort%C3%ADcolas/Comunicaciones/Resistencia%20a%20subida%20a%20flor%20en%20cultivares%20de%20lechuga>
- Pérez-Arias, G. A., Alia-Tejacal, I., Aispuro, M. d., Villegas-Torres, G., Andrade-Rodríguez, M., Lopez-Martínez, V., . . . Fernández, N. (10 de Enero de 2011).



Desarrollo de Begonia semperflorens-cultorum "Olympia" en contenedores con diferentes intervalos de riego. *Ciencias Agrícolas*, 20, 35 - 43. Mexico, Cuernavaca. Recuperado el Junio de 2019, de [https://www.researchgate.net/profile/Sergio\\_Moreno24/publication/281562870\\_DESARROLLO\\_DE\\_Begonia\\_sempperflorens-cultorum\\_%27Olympia%27\\_EN\\_CONTENEDOR\\_CON\\_DIFERENTES\\_INTERVALOS\\_DE\\_RIEGO/links/591dcedda6fdcc233fcea878/DESARROLLO-DE-Begonia-sempperflorens-culto](https://www.researchgate.net/profile/Sergio_Moreno24/publication/281562870_DESARROLLO_DE_Begonia_sempperflorens-cultorum_%27Olympia%27_EN_CONTENEDOR_CON_DIFERENTES_INTERVALOS_DE_RIEGO/links/591dcedda6fdcc233fcea878/DESARROLLO-DE-Begonia-sempperflorens-culto)

- Porles, S. (2018). Hidroponia. Chile. Obtenido de <https://www.portalfruticola.com/noticias/2018/05/07/los-hidrogeles-de-poliacrilato-en-la-agricultura/>
- Quiroz, J., & Mestanza, S. (2010). Injertación de Cacao. Ecuador. Recuperado el 2019, de <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/2050/1/iniaplbt148.pdf>
- Riaño, N., Arcila, J., Jaramillo, Á., & Chaves, B. (2004). Acumulación de materia seca y extracción de nutrientes por Colombia en tres localidades de la zona cafetera central . 4, 265-276. Colombia. Recuperado el 2020, de <https://www.cenicafe.org/es/publications/arc055%2804%29265-276.pdf>
- Rueda, D. (2015). Batánica sistemática. 58-84. Ecuador. Recuperado el 2019, de <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/10180/Bot%C3%A1nica%20sist%C3%A9mica.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Saavedra, G. (2017). Manual de producción de lechuga. Chile. Obtenido de <http://www.inia.cl/wp-content/uploads/ManualesdeProduccion/09%20Manual%20Lechuga.pdf>
- Salazar, R., Rojano, A., & López, I. (2 de Marzo de 2014). La eficiencia en el uso del agua en la agricultura controlada. *Tecnología y Ciencias del Agua*, 2, 177. Mexico, Chapingo. Recuperado el 10 de Mayo de 2018, de <http://www.scielo.org.mx/pdf/tca/v5n2/v5n2a12.pdf>
- San Martín, K. M. (2004). Efectos de diversos tratamientos hídricos sobre la producción de lechuga (*Lactuca sativa* L.) en la IX Región de Chile. Obtenido de <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2004/fas196e/pdf/fas196e-TH.3.pdf>
- Sánchez, J. (2007). Fertilidad del suelo y nutrición mineral de plantas. México. Recuperado el 2019, de <http://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/FERTILIDAD%20DEL%20SUELO%20Y%20NUTRICION.pdf>
- Sepúlveda, S. (2017). INIA Manual de Producción de Lechuga. Obtenido de <http://www.inia.cl/wp-content/uploads/ManualesdeProduccion/09%20Manual%20Lechuga.pdf>

