



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

## FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

### CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

#### TEMA

“EFECTO DE RETENEDORES DE AGUA EN LA PRODUCCIÓN DE  
LECHUGA (*Lactuca sativa* L.) VARIEDAD CRESPA SALAD EN LA  
GRANJA EXPERIMENTAL YUYUCOCHA PROVINCIA DE  
IMBABURA”

**Trabajo de grado previo a la obtención del Título de Ingeniero Agropecuario**

#### AUTOR:

Néstor Vicente Vélez Meza

#### DIRECTOR:

Ing. Carlos Abdón Cazco Logroño M.Sc.

**Ibarra – Ecuador**

**2016**

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y  
AMBIENTALES

CARRERA INGENIERÍA AGROPECUARIA

EFFECTO DE RETENEDORES DE AGUA EN LA PRODUCCIÓN DE  
LECHUGA (*Lactuca sativa* L.) VARIEDAD CRESPA SALAD EN LA  
GRANJA EXPERIMENTAL YUYUCOCHA PROVINCIA DE  
IMBABURA.

Trabajo de grado revisado por el Comité Asesor, por lo cual se autoriza su presentación como  
requisito parcial para obtener Título de:

**INGENIERO AGROPECUARIO**

**APROBADO**

Ing. Carlos Cazco M.Sc.

**Director de Trabajo de Grado**




Ing. María José Romero M.Sc.

**Tribunal de Grado**



Ing. Fernando Basantes M.Sc.

**Tribunal de Grado**



Ing. María Isabel Vizcaino

**Tribunal de Grado**



Ibarra – Ecuador  
2016



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

## BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

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

#### 1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO	
<b>Cédula de identidad:</b>	171933244-5
<b>Apellidos y nombres:</b>	Vélez Meza Néstor Vicente
<b>Dirección:</b>	Juana Atabalipa y Cap. Espinoza de los Monteros
<b>Email:</b>	<a href="mailto:nestorvelez87@gmail.com">nestorvelez87@gmail.com</a>
<b>Teléfono fijo:</b>	2652-930
	<b>Teléfono móvil:</b> 0981958572

DATOS DE LA OBRA	
<b>Título:</b>	EFECTO DE RETENEDORES DE AGUA EN LA PRODUCCIÓN DE LECHUGA ( <i>Lactuca sativa</i> L.) VARIEDAD CRESPA SALAD EN LA GRANJA EXPERIMENTAL YUYUCOCHA PROVINCIA DE IMBABURA
<b>Autor:</b>	Vélez Meza Néstor Vicente
<b>Fecha:</b>	23 de mayo del 2016
<b>Solo para trabajos de grado</b>	
<b>Programa:</b>	Pregrado
<b>Título por el que opta:</b>	Ing. Agropecuaria
<b>Director:</b>	Ing. Carlos Abdón Cazco Logroño M.Sc.

## **2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD**

Yo, Vélez Meza Néstor Vicente, con cédula de identidad 171933244-5; en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago la entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

## **3. CONSTANCIA**

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

Ibarra, a los 23 días del mes de mayo del 2016

**EL AUTOR:**



.....  
Ing. Betty Chávez  
**JEFE DE BIBLIOTECA**

**ACEPTACIÓN:**



.....  
Vélez Meza Néstor Vicente  
**C.I.: 171933244-5**

## CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA

Certifico que, el presente trabajo fue desarrollado por Néstor Vicente Vélez Meza, bajo mi supervisión.

Ibarra, a los 23 días del mes de mayo de 2016

A handwritten signature in blue ink, consisting of several loops and vertical strokes, positioned above a horizontal dotted line.

Ing. Carlos Cazco M.Sc.

**Director de Trabajo de Grado**

**CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A  
FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

Yo, **Vélez Meza Néstor Vicente** con cédula de identidad Nro. 1719332445 manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor de la obra o trabajo de grado denominado: **EFFECTO DE RETENEDORES DE AGUA EN LA PRODUCCIÓN DE LECHUGA (*Lactuca sativa* L.) VARIEDAD CRESPA SALAD EN LA GRANJA EXPERIMENTAL YUYUCOCHA PROVINCIA DE IMBABURA**, que ha sido desarrollado para optar por el título de: **INGENIERO AGROPECUARIO** en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Ibarra, a los 23 días del mes de mayo de 2016

  
.....

Vélez Meza Néstor Vicente

**C.I.: 171933244-5**

## REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

**Guía:** FICAYA – UTN

**Fecha:** 23 de mayo de 2016

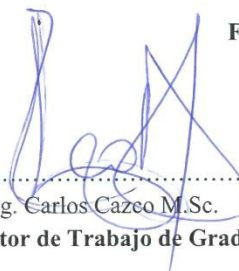
**Vélez Meza Néstor Vicente** “Efecto de retenedores de agua en la producción de lechuga (*Lactuca sativa* L.) variedad Crespa Salad en la Granja Experimental Yuyucocha provincia de Imbabura”/ TRABAJO DE GRADO. Ingeniero Agropecuario.

Universidad Técnica del Norte. Carrera de Ingeniería Agropecuaria Ibarra, 23 de mayo del 2016. 79 páginas.

**DIRECTOR:** Ing. Carlos Cazco M.Sc.

El objetivo principal de la presente investigación fue Determinar el efecto y rentabilidad de retenedores de agua en la producción de lechuga (*Lactuca sativa* L.) variedad Crespa Salad en la Granja Experimental Yuyucocha, provincia de Imbabura. Entre los objetivos específicos se encuentran: Evaluar el efecto de retenedores de agua y Determinar la rentabilidad del uso de retenedores de agua en la producción de lechuga

**Fecha:** 23 de mayo del 2016



.....  
Ing. Carlos Cazco M.Sc.  
**Director de Trabajo de Grado**



.....  
Vélez Meza Néstor Vicente  
**Autor**

## DEDICATORIA

*“Solo triunfa en el mundo quien se levanta y busca a las circunstancias, creándolas si no las encuentra” George Bernard Shaw*

*El presente trabajo de investigación lo dedico a mis padres y hermanas, por su apoyo incondicional en mi vida y etapa estudiantil.*

*Se lo dedico de manera especial a mi madre María Meza, quien con su inmenso amor, ha sido mi pilar fundamental, en quien me sostengo en todos los momentos de mi vida, ya que gracias a sus consejos acertados he podido salir adelante.*



## AGRADECIMIENTO

*A Dios por ser la luz en mi vida y poner en mi camino a personas que me ayudan a ser cada día mejor.*

*Agradezco a mi familia, amigos y docentes, que gracias a su ayuda y apoyo, he podido concluir esta obra.*

*De sobre manera agradezco a mi director de trabajo de grado el Ing. Carlos Cazco y asesores; Ing. María Isabel Vizcaino, Ing. María José Romero e Ing. Fernando Basantes, por sus efectivos consejos para lograr con éxito la culminación del trabajo de titulación y así poder contribuir al desarrollo de nuestro querido país el Ecuador.*

# ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE CONTENIDO .....	viii
ÍNDICE DE TABLAS .....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS .....	xiii
RESUMEN .....	xiv
ABSTRAC.....	xv
CAPÍTULO I.....	1
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Objetivos .....	2
1.1.1. General.....	2
1.1.2. Específicos.....	2
1.2. Hipótesis.....	2
1.3. Problema.....	3
1.4. Justificación.....	3
CAPÍTULO II.....	4
2. MARCO TEÓRICO .....	4
2.1. Retenedores de agua (poliacrilato de potasio).....	4
2.1.1. Antecedentes.....	4
2.1.2. Características del poliacrilato de potasio.....	5
2.1.3. Composición química del poliacrilato de potasio .....	5
2.1.4. Aplicaciones del poliacrilato de potasio .....	6
2.1.5. Poliacrilato de potasio en la agricultura .....	6
2.1.6. Estudios basados en el uso de poliacrilato de potasio.....	8
2.2. Cultivo de lechuga.....	12
2.2.1. Origen.....	12

2.2.2. Importancia .....	12
2.2.3. Características de la variedad Crespa Salad.....	12
2.2.4. Trasplante.....	13
2.2.5. Riego .....	13
2.2.6. Cosecha .....	14
2.2.7. Plagas y Enfermedades .....	15
2.3. Rentabilidad.....	18
2.3.1. Análisis Económico .....	18
2.3.2. Presupuesto parcial.....	20
2.3.3. Análisis de dominancia .....	22
2.3.4. Tasa de retorno marginal.....	23
CAPÍTULO III .....	24
3. MATERIALES Y MÉTODOS .....	24
3.1. Caracterización del área de estudio .....	24
3.1.1. Ubicación Geográfica.....	24
3.2. Materiales y Herramientas.....	25
3.2.1. Material Experimental.....	25
3.2.2. Herramientas .....	25
3.2.3. Equipos.....	25
3.3. Métodos .....	26
3.3.1. Tipo de estudio.....	26
3.3.2. Factores en estudio.....	26
3.3.3. Tratamientos.....	26
3.3.4. Diseño Experimental.....	27
3.3.5. Características del experimento .....	27
3.3.6. Análisis Estadístico .....	28

3.3.7. Variables Evaluadas .....	28
3.3.8. Manejo específico del ensayo .....	29
CAPÍTULO IV .....	33
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	33
4.1. Porcentaje de prendimiento .....	33
4.2. Porcentaje de sobrevivencia de plantas a la cosecha.....	37
4.3. Peso de la planta completa a la cosecha .....	41
4.4. Peso de materia verde de la parte aérea de la planta .....	46
4.5. Peso radicular de la planta.....	50
4.6. Incidencia de Babosas .....	54
4.7. Análisis económico de presupuesto parcial de los tratamientos .....	55
4.7.1. Tasa de retorno marginal.....	57
4.7.2. Análisis comparativo de los tratamientos. ....	59
CAPÍTULO V .....	62
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	62
CONCLUSIONES.....	62
RECOMENDACIONES .....	63
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	64
ANEXOS .....	69

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Análisis Económico por Tratamiento con la aplicación de hidrorretenedores de agua en una especie forestal (Guarango). Chimborazo, 2010 .....	19
<b>Tabla 2.</b> Tratamientos evaluados. Ibarra, 2016.....	27
<b>Tabla 3.</b> ADEVA porcentaje de prendimiento. Ibarra, 2016.....	33
<b>Tabla 4.</b> Prueba Tukey 5% del factor A (riego) porcentaje de prendimiento. Ibarra, 2016	34
<b>Tabla 5.</b> Prueba Tukey 5% del factor B (aplicación de poliacrilato de potasio) porcentaje de prendimiento. Ibarra, 2016 .....	34
<b>Tabla 6.</b> Prueba Tukey 5% tratamientos para porcentaje de prendimiento. Ibarra, 2016...	35
<b>Tabla 7.</b> ADEVA porcentaje de sobrevivencia a la cosecha. Ibarra, 2016.....	37
<b>Tabla 8.</b> Prueba Tukey 5% factor A (riego) porcentaje de sobrevivencia a la cosecha. Ibarra, 2016 .....	38
<b>Tabla 9.</b> Prueba Tukey 5% del factor B (aplicación de poliacrilato de potasio) porcentaje de sobrevivencia a la cosecha. Ibarra, 2016 .....	38
<b>Tabla 10.</b> Prueba Tukey 5% tratamientos para porcentaje de sobrevivencia a la cosecha. Ibarra, 2016.....	39
<b>Tabla 11.</b> ADEVA peso de planta completa a la cosecha. Ibarra, 2016.....	41
<b>Tabla 12.</b> Prueba Tukey 5% del factor A (riego) para peso de planta completa. Ibarra, 2016 .....	42
<b>Tabla 13.</b> Prueba Tukey 5% tratamientos para el peso de planta completa. Ibarra, 2016..	43
<b>Tabla 14.</b> ADEVA peso de materia verde de la parte aérea de la planta. Ibarra, 2016 .....	46
<b>Tabla 15.</b> Prueba Tukey 5% del factor A (riego) para peso de materia verde de la parte aérea de la planta. Ibarra, 2016 .....	46
<b>Tabla 16.</b> Prueba Tukey 5% tratamientos para peso de materia verde de la parte aérea de la planta. Ibarra, 2016.....	48
<b>Tabla 17.</b> ADEVA peso radicular de la planta. Ibarra, 2016.....	50
<b>Tabla 18.</b> Prueba Tukey 5% del factor A (riego) para peso radicular. Ibarra, 2016.....	51
<b>Tabla 19.</b> Prueba Tukey 5% tratamientos para peso radicular. Ibarra, 2016.....	52
<b>Tabla 20.</b> Análisis de dominancia económica en los tratamientos evaluados. Ibarra, 2016 .....	56
<b>Tabla 21.</b> Tasa de retorno marginal (TRM). Ibarra, 2016 .....	57
<b>Tabla 22.</b> Análisis comparativo de los tratamientos. Ibarra, 2016 .....	61

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Estructura química del poliacrilato de potasio.....	5
<b>Figura 2.</b> Lechuga variedad Crespa Salad .....	12
<b>Figura 3.</b> Evaluación del poliacrilato de potasio en el aumento del rendimiento en condiciones de campo de frejol ( <i>Phaseolus vulgaris</i> L.). Guatemala, 2013 .....	22
<b>Figura 4.</b> Mapa de ubicación. Ibarra, 2016.....	24
<b>Figura 5.</b> Porcentaje de prendimiento y aplicación de poliacrilato de potasio en tratamientos con y sin riego. Ibarra, 2016.....	35
<b>Figura 6.</b> Porcentaje de sobrevivencia a la cosecha y aplicación de poliacrilato de potasio en tratamientos con y sin riego. Ibarra, 2016 .....	39
<b>Figura 7.</b> Peso promedio de la planta y aplicación de poliacrilato de potasio. Ibarra, 2016 .....	42
<b>Figura 8.</b> Peso promedio de la planta completa y aplicación de poliacrilato de potasio para los tratamientos con y sin riego. Ibarra, 2016.....	44
<b>Figura 9.</b> Peso promedio de materia verde de la parte aérea de la planta y aplicación de poliacrilato de potasio. Ibarra, 2016 .....	47
<b>Figura 10.</b> Peso promedio de materia verde de la parte aérea de la planta y aplicación de poliacrilato de potasio en tratamientos con y sin riego. Ibarra, 2016.....	48
<b>Figura 11.</b> Peso promedio radicular de la planta y aplicación de poliacrilato de potasio. Ibarra, 2016.....	51
<b>Figura 12.</b> Peso promedio radicular de la planta y aplicación poliacrilato de potasio en tratamientos con y sin riego. Imbabura, 2016 .....	52
<b>Figura 13.</b> Curva de beneficios netos de los tratamientos no dominados. Ibarra, 2016.....	58

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1.</b> Ubicación del área de estudio. Granja Experimental Yuyucocha, 2016 .....	70
<b>Anexo 2.</b> Croquis del experimento.....	71
<b>Anexo 3.</b> Análisis de suelo del área experimental.....	72
<b>Anexo 4.</b> Datos climáticos registrados en la época de estudio.....	73
<b>Anexo 5.</b> Datos recopilados para variable porcentaje (%) de prendimiento en lechuga variedad Crespa Salad. Ibarra, 2016 .....	74
<b>Anexo 6.</b> Datos recopilados para variable porcentaje (%) de sobrevivencia a la cosecha en lechuga variedad Crespa Salad. Ibarra, 2016 .....	74
<b>Anexo 7.</b> Datos recopilados para peso de la planta completa en (g) de lechuga variedad Crespa Salad. Ibarra, 2016.....	74
<b>Anexo 8.</b> Datos recopilados para peso parte aérea en (g) de la planta de lechuga variedad Crespa Salad. Ibarra, 2016.....	75
<b>Anexo 9.</b> Datos recopilados para peso radicular en (g) de lechuga variedad Crespa Salad. Ibarra, 2016.....	75
<b>Anexo 10.</b> Implementación del área de investigación.....	76

## RESUMEN

La presente investigación se realizó en la Granja Experimental Yuyucocha, ubicada en el cantón Ibarra, parroquia Caranqui, con la finalidad de determinar el efecto y rentabilidad de retenedores de agua en la producción de lechuga (*Lactuca sativa* L.) variedad Crespa Salad. Los objetivos específicos fueron; evaluar el efecto de retenedores de agua y determinar la rentabilidad del uso de retenedores de agua en la producción de lechuga. Los factores evaluados fueron: el riego (con riego y sin riego) y la aplicación del retenedor de agua (poliacrilato de potasio); a la raíz, al suelo, raíz-suelo y trasplante sin poliacrilato de potasio. Los datos obtenidos se analizaron bajo un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA), con arreglo factorial A×B, dando un total de ocho tratamientos y tres repeticiones. Las variables evaluadas fueron; porcentaje de prendimiento, incidencia de babosas, porcentaje de sobrevivencia de plantas a la cosecha, peso de la planta completa, peso de la parte aérea de la planta, peso radicular y análisis de rentabilidad. Los resultados indicaron que con la aplicación de poliacrilato de potasio al suelo-raíz en forma conjunta con riego por goteo se obtuvo la mayor rentabilidad de 10.789USD/ha, en comparación con el tratamiento con riego sin la aplicación de poliacrilato de potasio que obtuvo una ganancia de 6.296USD/ha, mientras que, en los tratamientos sin riego el más rentable fue, la aplicación de poliacrilato de potasio a la raíz, con una rentabilidad de 2.299USD/ha, sin embargo al ser rentable no se recomienda adoptar este tratamiento, ya que los beneficios netos no justifican los costos que varían.



## ABSTRAC

This research was conducted at the Experimental Farm Yuyucocha, located in canton Ibarra, parish Caranqui, in order to determine the effect and cost of water retainers in the lettuce production (*Lactuca sativa* L.) variety Crespa Salad. The specific objectives were shown as follows: to evaluate the effect of water retainers and to determine the cost of retainers in the lettuce production. The factors evaluated were: watering (watering and no watering) and the application of water retaining (potassium polyacrylate) that were, application to the root, to the soil, root-soil and transplant without potassium polyacrylate, these factors were analyzed under a Complete Randomized Block Design, with a factorial arrangement A×B, getting a total of eight treatments and three repetitions. The variables evaluated were; apprehension percentage, slug incidence, survival percentage of harvest plants, whole plant, weight of the aerial part of the plant, root weight and analysis of rentability. The results indicated that the application of potassium polyacrylate to ground and root with drip irrigation the higher profitability (10.789USD/ha), compared to treatment without the application of irrigation potassium polyacrylate obtained gain (6.296USD/ha), while in treatments without irrigation was the most profitable, the application of potassium polyacrylate root, with a rentability (2.299USD/ha), nevertheless, to be profitable is not recommended to take this treatment, since net benefits do not justify the costs vary.

# CAPÍTULO I

## 1. INTRODUCCIÓN

Beekman (2015), afirma que, es necesario aumentar la productividad del agua en la agricultura para reducir la degradación del ambiente, aliviar la presión del recurso hídrico y mejorar la situación de seguridad alimentaria. El agua es un recurso no renovable, siendo cada vez mayor su requerimiento por ser el líquido vital para la vida y el imparable crecimiento poblacional a nivel mundial.

Loor y Loor (2007), señalan que: “En Ecuador la actividad económica que más aporta al Producto Interno Bruto (PIB) es la actividad agropecuaria”. Según el boletín N° 92 emitido por Banco Central del Ecuador, BCE (2015), registró en el año 2000 el 13% del ingreso total, no obstante en los últimos 15 años se ha disminuido a un 7% esta base productiva, debido a la sub utilización de suelos, principalmente por la falta de agua de riego y escasas tecnologías productivas

Los retenedores de agua son una alternativa de producción para las zonas secas, ya que permiten aprovechar de mejor manera el agua de lluvia, beneficiando directamente a los agricultores en mejorar los rendimientos. Según una publicación del diario LA PRENSA (2015), en Honduras se ha validado a nivel gubernamental la propuesta de los retenedores de agua denominado (riego de lluvia solida), para combatir la sequía que afecta a la mayor parte de su territorio.

Existen retenedores de agua a base de poliacrilato de sodio, los cuales son polímeros usados en pañales y toallas higiénicas, este poliacrilato no es apto para el uso agrícola ya que puede causar un efecto de deterioro por pérdida de estructura en suelos cultivables. Esto se debe, a que el sodio de la molécula sustituye al calcio y magnesio del suelo.

El retenedor de agua aplicado en la agricultura es el poliacrilato de potasio, por ser un polímero biodegradable con una duración en el suelo de hasta cinco años, se caracteriza por tener en su estructura química el catión potasio, lo cual evita que la molécula se sustituya con otros elementos, mejorando las características del suelo (Qemi International, 2002).

El motivo de utilizar retenedores de agua es mantener la humedad del suelo proveniente de agua de lluvia y riego (Rojas, Ramírez, Aguilera, Prin, y Torres 2006), con el fin de reducir las pérdidas por filtración y mantener la producción agrícola en época seca, contribuyendo al bienestar de los agricultores

## **1.1. Objetivos**

### **1.1.2. General**

Determinar el efecto y rentabilidad de retenedores de agua en la producción de lechuga (*Lactuca sativa* L.) variedad Crespa Salad en la Granja Experimental Yuyucocha, provincia de Imbabura.

### **1.1.3. Específicos**

- Evaluar el efecto de retenedores de agua en la producción de lechuga.
- Determinar la rentabilidad del uso de retenedores de agua en la producción de lechuga.

## **1.2. Hipótesis**

- **Ho:** “El uso de retenedores de agua no es una alternativa para la producción de lechuga en zonas con déficit hídrico y limitada disponibilidad de agua.”
- **Ha:** “El uso de retenedores de agua es una alternativa para la producción de lechuga en zonas con déficit hídrico y limitada disponibilidad de agua”.

