



# **UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES**

**“EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE LECHUGA (*Lactuca sativa* L.) VARIEDAD CRESPA SALAD CON RETENEDORES DE AGUA EN TOCACHI – PICHINCHA Y SAN JOSÉ DE CHALTURA - IMBABURA”.**

**Trabajo de grado previa a la obtención del Título de Ingeniera Agropecuaria**

**AUTORA:**

**Geovanna Belén Caizapasto Guachala**

**DIRECTORA:**

**Ing. María José Romero Astudillo, MSc.**

**Ibarra, 2019**

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y  
AMBIENTALES

CARRERA DE INGENIERÍA EN AGROPECUARIA

**“EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE LECHUGA  
(*Lactuca sativa* L.) VARIEDAD CRESPA SALAD CON RETENEDORES  
DE AGUA EN TOCACHI – PICHINCHA Y SAN JOSÉ DE CHALTURA -  
IMBABURA”**

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

## INGENIERA AGROPECUARIA

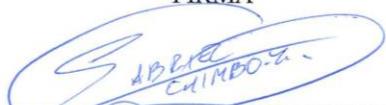
APROBADO:

Ing. María José Romero, MSc.  
**DIRECTORA**



FIRMA

Ing. Gabriel Alejandro Chimbo, MSc.  
**MIEMBRO TRIBUNAL**



FIRMA

Ing. Miguel Alejandro Gómez, MSc.  
**MIEMBRO TRIBUNAL**



FIRMA

Ing. José Luis Ortiz, MSc.  
**MIEMBRO TRIBUNAL**



FIRMA



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

## BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

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

#### 1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

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

DATOS DE CONTACTO			
<b>CÉDULA DE IDENTIDAD:</b>	100401971-5		
<b>APELLIDOS Y NOMBRES:</b>	Caizapasto Guachala Geovanna Belén		
<b>DIRECCIÓN:</b>	Barrio 13 de abril		
<b>EMAIL:</b>	geoviscaizapasto@gmail.com		
<b>TELÉFONO FIJO:</b>		<b>TELÉFONO MÓVIL:</b>	0980926318

DATOS DE LA OBRA	
<b>TÍTULO:</b>	EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE LECHUGA ( <i>Lactuca sativa</i> L.) VARIEDAD CRESPA SALAD CON RETENEDORES DE AGUA EN TOCACHI – PICHINCHA Y SAN JOSÉ DE CHALTURA - IMBABURA”
<b>AUTOR:</b>	Caizapasto Guachala Geovanna Belén
<b>FECHA: DD/MM/AAAA</b>	
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
<b>PROGRAMA:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> <b>PREGRADO</b> <input type="checkbox"/> <b>POSGRADO</b>
<b>TITULO POR EL QUE OPTA:</b>	Ingeniería Agropecuaria
<b>DIRECTORA:</b>	Ing. María José Romero, MSc.

## 2. CONSTANCIAS

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

Ibarra, a los 30 días del mes de octubre de 2019

**EL AUTOR:**



.....  
Caizapasto Guachala Geovanna Belén

## ACEPTACIÓN

### DECLARACIÓN DE AUTORÍA

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

Ibarra, a los 30 días del mes de octubre de 2019



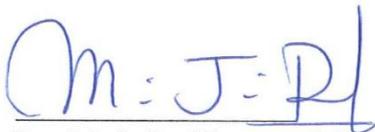
Firma

Caizapasto Guachala Geovanna Belén

## CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Srta. Caizapasto Guachala Geovanna Belén, bajo mi supervisión.

Ibarra, a los 30 días del mes de octubre de 2019

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'M: J: R', is written over a horizontal line.

Ing. María José Romero, MSc.  
DIRECTORA DE TESIS

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

Yo, Caizapasto Guachala Geovanna Belén, con cédula de identidad Nro. 100401971-5, 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: **“EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE LECHUGA (*Lactuca sativa* L.) VARIEDAD CRESPA SALAD CON RETENEDORES DE AGUA EN TOCACHI - PICHINCHA Y SAN JOSÉ DE CHALTURA – IMBABURA”**, que ha sido desarrollado para optar por el título de: **INGENIERA AGROPECUARIA** 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 30 días del mes de octubre de 2019



Firma

Caizapasto Guachala Geovanna Belén

## REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

**Guía:** FICAYA-UTN

**Fecha:** Ibarra, a los 30 días del mes de octubre del 2019

Caizapasto Guachala Geovanna Belén: **“EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE LECHUGA (*Lactuca sativa* L.) VARIEDAD CRESPA SALAD CON RETENEDORES DE AGUA EN TOCACHI - PICHINCHA Y SAN JOSÉ DE CHALTURA – IMBABURA”** /Trabajo de titulación. Ingeniero Agropecuario.

Universidad Técnica del Norte. Carrera de Ingeniería Agropecuaria. Ibarra, a los 30 días del mes de octubre del 2019, 75 páginas.

**DIRECTRA:** Ing. María José Romero, MSc.

El objetivo principal de la presente investigación fue: Evaluar el rendimiento del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) variedad Crespa Salad utilizando retenedores de agua en las localidades de Tocachi – Pichincha y San José de Chaltura - Imbabura. Entre los objetivos específicos se encuentran: Determinar la dosis de retenedores de agua que promueva el mayor rendimiento en el cultivo de lechuga. Comparar el efecto de retenedores de agua en dos tipos de suelo. Contrastar la relación Beneficio-Costo de los tratamientos en estudio.



Ing. María José Romero, MSc.

**Directora de Trabajo de Grado**



Caizapasto Guachala Geovanna Belén

**Autor**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por protegerme durante todo mi camino y darme fuerzas para superar obstáculos y dificultades a lo largo de mi vida.

Un agradecimiento especial a mi padre José, por su apoyo y motivación a lo largo de mi vida, el cual se ha preocupado por mí en todo momento y me ha impulsado a seguir adelante para culminar con éxito.

A mi madre, que siempre la he tenido presente en mi vida. Y sé que está orgullosa de la persona en la cual me he convertido. A pesar de la distancia física siento que estás conmigo siempre y aunque nos faltaron muchas cosas por vivir juntas, sé que este momento hubiera sido tan especial para ti como para mí.

A mis hermanos Janeth y Jeferson, que de una u otra manera son la razón por la cual me vi en este punto de mi vida, a puertas del título profesional tan anhelado, gracias por todo su amor.

A mis amigas y amigos, gracias a su infinita paciencia y compartir momentos significativos conmigo.

Finalmente, pero no menos importante, a mis profesores, que han marcado con sus enseñanzas mi futuro, gracias por su tiempo, por su apoyo, así como por la sabiduría que me transmitieron en el desarrollo de mi formación profesional.

## **DEDICATORIA**

Al creador de todas las cosas, el que me ha dado fortaleza para continuar cuando a punto de caer he estado; por ello, con toda la humildad que mi corazón puede emanar, dedico primeramente mi trabajo a Dios.

De igual forma, dedico a la persona que más amo a mi padre José por acompañarme durante todo mi trayecto estudiantil y de mi vida que ha sabido formarme con buenos sentimientos, hábitos y valores, lo cual me ha ayudado a salir adelante en los momentos más difíciles.

A la mujer que me dio la vida Luzmila, la cual, a pesar de haberla perdido a muy temprana edad, ha estado siempre cuidándome y guiándome desde el cielo.

A mis hermanos Janeth y Jeferson que siempre han estado junto a mí y brindándome su apoyo incondicional.

A mis amigas y amigos que de una u otra forma me escucharon y dieron palabras para mejorar como persona, además, hicieron de esta experiencia universitaria una de las más especiales.

# ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE FIGURAS .....	i
ÍNDICE DE TABLAS .....	ii
ÍNDICE DE ANEXOS .....	iii
RESUMEN .....	iv
CAPÍTULO I.....	1
1.1 Antecedentes .....	1
1.2 Problema.....	2
1.3 Justificación.....	3
1.4 Objetivos .....	4
1.4.1 Objetivo general .....	4
1.4.2 Objetivos específicos.....	4
1.5 Hipótesis.....	4
CAPÍTULO II .....	5
2. MARCO TEÓRICO .....	5
2.1 Retenedores de agua.....	5
2.1.1 Características físicas y químicas.....	7
2.1.2 Campos de uso .....	7
2.2 Cultivo de Lechuga .....	7
2.2.1 Taxonomía.....	8
2.2.3 Morfología.....	9
2.2.4 Caracteres Agronómicos .....	10
2.3 Marco legal.....	12
CAPÍTULO III .....	13
3. MATERIALES Y MÉTODOS .....	13
3.1 Descripción del área de estudio.....	13
3.2 Materiales .....	14
3.2.1 Material Experimental.....	14
3.2.2 Equipos.....	14
3.2.3 Herramientas, insumos y otros materiales.....	14
3.3 Manejo del experimento.....	15
3.3.1 Factores en estudio .....	15
3.3.2 Tratamientos.....	15
3.3.3 Diseño experimental.....	15
3.3.4 Características del experimento .....	16

3.3.5 Variables a evaluadas .....	26
3.3.6 Manejo específico del ensayo .....	30
CAPÍTULO IV .....	33
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	33
4.1 Número de plantas vivas a los 15 días .....	33
4.2 Número de plantas vivas a la cosecha .....	35
4.3 Incidencia de <i>Sarasinula plebeia</i> .....	36
4.3 Peso de la planta completa a la cosecha .....	37
4.5 Longitud de hojas .....	39
4.6 Número de hojas.....	40
4.7 Materia seca.....	42
4.8 Relación Beneficio/Costo.....	44
CAPÍTULO V .....	46
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	46
5.1 Conclusiones .....	46
5.2 Recomendaciones.....	46
BIBLIOGRAFÍA.....	47
ANEXOS.....	66