- Soriano, F. (Abril de 2017). Mecanismos de protección frente al déficit hídrico reiterado en plantas. *Universidad de Barcelona*, 3 - 4. Barcelona, España. Recuperado el Junio de 2019, de [https://www.tesisenred.net/bitstream/handle/10803/404785/EFIS\\_TESIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://www.tesisenred.net/bitstream/handle/10803/404785/EFIS_TESIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Tarqui, M., Chipana, R., Mena, F., Quino, J., Tallacagua, R., & Gutierrez, S. (2017). Índice de estrés hídrico del cultivo de lechuga, Mediante termometría infrarroja a diferentes láminas de riego. 4, 7-18. Bolivia. Recuperado el 2019, de [http://www.scielo.org.bo/pdf/riiarn/v4n1/v4n1\\_a03.pdf](http://www.scielo.org.bo/pdf/riiarn/v4n1/v4n1_a03.pdf)
- Toctaguano, V. (2019). Evaluación del efecto del poliacrilato de potasio sobre la productividad del cultivo de papa. 30-34. Ecuador. Recuperado el 2019, de <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/17854/1/T-UCE-0004-CAG-072.pdf>
- Torres, D., Rivero, D., Rodríguez, N., Yendis, H., Lobo, D., Gabriels, D., & Zamora, F. (2008). Efectos de un acondicionador sintético y un acondicionador orgánico sobre la eficiencia del uso de agua en el cultivo de pimiento. 58(3), 281-285. Venezuela. Recuperado el 2019, de [https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/34741350/Torres\\_d.\\_et\\_la\\_Agron\\_Trop.\\_2008.pdf?response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DEFECTOS\\_DE\\_UN\\_ACONDICIONADOR\\_SINTETICO\\_T.pdf&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=AKIAIWOWYYGZ2Y](https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/34741350/Torres_d._et_la_Agron_Trop._2008.pdf?response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DEFECTOS_DE_UN_ACONDICIONADOR_SINTETICO_T.pdf&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=AKIAIWOWYYGZ2Y)
- Valderrama. (2016). Manual del cultivo de lechuga. Obtenido de <http://conectarural.org/sitio/sites/default/files/documentos/MANUAL%20DEL%20CULTIVO%20DE%20LA%20LECHUGA.pdf>
- Varela, L. (2018). Evaluación del efecto del poliacrilato de potasio sobre la productividad del cultivo de brócoli híbrido Avenger, en suelos del CADER. 30. Quito, Ecuador. Obtenido de <http://200.12.169.19:8080/bitstream/25000/16937/1/T-UCE-0004-CAG-038.pdf>
- Vélez, I. N. (23 de 5 de 2016). Efecto de retenedores de agua en la producción de lechuga (*Lactuca sativa* L.) variedad crespa salad en la granja experimental yuyucocha. Ibarra, Ecuador. Recuperado el 14 de Enero de 2018, de <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/6884/3/03%20AGP%20196%20ARTICULO.pdf>
- Vence, B. (2008). Disponibilidad de agua-aire en sustratos para plantas. 2, 105-114. Buenos Aires, Argentina. Obtenido de [http://suelos.org.ar/publicaciones/vol\\_26n2/26-2%20Vence.pdf](http://suelos.org.ar/publicaciones/vol_26n2/26-2%20Vence.pdf)
- Villa, M., Catalán, E., Inzunza, M., & Ulery, A. (2006). Absorción y traslocación de sodio y cloro en plantas de Chile fertilizadas con nitrógeno y crecidas con estrés salino.

29, 79-88. México. Recuperado el 2019, de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61029111>

Villegas, O. (2013). Poliacrilato de Potasio. Recuperado el 2019, de <http://pcti.mx/articulos/item/poliacrilato-de-potasio-uso-eficiente-de-agua-y-nutrientes-en-el-cultivo-de-ornamentales>

Westreicher, G. (2012). Hidrosorb aumenta productividad en caña de azucar. *Bioscience*. Peru. Recuperado el 2019, de <https://agraria.pe/noticias/hidrosorb-aumenta-productividad-en-cana-de-azucar-2436>

Zaiger, E., & Taiz, L. (2006). *Fisiología Vegetal*. 1, 764. Los Angeles, Estados Unidos. Recuperado el Junio de 2019, de [https://books.google.com.ec/books/about/Fisiolog%C3%ADa\\_vegetal.html?id=7QIbYg-OC5AC&redir\\_esc=y](https://books.google.com.ec/books/about/Fisiolog%C3%ADa_vegetal.html?id=7QIbYg-OC5AC&redir_esc=y)