### **1.3. Problema**

En Ecuador el 80% de los pequeños agricultores, evidencian la falta de agua en épocas de verano (Loor y Loor 2007). Según boletines meteorológicos del INAMHI (2013), Ibarra tuvo una precipitación de 537,60mm en época lluviosa y apenas 181,80mm en época seca, en el año 2013. Estos datos comparados con el requerimiento hídrico de la lechuga, que es de 400-600mm/ciclo (Rincón 2008). Se demuestra la falta ineludible de agua en el sector agrícola para esta determinada zona, aspecto que ha llevado a los agricultores a disminuir la producción en época seca (PACT, 2013).

### **1.4. Justificación**

Según Benalcázar (2015), la siembra de cultivos agrícolas está retrasada en la sierra norte del Ecuador, ya que hubo un déficit del 83% de precipitaciones entre septiembre y octubre con respecto a los datos históricos del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI). La falta de acceso al riego, escasas tecnologías productivas y sequía prolongada, han limitado la práctica agrícola en el cantón Ibarra. Lo cuál ha motivado a investigar el efecto del uso de retenedores de agua en el cultivo de lechuga y de este modo enfrentar la problemática de suelos improductivos, bajos rendimientos y altos costos en la producción.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Retenedores de agua (poliacrilato de potasio)

##### 2.1.1. Antecedentes

Los retenedores de agua aplicados a la agricultura según Trujillo (2007), citado por Orozco (2010), fueron creados hace 15 años y son originarios de Alemania, Francia y Estados Unidos, países donde se desarrolló la tecnología. Y en base a diversas investigaciones, han demostrado mantener vivas las plantas cuando estas carecen de agua, con el mecanismo de mantener la humedad en el suelo o cualquier medio de crecimiento.

Ahmed (2015), establece. “Los retenedores de agua son cadenas poliméricas que generalmente se encuentran en forma de geles coloidales, los cuales exhiben la capacidad de hincharse y retener una fracción significativa de agua dentro de su estructura pero sin disolverse”.

Los geles poliméricos se constituyen por cadenas entrecruzadas de redes flexibles con diversas aplicaciones. Actúan como materiales superabsorbentes de fluidos corporales o como alternativa para preservar la fertilidad de suelos áridos, tienen la capacidad de absorber miles de gramos de agua por gramo de polímero. (Rojas *et al.* 2008)

Se define como un copolímero superabsorbente de acrilamida y acrilato de potasio (poliacrilato de potasio), al ser un compuesto insoluble en agua, tiene la capacidad de absorber alrededor de 350 veces su peso en agua destilada, aumentando de tamaño proporcionalmente. Esta reserva es entregada en un 95% a la planta, recobrando luego su tamaño original (Qemi International, 2002).

### 2.1.2. Características del poliacrilato de potasio

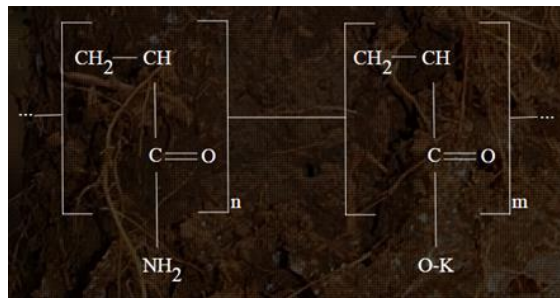
Zuchem (2002), afirma: “El poliacrilato de potasio se caracteriza por absorber y retener agua, cuando se aplica en el suelo o en cualquier otro medio de crecimiento. Fue diseñado para reducir frecuencias de riego y maximizar la capacidad de campo”.

El polímero es muy grande para ser absorbido por los tejidos y las células de las plantas, por lo tanto su potencial bioacumulador es nulo. Está homologado por el Ministerio de Agricultura Francés (APV # 8410030), por el Departamento Americano de Agricultura (USDA) y cuenta con Registro ICA Colombiano (4547).

El poliacrilato de potasio al entrar en contacto con el agua, los grupos carboxílicos se disocian exponiendo cargas iguales negativas lo que permite una repulsión de las cadenas poliméricas ampliando las cavidades de la red, esto permite el paso de las moléculas de agua al interior del polímero. El agua es atrapada en el interior del polímero y solo es entregada a las raíces de la planta a través de un proceso físico de ósmosis (Qemi International, 2002).

### 2.1.3. Composición química del poliacrilato de potasio

La molécula del retenedor de agua se compone de dos partes; la acrilamida que lo hace apta para el uso agrícola y el acrilato de potasio que interviene en la absorción. Los primeros hidrorretenedores se caracterizaban por tener baja efectividad, ya que en su estructura solo poseían acrilato y al ser una molécula polar, atraían los cationes del suelo, impidiendo que la molécula absorba agua (Qemi International, 2002).



**Figura 1.** Estructura química del poliacrilato de potasio.

**Fuente:** Zuchem (2002).

## **2.1.4. Aplicaciones del poliacrilato de potasio**

### *2.1.4.1. Agricultura*

Según Villegas (2013), los hidrorretenedores han mostrado su efectividad en los cultivos al estimular e incrementar el volumen de raíces en un 23,60%. Por otra parte Orozco (2010), afirma: “Que al usar hidrorretenedores se incrementa el porcentaje de germinación en un 25%”. Los hidrorretenedores brindan aireación del suelo, reservan el agua lluvia o de riego, retardan el punto de marchitamiento y permiten un régimen hídrico eficiente (Zuchem, 2002).

### *2.1.4.2. Mezcla con sustratos*

El mismo autor menciona que, la mezcla de sustratos con hidrorretenedores, permite una reducción del estrés hídrico. Esto asegura un mejor porcentaje de prendimiento en plantines entre el 90 y 100% y un crecimiento más rápido en plantas jóvenes, así mismo reduce la frecuencia de riego entre un 30 y 50%.

### *2.1.4.3. Reforestación*

De acuerdo con Saucedo, González, Nuñez, Casiano, y Serna (2011), en el estudio del diagnóstico en reforestaciones de la especie mezquite (*Prosopis laevigata*), afirma que después de 63 días del trasplante en campo y con escasez de lluvia, al aplicar 30g de hidrorretenedor alcanzaron el 83,30% de sobrevivencia, mientras que, sin la aplicación del obtuvieron un 88,90% de mortalidad.

## **2.1.5. Poliacrilato de potasio en la agricultura**

Azevedo, Bertonha, y Goncalves (2002), mencionan las propiedades de los retenedores de agua como acondicionadores del suelo, en cuanto a mejoras en las propiedades físicas del mismo, destacando 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 para las plantas.

Según Katime *et al.* (2004), citado por Idrobo, Rodríguez y Díaz (2010), indican que, la utilización de polímeros retenedores de agua, mejoran la aireación y estructura de los suelos que se encuentran en terrenos desérticos, incrementando así la humedad y fertilidad natural.

Otros usos que se atribuyen a los retenedores de agua en la agricultura son: aditivo para preparar el suelo aumentando la porosidad, también se emplea en trasplante de vegetales, transporte y bodegaje de plantas (San Martín, 2004).

La escasez hídrica es un fenómeno que está afectando fuertemente a las zonas agrícolas y que al usar estos polímeros, se disminuyen los requerimientos de riego, el suelo incrementa la capacidad de retención de agua, se aumentan las reservas de nutrientes y se reduce la compactación (Haberland 2013).

#### 2.1.5.1. Ventajas

Velasco (2006) citado por Ochoa (2014), afirman que, el polímero de poliacrilato de potasio posee algunas ventajas que se describen a continuación:

- La siembra se inicia sin esperar temporadas de lluvia.
- Las plantas no sufren estrés hídrico por falta de agua durante su crecimiento.
- Las cosechas no se pierden por falta de agua.
- Se incrementa la productividad de las áreas del cultivo.
- Se disminuyen los costos en los sistemas de riego.
- El uso de fertilizantes es reducido.
- Puede ser usado para combatir incendios de pastizales y arbustos.



Entre otras ventajas de los retenedores de agua, Zuchem (2002), menciona las siguientes; mejoran la ventilación de suelos compactos y aumentan el porcentaje de germinación en germinadores. Reducen al menos un tercio la pérdida de nutrientes en el suelo, permitiendo un mejor desarrollo radicular, lo que producirá plantas más fuertes y saludables.

Son amigables con el medio ambiente por ser biodegradables, ya que el polímero al ser sensible a la acción de los rayos ultravioleta, por ruptura de los enlaces lo degrada en oligómeros y al ser más sensibles en este estado, son vulnerables a los procesos de degradación aeróbicos y anaeróbicos.

#### **2.1.6. Estudios basados en el uso de poliacrilato de potasio**

De acuerdo a un estudio realizado por San Martín (2004), concluye que existen diferencias entre las distintas formas de aplicación de los retenedores de agua, en relación con el diámetro de planta, número de hojas y peso de la planta completa. En todos estos parámetros los retenedores de agua producen resultados significativamente mayores, cuando se aplican al suelo y en forma conjunta a la raíz-suelo.

El estudio sostiene que el uso de poliacrilamidas y el riego en el manejo hídrico de la lechuga realizada por San Martín (2004), quien evaluó dos factores: el riego y la forma de aplicación del retenedor de agua. Al obtener porcentajes entre el 65% y 83,30% de prendimiento, con una sobrevivencia a la cosecha de 78,80%. Estos porcentajes se presentaron ya que no existió diferencia estadística, la autora lo atribuye a las altas precipitaciones registradas en esta etapa del experimento.

Seguido con las variables de pesos en las plantas y los factores evaluados, el mismo autor menciona que, al aplicar el retenedor de agua al suelo, obtuvo un peso completo de 157,10g con riego y 53,90g sin riego, peso parte aérea de 143g con riego y 49,90g sin riego y para el peso radicular de 14,10g con riego y 4,10g sin riego. Cabe señalar, que se utilizó un sistema de riego por goteo y los tratamientos sin riego sobrevivieron con las precipitaciones. Así mismo, afirma que logró una rentabilidad mayor de 25.771USD/ha al

aplicar retenedores de agua, en comparación a 11.876USD/ha, cuando no se aplicó retenedores de agua.

Por otro lado, el estudio del efecto residual de tres dosis de hidroabsorbente de potasio y tres frecuencias de riego en cultivo de lechuga realizado por Fasanando (2009), señala que, la forma de aplicación del gel hidroabsorbente de potasio al suelo no tuvo efectos significativos presentando un 68,34% en el porcentaje de prendimiento.

A excepción del rendimiento, ya que, con la aplicación de 2g/m<sup>2</sup> de gel hidroabsorbente al suelo y a una frecuencia de riego de seis días, alcanzó un rendimiento de 14,43t/ha, mientras que, sin la aplicación de este retenedor en condiciones de secano (aporte de precipitaciones), alcanzó un rendimiento de 11t/ha. Logrando un incremento en la producción del 23,32%. Esto se manifiesta en elevar la rentabilidad, ya que al aplicar retenedores de agua obtiene una relación de costo/beneficio de 5,15 con una ganancia neta de 17.454USD/ha, en comparación con el tratamiento que no aplicó retenedor de agua alcanzó el valor de 13.339USD/ha.

Así mismo Bernabé (2004), en el estudio sobre el efecto del uso de una poliacrilamida (hidrogel) sobre la sobrevivencia al trasplante y rendimiento en cultivo de lechuga, encontró que los tratamientos que se aplicó hidrogel a las raíces y no se redujo el área foliar después de 25 días del trasplante, logró el 92,92% de prendimiento, con respecto, a los tratamientos que no se aplicó hidrogel ni se redujo el área foliar, presentó un 66,51%. Por otra parte, los tratamientos que llevaron hidrogel con cuatro días de espera al trasplante, lograron los mayores pesos promedios, comparados a los que no llevaron hidrogel que son los menores: peso fresco de la planta completa (42,36g - 51,21g), peso parte aérea (35,92g - 45,40g) y peso radicular (4,60g - 8,08g).

Según Jadán (2007), con la aplicación de hidrogel a las raíces en especies forestales obtuvo porcentajes de sobrevivencia entre el 75% y 95%, con bajas dosis de riego a intervalos de 12 días, es decir, con menos agua obtuvo el mismo porcentaje de sobrevivencia comparado al testigo que tuvo riegos a intervalos de cuatro días.

Por otro lado, Imbaquingo y Varela (2012), en un estudio realizado sobre la influencia de los retenedores de agua en el comportamiento inicial de una especie forestal (tara), indican que, los tratamientos presentaron diferencia significativa. Quienes afirman que, con la aplicación de retenedores de agua a la raíz, las plantas presentaron el 100% de sobrevivencia durante el tiempo de investigación. Mientras que, el testigo, presentó un 85,42% de sobrevivencia al no llevar retenedor de agua. Sin embargo, se aduce que, el porcentaje de sobrevivencia del testigo se considera aceptable, ya que esta especie forestal es caracterizada por ser resistente a la sequía.

En el estudio de endomicorrizas e hidrogel en la nutrición mineral de tomate de mesa (*Solanum lycopersicum*), Tlatilpa (2003), señala que, los tratamientos de la mezcla de hidrogel con inoculante fueron superiores al testigo. Al aplicar 3g de micorrizas y 8g de hidrogel al suelo, obtuvo el mayor peso de biomasa total, logrando un incremento del 118%, en comparación al testigo, que no se aplicó hidrogel ni endomicorrizas no alcanzaron ningún incremento en la biomasa. No obstante, al aplicar hidrogel a la raíz, alcanzó pesos superiores entre 1,36 y 1,61g, comparado al testigo que no llevo hidrogel, obtuvo un peso promedio menor de 1,05g.

Gutiérrez, Sánchez, Cueto, Trucio, Trejo, y Flores (2008), en el estudio sobre efecto del polímero aquastock® en la capacidad de retención de humedad del suelo y su efecto en el rendimiento de la acelga, corroboran que, al aplicar retenedores de agua en suelo arcilloso, obtuvieron un peso promedio foliar de 38,87g, mientras que, sin la aplicación del retenedor de agua en el mismo tipo de suelo fue de 30,63g, logrando un incremento de un 26,90%.

Nissen (1994), citado por San Martín (2004), sostienen que, al aplicar retenedores de agua en forma localizada junto a la raíz de frambuesa, los rendimientos de frutos aumentaron entre un 37 y 86%, así mismo el diámetro de los frutos puede ser incrementado entre un 0,70 y 3%, mientras que, el peso de los frutos puede crecer entre un 3 y un 33%. Además aseguran que, el ingreso económico adicional que se produce al usar retenedores de agua justifica plenamente esta práctica.

Además, Hernández (2012), en el estudio del efecto sinérgico de algaenzims y poliacrilato de potasio en el cultivo de frejol (*Phaseolus vulgaris* L.) en la retención de humedad con cuatro diferentes sustratos, muestra que, al aplicar poliacrilato de potasio con vermiculita como sustrato, existió mayor desarrollo radicular con un peso promedio de 9,14g, mientras que, sin retenedor de agua se alcanzó 6,53g. Por otra parte, Stockhausen Huls (1995), citado por San Martín (2004), sostiene que en estudios basados en el Centro de Investigación Tropical de la Universidad de Giessen (Alemania), utilizando raigrás (*Lolium multiflora* L.), como planta de ensayo, tuvo como resultado la existencia de una fuerte estimulación de la formación de raíces a través de la aplicación de retenedores de agua.

Por otro lado, Wofford (1989), citado por Azevedo *et al.* (2002), quienes trabajando en cultivo de tomate con un suelo arenoso y al aplicar retenedores de agua, alcanzaron una productividad de 40t/ha, mientras que, el testigo sin polímero, no superó las 27t/ha.

Sayed *et al.* (1991), citado por Azevedo *et al.* (2002), mencionan que, el efecto de los retenedores de agua en diversos cultivos de verduras con sustratos salinos, reportaron aumento en el peso de la masa seca, área foliar, savia, clorofila y carotenoides. Los mismos autores señalaron que, los polímeros son altamente eficiente para ser utilizados como acondicionadores del suelo, particularmente en horticultura, ya que aumenta la tolerancia de las plantas a condiciones de sustrato arenoso y solución salina.

Por otra parte, el poliacrilato de potasio tiene un impacto socioeconómico, y así lo manifiestan; Bustamante, Villegas, Domínguez, Rodríguez, Tejacal, y Sotelo (2013), ya que actúa como agente gelatinizante que forma parte del sustrato, por tal motivo, permite incrementar la frecuencia de riego, ahorrando agua entre un 30% y 40% y de nutrimentos de un 40% a 60% en función de la especie y condiciones ambientales. Por lo tanto, el hecho de no regar continuamente, disminuye la cantidad de agua perdida por percolación y de fertilizantes por lixiviación, lo cual incide en menos gastos por estos dos factores.

Estudios realizados en la Universidad Autónoma de Chapingo (2001), citado por San Martín (2004), señalan que, el uso del hidrorretenedor en el cultivo de tomate, mejoró el suministro de agua en la planta, incrementando el rendimiento.

## 2.2. Cultivo de lechuga

### 2.2.1. Origen

Según Vallejo *et al.* (2004), citado por Jarrín (2011): “La lechuga es originaria de Asia menor y se deriva probablemente de la lechuga silvestre (*Lactuca scariola*). La lechuga (*Lactuca sativa* L.) pertenece a la familia Compositae y género Lactuca, y este incluye aproximadamente 100 especies”.

### 2.2.2. Importancia

Cabrera (2007), afirma: “La lechuga es una hortaliza de gran importancia por tratarse de un producto de consumo natural, sabor agradable y bajo contenido calórico”. Por lo tanto, Montesdeoca (2008), menciona. “La lechuga es una buena fuente de calcio, hierro, proteína y vitamina C.”

### 2.2.3. Características de la variedad Crespa Salad

Esta variedad presenta una gran roseta, con hojas arrugadas, gruesas, anchas y brillantes, posee resistencia a quemaduras en las puntas con un tamaño promedio de 20 a 25 cm de diámetro (Agrosad 2014).



**Figura 2.** Lechuga variedad Crespa Salad  
**Fuente:** Semillas de Hortalizas (2008).

El ciclo fenológico de esta variedad es de 77 días (35 días en semillero + 42 días en trasplante a cosecha). La planta presenta en promedio una altura de 25cm, hojas color verde lima, raíces pivotantes, que no sobrepasan los 25cm de profundidad y un peso promedio de 200g (Rincón, 2008).

#### **2.2.4. Trasplante**

De acuerdo a lo expresado por Schrader (2000), citado por San Martín (2004), existe una serie de ventajas al adoptar este método, donde se destacan las siguientes: cosecha más temprana, espaciamiento óptimo en las plantas, mejora el control de malezas, se logra la densidad deseada y un control más eficiente de plagas y enfermedades.

Casaca (2005), afirma que, a los 30-40 días de la siembra en almácigo, con 5-6 hojas verdaderas y a una altura entre 8-10cm, se considera que las plántulas de lechuga presentan las características óptimas para el trasplante.

#### **2.2.5. Riego**

García (2013), afirma que la lechuga es una gran consumidora de agua. Un déficit hídrico puede ocasionar la formación prematura de un acogollado defectuoso y quemaduras marginales.

Según el Boletín técnico N° 1, realizado por el Departamento de Recursos Hídricos de la Facultad de Ingeniería Agrícola, confirman que, el efecto de la falta de humedad del suelo, sobre el rendimiento final en los cultivos, dependerá del estado fenológico de la planta (Concepción 2012).

Esto lo sostiene, Stewart, Nielsen, y Millar (1990), quienes aducen que, la lechuga requiere riego durante todo su ciclo vegetativo, especialmente en la etapa de formación de las hojas.

Según Rincón (2008), la lechuga es una hortaliza que demanda altos requerimientos hídricos, siendo los métodos de riego, los que permiten incrementar la producción con frecuentes aportaciones y bajas cantidad de agua en toda la fase vegetativa.

Hartman *et al.* (1989), citado por Rincón (2008), aseguran que, al haber aplicado un máximo de 219mm de agua, establecieron que 134mm es la cantidad mínima de agua para conseguir tamaños de lechuga comercial, siendo necesarios entre 170 y 190mm de agua por ciclo para obtener los tamaños máximos de lechugas, siempre y cuando se optimice la disponibilidad de nutrientes a nivel radicular.

Según Arjen y Hoekstra (2008), en el estudio realizado sobre la huella hídrica de los alimentos, indican que cada alimento, bien o servicio, posee una cantidad total de agua externa o interna que se requiere para producirlo. En virtud de lo anterior y en promedio global, para producir un kilogramo de lechuga se requieren 130 litros de agua.

La utilización de sistemas de riego tecnificado y nuevas tecnologías en la producción han sido un mecanismo contundente en la agricultura moderna, para conservar los recursos naturales no renovables como son el suelo y el agua.

#### **2.2.6. Cosecha**

De acuerdo con la FAO (1987), existen tres criterios para establecer la madurez comercial de las frutas y hortalizas, que son las siguientes:

➤ **Medios visuales**

Son el color de la cáscara u hoja, presencia de hojas secas, la consistencia del estilo, secamiento de la planta y el llenado del fruto. En el caso de las hortalizas como la lechuga se utiliza este método, ya que, cuando las hojas presentan una coloración verde lima y una altura entre 25 y 30cm, este medio es un indicador para realizar la cosecha.

➤ Medios físicos

Se reconoce mediante la facilidad de compactación, separación y peso específico. En el caso de las hortalizas de hoja, cuando estas presentan hojas compactadas y turgentes, están aptas para la cosecha. La lechuga variedad Crespa Salada, presenta un peso comercial promedio de 200g (Rincón 2008).

➤ Análisis Químico

Dentro de este análisis se presenta la determinación de sólidos, ácidos, proporción entre sólidos y ácidos y el contenido de almidón.

## **2.2.7. Plagas y Enfermedades**

### *2.2.7.1. Plagas*

Maroto (1983), citado por Salinas (2013), indican las plagas más comunes y de importancia económica que atacan al cultivo de lechuga. Se detallan a continuación:

➤ Trips (*Thrips tabaci*)

Es una plaga importante, ya que, a más de producir picaduras en las hojas, es un vector transmisor de virus como el bronceado del tomate (TSWV), las plantas al portar este virus, presentan necrosis foliares y mueren.