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de ubicación de la localidad 1.....	13
Figura 2. Mapa de ubicación de la localidad 2.....	14
Figura 3. Disposición de los ensayos en los sitios de estudio.....	25
Figura 4. Contabilización de plantas a los 15 días.....	26
Figura 5. Cosecha en las dos ubicaciones del ensayo.....	26
Figura 6. Monitoreo semanal de <i>Sarasinula plebeia</i> .....	27
Figura 7. Peso completo de la planta (g).....	27
Figura 8. Toma de la longitud de las hojas.....	28
Figura 9. Conteo de hojas por planta.....	28
Figura 10. Muestras en fundas codificadas y colocación en el horno a 65°C.....	29
Figura 11. Medición y delimitación de las áreas de estudio.....	30
Figura 12. Aplicación de las dosis del retenedor de agua.....	31
Figura 13. Colocación de la raíz en el retenedor de agua y trasplante.....	31
Figura 14. Monitoreo al azar de plagas y enfermedades.....	32
Figura 15. Cosecha.....	32
Figura 16. Número de plantas vivas a los 15 días del trasplante en dos diferentes texturas y aplicación del retenedor de agua.....	34
Figura 17. Número de plantas vivas a la cosecha con diferentes dosis de retenedores de agua en dos texturas suelo.....	36
Figura 18. Peso de la planta total con diferentes dosis de retenedor de agua en dos texturas de suelo.....	38
Figura 19. Longitud de hojas con diferentes dosis de retenedor de agua en dos texturas suelo.....	40
Figura 20. Número de hojas por planta con dosis diferentes de retenedor de agua en diferentes texturas de suelo.....	41
Figura 21. Materia seca de la textura de suelo A con la aplicación de retenedores de agua en dosis de 0.00 g, 0.10, 0.20 y 0.30 g.....	42
Figura 22. Materia seca de la textura de suelo Fr con las siguientes dosis 0.10, 0.20 y 0.30 g.....	43

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Polímeros naturales, sintéticos y monómeros utilizados en la preparación de hidrogeles. ....	6
Tabla 2. Composición de la lechuga ( <i>Lactuca sativa</i> L.) por 100 gramos de porción comestible.....	8
Tabla 3. Clasificación taxonómica de la lechuga. ....	9
Tabla 4. Estados de crecimiento de la planta de lechuga ( <i>Lactuca sativa</i> L.).....	10
Tabla 5. Grupos botánicos de la lechuga ( <i>Lactuca sativa</i> L.). ....	11
Tabla 6. Descripción de tratamientos en estudio.....	15
Tabla 7. Análisis de varianza (ADEVA) de un Diseño de Bloques Completos al Azar.....	16
Tabla 8. Características del experimento. ....	16
Tabla 9. ADEVA para la variable número de plantas vivas a los 15 días en dos tipos de textura de suelo.....	33
Tabla 10. ADEVA para la variable número de plantas vivas a la cosecha. ....	35
Tabla 11. ADEVA para la variable peso de la planta completa a la cosecha. ....	37
Tabla 12. ADEVA para la variable de la longitud de hojas. ....	39
Tabla 13. ADEVA para la variable número de hojas de lechuga ( <i>Lactuca sativa</i> L.). ....	40
Tabla 14. ADEVA para la variable materia seca en la textura de suelo arenosa. ....	42
Tabla 15. ADEVA para la variable materia seca en textura de suelo franca arenosa. ....	43
Tabla 16. Relación Beneficio/Costo en las dos texturas de suelo. ....	45

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Análisis de suelo.....	66
Anexo 2. Número de plantas vivas a la cosecha en dos texturas de suelo.....	70
Anexo 3. Peso de la planta total en dos texturas diferentes. ....	70
Anexo 4. Longitud de hojas con diferentes dosis de retenedor de agua en dos texturas. ....	70
Anexo 5. Número de hojas por planta con diferentes dosis de retenedores de agua. ....	71
Anexo 6. Materia seca de la textura arenosa. ....	71
Anexo 7. Materia seca de la textura franca arenosa. ....	71

## RESUMEN

La intensidad y frecuencia de la sequía, es más evidente en suelos arenosos. Es por esto que la actividad agrícola en lugares secos se vuelve crítica. Por lo tanto, el uso eficiente del agua es primordial en suelos con escaso acceso a riego. En tal virtud, la aplicación de retenedores de agua es una alternativa que puede mitigar este problema que afecta a la productividad agrícola. La presente investigación se realizó con el objetivo de evaluar el rendimiento de lechuga (*Lactuca sativa* L.), variedad Crespa Salad, utilizando retenedores de agua en las localidades de Tocachi – Pichincha y San José de Chaltura – Imbabura. Las variables evaluadas fueron: número de plantas vivas a los 15 días, número de plantas a la cosecha, incidencia de *Sarasinula plebeia* (babosa), peso de la planta completa a la cosecha, longitud de hojas, número de hojas, materia seca y relación beneficio/costo. Los datos obtenidos fueron analizados bajo un diseño de bloques completos al azar (DBCA), con ocho tratamientos y tres bloques, es decir 24 unidades experimentales en el ensayo. Los resultados indican que, con el octavo tratamiento, se obtiene un mayor rendimiento al utilizar una dosis de 0.30 g de retenedor de agua en el suelo de textura franca arenosa. La relación beneficio/costo para este tratamiento fue de 1.23.

**Palabras clave:** Retenedores de agua, lechuga, suelo arenoso, suelo franca arenosa, sequía.

## ABSTRACT

The intensity and frequency of drought is more evident in sandy soils. In this way, agricultural activity in dry places becomes critical. Therefore, the efficient use of water is essential in these soils. As such, the application of water retainers is an alternative that can mitigate this problem which affects agricultural productivity. This research was carried out with the objective of assessing the yield of lettuce (*Lactuca sativa* L.), Crespa Salad variety, using water retainers in the towns of Tocachi - Pichincha and San José de Chaltura - Imbabura. The variables evaluated were: number of living plants at 15 days, number of plants at harvest, incidence of *Sarasinula plebeia* (slug), weight of the entire plant at harvest, leaf length, number of leaves, dry matter and benefit / cost ratio. The data obtained were analyzed under a randomized complete block design (DBCA), with eight treatments and three blocks, that is 24 experimental units in the test. The results indicate that with the eighth treatment, a higher yield is obtained by using a dose of 0.30 g of water retainer in the sandy loam texture soil. The benefit / cost ratio for this treatment was 1.23.

**Keywords:** Water retainers, lettuce, sandy soil, sandy loam, drought.

# CAPÍTULO I

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1 Antecedentes

Ecuador posee varios factores de vulnerabilidad en el sector agrícola como la erosión del suelo, inexistencia de seguros agrícolas, pero la más relevante es la falta de accesibilidad al agua de riego (García y Fereres, 2012). Esto provoca pérdidas en la producción de cultivos de importancia económica, como la lechuga (Jiménez, Castro y Wittmer, 2012). Esto se evidencia con reportes como el de Nelson et al. (2009), quienes indican que entre los años 2000 y 2009, únicamente el 0.4% de los agricultores a nivel nacional tuvo acceso a agua de riego.

La escasez de lluvias cada año afecta a nuestro país, en varios cultivos de ciclo corto y anuales los cuales son vulnerables por la dependencia de las precipitaciones. En el año 2013, existió una ausencia de lluvias de cuatro meses en la zona sur del Ecuador, la provincia más afectada por el déficit hídrico fue Loja. Las principales consecuencias se evidenciaron en la economía provincial, ya que la ausencia de precipitaciones fue de un 72%, siendo inferior al promedio anual. Esto provocó pérdidas en los cultivos de maíz, maní y fréjol, así como una alta escasez de alimentación y follaje para el ganado (Castellanos, 2013).

Una solución a esta problemática podría ser el uso de retenedores de agua, los que están compuestos de polímeros biodegradables y que presentan una vida útil de 7 a 10 años. Su función es absorber el agua de las lluvias o el riego y dejarla disponible para las plantas. Sin embargo, esto va a depender de factores como la textura del suelo, el contenido de materia orgánica y la temperatura ambiental, lo que permitiría ahorrar hasta un 50% en el riego (Nissen y San Martín, 2004). Los retenedores se caracterizan por poseer una consistencia suave y elástica, no pierden su forma al hincharse de agua, aumentando su volumen hasta alcanzar un equilibrio fisicoquímico que permite aumentar la actividad biológica y la producción agrícola en zonas semiáridas, terrenos de cultivos abandonados y suelos poco fértiles (Estrada et al., 2010).

Pedroza, Yáñez, Sánchez y Samaniego (2015) afirman que la aplicación de retenedores de agua tiene una liberación lenta de agua. Esto permite que la planta tenga una disponibilidad constante de agua constante. En consecuencia, en hortalizas y especies forestales la marchitez se retrasa hasta un 400%, mientras que en épocas secas la cantidad de plantas marchitas puede descender en un 250% (Barón, Barrera, Boada y Rodríguez, 2007). Del mismo modo, ayuda a evitar la muerte de plantas por trasplante y generar un mayor crecimiento, lo que permite aumentar el rendimiento de los cultivos (Hernández, Peralta, Santos y Gutiérrez, 2007).

Barreto (2011), indica que la aplicación de retenedores de agua en el cultivo de *Juniperus flaccida*, reduce el estrés hídrico e incrementa la sobrevivencia en la época de sequía. Así

mismo, Vélez (2016), demostró que la variable prendimiento alcanza valores del 97% en el cultivo de lechuga con la aplicación de poliacrilato de potasio, mientras que en sin la aplicación de poliacrilato de potasio alcanzó un 17%. Esto demuestra la eficiencia los retenedores de poliacrilato de potasio al aumentar la disponibilidad de agua al cultivo. Estos antecedentes indican que, para un funcionamiento metabólico durante el crecimiento celular, la fotosíntesis y la productividad, es importante suministrar la cantidad de agua necesaria a las plantas (Pérez, Rojas y Melgarejo, 2010).

## **1.2 Problema**

A nivel mundial la producción agrícola ha sido afectada por el cambio climático el cual provoca altas temperaturas y al mismo tiempo una sequía en el suelo dando como resultado la muerte de plantas provocada por el estrés hídrico, así como, una baja producción de biomasa (Abdel-Salam, Alatar y El-Sheikh, 2018; Asrar, Abdel-Fattah y Elhindi, 2012). El impacto que provoca la sequía en sectores como la parte agrícola, social y económica, perjudica el bienestar de las personas (Chang, Xu, Starr y Paw, 2018). Además, los últimos estudios prevén una alta aridez sobre la tierra consecuencia del cambio climático (Chang et al., 2018; Few Tebboth, 2018; Feyen Dankers, 2009; Mpelasoka, Hennessy, Jones y Bates, 2008).

El 2.5% del agua presente en la tierra es dulce, una proporción importante del consumo hídrico se realiza en la producción de los alimentos. Se necesitan entre 2000 y 5000 litros de agua para producir los alimentos consumidos por una persona en un día (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación [FAO], 2014).