# ANEXOS

## Anexo 1: Análisis de suelo



Agrarprojekt S.A.  
 Urb. El Condado, Calle V 9941 y Av. A, Quito  
 Tel: 02-2490875/02-2492148/0984-084148  
 agrarprojekt@cablomodern.com.ec  
 info@agrarprojekt.com  
 www.agrarprojekt.com

### INFORME: ANÁLISIS DE SUELO

PT0901.REV01

Pág 1/2

Código Agrarprojekt:	JRV-24-07-18	Informe de Ensayo N°	145
Fecha de recepción:	24-07-18	Fecha de Informe:	28-08-18

DATOS DEL CLIENTE	
Ciente:	Juan Francisco Rivera
Solicitado por:	Juan Francisco Rivera
Ubicación:	Pitacqui

PROCESO DE ANÁLISIS
Método utilizado para la preparación de la muestra y elaboración de extractos: Secado → Tamizar para excluir partículas mayores y desmenuzar terrones → Mezcla homogénea pH: en H <sub>2</sub> O y KCl, Método Volumen 1:2 C.E.: Método Volumen 1:2 (extracto en H <sub>2</sub> O) NO <sub>3</sub> , NH <sub>4</sub> , K, Ca y Mg: Extracción con CaCl <sub>2</sub> y NaCl 0.05 M Fe, Mn, Zn y Cu: Extracción con DTPA P: Extracción con NaHCO <sub>3</sub> 0,5 M (Método Olsen) SO <sub>4</sub> , Na, Cl y B: Extracto Agua

MÉTODOS DE REFERENCIA	
ANÁLISIS	MÉTODO
pH	EPA 9045 D
Conductividad (C.E)	SM 2510 B
Nitrato (NO <sub>3</sub> )	ISO 7890-1
Amonio (NH <sub>4</sub> )	SM 4500-NH <sub>4</sub> D
Fosfato (PO <sub>4</sub> )	SM 4500-P C
Potasio (K)	SM 3500-K B
Magnesio (Mg)	EPA 7000 B
Calcio (Ca)	EPA 7000 B
Sulfato (SO <sub>4</sub> )	SM 4500-SO <sub>4</sub> E
Sodio (Na)	SM 3500-Na B
Cloruro (Cl-)	SM 4500-Cl G
Hierro (Fe)	EPA 7000 B
Manganeso (Mn)	EPA 7000 B
Cobre (Cu)	EPA 7000 B
Zinc (Zn)	EPA 7000 B
Boro (B)	EPA 7000 B
Moibdeno (Mo)	EPA 7010
Silicio (Si)	EPA 7010
Aluminio (Al)	EPA 7010
Bicarbonatos (HCO <sub>3</sub> )	SM 2320 B
Materia Orgánica	AOAC 967.05
Capacidad de Intercambio Catiónico	EPA 9081
% Saturación de Bases	EPA 9081
Fracción de Partículas	ISO 11277

## RESULTADOS

Código Agrarprojekt: JRV-24-07-13

Pág 2/2

INFORMACIÓN DE LA (S) MUESTRA(S)	
Tipo de Muestra:	Suelo
Cultivo:	Lechuga
Número de Muestra:	# 1
Identificación de la Muestra:	Muestra de Suelo