➤ Minadores (*Liriomyza trifolii* y *Liriomyza huidobrensis*)

El ataque de esta plaga causa pérdidas y daños severos a las plantas, forma galerías en las hojas, las mismas que, quedan inservibles para el consumo y comercialización.



- Pulgones (*Myzus persicae*, *Narsonovia ribisnigri* y otros)

Esta plaga se presenta con mayor frecuencia cuando el cultivo se encuentra en las etapas finales de producción o recolección. Succiona los jugos fotosintéticos y a su vez es un vector de enfermedades viróticas.

- Gusano de alambre (*Agriotes lineatus*)

Este gusano es de hábitat terrestre y principalmente ataca la parte radicular de la planta. A su vez por el hecho de dejar heridas en las raíces es causante de enfermedades fúngicas.

- Gusano gris (*Agrotis segetum*)

Es una oruga que causa daños directos en el cuello de las plantas más jóvenes, lo que provoca un truncamiento en su desarrollo y posterior muerte de la misma.

- Babosas (*Deroseras* sp.)

Es una plaga de importancia agrícola, ya que, es causante de destrucción de cultivos, intervienen como vectores de enfermedades e interviene en la economía del agricultor, debido a los costos involucrados en el control. La parte ambiental se ve amenazada, por el efecto de la introducción de moluscos exóticos a comunidades naturales (France *et al.* (2002) citado por Cacarín, 2013). Al ser una plaga que afecta a las hortalizas, está presente en la lechuga, ya que su alimentación consiste solamente en especies vegetales de hoja ancha. Las babosas realizan orificios irregulares en las hojas, provocando la defoliación total de las plantas (Lastres, Arguello y Rueda 2012).

#### 2.2.7.2. Enfermedades

Según Maroto (1983), citado por Salinas (2013), clasifican las enfermedades de la lechuga y son las siguientes:

➤ Antracnosis (*Marssonina panattoniana*)

Los daños se presentan en el limbo de las hojas más viejas, sobre el peciolo y nervio central, con manchas angulosas-circulares de color rojo oscuro de punta de alfiler, que llegan a tener un diámetro de hasta cuatro centímetros.

➤ Botritis o moho gris (*Botrytis cinerea*)

Los síntomas se presentan en hojas adultas, tornándose amarillentas con aspecto húmedo que se cubren con un moho gris, esto genera la producción de esporas. Cuando la humedad relativa es alta, las plantas se cubren con un micelio blanco, pero si el ambiente es seco se produce una putrefacción de color pardo o negro.

➤ Mildiu veloso (*Bremia lactucae*)

Esta enfermedad aparece cuando existen periodos de humedad prolongada. El viento transporta las conidias del hongo, lo que da lugar a nuevas infecciones. Se caracteriza por presentarse en el haz de la hojas con unas manchas de aproximadamente un centímetro de diámetro y en el envés un micelio veloso.

➤ Esclerotinia (*Sclerotinia sclerotiorum*)

Es una enfermedad presente en el suelo, la infección se desarrolla en el cuello de la planta, que es donde inicia y permanece el ataque ascendiendo hasta las hojas. Se produce un marchitamiento lento generalizado en las hojas y en el tallo aparece un micelio algodonoso.

➤ Septoriosis (*Septoria lactucae*)

Es una enfermedad de tipo viral transmitida por semillas e insectos vectores como el pulgón. Los síntomas aparecen en las hojas bajas, con un moteado y mosaicos verdosos que se acentúan a medida que las plantas crecen y esto da lugar a una clorosis generalizada.

➤ Virus del Bronceado del Tomate (TSWV)

Se transmite por insectos vectores como el trips, las plantas infectadas se caracterizan por presentar manchas foliares, inicialmente cloróticas y posteriormente necróticas. A causa de este daño, las plantas se imposibilitan en el crecimiento y se marchitan en poco tiempo.

## **2.3. Rentabilidad**

### **2.3.1. Análisis Económico**

El programa de economía del CIMMYT (1998), mediante el manual de recomendaciones a partir de datos agronómicos obtenidos en ensayos de campo, presenta una serie de procedimientos para calcular el análisis económico de los resultados en las investigaciones que se detallan más adelante.

Esta técnica se maneja bajo un presupuesto parcial, que son los costos que varían por hectárea, los mismos que están relacionados a insumos, mano de obra y maquinaria. Estos valores cambian de un tratamiento a otro y se traducen en un beneficio neto diferente para cada uno.

El cálculo de rentabilidad concluye con un análisis de dominancia para simplificar el análisis y expresarlo con la tasa de retorno marginal, donde se indica lo que se puede esperar a ganar al adoptar un tratamiento, de tal manera, poder formular una recomendación al agricultor consiguiendo así, que pueda mejorar la productividad.

Según Orozco (2010), en el análisis económico de los tratamientos Tabla 1, al aplicar 30g de hidrorretenedor de agua por planta al suelo en especies forestales, logró una tasa de retorno marginal del 5,92%. Siendo el costo del tratamiento en mención (T6) de 569,31USD/ha, y generó un beneficio neto de 143,34USD/ha, en comparación al testigo sin la aplicación de hidrorretenedor (T13), que obtuvo un beneficio neto negativo (pérdida) de - 758,56USD/ha.

La aplicación de hidrorretenedores en cultivos agrícolas o plantaciones forestales, garantizan el incremento de porcentajes de prendimiento, sobrevivencia y ganancia de pesos en follaje, frutos etc. Por lo tanto esto se manifiesta en el aumento de rentabilidad, ya que al incrementar la producción, por ende se incrementarán los ingresos económicos.

**Tabla 1.** Análisis Económico por Tratamiento con la aplicación de hidrorretenedores de agua en una especie forestal (Guarango). Chimborazo, 2010

Tratamientos	Rendimiento	Rendimiento	Beneficio	Total Costos	Beneficio
	Plantas/ha	Ajustado 10%	Bruto (USD/ha)	Variables	Neto (USD/ha)
T1	816,32	734,69	528,98	1302,48	-773,50
T2	786,12	707,51	509,41	646,40	-136,99
T3	725,71	653,14	470,26	382,16	88,10
T4	786,12	707,51	686,28	1489,63	-803,35
T5	755,21	679,69	659,30	833,55	-174,25
T6	816,32	734,69	712,65	569,31	143,34
T7	786,12	707,51	863,16	1680,41	-817,25
T8	725,71	653,14	796,83	1024,33	-227,50
T9	786,12	707,51	863,16	760,08	103,08
T10	755,91	680,32	1.006,87	1867,56	-860,69
T11	755,91	680,32	1.006,87	1211,48	-204,61
T12	816,32	734,69	1.087,34	947,23	140,11
T13	786,12	707,51	353,75	1.112,31	-758,56
T14	786,12	707,51	353,75	456,23	-102,48
T15	695,50	625,95	312,98	191,99	120,99

**Fuente:** Orozco (2010)

### **2.3.2. Presupuesto parcial**

El CYMMYT (1998), lo define como un método que organiza los datos experimentales, con el fin de calcular los costos que varían y el beneficio de los tratamientos alternativos. Según Miranda (2002), un presupuesto parcial es una herramienta de análisis, la cual permite estimar el resultado económico en la actividad agropecuaria y para obtener este presupuesto se considera el rendimiento medio, rendimiento ajustado, beneficio bruto, costos que varían y beneficios netos que se describen a continuación:

#### *2.3.2.1. Rendimiento Medio*

Es el rendimiento total de las parcelas en estudio que obtiene el investigador, el mismo que se proyecta a kg/ha, tomando en cuenta la densidad del cultivo. Así mismo hay que tomar en cuenta que los rendimientos medios y los resultados de los cálculos efectuados sean más exactos que los datos originales en los que se fundamentan.

#### *2.3.2.2. Rendimiento Ajustado*

Proviene de reducir el rendimiento medio en un cierto porcentaje, con la finalidad de reflejar la diferencia entre el rendimiento experimental y el que el agricultor podría lograr. Para considerar el ajuste en el rendimiento, se debe considerar los siguientes factores:

➤ *Manejo*

Los investigadores al ser más precisos manejan de mejor forma las variables experimentales; y por ende, va a incidir directamente en los resultados de rendimiento de la investigación.

➤ *Tamaño de la parcela*

Al ser las parcelas pequeñas más uniformes que las grandes, los resultados de la investigación es más precisa y al calcular los rendimientos obtenidos en parcelas pequeñas se sobrestiman en comparación con el campo entero.

➤ *Fecha y método de cosecha*

El investigador suele cosechar el cultivo, cuando este alcanza la madurez fisiológica, el rendimiento de los investigadores puede ser mayor debido a pérdidas menores provocadas por plagas y enfermedades. Así mismo en algunos casos, el método de cosecha del agricultor puede ocasionar pérdidas mayores que el investigador.

A menos que, se realice un ajuste para compensar estos factores, los rendimientos experimentales se sobrestimarán a los que el agricultor probablemente obtenga. Una forma adicional de estimar el ajuste requerido es; comparar los rendimientos obtenidos con el tratamiento experimental. En general, se considera un ajuste que va del 5 al 30%, siendo mayor cuando las condiciones experimentales son muy distintas a las del agricultor.

### *2.3.2.3. Beneficio Bruto*

Es el resultado de la multiplicación del rendimiento de campo por el beneficio ajustado. El precio de campo se basa en el precio de venta del cultivo. En la mayoría de los casos, es permitido usar el precio de campo para estimar el valor que el producto tiene para el agricultor.

### *2.3.2.4. Costos que varían*

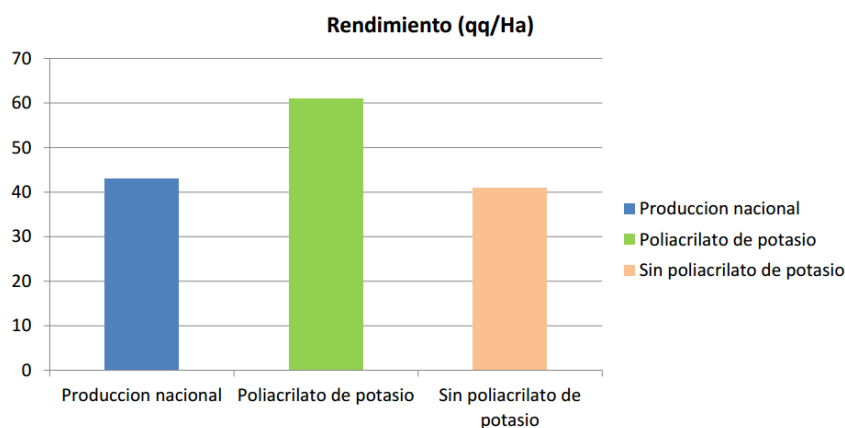
Una vez identificados los insumos que varían de un tratamiento a otro, se determinan y calculan los precios de campo. Estos valores se obtienen sumando todos los costos que varían para un determinado tratamiento.

### 2.3.2.5. Beneficios Netos

Es la línea final del presupuesto parcial, se calcula restando el total de los costos que varían por el beneficio bruto en campo para cada tratamiento.

Una de las ventajas del poliacrilato de potasio, al almacenar la humedad en el suelo y proveerla a las plantas en base a su requerimiento hídrico, es lograr el incremento de los rendimientos de los cultivos.

Esto lo sostiene Alarcón (2013), en el estudio Evaluación del poliacrilato de potasio, en el cultivo de frejol (*Phaseolus vulgaris* L.), como práctica de adaptación a la amenaza de sequía. Guatemala, Figura 3, quien señala que, existió un incremento del rendimiento en el cultivo de frejol del 37% en campo (de 44qq/ha a 61qq/ha), frente a la producción nacional.



**Figura 3.** Evaluación del poliacrilato de potasio en el aumento del rendimiento en condiciones de campo de frejol (*Phaseolus vulgaris* L.). Guatemala, 2013

**Fuente:** Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático (ICC)

### 2.3.3. Análisis de dominancia

Evans (2005), indica que una vez determinados los beneficios netos, se incluyen las nuevas tecnologías, como también las prácticas del agricultor y se ordenan de menor a mayor costo. Por lo tanto, la tecnología que cueste más que la anterior, pero rinda un menor beneficio neto, será dominada y excluida del análisis.

Es decir, un tratamiento es dominado cuando tiene beneficios netos menores o iguales a los de un tratamiento de costos que varían más bajos (CYMMYT, 1998).

#### **2.3.4. Tasa de retorno marginal**

Según Perrin, *et al.* (1988), citado por Evans (2005), señala que la tasa de retorno marginal es un procedimiento para calcular una tecnología de bajo costo a otra de mayor costo y así poder revelar con certeza, cómo los beneficios netos de una inversión aumentan al incrementar la cantidad invertida, indicando lo que el agricultor puede esperar a ganar.



# CAPÍTULO III

## 3. MATERIALES Y MÉTODOS

### 3.1. Caracterización del área de estudio

#### 3.1.1. Ubicación Geográfica

La investigación se realizó en un lote de terreno de la Granja Experimental Yuyucocha, ubicada en la parroquia Caranqui, cantón Ibarra, provincia de Imbabura, a una altitud de 2.243 m.s.n.m., 00° - 21' - 53'' de latitud N y 78° - 06' - 32'' de longitud O. Una temperatura promedio de 17,70°C, 745,40mm de precipitación y 72% de humedad relativa (Estación Meteorológica, Granja Experimental Yuyucocha de Ibarra, 2015).

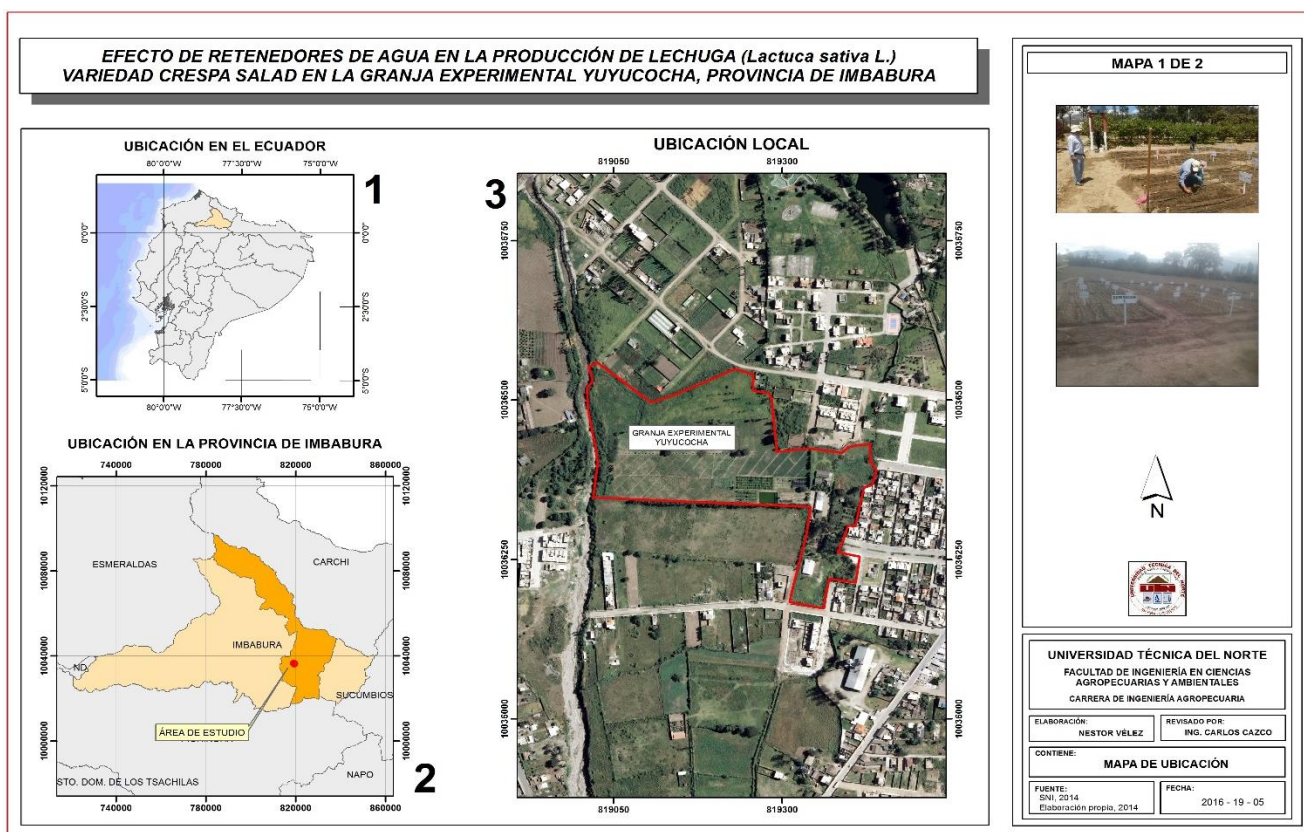


Figura 4. Mapa de ubicación. Ibarra, 2016

Elaborado por: El Autor

## **3.2. Materiales y Herramientas**

### **3.2.1. Material Experimental**

- Retenedor de agua (poliacrilato de potasio).
- Plántulas de lechuga (*Lactuca sativa* L.) variedad Crespa Salad.
- Fertilizantes (Úrea, fosfato diamónico, humus de lombriz).

### **3.2.2. Herramientas**

- Libreta de campo
- Letreros
- Marcadores
- Tanque 500 l
- Balde 20 l
- Dosificador (g/cc)
- Manguera (1 pulgada)
- Carretilla
- Herramientas de campo (palas, azadones, piola, cinta métrica, estacas, baldes, etc.)
- Bomba de fumigar
- Cinta de riego
- Plástico transparente 57,06m<sup>2</sup>
- Balanza electrónica modelo UWE XM SERIES, precisión (1g)
- Cámara fotográfica

### **3.2.3. Equipos**

- Computadora
- Impresora

### **3.3. Métodos**

#### **3.3.1. Tipo de estudio**

El propósito de la investigación es conocer el efecto de los retenedores de agua en la producción de lechuga (*Lactuca sativa* L.) variedad Crespa Salad en el cantón Ibarra. Por lo tanto, a esta investigación se la cataloga como experimental aplicada de campo; al tratarse de un cultivo agrícola, manejado en un lote de terreno, con carácter descriptivo por variables evaluadas mediante observación y cuantitativo por la medición de variables numéricas.

#### **3.3.2. Factores en estudio**

- Factor A: Riego

r1= con riego por goteo

r2 = sin riego

- Factor B: Aplicación poliacrilato de potasio

h1= aplicación a la raíz

h2= aplicación al suelo

h3= aplicación al suelo y raíz

h4= trasplante sin poliacrilato de potasio

#### **3.3.3. Tratamientos**

Se evaluaron ocho tratamientos Tabla 2, resultantes de la combinación de dos factores; factor riego (con riego por goteo y sin riego) y cuatro tipos de aplicación del poliacrilato de potasio.

**Tabla 2.** Tratamientos evaluados. Ibarra, 2016

<b>Tratamientos</b>		
<b>Número</b>	<b>Código</b>	<b>Descripción</b>
T1	r1h1	Aplicación de poliacrilato de potasio a la raíz con riego por goteo.
T2	r1h2	Aplicación de poliacrilato de potasio al suelo con riego por goteo.
T3	r1h3	Aplicación de poliacrilato de potasio al suelo y raíz con riego por goteo.
T4	r1h4	Trasplante sin poliacrilato de potasio con riego por goteo.
T5	r2h1	Aplicación de poliacrilato de potasio a la raíz sin riego.
T6	r2h2	Aplicación de poliacrilato de potasio al suelo sin riego.
T7	r2h3	Aplicación de poliacrilato de potasio al suelo y raíz sin riego.
T0	r2h4	Trasplante sin poliacrilato de potasio ni riego.

**Elaborado por:** El Autor

#### **3.3.4. Diseño Experimental**

Se utilizó un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) con arreglo factorial de A×B, donde (A) fue el riego y (B) la aplicación de poliacrilato de potasio.

#### **3.3.5. Características del experimento**

El experimento constó de ocho tratamientos y tres repeticiones dando un total de 24 unidades experimentales. La forma de la parcela fue rectangular, con 2m de largo y 1,20m de ancho, obteniendo un área total de 2,40m<sup>2</sup> y neta de 0,96m<sup>2</sup>. Cada unidad experimental constó de 40 plantas, distanciadas a 0,20m entre planta y 0,30m entre hilera. Cabe mencionar que, los datos de las variables se tomaron de la parcela neta (16 plantas que resultan de los dos surcos centrales menos las cuatro plantas de los extremos). La separación entre parcelas fue de 0,30m y entre bloques (calles) de 1m, teniendo un área experimental del ensayo de 57,06m<sup>2</sup> y total de 181,89m<sup>2</sup>.

### **3.3.6. Análisis Estadístico**

El análisis estadístico de los datos se realizó con el programa InfoStat® y cuando existió diferencia significativa entre tratamientos, se aplicó la prueba de comparaciones múltiples de Tukey al 5%.

### **3.3.7. Variables Evaluadas**

#### *3.3.7.1. Porcentaje de prendimiento.*

Se evaluó a los 15 días luego del trasplante. Se contabilizaron las plantas prendidas en la parcela neta de cada tratamiento y se expresó en porcentaje (%).

#### *3.3.7.2. Porcentaje de sobrevivencia de plantas a la cosecha.*

Se determinó al momento de la cosecha, mediante el conteo de las plantas que sobrevivieron a partir del prendimiento y se expresó en porcentaje (%).

#### *3.3.7.3. Peso de la planta completa a la cosecha.*

Se evaluó en la parcela neta por cada tratamiento y bloque. Para cosechar las plantas se realizó una excavación a 0,35m de profundidad al contorno de cada planta. Se lavaron con agua, se escurrieron y pesaron. Se utilizó una balanza electrónica modelo UWE XM SERIES con precisión (1g), en todas las variables relacionadas al peso y se expresaron en gramos (g).

#### *3.3.7.4. Peso de la materia verde de la parte aérea de la planta.*

Luego de pesar la planta completa, con un cuchillo se realizó un corte a dos centímetros del cuello de la raíz, se retiraron las hojas bajas y se pesó la parte aérea. La variable se expresó en gramos (g).