Los cultivos del Ecuador son amenazados con la baja probabilidad de lluvias en zonas destinadas a bosques nativos (12011702.37 ha), artificial (3783476.26 ha) y mosaicos agropecuarios (3144051.21 ha) que presentarían afectación significativa. De estos el 49.06 % se ubica en nivel de riesgos alto y el 50.94 % en nivel muy alto (Secretaría de Gestión de Riesgos, 2015). Los cultivos de ciclo corto que se encuentran potencialmente amenazados con un total de 325.793 hectáreas, dichos cultivos son: arroz, cultivos de zona cálida, pasto, bosque, maíz y hortalizas (Secretaría de Gestión de Riesgos, 2014).

En este sentido, es importante señalar que la temperatura y la humedad relativa del aire, pueden tener un efecto directo e indirecto sobre el crecimiento de las plantas. Dado que la condición de sequía, generalmente esta asociada a temperaturas altas, puede ser significativo el efecto negativo sobre procesos fisiológicos como la respiración, transpiración, división celular y fotosíntesis (Cunha, Paiva, Leite, Barros y Leite, 2009).

De acuerdo con lo reportado por el Banco Central del Ecuador [BCE] (2017), en la zona 1, se evidenció un decrecimiento en el volumen de producción de los cultivos de leguminosas, cereales y hortalizas en ese año. Los principales problemas que enfrentaron los agricultores en el periodo de cosecha fueron el clima desfavorable (55%), bajos precios (36%) y falta de comunicación (9%).

### 1.3 Justificación

La utilización de retenedores de agua en la agricultura aumenta la humedad en el suelo, reduce la evapotranspiración para un desarrollo óptimo de las plantas y hace más eficiente el agua de las lluvias (Ramos, Velázquez, de la Rosa Valdés y Segura, 2009). Estudios sobre el efecto del uso de retenedores de agua muestran que se obtiene un mayor rendimiento en cultivos como maíz, sorgo y lechuga (Pedroza, et al., 2015; Vélez, 2016).

Las características óptimas de los retenedores de agua representan una alternativa en ciertas áreas del Ecuador, pues aumentan en un 1.5 % la humedad del suelo y reducen en un 12% el volumen de agua necesaria (López, et al., 2013). Esto se debe a que favorecen el almacenamiento de agua en el suelo, permitiendo incrementar el rendimiento de los cultivos. Su uso es recomendable, especialmente, en áreas con condiciones climáticas extremas de déficit de agua, con precipitaciones anuales medias de 350 mm.

Pedroza, et al., (2015), evaluó en el cultivo de maíz diferentes dosis de hidrogel (0, 12.5 y 25 kg ha<sup>-1</sup>) obteniendo resultados favorables en la segunda y tercera dosis con hidrogeles incrementando el crecimiento y la productividad, al incrementar en un 31.5% la humedad del suelo con relación al testigo. Además de incrementar en 44.7% el rendimiento del grano cuando se aplicó 25 kg de hidrogel ha<sup>-1</sup>, produciendo 19.1 t ha<sup>-1</sup>, con respecto a las 13.2 t ha<sup>-1</sup> producidas por el testigo sin aplicación del producto.

Fernández, Jarama, Gallo y Intriago (2017), evaluaron la influencia de la dosis de hidrogel y su relación con el rendimiento del cultivo de pimiento var. Salvador en un área de 0.5 m<sup>2</sup> por planta. Una totalidad de cinco dosis: 0.5; 1.0; 1.5; 2.0 y 2.5 g de retenedor de agua por planta fueron evaluadas. Los resultados indicaron que la aplicación del hidrogel a una dosis entre 2 y 2.5 g planta<sup>-1</sup> reduce de la lámina aplicada de 388.6 mm a 197.6 y 196 mm respectivamente. Sin embargo, las variables productivas no presentaron diferencias significativas.

Ruiz, Sarli, Schaefer, Filgueira y de Souza (2016), mencionan que la retención de humedad está relacionada con la textura del suelo, determinado por la distribución del tamaño de las partículas del suelo (Ciocco, Sandler, Falco y Coviella, 2014). Así también Arbona, Iglesias, Jacas, Primo, Talon y Gómez (2005), evaluaron la eficacia de enmiendas de hidrogel para retrasar el efecto del estrés por sequía en plantas jóvenes de cítricos, las misma que promovió la supervivencia de plantas sometidas a varios ciclos de estrés por sequía y rehidratación; con esto los autores promueven estudios de retenedores de agua en función de las texturas del suelo.

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo general**

Evaluar el rendimiento del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) variedad Crespa Salad utilizando retenedores de agua en las localidades de Tocachi – Pichincha y San José de Chaltura - Imbabura.

### **1.4.2 Objetivos específicos**

- Determinar la dosis de retenedores de agua que promueva el mayor rendimiento en el cultivo de lechuga.
- Comparar el efecto de retenedores de agua en dos tipos de suelo.
- Contrastar la relación Beneficio-Costo de los tratamientos en estudio.

## **1.5 Hipótesis**

- Ho: El empleo de retenedores de agua no influye en el rendimiento del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) variedad Crespa Salad.
- Ha: El empleo de retenedores de agua influye en el rendimiento del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) variedad Crespa Salad.

# CAPÍTULO II

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1 Retenedores de agua

Este término se utiliza para denominar a un tipo de material de base polimérica caracterizado por su alta capacidad para absorber agua y diferentes fluidos. La capacidad hidrófila de estos geles es debido a la presencia de grupos químicos como: -OH, -COOH, -CONH<sub>2</sub>, y -SO<sub>3</sub>H (Escobar, García, Zaldivar, y Issa, 2002; Sánchez, Novoa, Díaz y Issa, 1996).

Como resultado del balance entre las cadenas hidratadas y las fuerzas cohesivas que no evitan la entrada de agua a la red, se conserva su forma en presencia de agua (Sánchez, et al., 1996). Esta capacidad extraordinaria de absorber una gran cantidad de agua, lo ha convertido en un material de interés en diferentes campos de trabajo, sobre todo en el campo agrícola como sistemas de liberación controlada y sostenida de agua en lugares donde hay dificultades para acceder al agua (Estrada, 2014).

Estos hidrogeles se obtienen mediante polimerización y entrecruzamiento simultáneo de uno o varios monómeros mono o polifuncionales (polímeros sintéticos). Estos pueden clasificarse dependiendo de características y propiedades particulares se tomen como referencia con base en su naturaleza, características mecánicas y su estructura (Valero, Ortégón, y Uscategui, 2013).

Las características que forman estos monómeros y el grado de entrecruzamiento de los mismos, determinan las propiedades físicas y químicas de expansión del hidrogel (Martínez, 2017). Sin embargo, un solo monómero no proporciona buenas propiedades mecánicas y de retención de agua. Para obtener propiedades superiores, es necesario recurrir a la copolimerización (Escobar et al., 2002). Los monómeros más utilizados para obtención de un hidrogel que presente una excelente propiedad física y química que pueden dividirse en tres categorías (Sánchez, et al., 1996):

- Monómeros con sustituyentes laterales no ionizables  
Composición: N-vinil-2-pirrolidona, el metacrilato de 2-hidroxietilo
- Monómeros con grupos funcionales ionizables  
Composición: 2-vinilpiridina, 4-vinilpiridina, ácido vinil-sulfónico, acrilamida, meta acrilamida
- Monómeros cuyo grupo lateral consiste en dos grupos cargados y unidos a la cadena principal  
Composición: monómeros zwitteriónicos

Dependiendo de su origen, los polímeros pueden ser naturales o sintéticos. La Tabla 1, resume algunos ejemplos de polímeros y monómeros usados en la síntesis de hidrogeles.

Tabla 1.

*Polímeros naturales, sintéticos y monómeros utilizados en la preparación de hidrogeles.*

<b>Polímeros naturales</b>	<b>Polímeros sintéticos</b>	<b>Monómeros</b>
<b>Aniónicos</b>	<b>Aniónicos</b>	Ácido acrílico
Ácido hialurónico	Poli (ácido acrílico)	Ácido metacrílico
Ácido alginico	Poli (ácido metacrílico)	Ácido acrilamidofenilborónico
Carboximetilcelulosa		Acrilamida
Carragenina	<b>Catiónicos</b>	Butil acrilato
Goma gelano	Poliamidoamina	Dietilaminoetil metacrilato
Sulfato de dextrano	Polietilenamina	Dimetilamino propilo
Sulfato de condroitina	Polietilenimina	Etilenglicol
Xantano	Polivinilamina	Hidroxietil metacrilato
		Hidroxietoxietil metacrilato
<b>Catiónicos</b>	<b>No iónicos</b>	Hidroxidietoxietil metacrilato
Polilisina	Alcohol de polivinilo	Metoxietil metacrilato
Qitosán	Acetato de polivinilo	Metoxietoxietil metacrilato
	Polietilenglicol (PEG)	N-(2-hidroxipropil) metacrilamida
<b>No iónicos</b>	Poloxámero	N-isopropilacrilamida
Dextrano	Polihidroxibutirato	N-vinil-2-pirrolidona
Etilcelulosa	Poiliglicidol	Oligoetilenglicol metiléter
Escleroglucano		metacrilato
Goma guar	<b>Otros</b>	PEG acrilato
Goma garrofn	Poli(ácido láctico)	PEG metacrilato
Hidroxietilcelulosa	Poli(ácido glicólico)	PEG diacrilato
Hidroxipropilcelulosa	Poli(ácido láctico-coglicólico)	PEG dimetacrilato
Hidroxipropilmetilcelulosa	Poli(caprolactona)	Piridil disulfuro metacrilato
Manano	Poli(vinilcaprolactona)	Vinil acetato
Metilcelulosa	Polidimetilsiloxano	Vinil metacrilato
Pululano	Poliestireno	
<b>Anfóteros</b>		
Colágeno		
Gelatina		
Fibrina		

**Fuente:** Martínez (2017).

Dentro del campo tecnológico agrícola en el Ecuador, existe una amplia oferta de retenedores de agua o acondicionadores para incrementar la capacidad de retención de agua en los suelos agrícolas (Fernández, Jarama, Gallo e Intriago, 2017), constituyendo una alternativa sustentable y eficiente para reducir las pérdidas de agua propiciadas por la evaporación y

percolación. Sin embargo, el agricultor usa este tipo de material sin una consideración técnica, de acuerdo con los tipos de suelo y cultivo. Este factor se ha convertido, quizás, en una limitante para el manejo apropiado de esta tecnología entre los agricultores.