Contenido de macro- y microelementos en mg / kg de suelo seco

Análisis	Unidades	*Método de Extracción	* Niveles Óptimos para Lechuga - Cultivo Intensivo	Resultado	
Características del Suelo	Conductividad (CE)	ms/cm	Vol. 1:2	0.4 - 1.0	0.55
	pH (en H <sub>2</sub> O)	-	Vol. 1:2	-	7.0
	pH (en KCl)	-	Vol. 1:2	6.0 - 7.2	6.3
Macronutrientes	Nitrato (NO <sub>3</sub> -N)	mg/kg	CaCl <sub>2</sub> 0.01 M	-	82.0
	Amonio (NH <sub>4</sub> -N)	mg/kg	CaCl <sub>2</sub> 0.01 M	-	2.6
	(NO <sub>3</sub> +NH <sub>4</sub> )-N	mg/kg	CaCl <sub>2</sub> 0.01 M	25 - 45	84.7
	Fosforo (P)	mg/kg	NaHCO <sub>3</sub> 0.5M	35 - 75	22.8
	Potasio (K)	mg/kg	CaCl <sub>2</sub> 0.01 M	160 - 320	242
	Magnesio (Mg)	mg/kg	CaCl <sub>2</sub> 0.01 M	45 - 135	156
	Calcio (Ca)	mg/kg	NaCl 0.05 M	500 - 1200	365
	Azufre (SO <sub>4</sub> -S)	mg/kg	Extracto Agua	12 - 20	9.8
Micronutrientes	Hierro (Fe)	mg/kg	DTPA/CaCl <sub>2</sub>	25 - 50	34.4
	Manganeso (Mn)	mg/kg	DTPA/CaCl <sub>2</sub>	6 - 30	28.4
	Cobre (Cu)	mg/kg	DTPA/CaCl <sub>2</sub>	0.8 - 4.0	3.6
	Zinc (Zn)	mg/kg	DTPA/CaCl <sub>2</sub>	1.2 - 6.0	3.7
	Boro (B)	mg/kg	Extracto Agua	0.15 - 0.60	0.29
Peligro de Salinidad	Sodio (Na)	mg/kg	Extracto Agua	< 140	35.7
	Cloruro (Cl <sup>-</sup> )	mg/kg	Extracto Agua	< 210	32.1
	Salas Totales	mg/kg	Extracto Agua	< 2000	454

\* Fuente: Soil Science Society of America Inc. (Ed.). 2001. Methods of Soil Analysis. 1390 pp.

- = No Aplica

Nota : Los métodos de ensayo utilizados, están a disposición del cliente cuando lo requiera.  
El Laboratorio no realizó el muestreo por lo tanto no certifica el origen de las muestras.  
Prohibida la reproducción total o parcial de los resultados. No procede copia.



**Agrarprojekt S.A.**  
Dr. Karl Sponagel  
Director del Laboratorio

## Anexo 2: Costos de producción por nivel

### Nivel 1

Rubro	Unidad	Cantidad	Valor Unitario (USD)	Valor Total (USD)
<b>a) COSTOS DIRECTOS</b>				
<b>1) Preparación del área</b>				
Limpieza del área, Implementación	Jornal	0.25	8.5	2.125
<b>2) Ejecución del experimento</b>				
Llenado fundas, trasplante, cosecha	jornal	0.25	8.5	2.125
<b>3) Materiales de campo</b>				
Plántulas	Unidad	60	0.0168	1.008
Probeta	Unidad	0.25	2	0.5
Balanza electrónica	Unidad	0.25	20	5
<b>4) Herramientas</b>				
Pala	Unidad	0.25	7.8	1.95
Martillo	Unidad	0.25	6	1.5
Flexómetro	Unidad	0.25	5	1.25
Bomba de fumigar	Unidad	0.25	5	1.25
Guantes	Unidad	0.25	2.5	0.625
<b>5) Insumos</b>				
Fundas (2kg)	Unidad	60	0.015	0.9
Fertilizantes (sulfato de magnesio)	g	15	0.0056	0.084
Agroquímicos (metomil)	g	1	0.038	0.038
<b>b) COSTOS INDIRECTOS</b>				
Transporte de plántulas	Flete	0.25	5	1.25
<b>TOTAL COSTO</b>				19.605