#### 3.3.7.5. *Peso radicular de la planta.*

Se observó que el poliacrilato de potasio se había adherido en algunas raíces de las plantas muestreadas, el mismo que se procedió a retirar. Luego de eso se pesaron las raíces. La variable se expresó en gramos (g).

#### 3.3.7.6. *Incidencia de babosas.*

Se midió semanalmente en cada unidad experimental (40 plantas) y durante todo el ciclo del cultivo que fue de 77 días, hasta la cosecha. Durante la investigación no se evidenció presencia de babosas.

#### 3.3.7.7. *Análisis económico de los tratamientos.*

La rentabilidad se calculó, aplicando el método de análisis de presupuesto parcial indicada por CYMMYT (1998). Se analizaron los costos que varían, los beneficios netos y cómo aumentaron en los tratamientos; a su vez se calculó la tasa de retorno marginal, para conocer lo que el agricultor puede esperar ganar en promedio con la inversión, cuando decide cambiar una práctica o forma de producción. Para el análisis económico de los tratamientos se estableció el costo de cada uno: riego, aplicación del poliacrilato de potasio y la comercialización en base al precio actual (USD) del mercado local.

### **3.3.8. Manejo específico del ensayo**

El estudio se realizó con la variedad de lechuga Cressa Salad, la misma que se adquirió en la empresa Pilonas la Victoria S.A. (PILVICSA).

#### 3.3.8.1. *Preparación del suelo y delimitación del ensayo*

La preparación del suelo se realizó mediante arada, surcada y desinfección con el método de solarización (se colocó plástico transparente sobre el suelo durante dos días).

Luego se delimitaron, codificaron y ubicaron los tratamientos en las parcelas con estacas y piola.

#### 3.3.8.2. *Fertilización*

Los niveles de fertilización se determinaron en base al resultado del análisis de suelo obtenido del área experimental donde se ejecutó la presente investigación, (*Anexo 3*). La fertilización se realizó un día antes del trasplante con el suelo hidratado. Padilla (1979), afirma que la recomendación para fertilización en hortalizas es: 120ppm de nitrógeno, 40ppm de fósforo y 80ppm de potasio, por lo tanto, según los resultados del análisis y el requerimiento del cultivo se aplicó; siete g/hilera de úrea, cinco g/hilera de fosfato diamónico y potasio no fue necesario aplicar. El nitrógeno se fraccionó en dos partes, el 50% en la fase inicial y el otro 50% a la mitad del ciclo del cultivo. Como fuente de materia orgánica se utilizó humus de lombriz a razón de 1kg/hilera.

#### 3.3.8.3. *Riego*

Para suministrar riego al cultivo, se instaló un tanque de 500 l, ubicado a tres metros de altura sobre el nivel del suelo. Se utilizaron cintas de riego, localizadas en los surcos del experimento. Las pruebas de cantidad de agua para determinar el tiempo de riego, se calculó sobre la cantidad de agua que la cinta entrega, la misma que fue de un litro por hora. La evapotranspiración promedio fue de 2,50mm/día. La superficie mojada/hilera fue 0,48m<sup>2</sup>, la superficie mojada/parcela de 1,92m<sup>2</sup>, y la superficie total mojada/ensayo de 23,04m<sup>2</sup>.

El resultado del cálculo de riego fue de 59,90 l/día, entregándose en ocho min/día. La frecuencia de riego en todo el ciclo del cultivo se manejó, dividiendo a la mitad el tiempo de riego, aplicándolo dos veces al día. Esta cantidad de riego, se aplicó, los primeros seis días luego del trasplante. Para los cinco siguientes días, la cantidad de riego se incrementó a 89,86 l/día, en base al requerimiento hídrico de la planta y pruebas de riego a capacidad de campo del suelo. En la etapa inicial del cultivo se entregó un total de 808,70 l. El incremento de riego se debió, por condiciones de sequía y altas temperaturas registradas (*Anexo 4*).

En la etapa media del ciclo del cultivo que constó de 26 días, el riego se distribuyó en 119,80 l/día los primeros nueve días y 149,79 l/día los siguientes 17 días, entregándose un total de 3.624,63 l.

En la etapa final del cultivo hasta la cosecha, que duró nueve días, el volumen de riego fue de 184 l/día resultando un total de 1.658,88 l. Con base en el registro de riego, en las tres etapas, se obtiene un total de 6.092,21 l entregados durante todo el ciclo del cultivo de la presente investigación.

Los tratamientos que no llevaron riego, se usó la condición de secano, es decir, las plantas recibieron el aporte de las precipitaciones, no se aplicó riego en ninguna forma, (sólo humedecimiento general del suelo, antes del trasplante). La información de los datos climáticos se obtuvo en la Estación Meteorológica de la Granja Experimental Yuyucocha (*Anexo 4*).

#### 3.3.8.4. *Aplicación del poliacrilato de potasio*

En los tratamientos que llevaron poliacrilato de potasio a la raíz, este se aplicó en el hoyo donde se ubicó la raíz de la plántula. Se utilizó un dosificador para colocar la misma cantidad de poliacrilato en las plántulas. La cantidad de poliacrilato de potasio disuelto fue de 50g en 3,5 litros de agua; es decir, en cada planta se colocó 0,20g de poliacrilato de potasio hidratado. Esta dosis se fijó con base en el tamaño del tocón de la raíz de la plántula. En los tratamientos con poliacrilato de potasio aplicado al suelo, éste se aplicó en hilera, a una profundidad de 0,10m, a razón de 10g/metro lineal (2g/sitio), a un lado del surco o hilera y antes del trasplante.

#### 3.3.8.5. *Trasplante de plántulas de lechuga*

Se trasplantó de forma manual en horas de la mañana a una distancia de 0,20m entre plantas y 0,30m entre hilera. Se realizó un hoyo a 0,05m de profundidad, donde se colocó el tocón o pan de tierra de la plántula.



#### 3.3.8.6. *Control de plagas y enfermedades*

Se realizaron adecuadas prácticas culturales y monitoreos constantes, por lo que no fue necesario ningún tipo de control químico, ya que no se evidenció la incidencia de plagas y enfermedades durante el ciclo del cultivo hasta la cosecha. Las arvenses o especies vegetales invasoras se controlaron manualmente.

#### 3.3.8.7. *Cosecha*

La cosecha se realizó tomando en cuenta la madurez fisiológica en base a la compactación y firmeza de las hojas (46 días luego del trasplante), se realizó un corte en la base del tallo a nivel de cuello. Los parámetros de calidad comercial fueron dados por las siguientes características: hojas turgentes, brillantes, coloración verde lima, altura promedio de 25cm y un diámetro entre 25 y 30cm.

#### 3.3.8.8. *Post-cosecha*

Luego de realizar la cosecha las plantas de lechuga fueron seleccionadas, se eliminaron las hojas basales, luego las plantas se sometieron a limpieza con agua y se empacaron en bolsas plásticas transparentes para su posterior comercialización.

#### 3.3.8.9. *Comercialización*

Se realizó un estudio de mercado para conocer los precios actuales. Mediante la información obtenida se conoció que la fluctuación de precios de la lechuga variedad Crespa Salad, en el mercado local, solo se presenta a finales del año, en un rango entre 0,80 y 1,10USD por kilogramo, dependiendo la forma de comercialización ya sea ésta a granel o empacada. Para la comercialización de lechuga, se consideró el menor precio actual, siendo 0,80USD/kg a granel.

## CAPÍTULO IV

### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. Porcentaje de prendimiento

Del análisis de varianza en la Tabla 3, se evidencia que para la fuente de variación en tratamientos se obtuvo un Fisher calculado de 2.567,94, valor altamente significativo en comparación a su correspondiente tabular al 1% de probabilidad estadística; al realizar el desglose del arreglo factorial, se registra valores altamente significativos tanto para el factor A (riego), el factor B (aplicación de poliacrilato de potasio) y la interacción.

**Tabla 3.** ADEVA porcentaje de prendimiento. Ibarra, 2016

<b>FV</b>	<b>SC</b>	<b>GL</b>	<b>CM</b>	<b>FC</b>		<b>F<math>\alpha_{0,05}</math></b>	<b>F<math>\alpha_{0,01}</math></b>
Repetición	9,77	2	4,88	4,88	ns	3,88	6,93
Tratamiento	17.975,58	7	2.567,94	2.567,94	**	3,00	4,82
Factor A	2.866,72	1	2.866,72	590,66	**	4,60	8,86
Factor B	7.554,43	3	2.518,14	518,84	**	3,34	5,56
Factor A×B	7.554,43	3	2.518,14	518,84	**	3,34	5,56
Error	67,95	14	4,85	4,85			
Total	18.053,29	23					
			<b>CV=</b>	3,76			

**Elaborado por.** El autor

El coeficiente de variación de 3,76 % establece que los datos, con respecto a esta variable, son relativamente homogéneos, debido a efecto de los tratamientos.

En la Tabla 4, se muestra la prueba de Tukey 5% del factor A (riego), se evidencian dos rangos, destacándose el factor con riego, que obtuvo un porcentaje de 100%; mientras que el factor sin riego registró un porcentaje de 78,14%.

**Tabla 4.** Prueba Tukey 5% del factor A (riego) porcentaje de prendimiento. Ibarra, 2016

<b>Factor A</b>	<b>Medias (%)</b>	<b>Rangos</b>
Con riego por goteo	100	A
Sin riego	78,14	B

**Elaborado por:** El Autor

**Nota:** Los valores con letras distintas en filas y columnas indican diferencia estadística significativa al 5% (Tukey).

En la Tabla 5, se presenta la prueba de Tukey 5% del factor B (aplicación de poliacrilato de potasio), donde se destaca la aplicación; al suelo-raíz, con un porcentaje del 100% mientras que, el segundo rango trasplante sin aplicación, obtuvo un 58,35%.

**Tabla 5.** Prueba Tukey 5% del factor B (aplicación de poliacrilato de potasio) porcentaje de prendimiento. Ibarra, 2016

<b>Factor B</b>	<b>Medias (%)</b>	<b>Rangos</b>
Suelo y raíz	100	A
Suelo	98,97	A
Raíz	98,97	A
Sin aplicación	58,35	B

**Elaborado por:** El Autor

**Nota:** Los valores con letras distintas en filas y columnas indican diferencia estadística significativa al 5% (Tukey).

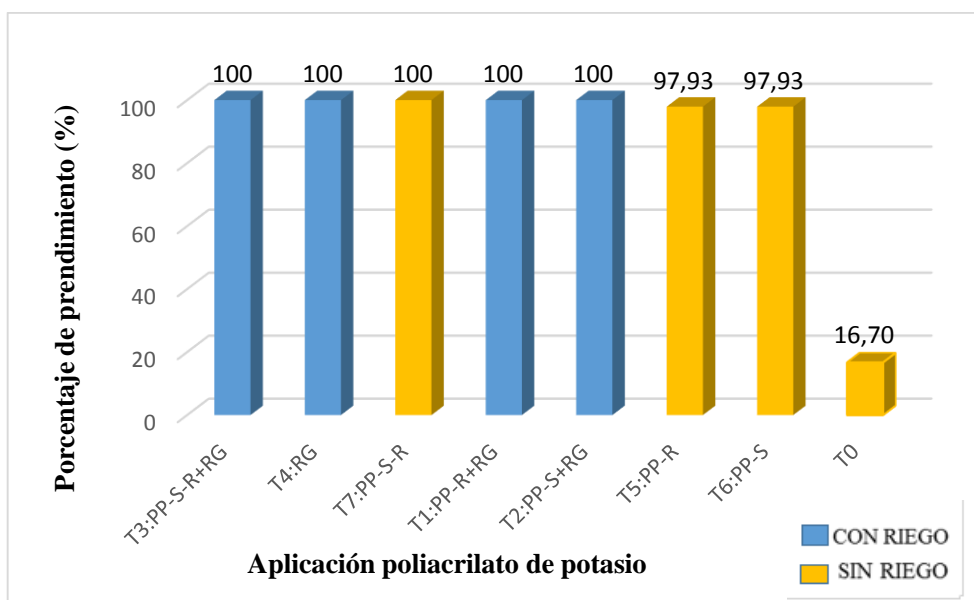
Al realizar la prueba de rango múltiple de Tukey 5% en tratamientos, Tabla 6. Se presentaron dos rangos, sobresaliendo el tratamiento T3: (aplicación de poliacrilato de potasio al suelo y raíz con riego por goteo); mientras que, el tratamiento T0: (Trasplante sin poliacrilato de potasio ni riego) se ubica en el segundo rango.

**Tabla 6.** Prueba Tukey 5% tratamientos para porcentaje de prendimiento. Ibarra, 2016

<b>Tratamiento</b>	<b>Medias</b>	
	<b>(%)</b>	<b>Rangos</b>
T3:PP-S-R+RG	100	A
T4:RG	100	A
T7:PP-S-R	100	A
T1:PP-R+RG	100	A
T2:PP-S+RG	100	A
T5:PP-R	97,93	A
T6:PP-S	97,93	A
T0	16,70	B

**Elaborado por.** El Autor

**Nota:** Los valores con letras distintas en filas y columnas indican diferencia estadística significativa al 5% (Tukey).



**Figura 5.** Porcentaje de prendimiento y aplicación de poliacrilato de potasio en tratamientos con y sin riego. Ibarra, 2016

**Elaborado por.** El Autor

En la Figura 5, se observa que los tratamientos con aplicación de poliacrilato con y sin riego obtienen porcentajes de prendimiento superiores al 97%, excepto el tratamiento que no se aplicó poliacrilato ni riego, que alcanzó únicamente el 16,70% debido la falta de agua hasta la fecha de medición, lo cual demuestra la acción efectiva del poliacrilato de potasio en brindar agua disponible a las plantas y estas alcancen óptimos porcentajes de prendimiento.

En esta variable se registran valores altamente significativos para los factores poliacrilato de potasio y riego. En tanto que, para el factor riego se obtiene un porcentaje de prendimiento del 100% con riego y 78,14% sin riego.

En la investigación realizada por San Martín (2004), sobre el uso de poliacrilamidas y el riego en el manejo hídrico de la lechuga, no existió diferencias significativas para esta variable, debido a que en la fecha de medición se registró una precipitación de 102,60mm, por lo cual, con la no aplicación del retenedor de agua se obtuvo los siguientes porcentajes de prendimiento; 93,80% sin riego y 90,80% con riego. En los tratamientos con aplicación de retenedor de agua sin riego se obtuvo el 83,80% aplicado a raíz, 88,30% al suelo, 86,70 al suelo-raíz. Finalmente los tratamientos con riego y aplicación de retenedor de agua, alcanzaron un 93,10% a la raíz, 86,70% al suelo y 90% cuando se aplicó el retenedor al suelo-raíz.

Mientras que, en la presente investigación, con una precipitación de 2,60mm, en los tratamientos sin aplicación de poliacrilato de potasio a los 15 días después del trasplante se obtuvo un prendimiento de 16,70% sin riego y 100% con riego. En los tratamientos con riego y aplicación de poliacrilato de potasio se consiguió el 100% de prendimiento con la aplicación al suelo, raíz y suelo-raíz. Sin embargo, con la aplicación de poliacrilato de potasio sin riego se logró un 83,80% a la raíz, 88,30% suelo y 86,70 al suelo-raíz. Demostrando así los valores significativos tanto para el factor riego y aplicación poliacrilato de potasio.

Así mismo, en el estudio del efecto residual de tres dosis de hidroabsorbente de potasio y tres frecuencias de riego en lechuga realizado por Fasanando (2009), señala que; no presenta diferencias significativas a los ocho días después del trasplante, ya que en la fecha de medición se registraron precipitaciones de 239mm, alcanzando un porcentaje de prendimiento de 54,31% con la aplicación de (2g) de gel hidroabsorbente al suelo y 79,80% con la aplicación de (6g) a intervalos de un riego cada dos días.

Sin embargo, en el estudio realizado por Bernabé (2004), sobre el efecto del uso de una poliacrilamida sobre la sobrevivencia al trasplante y rendimiento de lechugas, encontró

que, el tratamiento con poliacrilamida aplicado a la raíz y sin reducción del área foliar después de 25 días del trasplante, obtuvo el 92,92% de prendimiento, con respecto, al tratamiento sin poliacrilamida ni reducción del área foliar, que presentó un 66,10%. El porcentaje de prendimiento está directamente relacionado con el abastecimiento de agua que reciben las plantas, ya sea por un sistema de riego o lluvia. El poliacrilato de potasio al mantener la humedad del suelo, evita el estrés hídrico a las plantas y mejora sus características agronómicas.

#### 4.2. Porcentaje de sobrevivencia de plantas a la cosecha

Del análisis de varianza en la Tabla 7, se evidencia que, para la fuente de variación tratamientos se obtuvo un Fisher calculado de 3.670,43 valor altamente significativo en comparación a su correspondiente tabular al 1% de probabilidad estadística; al realizar el desglose del arreglo factorial, se registra valores altamente significativos tanto para el factor A (riego) y el factor B (aplicación de poliacrilato de potasio) y la interacción.

**Tabla 7.** ADEVA porcentaje de sobrevivencia a la cosecha. Ibarra, 2016

<b>FV</b>	<b>SC</b>	<b>GL</b>	<b>CM</b>	<b>FC</b>		<b>F<math>\alpha_{0.05}</math></b>	<b>F<math>\alpha_{0.01}</math></b>
Repetición	22,97	2	11,48	11,48	ns	3,88	6,93
Tratamiento	25.692,99	7	3.670,43	3.670,43	**	3,00	4,82
Factor A	3.740,01	1	3.740,01	242,74	**	4,60	8,86
Factor B	11.273,06	3	3.757,69	243,89	**	3,34	5,56
Factor A×B	10.679,92	3	3.559,97	231,06	**	3,34	5,56
Error	215,70	14	15,41	15,41			
Total	25.931,65	23					
			<b>CV=</b>	4,54			

**Elaborado por.** El autor

El coeficiente de variación de 4,54% establece que los datos, con respecto a esta variable, son relativamente homogéneos, debido a efecto de los tratamientos.

En la Tabla 8, se muestra la prueba de Tukey 5% del factor A (riego), donde se registraron dos rangos, destacándose el factor con riego, que obtuvo un porcentaje de 98,97%; mientras que, el factor sin riego registró un porcentaje del 74%.

**Tabla 8.** Prueba Tukey 5% factor A (riego) porcentaje de sobrevivencia a la cosecha. Ibarra, 2016

<b>Factor A</b>	<b>Medias (%)</b>	<b>Rangos</b>
Con riego por goteo	98,97	A
Sin riego	74	B

**Elaborado por:** El Autor

**Nota:** Los valores con letras distintas en filas y columnas indican diferencia estadística significativa al 5% (Tukey).

En la Tabla 9, se presenta la prueba de Tukey 5% del factor B (aplicación de poliacrilato de potasio) donde se visualizan dos rangos, destacándose la aplicación, al suelo-raíz, con un porcentaje del 100%. Mientras que, el segundo rango, trasplante sin poliacrilato de potasio obtuvo un 48,97% de sobrevivencia a la cosecha.

**Tabla 9.** Prueba Tukey 5% del factor B (aplicación de poliacrilato de potasio) porcentaje de sobrevivencia a la cosecha. Ibarra, 2016

<b>Factor B</b>	<b>Medias (%)</b>	<b>Rangos</b>
suelo y raíz	100	A
raíz	99,05	A
suelo	97,92	A
Sin aplicación	48,97	B

**Elaborado por:** El Autor

**Nota:** Los valores con letras distintas en filas y columnas indican diferencia estadística significativa al 5% (Tukey).

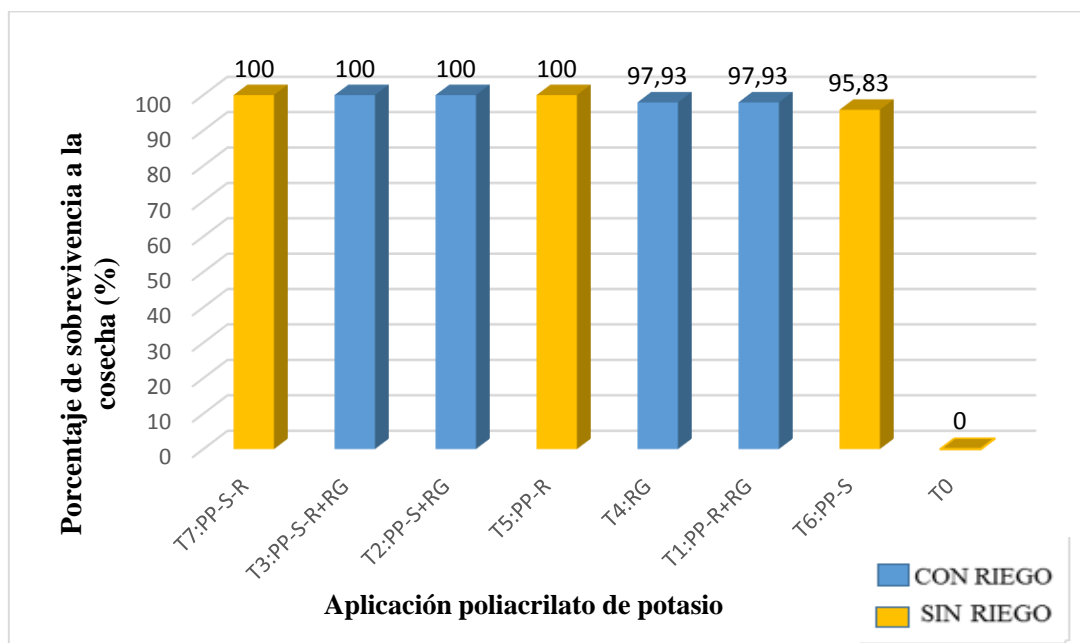
En la prueba de Tukey 5% para tratamientos en la Tabla 10, se encuentran dos grupos, sobresaliendo el tratamientos; T7: (aplicación de poliacrilato de potasio al suelo y raíz sin riego), con un 100%; mientras que, el tratamiento T0: (Trasplante sin poliacrilato de potasio ni riego) presenta un 0% de sobrevivencia ubicándose en el segundo rango.