### **2.1.1 Características físicas y químicas**

Un gel es una sustancia con estructura reticulada que retiene en su interior una alta cantidad de disolvente. Los hidrogeles son hidrofílicos, insolubles en agua, blandos, elásticos, y en presencia de agua se hinchan aumentando considerablemente su volumen. En estado deshidratado se denominan xerogeles y estos mantienen una estructura cristalina, de alta firmeza y dureza (Sánchez, et al., 1996).

### **2.1.2 Campos de uso**

Los primeros polímeros que se utilizaron en los sistemas de liberación controlada fueron:

- Poliuretanos
- Poli (metacrilato de metilo)
- Poli (etileno)
- Poli (vinil pirrolidona)

Sus usos fueron condicionados por sus características y propiedades fisicoquímicas, por ejemplo, el poli (metacrilato de metilo) proporcionaba a las muestras fuerza física y transparencia, el poli(etileno) le brinda a las matrices dureza y poco hidrófilo.

Pese a que no son nuevos en el campo industrial, estos polímeros han comenzado recientemente a ser utilizados en sector agrícola, con el fin de hacer más eficiente el uso del agua. Su uso es cada vez más necesario, para contrarrestar los efectos del cambio climático, que ha generado estaciones de sequía más largas. Gran parte de los polímeros destinados para la agricultura están conformados por poliacrilamida de potasio, es así que, dependiendo de su composición química, pueden capturar entre 50 y 400 veces su peso en agua (Fernández, 2016).

## **2.2 Cultivo de Lechuga**

La producción de las hortalizas es básica en la alimentación y nutrición de la población mundial. De entre estas, la lechuga (*Lactuca sativa* L.) es el producto hortícola más importante del grupo de vegetales de hojas. Es ampliamente conocida, tiene una gran diversidad en cuanto a variedades y se cultiva en casi todos los países (Castro, 1981). En la actualidad, se cultiva al aire libre y en invernaderos, sobre suelo o en forma hidropónica; esta última evita las limitaciones que provocan las condiciones climáticas, luminosas y de suelo (Beltrano y Gimenez, 2015).

La lechuga contiene vitaminas A, B, C y E, así como de minerales (Tabla 2) (Agropecuaria Unidad Regional de Planificación [AURP], 2016).

Tabla 2.

*Composición de la lechuga (Lactuca sativa L.) por 100 gramos de porción comestible.*

Nombre	Unidad	Lechuga arrepollada (Iceberg)	Lechuga Butter Head	Lechuga Romana
Agua	%	95.64	95.63	94.61
Energía	g	14.00	13.00	17.00
Proteína	g	0.90	1.35	1.23
Grasa total	g	0.14	0.22	0.30
Carbohidratos	g	2.97	2.23	3.28
Fibra dietética total	g	1.20	1.10	2.10
Ceniza	g	0.36	0.57	0.58
Calcio	mg	18.00	35.00	33.00
Fósforo	mg	20.00	33.00	30.00
Hierro	mg	0.41	1.24	0.97
Tiamina	mg	0.04	0.06	0.07
Riboflavina	mg	0.03	0.06	0.07
Niacina	mg	0.12	0.36	0.31
Ácidos grasos monoinsaturados	g	0.01	0.01	0.01
Ácidos grasos poliinsaturados	g	0.07	0.12	0.16
Ácidos grasos saturados	g	0.02	0.03	0.04
Colesterol	mg	0.00	0.00	0.00
Potasio	mg	141.00	238.00	247.00
Sodio	mg	10.00	5.00	8.00
Zinc	mg	0.15	0.20	0.23
Magnesio	mg	7.00	13.00	14.00
Vitamina A equiv. retinol	mg	25.00	166.00	290.00
Vitamina C	mg	3.00	4.00	24.00
Vitamina B6	mg	0.04	0.08	0.07
Vitamina B12	mcg	0.00	0.00	0.00
Ácido fólico	mcg	0.00	0.00	0.00
Fotato equiv. FD	mcg	29.00	73.00	136.00
Fracción comestible	%	0.95	0.74	0.94

**Fuente:** Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (2012).

### 2.2.1 Taxonomía

La lechuga pertenece a la familia dicotiledónea más grande del reino vegetal, la Asteraceae, conocida anteriormente como Compositeae (Instituto de Investigaciones Agropecuarias [INIA], 2017; Ernesto, 1981 y Quintero, 1977). Su clasificación taxonómica se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3.  
*Clasificación taxonómica de la lechuga.*

<b>Clasificación Taxonómica</b>	
<b>Reino</b>	Plantae
<b>División</b>	Magnoliophyta
<b>Clase</b>	Magnoliopsida
<b>Orden</b>	Asterales
<b>Familia</b>	Asteraceae
<b>Subfamilia</b>	Cichorioideae
<b>Tribu</b>	Lactuceae
<b>Genero</b>	<i>Lactuca</i>
<b>Especie</b>	<i>Lactuca sativa</i> L.

**Fuente:** Freire (2004)

### 2.2.3 Morfología

#### **a) Raíz**

La lechuga es una planta anual autógena, de crecimiento rápido, que posee una raíz pivotante, corta, puede llegar a penetrar hasta 30 cm de profundidad, con pequeñas ramificaciones. La planta presenta abundante látex y tiene numerosas raíces laterales de absorción (Dalglish, et al., 2007).

#### **b) Tallo**

El tallo es pequeño, muy corto, cilíndrico y no se ramifica cuando la planta está en el estado óptimo de cosecha. Sin embargo, cuando finaliza la etapa comercial, el tallo se alarga hasta 1.2 m de longitud (INIA, 2017).

#### **c) Hojas**

Por su forma, son lanceoladas, oblongas o redondas. El borde de los limbos es liso, lobulado, ondulado, aserrado o dentado, lo cual depende de la variedad. Su color es verde amarillento, claro u oscuro, pudiendo presentar también coloraciones rojizas, púrpuras o casi moradas, dependiendo del tipo y el cultivar (Gaviola y Granval de Millan, 1991).

#### **e) Flores**

Las flores están agrupadas en capítulos dispuestos en racimos o corimbos, compuestos por 10 a 25 floretes, con receptáculo plano, rodeado por brácteas imbricadas. El florete tiene pétalos periféricos ligulados, amarillos o blancos (Goites, 2008).

## 2.2.4 Caracteres Agronómicos

La lechuga es una planta de amplia adaptabilidad a distintos climas. Puede vivir a temperaturas de 0 °C, pero cuando ésta baja de los 6 °C (AURP, 2016). La temperatura óptima de germinación oscila entre 18-20 °C. Durante la fase de crecimiento del cultivo, se requieren temperaturas entre 14-18 °C por el día y 5-8 °C por la noche, pues la lechuga exige que haya diferencia (INIA, 2017 y Casaca, 2005). La lechuga posee una duración de cultivo entre los 50 a 60 días para las variedades tempranas y de 70 a 80 días para las tardías, como término medio, desde la plantación hasta la recolección (Goites, 2008).

Esta especie en particular posee una alta adaptabilidad a todo tipo de suelos, excepto los que tengan problemas de encharcamiento. Los suelos más idóneos son suelos ricos en materia orgánica y de elevada fertilidad, ligeros y bien drenados (Andrades y Martínez, 2014). Además este cultivo, en ningún caso admite la sequía, aunque en la superficie del suelo es conveniente evitar encharcamientos para evitar la aparición de podredumbres de cuello (Casaca, 2005).

La lechuga es una planta anual que bajo condiciones de fotoperiodo largo (más de 12 horas) (Freire, 2004), acompañado de altas temperaturas, produce una inducción de tallo floral. Este cultivo es exigente en alta luminosidad para un mejor desarrollo del follaje en volumen, peso y calidad, dado que estas plantas exigen una intensidad de luz de 8 watt m<sup>2</sup> con una duración de 14 a 15 horas luz (Gutierrez, 2011). Por otra parte Park y Lee (2001) recomiendan una intensidad de luz de 200 a 300  $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\text{ s}^{-1}$ , y una concentración de 1000 y 2000 mgL<sup>-1</sup> de CO<sub>2</sub>. El crecimiento de la lechuga puede ser dividido en cuatro estadios, se muestra (Tabla 4).

Tabla 4.

*Estados de crecimiento de la planta de lechuga (Lactuca sativa L.).*

Estado de la lechuga ( <i>Lactuca sativa</i> L.)			
Plántula		Encabezamiento	
Roseta		Reproductivo	

Se distinguen seis grupos de lechugas, a los cuales pueden corresponder aptitudes de cultivo particulares. En la Tabla 5 se puede apreciar más claramente estos grupos.

Tabla 5.  
*Grupos botánicos de la lechuga (Lactuca sativa L.).*

<b>Tipo de lechuga</b>	<b>Variedad</b>	<b>Características</b>
Lechugas que no forman cogollo	Lechuga-esparraguera o celtuce	La planta forma un tallo carnoso
Lechuga-esparraguera	Lechuga de cortar	Desarrolla una roseta muy tupida de hojas libres
	Lechuga romana	Presentan un cogollo oblongo, voluminoso, pero menos prieto que los siguientes tipos.
Lechugas que forman cogollo	Lechuga batavia o rizada	Cogollo con tendencia a achatarse (hojas más anchas que largas), puede ser voluminoso.
	Lechuga lisa o mantecosa	Cogollo globoso de hojas más o menos blandas. Son las más extendidas al ser las que mejor se adaptan al clima oceánico.
	Lechuga crasa	Presenta hojas espesas que forman un pequeño cogollo poco recubierto. Muy buen comportamiento al calor y resistente a la subida a flor

**Fuente:** Ekonekazariza (2015); Casaca (2005)

## 2.3 Marco legal

La prioridad del presente y el futuro es el cuidado del recurso hídrico, el cual es fundamental para la producción de los alimentos, la presente investigación está enmarcado en el Plan Nacional de Desarrollo en el Objetivo 3 el cual es Garantizar los derechos de la naturaleza y futuras generaciones; contra el cambio climático teniendo como fundamento una producción con un desarrollo sostenible a largo plazo y un cambio del uso del suelo para evitar la pérdida de bioseguridad al mismo tiempo reducir la contaminación de la valiosas fuente de agua las cuales no son renovables además, recuperar suelos con problemas de erosión y desertificación.