## Nivel 2

Rubro	Unidad	Cantidad	Valor Unitario (USD)	Valor Total (USD)
<b>a) COSTOS DIRECTOS</b>				
<b>1) Preparación del área</b>				
Limpieza del área, Implementación	Jornal	0.25	8.5	2.125
<b>2) Ejecución del experimento</b>				
Llenado fundas, trasplante, cosecha	jornal	0.25	8.5	2.125
<b>3) Materiales de campo</b>				
Plántulas	Unidad	60	0.0168	1.008
Probeta	Unidad	0.25	2	0.5
Balanza electrónica	Unidad	0.25	20	5
<b>4) Herramientas</b>				
Pala	Unidad	0.25	7.8	1.95
Martillo	Unidad	0.25	6	1.5
Flexómetro	Unidad	0.25	5	1.25
Bomba de fumigar	Unidad	0.25	5	1.25
Guantes	Unidad	0.25	2.5	0.625
<b>5) Insumos</b>				
Retenedor de agua (hidrogel)	g	15	0.032	0.48
Fundas (2kg)	Unidad	60	0.015	0.9
Fertilizantes (sulfato de magnesio)	g	15	0.0056	0.084
Agroquímicos (metomil)	g	1	0.038	0.038
<b>b) COSTOS INDIRECTOS</b>				
Transporte de plántulas	Flete	0.25	5	1.25
<b>TOTAL COSTO</b>				20.085

### Nivel 3

Rubro	Unidad	Cantidad	Valor Unitario (USD)	Valor Total (USD)
<b>a) COSTOS DIRECTOS</b>				
<b>1) Preparación del área</b>				
Limpieza del área, Implementación	Jornal	0.25	8.5	2.125
<b>2) Ejecución del experimento</b>				
Llenado fundas, trasplante, cosecha	jornal	0.25	8.5	2.125
<b>3) Materiales de campo</b>				
Plántulas	Unidad	60	0.0168	1.008
Probeta	Unidad	0.25	2	0.5
Balanza electrónica	Unidad	0.25	20	5
<b>4) Herramientas</b>				
Pala	Unidad	0.25	7.8	1.95
Martillo	Unidad	0.25	6	1.5
Flexómetro	Unidad	0.25	5	1.25
Bomba de fumigar	Unidad	0.25	5	1.25
Guantes	Unidad	0.25	2.5	0.625
<b>5) Insumos</b>				
Retenedor de agua (hidrogel)	g	30	0.032	0.96
Fundas (2kg)	Unidad	60	0.015	0.9
Fertilizantes (sulfato de magnesio)	g	15	0.0056	0.084
Agroquímicos (metomil)	g	1	0.038	0.038
<b>b) COSTOS INDIRECTOS</b>				
Transporte de plántulas	Flete	0.25	5	1.25
<b>TOTAL COSTO</b>				20.565



#### Nivel 4

Rubro	Unidad	Cantidad	Valor Unitario (USD)	Valor Total (USD)
<b>a) COSTOS DIRECTOS</b>				
<b>1) Preparación del área</b>				
Limpieza del área, Implementación	Jornal	0.25	8.5	2.125
<b>2) Ejecución del experimento</b>				
Llenado fundas, trasplante, cosecha	jornal	0.25	8.5	2.125
<b>3) Materiales de campo</b>				
Plántulas	Unidad	60	0.0168	1.008
Probeta	Unidad	0.25	2	0.5
Balanza electrónica	Unidad	0.25	20	5
<b>4) Herramientas</b>				
Pala	Unidad	0.25	7.8	1.95
Martillo	Unidad	0.25	6	1.5
Flexómetro	Unidad	0.25	5	1.25
Bomba de fumigar	Unidad	0.25	5	1.25
Guantes	Unidad	0.25	2.5	0.625
<b>5) Insumos</b>				
Retenedor de agua (hidrogel)	g	45	0.032	1.44
Fundas (2kg)	Unidad	60	0.015	0.9
Fertilizantes (sulfato de magnesio)	g	15	0.0056	0.084
Agroquímicos (metomil)	g	1	0.038	0.038
<b>b) COSTOS INDIRECTOS</b>				
Transporte de plántulas	Flete	0.25	5	1.25
<b>TOTAL COSTO</b>				21.045

### Anexo 3: Fotografías



Implementación del ensayo



Llenado y pesado de fundas



Trasplante



Etiquetados de fundas



Control fitosanitario





Humedeciendo el suelo para bajar la temperatura



Segunda reunión Científica



Secado de muestras