**Tabla 10.** Prueba Tukey 5% tratamientos para porcentaje de sobrevivencia a la cosecha. Ibarra, 2016

Tratamiento	Medias	
	(%)	Rangos
T7:PP-S-R	100	A
T3:PP-S-R+RG	100	A
T2:PP-S+RG	100	A
T5:PP-R	100	A
T4:RG	97,93	A
T1:PP-R+RG	97,93	A
T6:PP-S	95,83	A
T0	0	B

**Elaborado por.** El Autor

**Nota:** Los valores con letras distintas en filas y columnas indican diferencia estadística significativa al 5% (Tukey).



**Figura 6.** Porcentaje de sobrevivencia a la cosecha y aplicación de poliacrilato de potasio en tratamientos con y sin riego. Ibarra, 2016

**Elaborado por.** El Autor

En la Figura 6, se observa la interacción entre el riego y el poliacrilato de potasio donde los tratamientos con y sin aplicación poliacrilato de potasio obtienen porcentajes de sobrevivencia superiores al 95%, en comparación al tratamiento que no se aplicó poliacrilato de potasio ni riego, no obtuvo sobrevivencia a la cosecha (0%), debido a la elevada



evapotranspiración y falta de agua, llegando al punto de marchites permanente (PMP). Esto quiere decir, que las plantas sin riego sobrevivieron gracias al aporte hídrico del poliacrilato de potasio, a pesar de las bajas aportaciones hídricas.

En el análisis estadístico se encontraron diferencias significativas para el factor riego, obteniendo un 98,97% de sobrevivencia en tratamientos con riego y 74% sin riego. El factor aplicación de poliacrilato de potasio presentó el mayor porcentaje de sobrevivencia, cuando se aplicó al suelo-raíz, con un 100% y un 48,97% cuando el poliacrilato no se aplicó. Por lo cual, se demuestra el proceso de difusión y presión osmótica a nivel radicular, los mismos que permitieron captar a través del poliacrilato de potasio la absorción efectiva de agua y fisiológica del cultivo.

San Martín (2004), obtiene resultados opuestos, ya que, afirma no encontrar diferencias significativas en los factores (riego y retenedores de agua), atribuyéndolo a que durante el periodo de investigación (92 días), se produjo una precipitación de 243mm. Teniendo como resultado los siguientes porcentajes de sobrevivencia: al no aplicar retenedores de agua obtuvo el 76,70% sin riego y 80,30% con riego, mientras que, sin riego y aplicación de retenedor de agua; logró el 65% a la raíz, 75% al suelo y 71,70% al aplicar al suelo - raíz, no obstante con aplicación de poliacrilato de potasio y riego obtuvo un 83,30% a la raíz, 66,70% al suelo y 75% al suelo-raíz respectivamente.

Comparado con la presente investigación, donde se registró una precipitación total acumulada de 4,80mm durante el ciclo del cultivo (45 días después del trasplante). Se obtuvo un 97,93% al no aplicar poliacrilato de potasio con riego y 0% de sobrevivencia a la cosecha sin riego. En los tratamientos sin riego y aplicación de poliacrilato de potasio se logró un 95,83 cuando se aplicó al suelo y el 100% de sobrevivencia con la aplicación a la raíz y suelo-raíz respectivamente. Mientras que, los tratamientos con riego y aplicación de poliacrilato de potasio se consiguió un 97,93% cuando se aplicó a la raíz y el 100% al suelo y suelo-raíz. Por otra parte, Jadán (2007), corrobora que existen diferencias significativas en el factor retenedor de agua, ya que, con la aplicación de retenedores a las raíces en especies forestales alcanzó un 91,67% de sobrevivencia, con intervalos de riego cada cuatro y 12 días.

Es decir, con menos agua obtuvo el mismo porcentaje de sobrevivencia a los 120 días después del trasplante.

El estudio realizado por Imbaquingo y Varela (2012), sobre la influencia de los retenedores de agua en el comportamiento inicial de una especie forestal (tara), indican que, existe diferencia significativa en los tratamientos, ya que, con la aplicación de retenedores de agua a la raíz, las plantas presentaron el 100% de sobrevivencia durante el tiempo de investigación, comparado al testigo, que no llevó retenedor de agua obtuvieron un 85,42% de sobrevivencia a los 365 días. Sin embargo, el porcentaje de sobrevivencia del testigo, frente al mejor tratamiento, se lo considera aceptable, ya que esta especie forestal presenta resistencia a la sequía. Por el contrario, en la presente investigación, al tratarse de una especie hortícola con alto requerimiento hídrico en condiciones ambientales adversas, no existió sobrevivencia a la cosecha en los tratamientos que no se aplicó poliacrilato de potasio.

#### 4.3. Peso de la planta completa a la cosecha

Del análisis de varianza en la Tabla 11, se evidencia que para la fuente de variación tratamientos se obtuvo un Fisher calculado de 8.567,62, valor altamente significativo en comparación a su correspondiente tabular al 1% de probabilidad estadística; por tal motivo se realiza el desglose del arreglo factorial, registrándose únicamente para el factor A (riego) diferencias altamente significativas, mientras que, para el factor B (aplicación de poliacrilato de potasio) e interacción no existe significancia.

**Tabla 11.** ADEVA peso de planta completa a la cosecha. Ibarra, 2016

<b>FV</b>	<b>SC</b>	<b>GL</b>	<b>CM</b>	<b>FC</b>		<b>F<math>\alpha_{0.05}</math></b>	<b>F<math>\alpha_{0.01}</math></b>
Repetición	656,45	2	328,23	328,23	ns	3,88	6,93
Tratamiento	51.405,74	6	8.567,62	8.567,62	**	3,00	4,82
Factor A	49.826,95	1	49.827	79,26	**	4,60	8,86
Factor B	1.234,70	3	411,57	0,65	ns	3,34	5,56
Factor A×B	344,08	2	172,04	0,27	ns	3,34	5,56
Error	7.544,05	12	628,67	628,67			
Total	59.606,24	20					
			<b>CV=</b>	<b>23,65</b>			

**Elaborado por:** El Autor

El coeficiente de variación de 23,65% permite inferir que los datos, con respecto a esta variable, son relativamente heterogéneos, debido a efecto de los tratamientos.

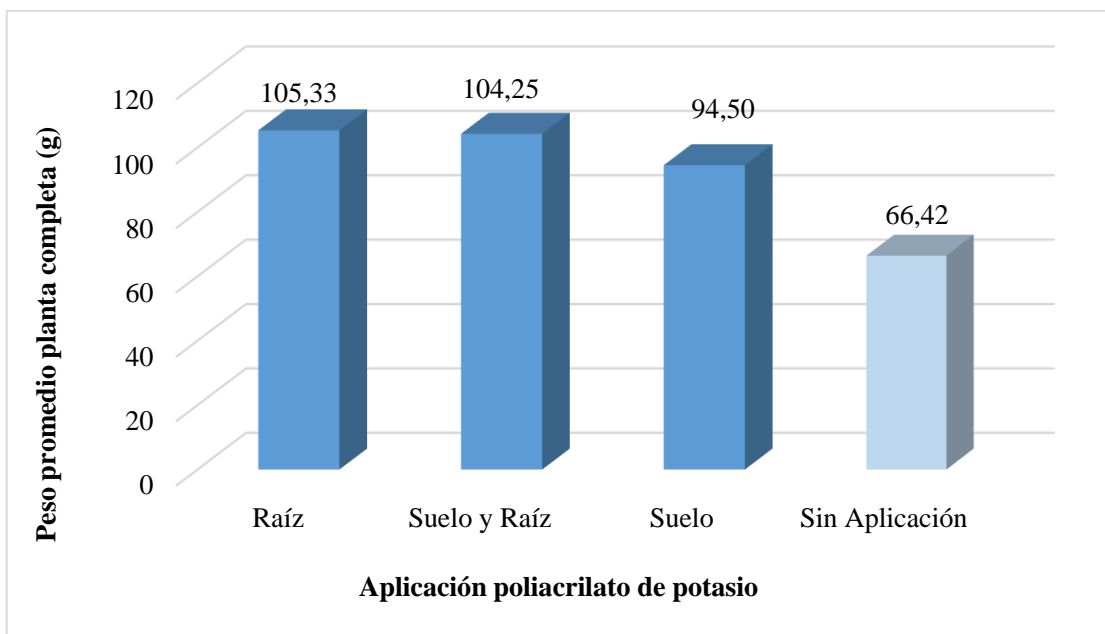
En la prueba de Tukey del factor A (riego) en la Tabla 12, se formaron dos rangos, destacándose el factor con riego, que obtuvo un peso promedio 148,21g; mientras que, el factor sin riego se registró una media de 37,04g.

**Tabla 12.** Prueba Tukey 5% del factor A (riego) para peso de planta completa. Ibarra, 2016

<b>Factor A</b>	<b>Medias (g)</b>	<b>Rangos</b>
Con riego por goteo	148,21	A
Sin riego	37,04	B

**Elaborado por:** El Autor

**Nota:** Los valores con letras distintas en filas y columnas indican diferencia estadística significativa al 5% (Tukey).



**Figura 7.** Peso promedio de la planta y aplicación de poliacrilato de potasio. Ibarra, 2016

**Elaborado por:** El Autor

En vista de que no se registraron diferencias para el factor B (aplicación de poliacrilato de potasio) en el análisis de varianza, no se realizó la prueba de Tukey 5%; pero

el análisis matemático en la Figura 7, permite destacar la aplicación a la raíz como la mejor. Cabe destacar que, al no aplicar poliacrilato de potasio, se presentó el menor peso promedio por planta completa.

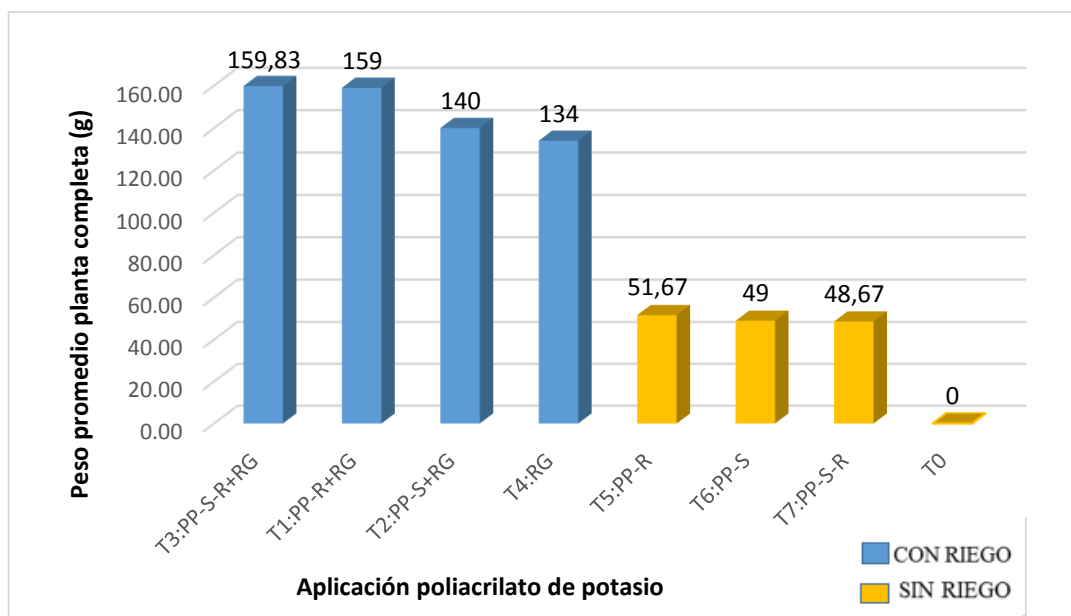
Al realizar la prueba de Tukey 5% para tratamientos en la Tabla 13, se obtienen tres grupos, sobresaliendo el tratamiento T3: (aplicación de poliacrilato de potasio al suelo y raíz con riego por goteo), con un peso promedio de 159,83g; mientras que, el tratamiento T0: (Trasplante sin poliacrilato de potasio ni riego), al no presentar resultados en esta variable debido a la mortalidad de las plantas, se ubica en el último rango.

**Tabla 13.** Prueba Tukey 5% tratamientos para el peso de planta completa. Ibarra, 2016

<b>Tratamiento</b>	<b>Medias</b>	
	<b>(g)</b>	<b>Rangos</b>
T3:PP-S-R+RG	159,83	A
T1:PP-R+RG	159	A
T2:PP-S+RG	140	A
T4:RG	134	A
T5:PP-R	51,67	B
T6:PP-S	49,00	B
T7:PP-S-R	48,67	B
T0	-	C
Promedio	106,02	

**Elaborado por:** El Autor

**Nota:** Los valores con letras distintas en filas y columnas indican diferencia estadística significativa al 5% (Tukey).



**Figura 8.** Peso promedio de la planta completa y aplicación de poliacrilato de potasio para los tratamientos con y sin riego. Ibarra, 2016

**Elaborado por:** El Autor

En la Figura 8, se presentan los promedios por tratamiento para el peso de la planta completa a la cosecha, donde los tratamientos que se aplicaron poliacrilato de potasio con riego, obtuvieron pesos mayores de 159,83g al aplicar al suelo-raíz, 159g a la raíz y 140g al suelo.

Mientras que, sin riego y con aplicación de poliacrilato de potasio a la raíz se alcanzaron pesos superiores de 51,67g, 49g al suelo y 48g al suelo-raíz, esto se debió gracias a la captación y almacenaje de agua de lluvia en el poliacrilato de potasio, de tal manera que las plantas tuvieron disponibilidad de agua para su sobrevivencia. Sin embargo, con la no aplicación de poliacrilato de potasio con riego se obtuvo un peso de 134g, mientras que, sin la aplicación ni riego no se registraron datos debido a la mortalidad absoluta de las plantas, siendo el estrés hídrico y la falta de agua, lo que ocasionó el punto de marchitez permanente en las plantas.

La variable peso de la planta completa a la cosecha presenta diferencia significativa únicamente en el factor riego, con un peso promedio de 37,04g sin riego y 148,21g con riego. El factor aplicación de poliacrilato de potasio no presenta diferencia significativa, no

obstante, existe diferencia matemática, la cual indica como mejor a la forma de aplicación poliacrilato de potasio al suelo-raíz.

Estos resultados se corroboran por San Martín (2004), ya que, en su estudio menciona que, existe significancia estadística al aplicar retenedores de agua con riego, donde alcanzó 140g al aplicarlo al suelo, 159g a raíz y 159,83g al suelo-raíz. Mientras que, al aplicar el retenedor sin riego, logró 135,70g al aplicar al suelo, 126,60g al suelo-raíz y 57g a la raíz. Por otro lado, al no aplicar retenedores de agua ni riego, se obtuvo 58,10g y 53,90g con riego por planta completa.

Es evidente que la aplicación del retenedor de agua y el riego, marcan la diferencia en la ganancia de peso de la lechuga, siendo este mayor cuando se aplica al suelo-raíz. Sin embargo, con la aplicación de poliacrilato de potasio a la raíz, sin riego, se obtuvo un peso aceptable de 37g, considerando que las condiciones medio ambientales fueron desfavorables y las precipitaciones escasas (*Anexo 4*).

En el estudio sobre el efecto del uso de una poliacrilamida (retenedor de agua) sobre la sobrevivencia al trasplante y rendimiento de lechugas (*Lactuca sativa* L.) realizado por Bernabé (2004), indica que, al aplicar poliacrilamida a las raíces y luego de cuatro días de espera al trasplante, logró un peso fresco de la planta completa mayor de 51,21g, comparado a las plantas que no llevaron retenedor de agua, cuyo peso promedio fue de 42,36g.

Por otro lado, Tlatilpa (2003), en el estudio de endomicorrizas e hidrogel en la nutrición mineral de tomate de mesa (*Solanum lycopersicum*), señala que, todos los tratamientos de la mezcla de hidrogel con inoculante, resultaron ser superiores al testigo, consecuentemente, la aplicación de 3g de micorrizas y 8g de hidrogel al suelo, obtuvo el mayor peso de biomasa total, incrementándose en un 118%, mientras que, el testigo donde no se aplicó hidrogel ni endomicorriza no se encontró incremento de biomasa (0%). El poliacrilato de potasio, al mantener la humedad, también reduce en un tercio la pérdida de nutrientes en el suelo (Zuchem, 2002). Lo cual se manifiesta en los resultados del incremento del peso completo o biomasa total de las plantas.

#### 4.4. Peso de materia verde de la parte aérea de la planta

Del análisis de varianza en la Tabla 14, se evidencia que para la fuente de variación tratamientos se obtuvo un Fisher calculado de 7.332,49, valor altamente significativo en comparación a su correspondiente tabular al 1% de probabilidad estadística; por tal motivo se realiza el desglose del arreglo factorial, registrándose únicamente para el factor A (riego) diferencias altamente significativas, mientras que, para el factor B (aplicación de poliacrilato de potasio) y la interacción no existe significancia.

**Tabla 14.** ADEVA peso de materia verde de la parte aérea de la planta. Ibarra, 2016

<b>FV</b>	<b>SC</b>	<b>GL</b>	<b>CM</b>	<b>FC</b>		<b>F<math>\alpha_{0,05}</math></b>	<b>F<math>\alpha_{0,01}</math></b>
Repetición	627,81	2	313,90	313,90	ns	3,88	6,93
Tratamiento	43.994,95	6	7.332,49	7.332,49	**	3,00	4,82
Factor A	42.484,06	1	42.484,10	74,53	**	4,60	8,86
Factor B	1.260,56	3	420,19	0,74	ns	3,34	5,56
Factor A×B	250,33	2	125,17	0,22	ns	3,34	5,56
Error	6.840,19	12	570,02	570,02			
Total	51.462,95	20					
			<b>CV=</b>	25,94			

**Elaborado por:** El Autor

El coeficiente de variación de 25,94% permite inferir que los datos, con respecto a esta variable, son relativamente heterogéneos, debido a efecto de los tratamientos.

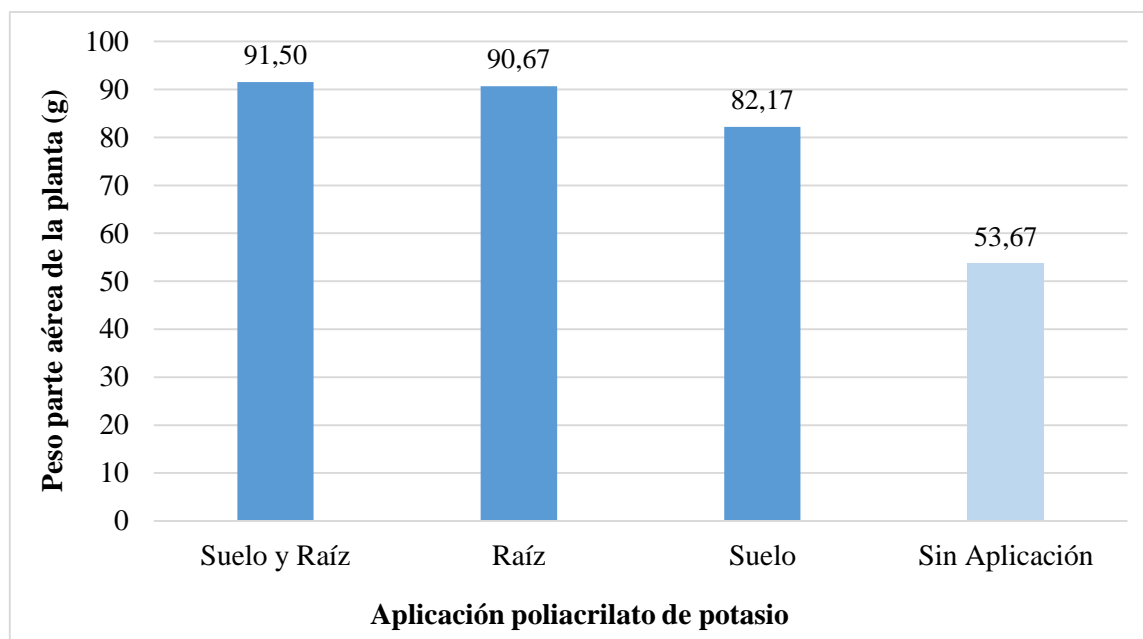
En la prueba de Tukey del factor A (riego) en la Tabla 15, se muestran dos rangos, destacándose el factor con riego, que obtuvo un peso promedio 131g; mientras que, el factor sin riego registró una media de 28g.

**Tabla 15.** Prueba Tukey 5% del factor A (riego) para peso de materia verde de la parte aérea de la planta. Ibarra, 2016

<b>Factor A</b>	<b>Medias (g)</b>	<b>Rangos</b>
Con riego por goteo	131,00	A
Sin riego	28,00	B

**Elaborado por:** El Autor

**Nota:** Los valores con letras distintas en filas y columnas indican diferencia estadística significativa al 5% (Tukey).



**Figura 9.** Peso promedio de materia verde de la parte aérea de la planta y aplicación de poliacrilato de potasio. Ibarra, 2016

**Elaborado por:** El Autor

Considerando que, no se registraron diferencias para el factor B (aplicación de poliacrilato de potasio) en el análisis de varianza, no se realizó la prueba de Tukey 5%; pero el análisis matemático en la Figura 9, permite destacar a la aplicación al suelo-raíz como la mejor. Cabe destacar que, la no aplicación de poliacrilato de potasio, fue el que menor peso promedio aéreo de la planta registró por escaso desarrollo radicular debido a la compactación del suelo por la falta de agua, lo cual conllevó a las plantas al punto de marchitez permanente.