Con el uso razonable del agua utilizando hidrogeles para evitar agotar el recurso natural no renovable y así fomentar una economía amigable con la naturaleza para una productividad alta de alimentos sanos. Dentro del objetivo esta la política 3.4 la cual menciona “Promover buenas prácticas que aporten a la reducción de la contaminación, la conservación, la mitigación y la adaptación a los efectos del cambio climático, e impulsar las mismas en el ámbito global” con referencia lo anterior es a largo plazo.

Cabe agregar que el eje 1 posee intervenciones emblemáticas el cual el literal 5; Agua segura para todos menciona la importancia del cuidado del agua por parte de todos con una debida y cara información sobre el manejo. Por otro lado, aporta a al desarrollo de implementar en el país la soberanía alimentaria y al aumento apropiado de la productividad de la agropecuaria y agroindustria.

Siempre ha sido la prioridad el ser humano y su alimentación, la cual depende del líquido vital para llegar a cumplir los metas mencionados en la Constitución De La República Del Ecuador el Art. 12.- El derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable. El agua constituye patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida. Este artículo está conectado al Código civil (Libro II), Arts. 609, 612, 873, 874; Ley de aguas, codificación, Arts. 2, 3; Código de derecho internacional privado Sánchez de Bustamante, Arts. 117; Código penal, Arts. 606; Ley orgánica de salud, Arts. 96. Además, nuestro país está fortaleciéndose para lograr la soberanía alimentaria con el Art. 13.- Las personas y colectividades tienen derecho al acceso seguro y permanente a alimentos sanos, suficientes y nutritivos; preferentemente producidos a nivel local y en correspondencia con sus diversas identidades y tradiciones culturales. Concordancias: Ley orgánica de salud, Arts. 16.

La ley de gestión ambiental en sus artículos 6, 9 (j) y 12 (e-f) menciona el uso adecuado y sustentable de los recursos naturales no renovables, la cual es el principal líquido vital para todos los seres humanos, además entrar en la norma de llegar a alcanzar la calidad del agua. También aumentar la concientización de las personas naturales, jurídicas o grupos humanos para la protección y mejorar manejo inadecuado de los recursos (MAE, 2004).

# CAPÍTULO III

## 3. MATERIALES Y MÉTODOS

### 3.1 Descripción del área de estudio

El estudio se realizó en dos localidades mediante una investigación experimental, que determinó el mejor tratamiento con diferentes dosis de retenedores de agua en dos texturas de suelo.

La primera localidad fue en el Barrio San Francisco, situado en la parroquia de Tocachi, cantón Pedro Moncayo, provincia de Pichincha. Posee una altitud de 2944 m.s.n.m., las coordenadas UTM son X= 802424 y Y= 10004310. Los suelos poseen una textura arenosa, temperatura promedio de 13 °C, 500 mm/año de precipitación y 60 % de humedad relativa (Gobierno de Pichincha, 2012).

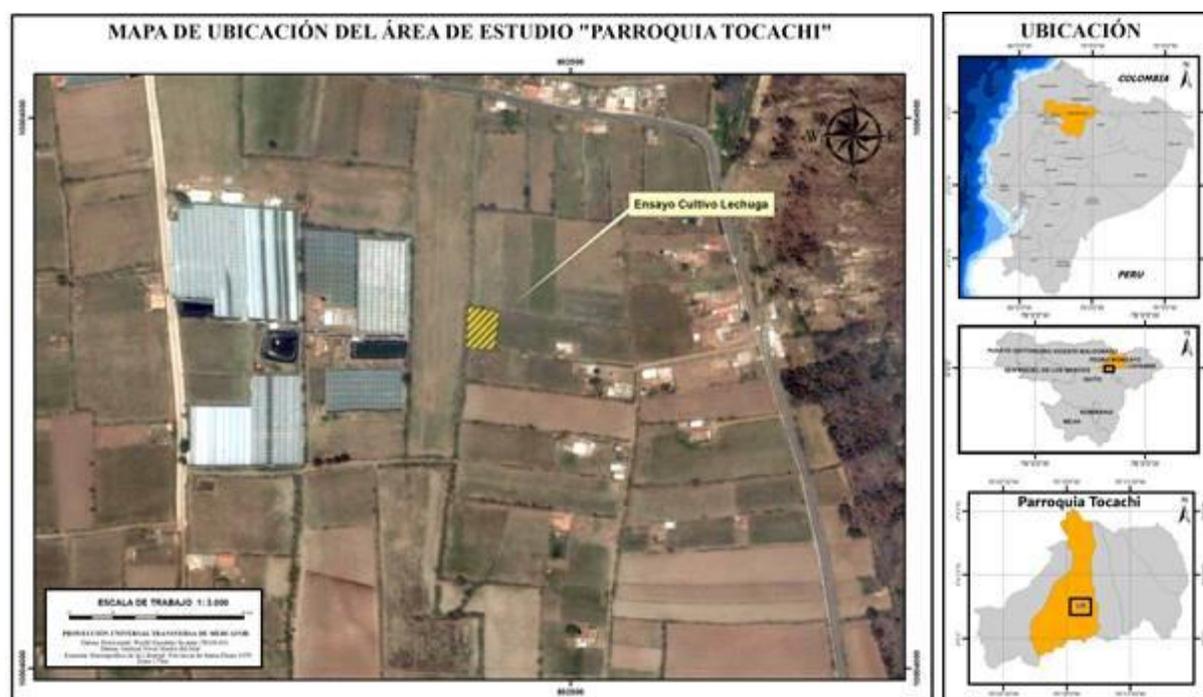


Figura 1. Mapa de ubicación de la localidad 1.

La segunda localidad fue la Granja Experimental “La Pradera” de la UTN, situada en la parroquia de San José de Chaltura, cantón Antonio Ante, provincia de Imbabura. Posee una altitud de 2373 m.s.n.m., las coordenadas UTM son X= 811187 y Y= 10039805 de longitud O. Los suelos poseen una textura franco-arenosa, temperatura promedio de 17.1 °C, 582.2 mm/ año de precipitación y 69 % de humedad relativa.



Figura 2. Mapa de ubicación de la localidad 2.

## 3.2 Materiales

### 3.2.1 Material Experimental

- Retenedor de agua (HIDROKEEPER®)
- Plántulas de lechuga (*Lactuca sativa* L.) de 15 días

### 3.2.2 Equipos

- Computadora
- Impresora
- Balanza electrónica, precisión (1 g)
- Estufa

### 3.2.3 Herramientas, insumos y otros materiales

- Cámara fotográfica
- Libro de campo
- Letreros codificados
- Marcadores permanentes
- Balde de 20 litros
- Fundas plásticas de 4 x 5 cm
- Herramientas de campo (bieldo azadones, estacas, piola, cinta métrica, etc.)
- Bomba de fumigar Modelo Hfpj-20 Marca Temco
- Fertilizantes

### 3.3 Manejo del experimento

#### 3.3.1 Factores en estudio

Factor A: Dosis de retenedores de agua

d 1= 0.00 g del retenedor de agua hidratado (Testigo)

d 2= 0.10 g del retenedor de agua hidratado

d 3= 0.20 g del retenedor de agua hidratado

d 4= 0.30 g del retenedor de agua hidratado

Factor B: Textura de suelo (Análisis de suelo en Anexo 1)

A = Arenosa (Tocachi)

Fr = Franca arenosa (San José de Chaltura)

#### 3.3.2 Tratamientos

Se evaluaron ocho tratamientos (Tabla 6), resultantes de la combinación de las dosis de retenedor de agua con las texturas de suelo.

Tabla 6.

*Descripción de tratamientos en estudio.*

Número	Código	Descripción
T1	Ad1	0.00 g del retenedor de agua hidratado – Arenosa
T2	Ad2	0.10 g del retenedor de agua hidratado – Arenosa
T3	Ad3	0.20 g del retenedor de agua hidratado – Arenosa
T4	Ad4	0.30 g del retenedor de agua hidratado – Arenosa
T5	Frd1	0.00 g del retenedor de agua hidratado – Franca arenosa
T6	Frd2	0.10 g del retenedor de agua hidratado – Franca arenosa
T7	Frd3	0.20 g del retenedor de agua hidratado – Franca arenosa
T8	Frd4	0.30 g del retenedor de agua hidratado – Franca arenosa

#### 3.3.3 Diseño experimental

Se empleó un diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA), de ocho tratamientos, tres bloques y veinticuatro unidades experimentales en el ensayo.

### Análisis estadístico

Se realizó el análisis de varianza con el programa InfoStat<sup>®</sup> versión 2017, además por la existencia de diferencias significativas se aplicó la prueba de comparaciones múltiples de Fisher's Least Significant Difference (LSD) al 5%.

Tabla 7.

*Análisis de varianza (ADEVA) de un Diseño de Bloques Completos al Azar.*

Fuentes de varianza	GL
Bloques	2
Textura	1
B x T	2
Dosis	3
B x D	6
T x D	3
Error	6
Total	23

### 3.3.4 Características del experimento

La recolección de los datos para las variables evaluadas se realizó en 20 plantas que conformaron la parcela neta, sin tomar en cuenta dos surcos de los extremos (Tabla 8).

Tabla 8.