Al realizar la prueba de rango múltiple de Tukey 5% para tratamientos en la Tabla 16, se evidencia tres grupos, sobresaliendo el tratamiento T3: (aplicación de poliacrilato de potasio al suelo y raíz con riego por goteo), con promedio de 143g; mientras que, el tratamiento T0: (Trasplante sin poliacrilato de potasio ni riego), al no presentar resultados en esta variable, debido a la mortalidad, se ubica en el último rango.

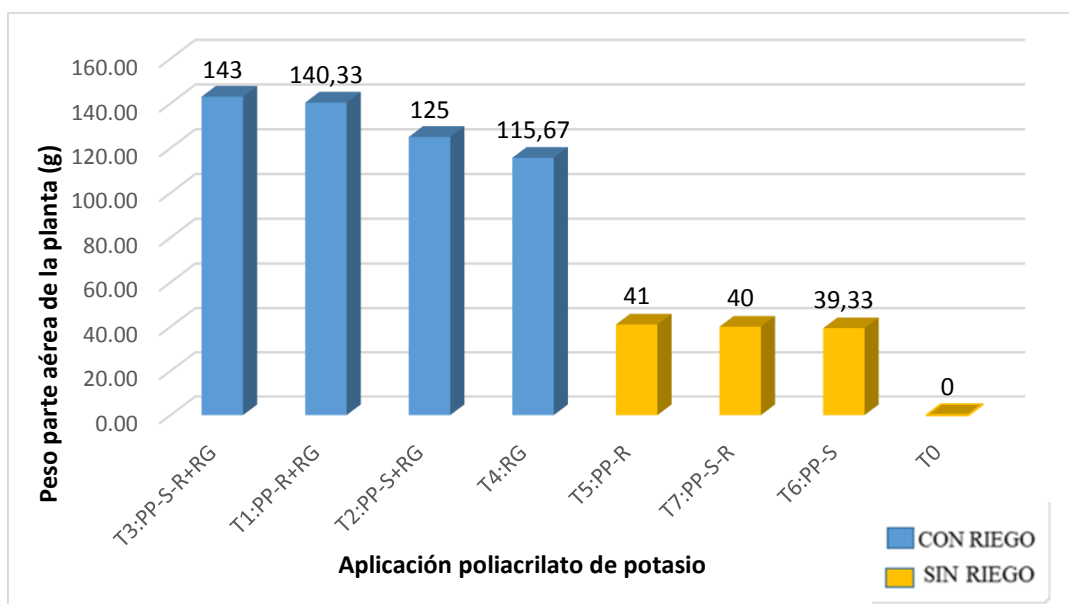


**Tabla 16.** Prueba Tukey 5% tratamientos para peso de materia verde de la parte aérea de la planta. Ibarra, 2016

Tratamiento	Medias	
	(g)	Rangos
T3:PP-S-R+RG	143	A
T1:PP-R+RG	140,33	A
T2:PP-S+RG	125	A
T4:RG	115,67	A
T5:PP-R	41	B
T7:PP-S-R	40	B
T6:PP-S	39,33	B
T0	-	C

**Elaborado por:** El Autor

**Nota:** Los valores con letras distintas en filas y columnas indican diferencia estadística significativa al 5% (Tukey).



**Figura 10.** Peso promedio de materia verde de la parte aérea de la planta y aplicación de poliacrilato de potasio en tratamientos con y sin riego. Ibarra, 2016

**Elaborado por:** El Autor

En la Figura 10, se presentan los promedios por tratamiento para la variable peso de materia verde de la parte aérea de la planta, donde se observa un agrupamiento de los tratamientos con riego, seguidos de los tratamientos sin riego, y por último se encuentra el tratamiento T0: (sin poliacrilato de potasio ni riego). La variable peso de la parte aérea de la planta a la cosecha, presenta diferencia significativa, únicamente para el factor (riego), con un peso promedio de 131g con riego y 28g sin riego, mientras que, para el factor B

(aplicación de poliacrilato de potasio), no existe significancia, sin embargo, existe diferencia matemática, mostrando que la aplicación al suelo-raíz como la mejor, con un peso promedio de 91,50g. En cuanto al análisis de los tratamientos, la aplicación de poliacrilato de potasio con riego alcanzó pesos superiores de 143g al aplicarlo al suelo-raíz, 140,33g a la raíz y 125g al suelo.

Mientras que, con la aplicación de poliacrilato sin riego se obtuvo 41g al aplicar a la raíz y 40g al aplicar al suelo y suelo-raíz. No obstante, en los tratamientos sin aplicación de poliacrilato con riego se logró un peso superior de 115,67g mientras que, el tratamiento sin aplicación ni riego no presentó datos debido a la mortalidad de las plantas causado por el estrés hídrico de la plantas conllevándolas al punto de marchitez permanente.

Estos resultados concuerdan con el estudio de San Martín (2004), quien señala, que existe diferencia significativa en el factor retenedor de agua, ya que, con la aplicación de retenedores de agua con riego obtuvo 113g al aplicar al suelo, 111g al suelo-raíz y 52,60g a la raíz. Mientras que, en los tratamientos sin riego ni aplicación se alcanzó 137,30g al aplicar al suelo, 120,10g al suelo-raíz y 56,60g a la raíz. Sin embargo, al no aplicar retenedor de agua ni riego se obtuvo 84,90g y a penas, 19,90g con riego. Así mismo Bernabé (2004) indica que, con un tiempo de espera de cuatro días luego de aplicar el retenedor de agua antes del trasplante, el peso aéreo en las plantas de los tratamiento que se aplicaron retenedores de agua a las raíces en plantas de lechuga, fue de 45,40g, comparado a 35,92g en los tratamientos que no se aplicó retenedor de agua en ninguna forma y con el mismo tiempo de espera.

Por otra parte, Gutiérrez *et al.* (2008), en el estudio sobre efecto del polímero aquastock<sup>®</sup> en la capacidad de retención de humedad del suelo y su efecto en el rendimiento de acelga (*Beta vulgaris* L.), encontraron que, al aplicar retenedores de agua en suelo arcilloso, obtuvieron un peso promedio foliar de 38,87g, mientras que, sin la aplicación del retenedor de agua en el mismo tipo de suelo fue de 30,63g, logrando un incremento de un 26,90%. Por otro lado, Nissen (1994), citado por San Martín (2004), indica que, aplicando retenedores de agua en forma localizada junto a la raíz de frambuesa, los rendimientos de frutos aumentan entre un 37% y 86%, así mismo, el diámetro de los frutos puede ser

incrementado entre un 0,70% y 3%, mientras que, el peso de los frutos puede crecer entre un 3 y 33%.

Por otro lado, Fasanando (2009), en el estudio del efecto residual de tres dosis de hidroabsorbente de potasio y tres frecuencias de riego en el cultivo de lechuga, asegura que, con la aplicación de 2g/m<sup>2</sup> de gel hidroabsorbente al suelo y a una frecuencia de riego de seis días, presentó un rendimiento promedio de 14,43t/ha, mientras que, sin la aplicación de este retenedor, alcanzó un rendimiento de 11t/ha. La lechuga es una hortaliza con alto requerimiento hídrico, al no tenerlos disponibles se ve afectada en la disminución de las características agronómicas y comerciales aptas para el mercado. Al ser la parte aérea de aprovechamiento comercial, se evidencia como al aplicar poliacrilato de potasio se logra incrementar su peso en un 41,34%.

#### 4.5. Peso radicular de la planta

Del análisis de varianza en la Tabla 17, se evidencia que, para la fuente de variación tratamientos se obtuvo un Fisher calculado de 59,43, valor altamente significativo en comparación a su correspondiente tabular al 1% de probabilidad estadística; por tal motivo se realiza el desglose del arreglo factorial, registrándose únicamente para el factor A (riego) diferencias altamente significativas, mientras que para el factor B (aplicación de poliacrilato de potasio) y la interacción no existe significancia.

**Tabla 17.** ADEVA peso radicular de la planta. Ibarra, 2016

<b>FV</b>	<b>SC</b>	<b>GL</b>	<b>CM</b>	<b>FC</b>	<b>F<math>\alpha_{0.05}</math></b>	<b>F<math>\alpha_{0.01}</math></b>
Repetición	1,52	2	0,76	0,76 ns	3,88	6,93
Tratamiento	356,57	6	59,43	59,43 **	3,00	4,82
Factor A	306,68	1	306,68	16,95 **	4,60	8,86
Factor B	37,44	3	12,48	0,69 ns	3,34	5,56
Factor A×B	12,44	2	6,22	0,34 ns	3,34	5,56
Error	217,14	12	18,10	18,10		
Total	575,24	20				
<b>CV=</b>			29,98			

**Elaborado por:** El Autor

El coeficiente de variación de 29,98% permite inferir que los datos, con respecto a esta variable, son relativamente heterogéneos, debido a efecto de los tratamientos.

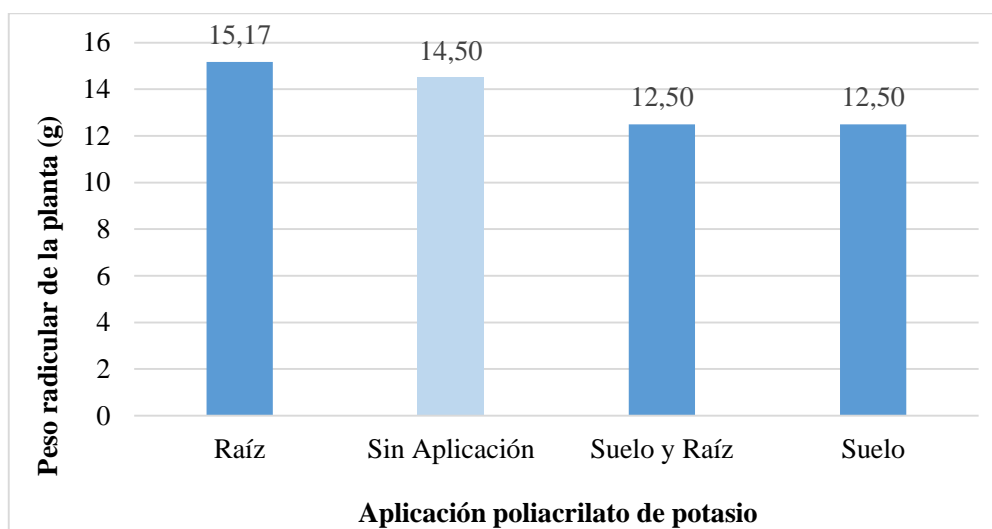
En la Tabla 18, al realizar la prueba de Tukey 5% en el factor A (riego) se observa dos rangos, destacándose el factor con riego, con un peso promedio de 17,50g; mientras que el factor sin riego se registró una media de 9,83g.

**Tabla 18.** Prueba Tukey 5% del factor A (riego) para peso radicular. Ibarra, 2016

Factor A	Medias	
	(g)	Rangos
Con riego por goteo	17,50	A
Sin riego	9,83	B

**Elaborado por:** El Autor

**Nota:** Los valores con letras distintas en filas y columnas indican diferencia estadística significativa al 5% (Tukey).



**Figura 11.** Peso promedio radicular de la planta y aplicación de poliacrilato de potasio. Ibarra, 2016

**Elaborado por:** El Autor

Al no registrarse diferencias para el factor B (aplicación de poliacrilato de potasio) en el análisis de varianza, no se realizó la prueba de Tukey 5%; pero el análisis matemático en la Figura 11, permite destacar la aplicación a la raíz, como la mejor con un peso superior promedio de 15,17g, ya que, las raíces al buscar la humedad en el suelo disponible en el poliacrilato de potasio obtuvieron mayor desarrollo, frente a las raíces que se mantuvieron con humedad durante el ciclo del cultivo.

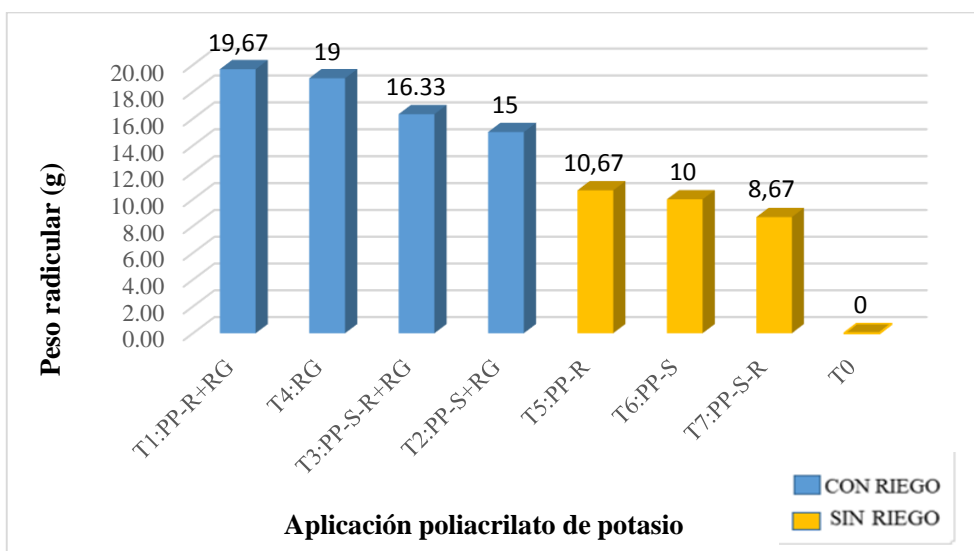
La prueba de Tukey 5% para tratamientos en la, Tabla 19, se formaron tres grupos, sobresaliendo el tratamientos, T1: (aplicación de poliacrilato de potasio a la raíz con riego por goteo) con un peso de la parte aérea promedio de 19,67g; mientras que, el tratamiento T0: (trasplante sin poliacrilato de potasio ni riego), al no presentar resultados en esta variable debido a la mortalidad, se ubica en el último rango.

**Tabla 19.** Prueba Tukey 5% tratamientos para peso radicular. Ibarra, 2016

Medias		
Tratamiento	(g)	Rangos
T1:PP-R+RG	19,67	A
T4:RG	19	A
T3:PP-S-R+RG	16,33	A
T2:PP-S+RG	15	A
T5:PP-R	10,67	B
T6:PP-S	10	B
T7:PP-S-R	8,67	B
T0	-	C

**Elaborado por:** El Autor

**Nota:** Los valores con letras distintas en filas y columnas indican diferencia estadística significativa al 5% (Tukey).



**Figura 12.** Peso promedio radicular de la planta y aplicación poliacrilato de potasio en tratamientos con y sin riego. Imbabura, 2016

**Elaborado por:** El Autor

En la Figura 12, se muestra que los tratamientos con aplicación de poliacrilato de potasio con riego por goteo, registraron los mayores pesos promedio, sin embargo, con la aplicación de poliacrilato de potasio sin riego, sumado a las bajas precipitaciones registradas, se lograron mantener las plantas hasta la cosecha, esto se debió gracias al aporte de agua almacenado en el poliacrilato de potasio presente en el suelo. No obstante, con la no aplicación de poliacrilato ni riego se presentó una mortalidad absoluta de las plantas.

La variable peso radicular, presenta diferencias significativas únicamente para el factor (riego), con un peso promedio de 17,50g con riego y 9,83g sin riego, mientras que, para el factor B (aplicación de poliacrilato de potasio) no existe significancia, sin embargo, existe diferencia matemática, donde se destaca la aplicación de poliacrilato de potasio a la raíz. San Martín (2004), afirma que, al aplicar retenedores de agua con riego encontró diferencia significativa, obteniendo los mayores pesos de 14,10g al aplicar al suelo, 9,50g al suelo-raíz y 4,60 a la raíz. Mientras que, los tratamientos con aplicación de retenedores sin riego alcanzó pesos de 5,70g al aplicar al suelo-raíz, 4g al suelo y 3g a la raíz. Sin embargo, sin la aplicación de retenedores ni riego presentó un peso de 3,20g y 4,10g con riego. Dicha autora menciona que durante la época de estudio, existieron altas precipitaciones, lo cual se manifestó en la sobrevivencia de las plantas que no se aplicaron riego ni retenedores de agua.

Mientras que, en la presente investigación ocurrió lo contrario, ya que, los tratamientos sin aplicación de poliacrilato ni riego, ya que, al registrarse bajas precipitaciones (*Anexo 4*), las plantas no sobrevivieron y por ende no se obtuvo datos de peso para el peso radicular, mientras que, sin aplicación y riego se logró un peso radicular superior de 19g. Sin embargo, los tratamientos con poliacrilato de potasio sin riego, obtuvieron pesos mayores de 10,67g a la raíz, 10g al suelo y 8,67g al suelo-raíz. Por otro lado, los tratamientos con aplicación de poliacrilato y riego presentaron los mayores pesos de 19,67g con poliacrilato de potasio aplicado a la raíz, 16,33 al suelo-raíz y 15g al suelo.

El peso radicular en las plantas es mayor cuando se aplicó retenedores de agua y riego a la raíz, siendo menor cuando estos no se aplican. Tlatilpa (2003), lo corrobora en su estudio, ya que, en los tratamientos que llevaron hidrogel a la raíz, presentaron un peso promedio de 1,61g, en comparación al testigo que no llevo hidrogel, obtuvo un peso promedio menor de

1,05g. Por otro lado, Bernabé (2004), indica que con la aplicación de hidrogel como retenedor de agua, logró el mayor peso promedio radicular que fue de 8,08g en comparación a 4,60g, sin la aplicación de hidrogel. Hernández (2012), en el estudio del efecto sinérgico de algaenzims y poliacrilato de potasio en el cultivo de frejol (*Phaseolus vulgaris* L.) en la retención de humedad con cuatro diferentes sustratos, muestra que, al aplicar poliacrilato de potasio con vermiculita como sustrato, existió mayor desarrollo radicular, con un peso promedio de 9,14g, mientras que, sin retenedor de agua se alcanzó 6,53g.

#### **4.6. Incidencia de Babosas**

Esta variable se evaluó, ya que al usar retenedores de agua, se estimó la presencia de esta plaga debido a la humedad que el retenedor iba a brindar al suelo, caso que no se evidenció durante la época de estudio.

En la presente investigación no existió incidencia de babosas, debido a condiciones climático-ambientales, al presentar una humedad relativa de 72%, precipitación acumulada de 4,80mm, suelo franco arenoso y una temperatura promedio de 25°C (Estación Meteorológica Yuyucocha, 2015).

Según Latorre (1990) y COLPROCAH (2011) citado por Cacarín (2013), la humedad ambiental requerida para el desarrollo de la babosa debe ser superior al 80% y el suelo mantenerse entre un 40 y 80% a capacidad de campo, no obstante, el tipo de suelo y la temperatura influye en el desarrollo de esta plaga, ya que, los suelos arenosos no son propicios para las babosas y cuando la temperatura es mayor a 20°C el periodo de incubación es menor.

Montero (1997) citado por Cacarín (2013), indican que, el sistema de labranza mínima, siembra directa y acumulación de restos de cosechas alrededor del cultivo, favorecen el desarrollo de babosas. Durante el periodo de investigación no existió babosas, ya que, se realizó una limpieza alrededor del área experimental para evitar posibles hospederos y así mismo, se realizaron adecuadas prácticas culturales.

Esto lo corrobora Córdova (2009), quien afirma que, las babosas se caracterizan por requerir alta humedad ambiental y el ambiente adecuado para su sobrevivencia son los terrenos con mayor humedad o cuando el agricultor disminuye las labores de labranza y arado del suelo.

#### **4.7. Análisis económico de presupuesto parcial de los tratamientos**

Según el análisis económico de presupuesto parcial realizado para los tratamientos en la Tabla 20, en lo que respecta a la dominancia, muestra que los tratamientos; T2: (aplicación de poliacrilato de potasio al suelo con riego por goteo) y T4: (trasplante sin poliacrilato de potasio con riego por goteo) fueron dominados por los tratamientos T3: (aplicación de poliacrilato de potasio al suelo y raíz con riego por goteo) y T1: (aplicación de poliacrilato de potasio a la raíz con riego por goteo) que presentan los mejores beneficios netos y los menores costos que varían.

En cuanto a los tratamientos; T6: (aplicación de poliacrilato de potasio al suelo sin riego), T7: (aplicación de poliacrilato de potasio al suelo y raíz sin riego), y el T0: (trasplante sin poliacrilato ni riego); fueron dominados por el tratamiento T5: (aplicación de poliacrilato de potasio a la raíz sin riego), que presenta el mejor beneficio neto y los mejores costos que varían con respecto a los anteriores.