*Características del experimento.*

Datos	Medidas
Número de tratamientos	8
Número de repeticiones	3
Número de unidades experimentales	24
Área total del ensayo	446.16 m <sup>2</sup> (15.60 m x 28.60 m)
Distancia entre bloques	2 m
Distancia entre parcelas	0.70 m
Número de surcos por bloques	64
Área de la unidad experimental	7.68 m <sup>2</sup> (3.20 m x 2.70 m)
Largo del surco	2.70 m
Ancho del surco	0.15 m
Distancia entre planta	0.30 m
Distancia entre surco	0.40 m
Número de plantas por surco	9
Número de plantas por unidad experimental	72
Número de plantas de la parcela neta	20
Número de plantas total	1728

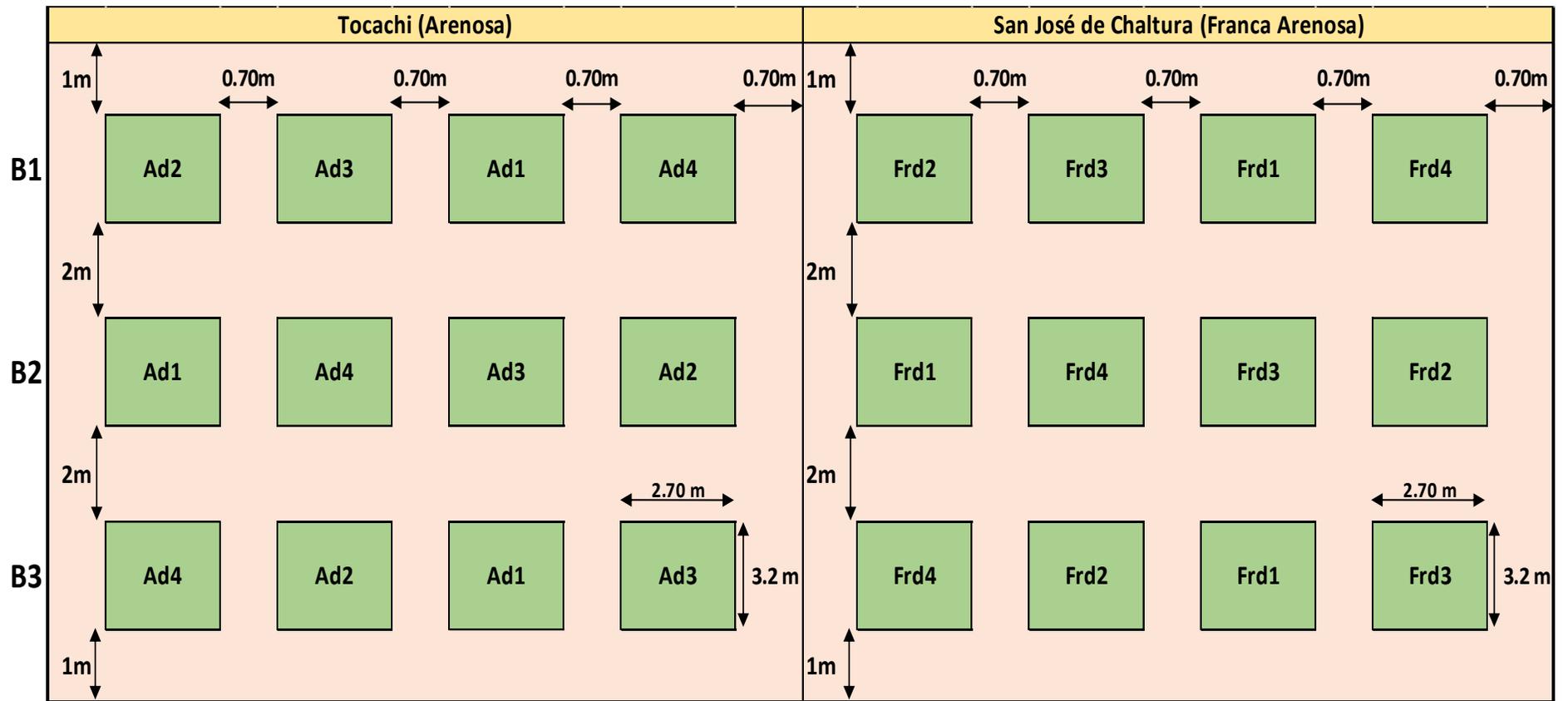


Figura 3. Disposición de los ensayos en los sitios de estudio.

### 3.3.5 Variables a evaluadas

#### a) Número de plantas vivas a los 15 días

El número de las plantas vivas se contabilizó mediante un monitoreo a los 15 días, luego del trasplante en el suelo en cada una de las unidades experimentales. Los datos registrados constaron de 20 plantas de la parcela neta (Figura 4). La variable se expresó en número de plantas por parcela neta.



*Figura 4. Contabilización de plantas a los 15 días.*

#### b) Número de plantas vivas a la cosecha

Se tomó en cuenta el orden de los bloques para la cuantificación de cada una de las unidades experimentales. Para esta variable se utilizó las plantas de la parcela neta, los datos fueron tomados en el momento de la cosecha a los 49 días (Figura 5). La variable expresó en número de plantas por parcela neta.



*Figura 5. Cosecha en las dos ubicaciones del ensayo.*

### c) Incidencia de *Sarasinula plebeia*

Se monitoreó cada unidad experimental para evaluar la incidencia de babosa. Se colocó la trampa agroecológica en el centro de cada unidad experimental. La trampa consistió en utilizar un recipiente de 6 cm de profundidad, enterrado hasta que el borde esté al ras del suelo y lleno hasta la mitad con cerveza. Se revisó semanalmente a partir de los 15 días para verificar la cantidad de babosas atrapadas. La variable se expresó en porcentaje.



*Figura 6. Monitoreo semanal de Sarasinula plebeia.*

### d) Peso de la planta completa a la cosecha

Se tomaron los datos de las 20 plantas de la parcela neta de cada tratamiento. Para la cosecha se utilizó un bieldo y una pala recta para la excavación a 0.30 m de profundidad al contorno de cada planta, para obtener la raíz completa y evitar daños. Luego se lavó la planta con agua y se secó al ambiente para ser pesada en una balanza electrónica, con una precisión de 1 g. La variable se expresó en gramos (g) por planta.



*Figura 7. Peso completo de la planta (g).*

### e) Longitud de las hojas

Se midió la longitud de las hojas de 20 plantas, luego de la cosecha. Primero se procedió a retirar las hojas bajas viejas y amarillentas, luego se localizó la hoja más larga y se ubicó la cinta métrica desde la base de la hoja hasta el ápice. La longitud se expresó en centímetros (cm) por planta.



*Figura 8.* Toma de la longitud de las hojas.

### f) Número de hojas

Se contabilizó el número de hojas de las 20 plantas de la parcela neta. Primero se descartó las hojas bajas o amarillentas. Luego se utilizó el método destructivo que consistió en el deshojar con cuidado cada planta hasta llegar al tronco. Las hojas tomadas en cuenta para esta variable fueron aquellas con una longitud mínima de 5 cm, las cuales son útiles para el consumo.



*Figura 9.* Conteo de hojas por planta.

### g) Materia seca

Se muestreó cinco plantas por parcela neta para determinar el peso fresco de cada planta y luego se colocaron en fundas de papel con agujeros para su posterior secado. Se colocaron en las bandejas de la estufa, a una temperatura de 65 °C por tres días hasta la obtención de un peso constante. Se determinó el peso de la materia seca, expresado en gramos (g) por planta (Sánchez, 2010).



Figura 10. Muestras en fundas codificadas y colocación en el horno a 65°C.

### h) Relación Beneficio / Costo (B/C)

Se realizó el cálculo de los costos de producción de la lechuga crespa de la investigación, considerando un 10% de imprevistos. Los ingresos por ventas se calcularon con base en el número total de plantas cosechadas. Con estos datos, se realizó el cálculo de la relación beneficio/costo (Rus, 2008). Para la interpretación, se tomó en cuenta si el resultado es mayor a 1, es aceptable o rentable; por el contrario, si el resultado es igual a 1, no tiene beneficio de lucro ni pérdida y, finalmente, si su resultado es menor a 1 no es rentable (Arévalo, Pastrano, y Armijos, 2016). Para el cálculo se utilizó la siguiente fórmula:

$$B/C = \frac{\text{Ingresos por ventas}}{\text{Costos de producción}}$$

### 3.3.6 Manejo específico del ensayo

Para la implementación del experimento se utilizaron plántulas de calidad de la empresa Pilonos La Victoria S.A. (PILVICSA) de la variedad Crespa Salud de 15 días de edad, con tres a cuatro hojas verdaderas para el trasplante.

#### a) Preparación del suelo y delimitación del ensayo

Para preparar el terreno se realizó un pase de arada y surcada a través de maquinaria agrícola. Luego se desinfectó el suelo con el método de solarización durante un mes. Se realizó la delimitación del área del ensayo. Posteriormente, se midió la inclinación de la pendiente con un clinómetro, para disponer los bloques en los sitios experimentales. Finalmente, se ubicó estacas y letreros con los códigos correspondientes en cada bloque y tratamiento. En la localidad de Chaltura, se taló las ramas de los árboles para evitar la sombra en el bloque 3 y se limpió la cerca viva para evitar presencia de patógenos.



*Figura 11.* Medición y delimitación de las áreas de estudio.

#### b) Fertilización

La fertilización fue realizada con base en el resultado del análisis químico de suelo por localidad (Anexo 1). Se estableció diferentes dosis de fertilización por cada localidad para cubrir los requerimientos de macro y micronutrientes. Los fertilizantes se aplicaron el día del trasplante en el suelo, con una humedad a capacidad de campo y luego a los 20 días después del trasplante.

### c) Aplicación del retenedor de agua

Se pesó la cantidad de retenedor de agua no hidratado, correspondiente a cada tratamiento. Éste fue colocado en fundas plásticas de 4 x 5 cm. Se tuvo 432 fundas por cada dosis (0.10 g, 0.20 g y 0.30 g de retenedor de agua), con un total de 1296 fundas, que posteriormente fueron hidratadas y, finalmente, aplicadas en los hoyos donde se colocaron las raíces de las plántulas.



*Figura 12.* Aplicación de las dosis del retenedor de agua.

### d) Trasplante de plántulas de lechuga

El trasplante se realizó en las primeras horas de la mañana para evitar el estrés hídrico en plántulas. Antes del trasplante se proporcionó un riego, hasta llegar al punto de capacidad de campo. Luego se colocó la raíz en el hoyo que ya contenía el retenedor de agua. El riego se repitió a los 20 días después del trasplante.



*Figura 13.* Colocación de la raíz en el retenedor de agua y trasplante.

#### e) Monitoreo de plagas y enfermedades

Se monitoreó semanalmente la presencia de plagas y enfermedades durante la fase de crecimiento y desarrollo del cultivo hasta la cosecha. Se efectuó una aplicación fitosanitaria durante el desarrollo del ensayo, de Spinetoram, en dosis de 0.5 cm<sup>3</sup>/l, para el control de gusano gris (*Agrotis* sp.). Además, se realizaron las debidas prácticas culturales para evitar plantas arvenses que compitan por los nutrientes del cultivo.



*Figura 14.* Monitoreo al azar de plagas y enfermedades.