**Tabla 20.** Análisis de dominancia económica en los tratamientos evaluados. Ibarra, 2016

Tratamiento		Rendimiento	Rendimiento	Beneficios	Costo	Costo mano	Total costos	Beneficios	DOMINANCIA
Cód.	Descripción	medio (kg/ha)	ajustado 15% (kg/ha)	brutos (USD/ha)	Tratamiento (USD/ha)	de obra (USD/ha)	que varían (USD/ha)	netos (USD/ha)	
T3	PP-S-R+RG	22.889	19.456	15.565	2.347	2.428	4.775	10.789	
T1	PP-R+RG	21.222	18.039	14.431	2.051	2.428	4.479	9.952	
T2	PP-S+RG	17.944	15.252	12.202	2.301	2.428	4.729	7.473	<b>D</b>
T4	RG	15.778	13.411	10.729	2.005	2.428	4.433	6.296	<b>D</b>
T5	PP-R	7.167	6.092	4.874	246	2.328	2.574	2.299	
T6	PP-S	6.444	5.477	4.382	496	2.328	2.824	1.558	<b>D</b>
T7	PP-S-R	6.556	5.573	4.458	543	2.328	2.871	1.587	<b>D</b>
T0	T0	0	0	0	0	0	0	0	<b>D</b>

**Elaborado por:** El Autor

**Nota:** Un tratamiento es dominado (**D**) cuando tiene beneficios netos menores o iguales, a los de un tratamiento de costos que varían más bajos. Precio promedio kg/lechuga variedad Crespa Salad = 0.80USD. (PILVICSA, 2015)

**Tabla de Nomenclatura**

<b>PP-S-R+RG</b>	Poliacrilato de potasio al suelo y raíz con riego por goteo
<b>PP-R+RG</b>	Poliacrilato de potasio a la raíz con riego por goteo
<b>PP-S+RG</b>	Poliacrilato de potasio al suelo con riego por goteo
<b>RG</b>	Trasplante sin poliacrilato de potasio con riego por goteo
<b>PP-R</b>	Poliacrilato de potasio a la raíz sin riego
<b>PP-S</b>	Poliacrilato de potasio al suelo sin riego
<b>PP-S-R</b>	Poliacrilato de potasio al suelo y raíz sin riego
<b>T0</b>	Trasplante sin poliacrilato de potasio ni riego

**Elaborado por:** El Autor

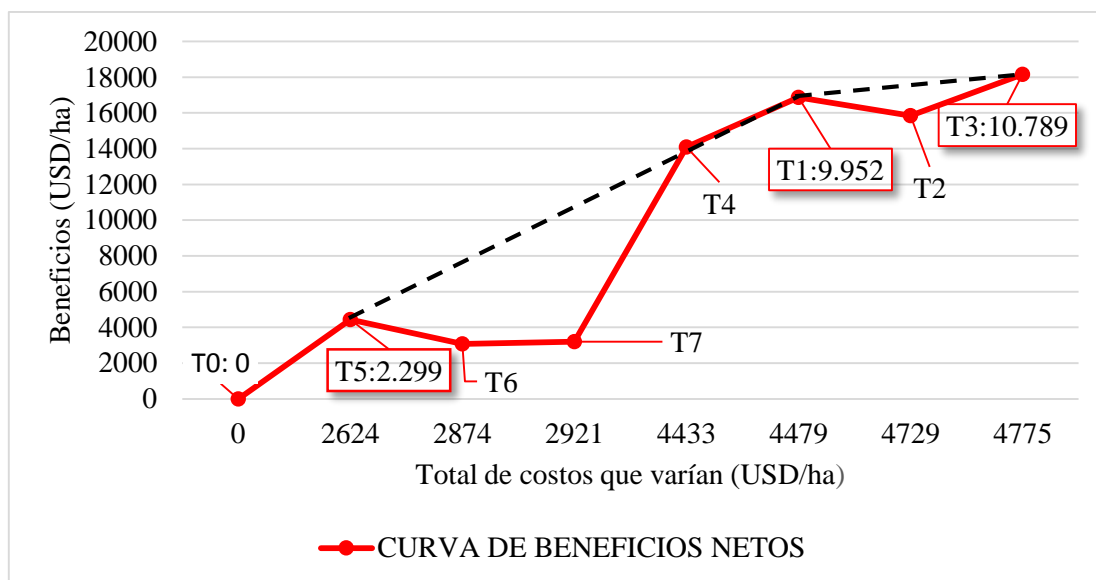
#### 4.7.1. Tasa de retorno marginal

En la Tabla 21 se observa que, para pasar del tratamiento T5: (aplicación de poliacrilato de potasio a la raíz sin riego), al tratamiento T1: (aplicación de poliacrilato de potasio a la raíz con riego por goteo), se requiere invertir 1.905USD/ha, que proporciona un beneficio marginal de 7.653USD/ha y una tasa de retorno marginal del 402%, es decir, permite recuperar los 1.905USD/ha invertidos y obtener 4,02USD adicionales por cada 1USD invertido. Para pasar del tratamiento T1: (aplicación de poliacrilato de potasio a la raíz con riego por goteo) al tratamiento T3: (aplicación de poliacrilato al suelo y raíz con riego por goteo), se requiere invertir 296USD, que proporciona un beneficio marginal de 837USD/ha y una tasa de retorno marginal de 283%, es decir, permite recuperar los 296USD/ha invertidos y obtener 2,83USD adicionales por cada 1USD invertido.

**Tabla 21.** Tasa de retorno marginal (TRM). Ibarra, 2016

<b>TRATAMIENTOS</b>		<b>Total</b>		<b>Beneficios</b>	<b>Tasa de</b>
<b>Cód.</b>	<b>Descripción</b>	<b>costos</b>	<b>Costos</b>	<b>marginales</b>	<b>retorno</b>
		<b>que varían</b>	<b>marginales</b>	<b>netos</b>	<b>marginal</b>
		<b>(USD/ha)</b>	<b>(USD/ha)</b>	<b>(USD/ha)</b>	<b>(%)</b>
T5	PP-R	2.574		2.299	
			1.905	7.653	402
T1	PP-R + RG	4.479		9.952	
			296	837	283
T3	PP-S-R + RG	4.775		10.789	

**Elaborado por:** El Autor



**Figura 13.** Curva de beneficios netos de los tratamientos no dominados. Ibarra, 2016

**Elaborado por:** El Autor

En la Figura 13, la curva de beneficios netos muestra que los tratamientos T5: (aplicación de poliacrilato de potasio a la raíz sin riego), T1: (aplicación de poliacrilato de potasio a la raíz con riego por goteo) y el T3: (poliacrilato de potasio al suelo y raíz con riego por goteo), marcan una línea imaginaria de tendencia exponencial, directamente relacionada con los beneficios netos de dichos tratamientos, dejando a los tratamientos restantes por debajo de la línea de tendencia, mostrando así su dominancia.

Los resultados del análisis de la tasa de retorno marginal, muestran que los tratamientos más rentables son; T3: (aplicación de poliacrilato de potasio al suelo-raíz con riego por goteo), con una rentabilidad de 10.789USD/ha, incrementando la rentabilidad en 72,10% comparado al tratamiento sin aplicación de poliacrilato de potasio y riego por goteo, seguido por el T1: (aplicación de poliacrilato de potasio a la raíz con riego por goteo) con una rentabilidad de 9.952USD/ha, y T5: (aplicación de poliacrilato de potasio a la raíz sin riego) con una rentabilidad de 2.299USD/ha sobre la inversión.

Estos resultados permiten aceptar parcialmente la hipótesis de que el uso de poliacrilato de potasio es una alternativa eficiente y rentable para la producción de lechuga en zonas con déficit hídrico y limitada disponibilidad de agua.

Esta observación concuerda con San Martín (2004), donde señala que, al aplicar retenedores de agua al suelo en cultivo de lechuga, obtiene una rentabilidad mayor de 25.771USD/ha, frente a 11.876USD/ha, logrando un incremento del 117%, siendo la menor rentabilidad al no usar retenedor de agua en ninguna forma.

Así mismo, Fasanando (2009), en su estudio asociado al cultivo de lechuga, sostiene que, al utilizar polímero hidroabsorbente obtuvo un incremento en la producción del 30,85%. Lo cual se manifiesta en elevar la rentabilidad, ya que al aplicar retenedores de agua obtiene una ganancia neta de 17.454USD/ha, en comparación con el tratamiento que no aplicó retenedor de agua alcanzó el valor de 13.339USD/ha.

Por otra parte, el poliacrilato de potasio tiene un impacto socioeconómico, y así lo manifiestan Bustamante, *et al.* (2013), ya que al aplicar al suelo actúa como agente gelatinizante que forma parte del sustrato, por lo tanto permite disminuir la frecuencia de riego, ahorrando agua entre un 30 y 40% y de nutrimentos de un 40 a 60% en función de la especie y condiciones ambientales. Por lo tanto, el hecho de no regar continuamente, disminuye la cantidad de agua perdida por percolación y de fertilizantes por lixiviación, lo cual incide en menos gastos por estos dos factores.

#### **4.7.2. Análisis comparativo de los tratamientos.**

En la Tabla 22, se analiza cada tratamiento en cuanto al factor riego, la aplicación del poliacrilato de potasio y como incide en cada una de las variables evaluadas como son; porcentaje de prendimiento, porcentaje de sobrevivencia a la cosecha, peso completo de la planta, peso radicular, peso parte aérea, costos que varían y beneficios netos.

Los tratamientos que presentaron el 100% de prendimiento fueron; T3: (aplicación de poliacrilato de potasio al suelo y raíz con riego por goteo), T1 (aplicación de poliacrilato de potasio a la raíz con riego por goteo), T2: (aplicación de poliacrilato de potasio al suelo con riego por goteo), T4: (trasplante sin poliacrilato de potasio con riego por goteo), T5: (aplicación de poliacrilato de potasio a la raíz sin riego) y T7: (aplicación de poliacrilato de

potasio al suelo y raíz sin riego); seguidos por los tratamientos T6: (poliacrilato de potasio al suelo sin riego), T0: (trasplante sin poliacrilato de potasio ni riego) con porcentajes entre el 93,80 y 16,67%

Los tratamientos que presentaron el 100% de sobrevivencia fueron; T3: (aplicación de poliacrilato de potasio al suelo y raíz con riego por goteo), T2: (aplicación de poliacrilato de potasio al suelo con riego por goteo) y T7: (aplicación de poliacrilato de potasio al suelo y raíz sin riego); seguidos por los tratamientos T1: (aplicación de poliacrilato de potasio a la raíz con riego por goteo), T4: (trasplante sin poliacrilato de potasio con riego por goteo), T5: (aplicación de poliacrilato de potasio a la raíz sin riego) con 97,90%, seguido del T6: (aplicación de poliacrilato de potasio al suelo sin riego) con 93,80% y T0: (trasplante sin poliacrilato de potasio ni riego) con 0% de sobrevivencia a la cosecha.

Respecto a los costos que varían por hectárea, los tratamientos con menos costos son el T5: (aplicación de poliacrilato de potasio a la raíz sin riego), T6 (aplicación de poliacrilato de potasio al suelo sin riego), T7: (aplicación de poliacrilato de potasio al suelo y raíz sin riego) con valores de, 2.574USD/ha y 2.871USD/ha respectivamente; sin embargo, se descartan estos tratamiento por su bajo beneficio neto ya que la inversión no justifica la ganancia. Seleccionándose así al T3: (aplicación de poliacrilato de potasio al suelo y raíz con riego por goteo) con costos relativamente similares a los demás tratamientos con riego (4.775 USD/ha), pero con mayor beneficio neto por hectárea (10.789 USD/ha).

**Tabla 22.** Análisis comparativo de los tratamientos. Ibarra, 2016

Tratamientos			Variables						
Código	Factor	Aplicación Poliacrilato de potasio	Porcentaje de prendimiento	Porcentaje de sobrevivencia a la cosecha	Peso de la parte radicular (kg/ha)	Peso de la planta completa (kg/ha)	Peso de la materia verde de la parte aérea (kg/ha)	Costos (USD/ha)	Beneficio (USD/ha)
T3	Riego por goteo	Suelo y Raíz	100 A	100 A	2.314	22.643	19.456 A	4.775	10.789
T1	Riego por goteo	Raíz	100 A	97,90 A	2.408	22.525	18.439 A	4.479	9.952
T2	Riego por goteo	Suelo	100 A	100 A	2.125	19.833	15.252 AB	4.729	7.473
T4	Riego por goteo	Sin Aplicación	100 A	97,90 A	1.842	18.983	13.411 B	4.433	6.296
T5	Sin riego	Raíz	100 A	97,90 A	1.511	7.319	6.092 C	2.574	2.299
T6	Sin riego	Suelo	93,8 A	93,80 A	1.417	6.942	5.477 C	2.824	1.558
T7	Sin riego	Suelo y Raíz	100 A	100 A	1.228	6.894	5.573 C	2.871	1.587
T0	Sin riego	Sin Aplicación	16,67 B	0 B	0	0	0 D	0	0

**Elaborado por:** El Autor

**Nota:** Los tratamientos fueron ordenados en forma ascendente en cuanto a los beneficios netos y costos que varían en (USD/ha).

## CAPÍTULO V

### 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### CONCLUSIONES

Según el análisis de los resultados obtenidos en campo y tomando en cuenta las condiciones bajo las cuales se desarrolló la investigación, se concluye lo siguiente:

- El porcentaje de prendimiento y sobrevivencia de los tratamientos presentaron significancia estadística, con porcentajes entre el 95 y 100%, excepto el tratamiento sin riego ni poliacrilato de potasio que presentó únicamente el 16,67% de prendimiento y una mortalidad absoluta a la cosecha.
- El riego presentó diferencia estadística altamente significativa, ya que los resultados fueron mayores cuando existió aplicación de riego, con porcentajes de prendimiento y sobrevivencia entre el 98,97 y 100%, no obstante, registrándose bajas precipitaciones en la época experimental, las plantas que no tuvieron riego, presentaron pesos aceptables, entre 28 y 37g.
- La aplicación de poliacrilato de potasio no presentó diferencia estadística, sin embargo, existió diferencia matemática en relación a los tratamientos que no se aplicó poliacrilato, obteniendo una ganancia del 36,95% de peso por planta completa, con aplicación a la raíz, 41,34% de peso de la parte aérea aplicado al suelo-raíz y 18% de peso radicular con aplicación de poliacrilato de potasio a la raíz.

- El análisis de presupuesto parcial indicó que el tratamiento más rentable fue la aplicación de poliacrilato de potasio al suelo-raíz con riego por goteo (T3), cuyo beneficio neto fue de 10.789USD/ha con un incremento del 72% en comparación con el tratamiento con riego sin aplicación de poliacrilato de potasio, seguido por la aplicación de poliacrilato de potasio a la raíz con riego por goteo (T1), con un beneficio neto de 9.952USD/ha y finalmente la aplicación de poliacrilato de potasio a la raíz sin riego (T5), con un beneficio neto de 2.299USD/ha.

### **RECOMENDACIONES**

- Al considerar a la aplicación de poliacrilato de potasio a la raíz (T5), como rentable no se recomienda al agricultor adoptarlo ya que los costos que varían no justifican el beneficio neto; por lo cual se recomienda la aplicación de poliacrilato de potasio al suelo-raíz con riego por goteo (T3); ya que, con costos que varían similares a la aplicación de poliacrilato de potasio a la raíz con riego por goteo (T1), se obtiene mayores beneficios netos.
- Se recomienda realizar estudios enfocados a dosificación, volumen de agua requerido y fertilización con poliacrilato de potasio en cultivos agrícolas, para lograr mayor eficiencia en la producción, mejorar la economía del agricultor y aportar a nuevas tecnologías limpias en la agricultura.
- Se recomienda realizar las futuras investigaciones en época seca; ya que, así se consigue el mayor efecto del poliacrilato de potasio, y en su defecto probar en suelos arenosos, donde se evidencia la mayor pérdida de humedad por filtración.



## REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

- Ahmed, E. M. (2015). Hidrogel: Preparación, caracterización y aplicaciones: Una revisión. *Revista de Investigación Avanzada*, 105-121.
- Alarcón, J. R. (2013). Evaluación del poliacrilato de potasio, en el cultivo de frijo (*Phaseolus vulgaris L.*), como práctica de adaptación a la amenaza a la sequía, Parramos, Chimaltenango. (Tesis de pregrado). Universidad de San Carlos de Guatemala .
- Arjen, Y., & Hoekstra. (2008). The water footprint of food. Obtenido de <http://waterfootprint.org/media/downloads/Hoekstra-2008-WaterfootprintFood.pdf>
- Azevedo, T. L., Berthona, A., & Goncalvez, A. C. (2002). Uso de hidrogel en la agricultura. *Revista de programas de ciencias agro-ambientales, Vol 1 (1)*, 23-31.
- BCE. (30 de Septiembre de 2015). *Banco Central del Ecuador. Cuentas Nacionales Trimestrales del Ecuador*. Obtenido de [contenido.bce.fin.ec/documentos/PublicacionesNotas/Catalogo/CuentasNacionales/cnt63/CTASTRIM92.xlsx](http://contenido.bce.fin.ec/documentos/PublicacionesNotas/Catalogo/CuentasNacionales/cnt63/CTASTRIM92.xlsx)
- Beekman, G. (Abril de 2015). Agua y Seguridad Alimentaria. En J. Carrera (Vicepresidente), Agua y seguridad alimentaria. Llevado a cabo en el VII Foro Mundial del Agua, República de Corea.
- Benalcázar, W. (15 de Octubre de 2015). La siembra está retrasada en la Sierra norte del Ecuador. *El COMERCIO*.
- Bernabé, R. J. (2004). Efecto del uso de una poliacrilamida sobre la sobrevivencia al trasplante y rendimiento de lechugas (*Lactuca sativa L.*) en la XI Región de Chile (tesis de pregrado). Universidad Austral de Chile, Chile.
- Bustamante, S., Villegas, O., Domínguez, M., Rodríguez, M., Tejacal, I., & Sotelo, H. (2013). *Poliacrilato de potasio: uso eficiente de agua y nutrientes en el cultivo de ornamentales*. Mexico: Sudcaliforniano.

- Cabrera, F. a. (2007). Produccion de hortalizas de clima cálido. Colombia: Marcelo Rangel Díaz.
- Cacarán, M. V. (2013). *Prospección de especies vegetales con principios de biocidas para el control de babosas (Deroceras sp.) en el cultivo de lechuga (Lactuca sativa, L.) Santa Cruz, Galapagos. (tesis de pregrado)*. Universidad Central del Ecuador, Ecuador.
- Casaca, A. D. (Abril de 2005). *Guías Tecnológicas de Frutas y Vegetales*. Obtenido de <http://www.innovacion.gob.sv/inventa/attachments/article/2792/lechuga.pdf>
- Concepción, D. d. (Enero de 2012). *Necesidades de agua de los cultivos*. Obtenido de <http://www.centrodelagua.cl/documentos/difusion-documentos/BOLET%C3%8DN%20T%C3%89CNICO%20N%C2%B01.pdf>
- Córdova, M. O. (2009). *Predicción de plagas de gasterópodos terrestres en Galicia*. España.
- CYMMYT. (1998). La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: Un manual metodológico de evaluación económica. *CIMMYT*, 77.
- Evans, E. (Septiembre de 2005). *Análisis Marginal: Un procedimiento Económico para seleccionar Tecnologías o Prácticas Alternativas*. Obtenido de <https://edis.ifas.ufl.edu/fe573>
- FAO. (1987). *Manual para el mejoramiento postcosecha de frutas y hortalizas* . Obtenido de [http://www.mag.go.cr/biblioteca\\_virtual\\_ciencia/huerta\\_tema-VIII.pdf](http://www.mag.go.cr/biblioteca_virtual_ciencia/huerta_tema-VIII.pdf)
- Fasanando, I. R. (2009). *Efecto residual de tres dosis de hidroadsorbente de potasio y tres frecuencias de riego, en el cultivo de lechuga en Lamas- San Martín (tesis de pregrado)*. Universidad Nacional de San Martín, Perú.
- García, Z. M. (2013). *Cultivos herbáceos Intensivos. El cultivo de la lechuga*. Obtenido de [https://alojamientos.uva.es/guia\\_docente/uploads/2012/446/42109/1/Documento2.pdf](https://alojamientos.uva.es/guia_docente/uploads/2012/446/42109/1/Documento2.pdf)
- Gurovich, L. A. (1985). *Fundamentos y diseño de sistemas de riego*. Costa Rica: LEVANTEX, S.A.

- Gutiérrez, C., Sánchez, C., Cueto, W., Trucio, C., Trejo, C., & Flores, H. (2008). *Efecto del polímero aquastock en la capacidad de retención de humedad del suelo y su efecto en el rendimiento de la acelga (Beta vulgaris var cycla) (tesis de pregrado)*. Universidad Autónoma de Chapingo, México.
- Haberland, J. (2013). Usarán polímeros sintéticos para incrementar capacidad de almacenar agua en el suelo. *Panorama Rural, Ahora Vol (1)*, 1- 135.
- Hernández, M. E. (Diciembre de 2012). *Efecto sinérgico de Algaenzims y Poliacrilato de potasio en las variables fisiológicas del cultivo de frijol (Phaseolus vulgaris L.) y en la retención de humedad en cuatro sustratos bajo invernadero (tesis de pregrado)*. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, México.
- Idrobo, H. J., Rodríguez, M. A., & Dias, J. E. (2010). Comportamiento del hidrogel en suelos arenosos vol 9. *EIDENAR*, 33-37.
- Imbaquingo, W., & Varela, E. (23 de Julio de 2012). *“Evaluación de la influencia de los retenedores de agua en el comportamiento inicial de tara (Caesalpinia spinosa) Tanlagua –San Antonio de Pichincha” (tesis de pregrado)*. Universidad Técnica del Norte, Ecuador.
- INAMHI. (2013). *Meteorología*. Obtenido de Dirección gestión meteorológica estudios e investigaciones meteorológicas: <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/clima/>
- INIAP. (2011). *Producción limpia de hortalizas*. Ecuador: Activa Diseño Editorial.
- Jadán, G. A. (2007). *Efecto del hidrorretenedor de humedad sobre el prendimiento de plántulas de dos especies forestales en el cantón de Macará (tesis de pregrado)*. Universidad Nacional de Loja, Ecuador.
- Jarrín, M. A. (2011). *Cinco relaciones del abono BSA 1.0 y fertilizante sintético para la producción de lechuga Crespa en Machachi, Ecuador (tesis de pregrado)*. Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, Honduras.