#### f) Cosecha

Para la cosecha se consideró la madurez fisiológica del cultivo por su dureza y desarrollo de las hojas a los 49 días. Con el empleo de un bieldo y una pala recta se excavó a 0.30 m de profundidad, al contorno de la planta, con el fin de sacar la raíz completa. Se procedió a lavar la raíz con abundante agua para garantizar una correcta limpieza.



*Figura 15.* Cosecha.

# CAPÍTULO IV

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este capítulo se presentan los resultados, de la investigación.

### 4.1 Número de plantas vivas a los 15 días

El ADEVA (Tabla 9) muestra que no existe interacción entre los factores textura de suelo y dosis del retenedor de agua, con respecto a la variable número de plantas vivas a los 15 días ( $F= 0.89$ ;  $gl= 3,14$ ;  $p= 0.4727$ ). De forma similar, se encontró que no existen diferencias significativas para el factor dosis ( $F= 0.89$ ;  $gl= 3,14$ ;  $p= 0.4727$ ). Por el contrario, para el factor textura de suelo, se observan diferencias significativas ( $F= 11.83$ ;  $gl= 1,14$ ;  $p= 0.0040$ ).

Tabla 9.

*ADEVA para la variable número de plantas vivas a los 15 días en dos tipos de textura de suelo.*

Fuentes de variación	Grados de libertad	Grados de libertad Error	Valor F	Valor p
Textura	1	14	11.83	<b>0.0040</b>
Dosis	3	14	0.89	0.4727
Textura: Dosis	3	14	0.89	0.4727

En la Figura 16 se muestra la prueba de medias Fisher (LSD) al 5%, que indica que los suelos de textura arenosa (A), en la parroquia Tocachi (To), presentaron una media de 20 plantas vivas para cada tratamiento, lo cual significó un 100% de sobrevivencia a los 15 días a partir del trasplante, mientras que los suelos de textura franca arenosa (Fr), encontrados en la parroquia Chaltura (Ch), presentaron una media de 18.83 plantas, que representó el 94% de sobrevivencia. Cabe destacar que en las dos parroquias en el mes julio del 2018, en el cual se realizó el trasplante, la nubosidad promedio estuvo en el rango entre 82 y 87%, hasta la fecha de medición. Esto puede ser un indicio de que las condiciones climáticas favorecieron el prendimiento de las plántulas.

El número de plantas vivas en la textura Fr fue menor, esta disminución se puede atribuir la presencia de *Agrotis* sp. en el bloque 1 y 3, más no a la dosis de aplicación del retenedor de agua. Similares resultados fueron encontrados por Tooker (2009), en el cultivo de maíz sobre el desarrollo larvario de *Agrotis* sp., el cual estuvo fuertemente influenciado por la temperatura, que fluctuó entre 10 °C a 27 °C. En la parroquia con textura Fr se tuvo una temperatura promedio de 16 °C, óptima para el desarrollo de la plaga, además, esta textura es la adecuada para el desarrollo de la plaga. Por el contrario, en menores temperaturas (10 a 15 °C, como las encontradas en To), la población de *Agrotis* sp., se presenta en la fase de crisálidas (fase de desarrollo posterior a la forma de larva y anterior a la forma adulta)

(Marques et al., 2017; Salem, Fouda, Abas, Ali y Gabarty, 2014). Es, probablemente por esto, que en el suelo de textura A, no se tuvo incidencia de la plaga.

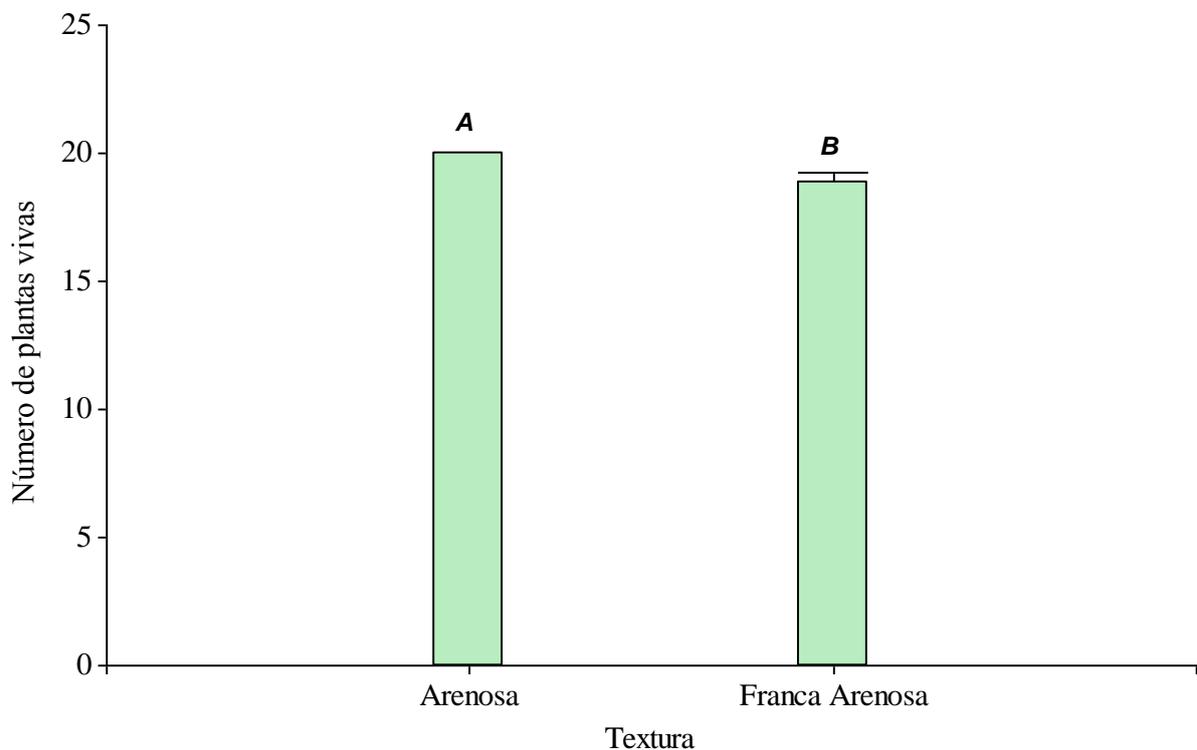


Figura 16. Número de plantas vivas a los 15 días del trasplante en dos diferentes texturas y aplicación del retenedor de agua.

Los resultados de la variable plantas vivas a los 15 días, arrojaron porcentajes de 94 y 100% en el suelo de textura Fr y A, respectivamente. Similares condiciones, pero con resultados diferentes, se presentaron en el estudio realizado por Vélez (2016), quien indicó que las plantas vivas a los 15 días tuvieron un 78% de prendimiento, con la aplicación de retenedores de agua. Estos resultados son inferiores debido a una mayor cantidad de arcilla en el suelo del ensayo en mención. Esto ocasionó una fuerza de retención, lo que implica mayor esfuerzo para la planta al absorber agua de los retenedores (Wadas, Ribeiro, Cury y Santos, 2010). Algo semejante ocurrió con el estudio realizado por Fasanando (2009), con una textura Fr, cuyos resultados a los 8 días arrojaron 54% y 80% de plantas vivas, con dosis de 2 y 6 g, respectivamente. Cabe recalcar que en ese estudio, se proporcionó un riego cada dos días y en el intervalo de la evaluación, se presentaron precipitaciones de 239 mm.

Por otra parte, Bernabé (2004) en un estudio con lechuga, realizó la aplicación de poliácridamida a la raíz de la planta, en un suelo de textura Fr. Los resultados indican un 93% de plantas vivas a los 25 días, siendo muy similar a los resultados del presente estudio en suelo de textura Fr, que presentó un 94% de plantas vivas a los 15 días, con respecto a la textura A que mostró un 100%. Los resultados del alto porcentaje de plantas vivas se pueden atribuir al uso de retenedores de agua, los cuales aumentan significativamente la

sobrevivencia de los cultivos ya sea de trasplante o siembra, por la mayor disponibilidad de agua para la planta (Lopes et al., 2013).

#### 4.2 Número de plantas vivas a la cosecha

El ADEVA para la variable número de plantas vivas a la cosecha (49 días a partir del trasplante), presenta una interacción entre los factores textura de suelo y la dosis del retenedores de agua ( $F= 22.62$ ;  $gl= 3,14$ ;  $p= <0.0001$ ) (Tabla 10).

Tabla 10.

*ADEVA para la variable número de plantas vivas a la cosecha.*

Fuentes de variación	Grados de libertad	Grados de libertad Error	Valor F	Valor p
Textura	1	14	2.13	0.1664
Dosis	3	14	218.41	<0.0001
Textura: Dosis	3	14	22.62	<b>&lt;0.0001</b>

En la Figura 17, a través de la prueba de Fisher (LSD) al 5% se pudo apreciar el número de plantas vivas con sus respectivas dosis de retenedores de agua. En la textura de suelo A no existieron diferencias significativas cuando se aplicaron dosis de 0.10, 0.20 y 0.30 g de retenedores de agua en la variable número de plantas vivas a la cosecha, representando el 100% de sobrevivencia. Sin embargo, el testigo con la dosis de 0 g de retenedores de agua, presentó un 0% de plantas vivas a la cosecha. Esto se debió probablemente al estrés hídrico, provocando la muerte de las plantas en su totalidad. En el suelo de textura Fr, con la presencia del retenedor de agua, el porcentaje de plantas a la cosecha fue del 90%, sin embargo, el testigo presentó menos del 40% de plantas vivas (Anexo 2).

Vélez (2016), en condiciones de suelo similares con textura Fr, indicó que la aplicación de retenedores de agua sin riego presentó el 74% de plantas vivas a la cosecha, mientras que en el presente estudio se registró un 96% de plantas vivas a la cosecha. Estos resultados favorables en la investigación, pueden deberse a que se proporcionó dos riegos con un intervalo de 20 días, incluso en el tratamiento testigo, a diferencia del estudio del autor antes mencionado.

En la textura Fr se presentó una disminución paulatina de plantas vivas a la cosecha a medida que la dosis disminuyó, a diferencia del tratamiento testigo, que presentó un valor inferior del 56%, como lo demuestra la Figura 18. Bernabé (2004) menciona que obtuvo porcentajes del 85% de plantas vivas al usar retenedores de agua en suelos francos, mientras que en el testigo obtuvo un 70%. Esto permite concluir que la diferencia existente se debe a las condiciones ambientales, entre ellas, la precipitación. Imbaquingo y Varela (2012), señalan que obtuvieron un 100% de plantas vivas al usar retenedores de agua en la raíz de especies forestales (*Caesalpinea spinosa*). Así mismo, el testigo mostró un valor de 85% de sobrevivencia.