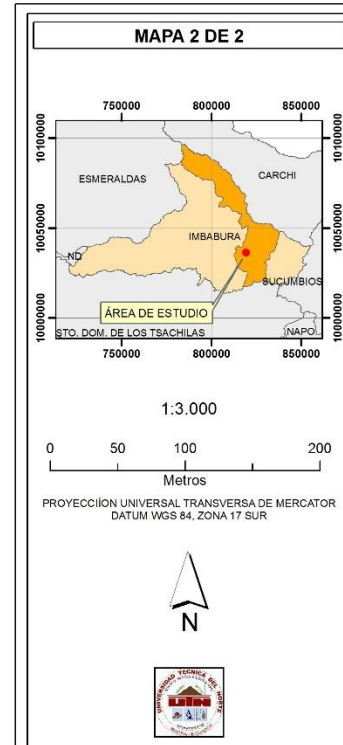
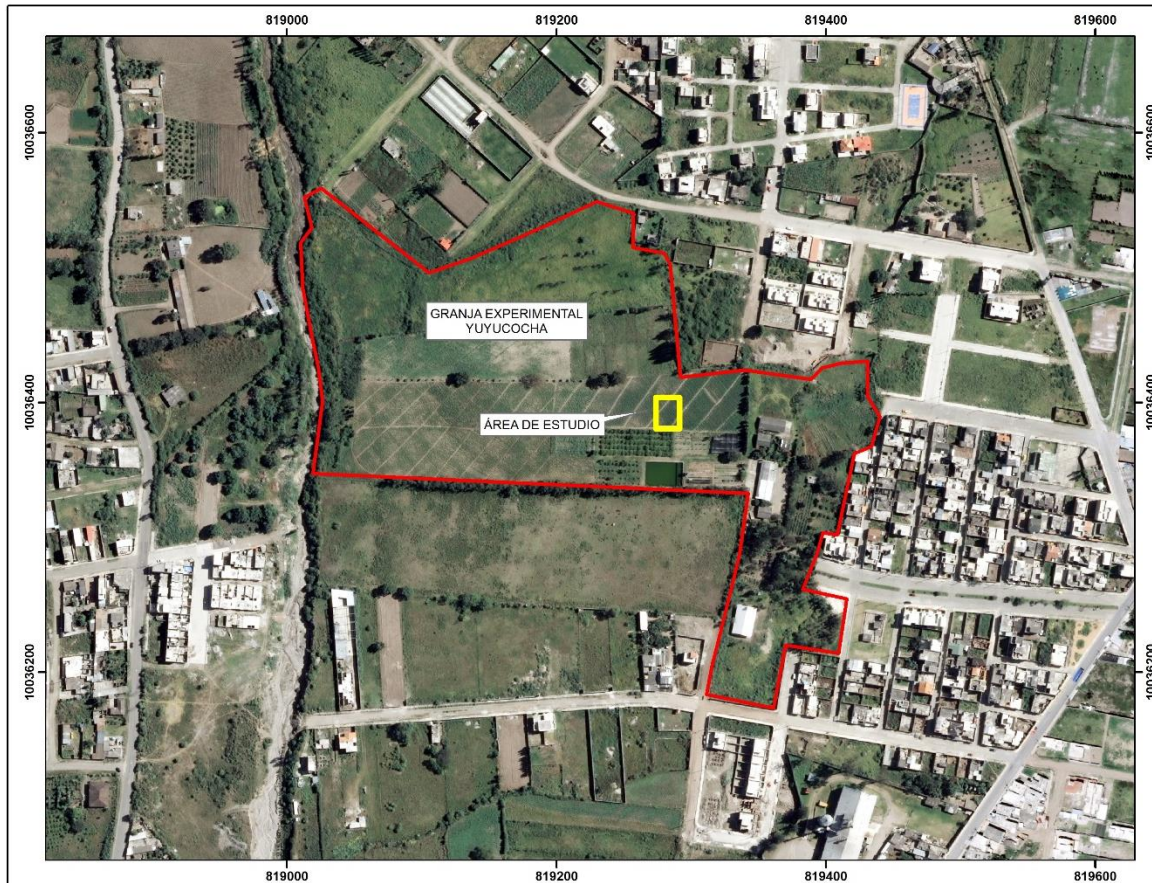
- Lastres, L., Arguello, H., & Rueda, A. (2012). Manual del Promotor Agrícola. En PROMIPAC, *Manejo Integrado de Cultivos* (págs. 38-39). Honduras: Freddy Soza.
- Loor, k. D., & Loor, N. M. (2007). *Rehabilitacion de Huertas y Fermentación del Cacao Fino de Aroma Bajo Riego (Tesis Diplomado)*. Escuela Superior Politécnica Del Litoral, Guayaquil , Ecuador.
- Miranda, O. (2002). *Presupuestos parciales para la administración de fincas*. Argentina.
- Montesdeoca, N. (2008). Caracterización física, química y funcional de la lechuga. 20.
- Ochoa, S. I. (24 de Mayo de 2014). *Efecto con diferentes dosis de polímero (acrilato de potasio) en trigo para retención de agua en suelos arcillosos en el valle del Yaqui. (Tesis de pregrado)*. Instituto Tecnológico de Sonora, México.
- Orozco, M. E. (Diciembre de 2010). *Evaluación de cuatro dosis de hidrorretenedor luquasorb y tres tipos de sustratos en la plantación de guarango (caesalpineia espinosa ) (mol) o.kunts en el cantón Guano. (Tesis de pregrado)*. Universidad Politécnica de Chimborazo, Ecuador.
- PACT. (2013). *Programas de Aguas y Cuencas de Tungurahua. ¿Por qué tecnificación de "sistemas colectivos de riego"?* Obtenido de <http://rrnn.tungurahua.gob.ec//inicio#/programas/ver/523c78c6bd92eae001000001>
- Padilla, W. (1979). Guía de recomendaciones de fertilización para los principales cultivos del Ecuador, Boletín Técnico no. 32. Quito, Ecuador: INIAP, Estación Experimental Santa Catalina.
- Prensa, L. (18 de Septiembre de 2015). Juan Orlando valida sistema de riego por lluvia solida. *La Prensa, Honduras*.
- Qemi International. (26 de Junio de 2002). *Hidrokeeper (Retenedor de agua)*. Obtenido de <http://www.hidrokeeper.com/images/descargas/HojaDeSeguridadHKActualizada.pdf>
- Rincón, L. F. (2008). *La fertirrigación de la lechuga*. España: Mundi-Prensa.

- Rojas, B. d., Ramírez, M. P., Torres, C., Bejarano, L. V., & ...Katime, I. (2008). Síntesis Y Caracterización de hidrogeles copoliméricos obtenidos a partir de acrilamida, ácido maleico y ácido acrílico. *Revista Iberoamericana de Polímeros*, 158.
- Rojas, B. d., Ramírez, M., Aguilera, R., Prin, J. L., & Torres, C. (2006). Los hidrogeles poliméricos como potenciales reservorios de agua y su aplicación en la germinación de semillas de tomate en diferentes tipos de suelos. *Revista Iberoamericana de Polímeros. Volumen 7 (3)*, 200.
- Salinas, C. D. (2013). *Introducción de cinco variedades de lechuga (Lactuca sativa L.) en el barrio Santa Fe de la parroquia Atahualpa en el cantón Ambato (tesis de pregrado)*. Universidad Técnica de Ambato, Ecuador.
- San Martín, K. M. (2004). *Efectos de diversos tratamientos hídricos sobre la producción de lechuga (Lactuca sativa L.) en la IX Región de Chile (Tesis de pregrado)*. Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile.
- Saucedo, J. C., González, M. R., Nuñez, L. M., Casiano, R. T., & Serna, R. R. (2011). *Diagnóstico de las reforestaciones de mezquite y métodos para incrementar su sobrevivencia en Durango, México*. México.
- Stewart, B., Nielsen, D., & Millar. (1990). *Irrigation of Agricultural Crops*. Wisconsin, USA: ASA, CSSA, SSSA Publishers.
- Tlatilpa, S. I. (2003). *Endomicorrizas e Hidrogel en la nutrición mineral de Jitomate (Lycopersicon esculentum)*. Obtenido de <http://suelos.chapingo.mx/tesis/tesis/209.pdf>
- Villegas, O. G. (2013). *Poliacrilato de potasio: Uso eficiente de agua y nutrientes en el cultivo de hornamentales*. México.
- Zuchem. (2002). *Hidrokeeper (Retenedor de agua)*. Obtenido de <http://zuchemltda.com/productos/division-agricola.html>

# **ANEXOS**

**Anexo 1. Ubicación del área de estudio. Granja Experimental Yuyucocha, 2016**

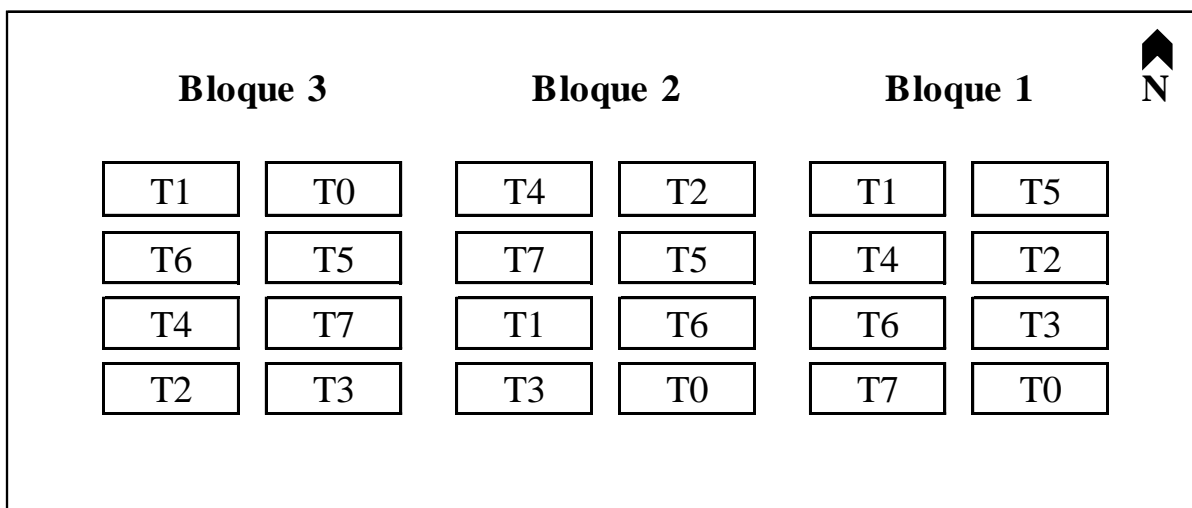
**EFFECTO DE RETENEDORES DE AGUA EN LA PRODUCCIÓN DE LECHUGA (*Lactuca sativa* L.)  
VARIEDAD CRESPA SALAD EN LA GRANJA EXPERIMENTAL YUYUCOCHA, PROVINCIA DE IMBABURA**



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


ELABORACIÓN: NESTOR VÉLEZ	REVISADO POR: ING. CARLOS CAZCO
CONTIENE: <b>MAPA BASE</b>	
FUENTE: SNI, 2014 Elaboración propia, 2014	FECHA: 2016 - 19 - 05

Anexo 2. Croquis del experimento.

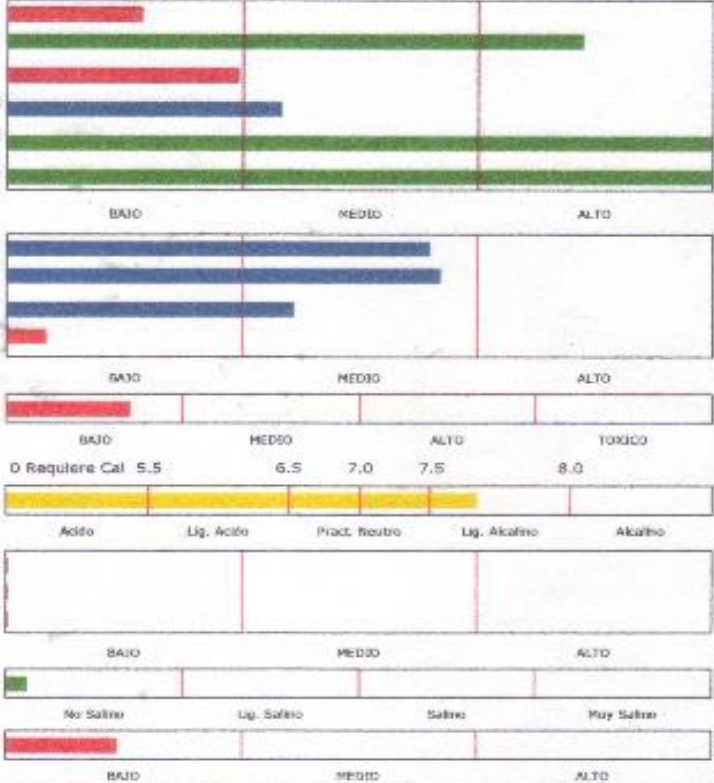






Anexo 3. Análisis de suelo del área experimental.



**LABONORT**  
LABORATORIOS NORTE  
Av. Cristobal de Troya y Jaime Roldos Ibarra - Ecuador cel. 0999591050

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS																																																							
<b>DATOS DE PROPIETARIO</b> Nombre: NESTOR VELEZ Ciudad: Ibarra Teléfono: Fax:	<b>DATOS DE LA PROPIEDAD</b> Provincia: Imbabura Cantón: Ibarra Parroquia: Caranquí Sitio: Granja.Exp. Yuyucocha																																																						
<b>DATOS DEL LOTE</b> Sitio: Granja.Exp. Yuyucocha Superficie: Número de Campo: M 1 Cultivo Actual: A Cultivar: Lechuga	<b>DATOS DE LABORATORIO</b> Nro Reporte.: 6332 Tipo de Análisis: Completo + T Muestra: Suelo M 1 Fecha de Ingreso: 2015-07-24 Fecha de Reporte: 2015-07-29																																																						
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Nutriente</th> <th>Valor</th> <th>Unidad</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>N</td><td>17.08</td><td>ppm</td></tr> <tr><td>P</td><td>24.48</td><td>ppm</td></tr> <tr><td>S</td><td>11.80</td><td>ppm</td></tr> <tr><td>K</td><td>0.23</td><td>meq/100 ml</td></tr> <tr><td>Ca</td><td>9.20</td><td>meq/100 ml</td></tr> <tr><td>Mg</td><td>2.71</td><td>meq/100 ml</td></tr> <tr><td>Zn</td><td>6.19</td><td>ppm</td></tr> <tr><td>Cu</td><td>3.52</td><td>ppm</td></tr> <tr><td>Fe</td><td>24.36</td><td>ppm</td></tr> <tr><td>Mn</td><td>0.83</td><td>ppm</td></tr> <tr><td>B</td><td>0.70</td><td>ppm</td></tr> <tr><td>pH</td><td>7.67</td><td></td></tr> <tr><td>Acidez Int. (Al+H)</td><td></td><td>meq/100 ml</td></tr> <tr><td>Al</td><td></td><td>meq/100 ml</td></tr> <tr><td>Na</td><td></td><td>meq/100 ml</td></tr> <tr><td>Ce</td><td>0.227</td><td>mS/cm</td></tr> <tr><td>MO</td><td>1.40</td><td>%</td></tr> </tbody> </table>	Nutriente	Valor	Unidad	N	17.08	ppm	P	24.48	ppm	S	11.80	ppm	K	0.23	meq/100 ml	Ca	9.20	meq/100 ml	Mg	2.71	meq/100 ml	Zn	6.19	ppm	Cu	3.52	ppm	Fe	24.36	ppm	Mn	0.83	ppm	B	0.70	ppm	pH	7.67		Acidez Int. (Al+H)		meq/100 ml	Al		meq/100 ml	Na		meq/100 ml	Ce	0.227	mS/cm	MO	1.40	%	<b>INTERPRETACION</b>  <p style="text-align: center;">BAJO                      MEDIO                      ALTO</p> <p style="text-align: center;">BAJO                      MEDIO                      ALTO                      TOXICO</p> <p style="text-align: center;">0 Requiere Cal 5.5                      6.5                      7.0                      7.5                      8.0</p> <p style="text-align: center;">Acido                      Lig. Acido                      Pract. neutro                      Lig. Alcalino                      Alcalino</p> <p style="text-align: center;">BAJO                      MEDIO                      ALTO</p> <p style="text-align: center;">No Salino                      Lig. Salino                      Salino                      Muy Salino</p> <p style="text-align: center;">BAJO                      MEDIO                      ALTO</p>
Nutriente	Valor	Unidad																																																					
N	17.08	ppm																																																					
P	24.48	ppm																																																					
S	11.80	ppm																																																					
K	0.23	meq/100 ml																																																					
Ca	9.20	meq/100 ml																																																					
Mg	2.71	meq/100 ml																																																					
Zn	6.19	ppm																																																					
Cu	3.52	ppm																																																					
Fe	24.36	ppm																																																					
Mn	0.83	ppm																																																					
B	0.70	ppm																																																					
pH	7.67																																																						
Acidez Int. (Al+H)		meq/100 ml																																																					
Al		meq/100 ml																																																					
Na		meq/100 ml																																																					
Ce	0.227	mS/cm																																																					
MO	1.40	%																																																					
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>Ca</th> <th>Mg</th> <th>Ca+Mg (meq/100ml)</th> <th>%</th> <th>ppm</th> <th colspan="3">Clase Textural</th> </tr> <tr> <th>Mg</th> <th>K</th> <th>K</th> <th>Sum Bases</th> <th>NTot</th> <th>Cl</th> <th>Arena</th> <th>Limo</th> <th>Arcilla</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>3.39</td> <td>11.78</td> <td>51.78</td> <td>12.14</td> <td></td> <td></td> <td>47.60</td> <td>44.00</td> <td>8.40</td> </tr> </tbody> </table>		Ca	Mg	Ca+Mg (meq/100ml)	%	ppm	Clase Textural			Mg	K	K	Sum Bases	NTot	Cl	Arena	Limo	Arcilla	3.39	11.78	51.78	12.14			47.60	44.00	8.40																												
Ca	Mg	Ca+Mg (meq/100ml)	%	ppm	Clase Textural																																																		
Mg	K	K	Sum Bases	NTot	Cl	Arena	Limo	Arcilla																																															
3.39	11.78	51.78	12.14			47.60	44.00	8.40																																															
Dr. Quim. Edison M. Miño M. Responsable Laboratorio 																																																							



**Anexo 4.** Datos climáticos registrados en la época de estudio.

Temperatura registrada (°C)

<b>Día</b>	<b>Agosto</b>	<b>Septiembre</b>
1	-	22,60
2	-	25,50
3	-	25,80
4	-	25,40
5	-	25
6	-	26,70
7	-	25,50
8	-	25,20
9	-	25,60
10	-	25,40
11	25,60	26
12	24,60	26
13	25	26,40
14	23,20	26,30
15	25	26,20
16	26,60	26,60
17	25	27,80
18	25,40	25,80
19	23,60	25
20	25,60	27,40
21	25,60	27,80
22	26,20	26,40
23	25,40	23,90
24	26	24,60
25	23,80	25,40
26	25	
27	24,80	
28	25,40	
29	24,50	
30	25,20	
31	24	
<b>Promedio</b>	<b>25,02</b>	<b>25,77</b>

<b>Día</b>	<b>Agosto</b>	<b>Septiembre</b>
9	-	3
11	-	-
13	0.2	-
14	1.4	-
15	0.2	-
25	-	-
31	-	-
<b>Total</b>	<b>1.8</b>	<b>3</b>

Precipitación registrada (mm)

<b>Día</b>	<b>Agosto</b>	<b>Septiembre</b>
9	-	3
11	-	-
13	0,20	-
14	1,40	-
15	0,20	-
25	-	-
31	-	-
<b>Total</b>	<b>1,80</b>	<b>3</b>
<b>Acumulada (4,80)</b>		

**Anexo 5.** Datos recopilados para variable porcentaje (%) de prendimiento en lechuga variedad

Crespa Salad. Ibarra, 2016

TRATAMIENTO	REP 1	REP 2	REP 3	TOTAL	PROMEDIO	PORCENTAJE %
T1	16	16	16	48	16	100
T2	16	16	16	48	16	100
T3	16	16	16	48	16	100
T4	16	16	16	48	16	100
T5	16	16	15	47	15,67	97,92
T6	16	13	16	45	15	93,75
T7	16	16	16	48	16	100
T0	3	3	2	8	2,67	16,67

**Anexo 6.** Datos recopilados para variable porcentaje (%) de sobrevivencia a la cosecha en

lechuga variedad Crespa Salad. Ibarra, 2016

TRATAMIENTO	REP 1	REP 2	REP 3	TOTAL	PROMEDIO	PORCENTAJE %
T1	16	16	15	47	15,67	97,92
T2	16	16	16	48	16	100
T3	16	16	16	48	16	100
T4	16	16	15	47	15,67	97,92
T5	15	16	16	47	15,67	97,92
T6	14	15	16	45	15	93,75
T7	16	16	16	48	16	100
T0	0	0	0	0	0	0

**Anexo 7.** Datos recopilados para peso de la planta completa en (g) de lechuga variedad Crespa

Salad. Ibarra, 2016

TRATAMIENTO	REP 1	REP 2	REP 3	TOTAL
T1	121	151	205	159
T2	176	115	129	140
T3	157	165	158	160
T4	127	153	122	134
T5	58	55	42	52
T6	24	60	63	49
T7	25	63	58	49
T0	0	0	0	0

**Anexo 8.** Datos recopilados para peso parte aérea en (g) de la planta de lechuga variedad Crespa Salad. Ibarra, 2016

TRATAMIENTO	REP 1	REP 2	REP 3	TOTAL
T1	88	118	176	127
T2	104	98	121	108
T3	124	146	142	137
T4	93	84	107	95
T5	48	39	42	43
T6	18	49	49	39
T7	21	51	46	39
T0	0	0	0	0

**Anexo 9.** Datos recopilados para peso radicular en (g) de lechuga variedad Crespa Salad. Ibarra, 2016

TRATAMIENTO	REP 1	REP 2	REP 3	TOTAL
T1	20	18	13	17
T2	15	17	13	15
T3	17	16	16	16
T4	16	13	10	13
T5	10	11	11	11
T6	5	11	14	10
T7	4	10	12	9
T0	0	0	0	0

## Anexo 10. Implementación del área de investigación

Limpieza del terreno



Desinfección del terreno



Medición del terreno



Preparación del terreno



Elevación tanque de 500l



Implementación de riego por goteo



Pesaje de poliacrilato de potasio



Fertilizante pesado y dosificado.



Riego inicial antes del trasplante.



Hidratación de poliacrilato de potasio



Aplicación de fertilizantes y poliacrilato de potasio



Trasplante plántulas de lechuga





Control manual de  
arvenses



Cosecha



Extracción de plantas para  
evaluación de variables



Lavado de las plantas



Codificación de las plantas  
muestreadas



Pesaje de plantas  
muestreadas