Agaba et al., (2010), infieren que el uso de retenedores de agua reduce la evapotranspiración en un 50%.

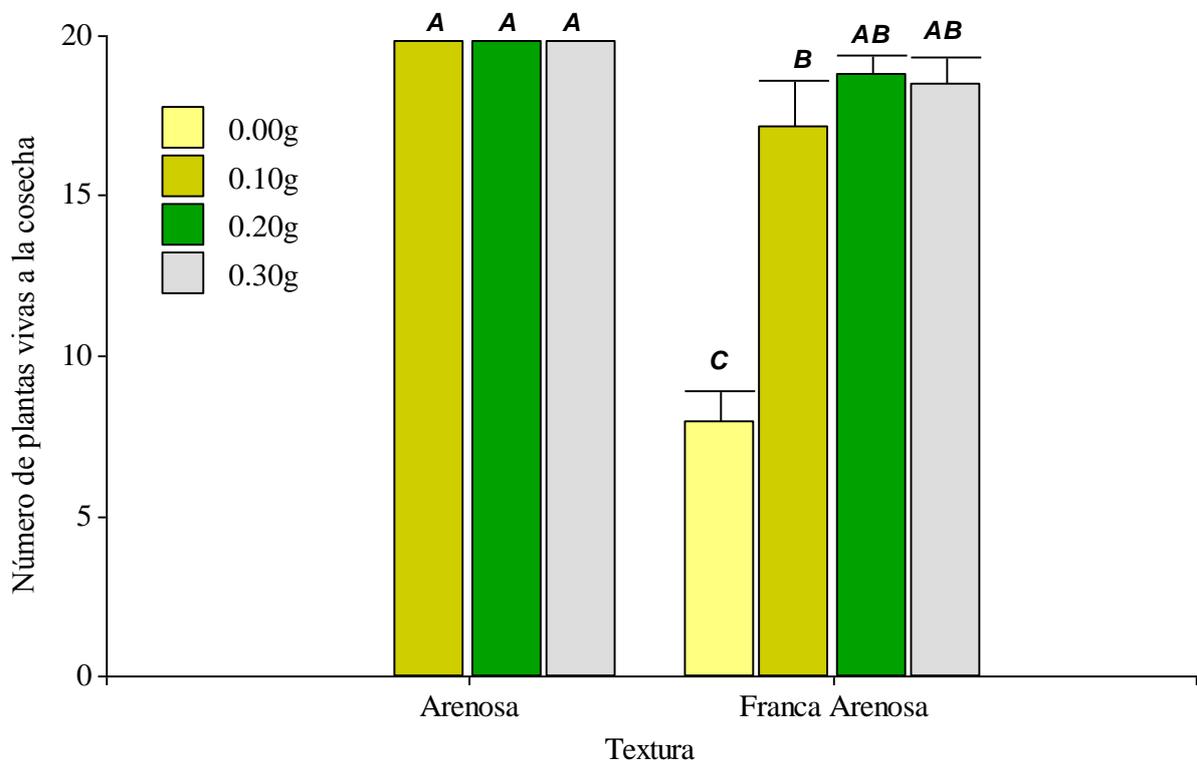


Figura 17. Número de plantas vivas a la cosecha con diferentes dosis de retenedores de agua en dos texturas suelo.

Mientras que las plantas testigo no lograron superar las condiciones de sequedad del suelo y llegaron al punto de marchitez permanente, lo cual aumentó la mortalidad de plantas, por no tener la humedad necesaria para sobrevivir. Esto se debe, posiblemente, a que se trata de una especie hortícola, la cual tiene necesidades altas de agua. En investigaciones similares con especies forestales (*Pinus pinea*), a los 90 días se observó una sobrevivencia del 83 % en la época de verano, lo cual demuestra la baja mortalidad del cultivo por la presencia de retenedores de agua (Dranski et al., 2013).

#### 4.3 Incidencia de *Sarasinula plebeia*

Los resultados indican que, con el uso de retenedores de agua, no existe incidencia de *Sarasinula plebeia* en suelos de textura Fr y A. Es oportuno mencionar que *Lactuca sativa* es muy susceptible a esta plaga, sin embargo, en la presente investigación con el uso de retenedores de agua y un intervalo de riego de cada 20 días, se evitó la formación de microclimas para el desarrollo de esta plaga (Velázquez, Camacho, Naranjo y Tovar, 2014).

Similares resultados se encontraron en el estudio de Vélez (2016), lo cual puede ser atribuido a la humedad relativa presente en el experimento (72%), que no alcanzó los valores óptimos indicados por la literatura para un desarrollo adecuado de la plaga. La humedad ambiental requerida para el desarrollo de la plaga es mayor a 80% y la temperatura menor a 20 °C para su desarrollo (Cedeño, Alfaro y Kroschel, 2010).

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

El ADEVA para la variable peso de la planta completa a la cosecha en la (Tabla 11) evidencia una interacción entre los factores textura de suelo y dosis del retenedor de agua ( $F= 6.63$ ;  $gl= 3,416$ ;  $p= 0.0002$ ).

Tabla 11.

*ADEVA para la variable peso de la planta completa a la cosecha.*

Fuentes de variación	Grados de libertad	Grados de libertad Error	Valor F	Valor p
Textura	1	416	439.53	<0.0001
Dosis	3	416	140.64	<0.0001
Textura: Dosis	3	416	6.63	<b>0.0002</b>

La Figura 18, muestra el peso total de la planta por tratamiento. La textura Fr con 0.30 g del retenedor de agua alcanzó un peso de 74 g, superando al resto de tratamientos (Anexo 3). El mismo efecto se observó, en la textura de suelo A, pero con pesos inferiores respecto a la textura Fr, en que el peso de la planta presentó diferencias significativas entre los tratamientos con la dosis de retenedores de agua. Además, la diferencia más representativa fue el tratamiento testigo que no presentó sobrevivencia alguna.

Es evidente la diferencia entre la aplicación de retenedores de agua y el tipo de textura de suelo. Estos factores marcaron una diferencia de pesos, es así como las plantas en textura Fr presentaron una media de 74 g de peso con la dosis de 0.30 g de retenedor de agua, mientras que el testigo alcanzó 37 g con la dosis de 0 g de retenedores de agua.

Estos resultados contrastan con lo encontrado por Nissen y San Martín (2004), quienes realizaron una investigación en el cultivo de lechuga en una textura franca limo arcillosa, con y sin riego. Los resultados que obtuvieron fueron un peso de planta de 59.6 g con la aplicación de retenedores de agua. Estos valores son similares a los encontrados con la textura Fr en la presente investigación, con la dosis de 0.20 g de retenedor de agua. Con respecto al testigo del estudio en mención, sin retenedor de agua y riego, éste presentó un peso total de la planta de 37 g, siendo similar a lo encontrado en el testigo de la investigación presente en textura Fr. En efecto, la diferencia de los resultados se debe a las distintas texturas de suelo. Del Campo, Aguilera, Lidón y Segura (2008) mencionan que la textura franca arenosa y arenosa liberan mayor cantidad de agua, en contraste con texturas arcillosas.

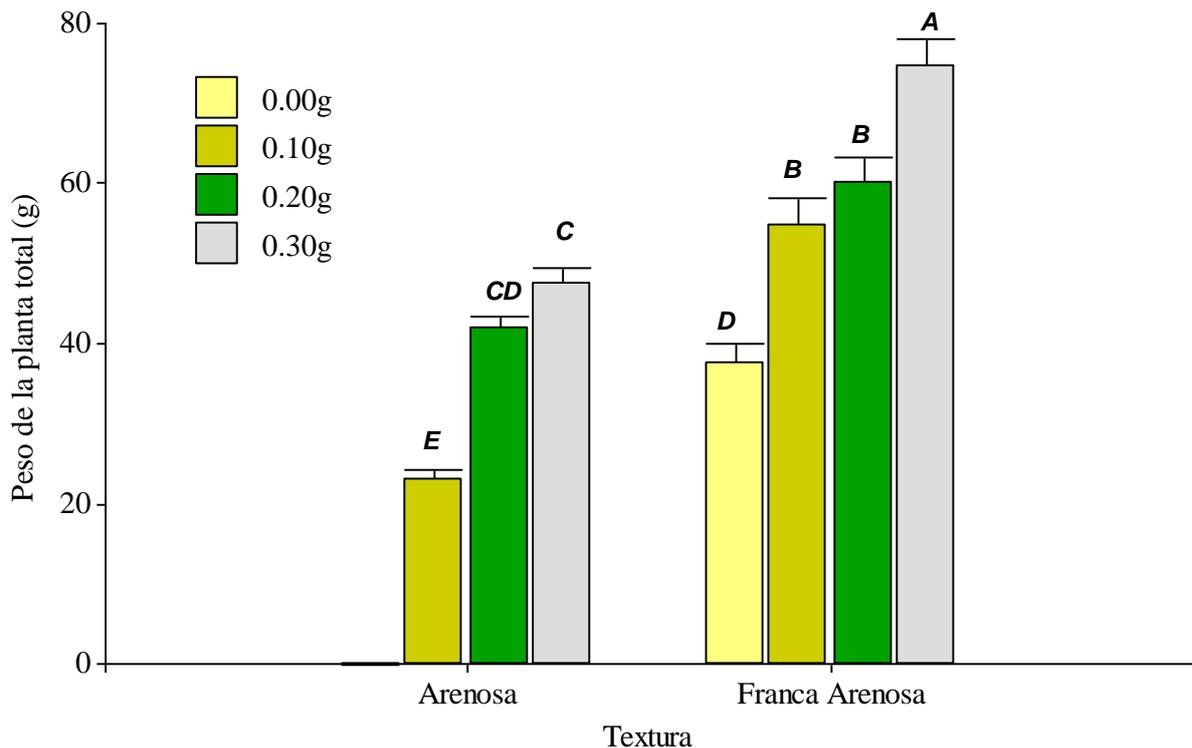


Figura 18. Peso de la planta total con diferentes dosis de retenedor de agua en dos texturas de suelo.

Por otro lado, Bernabé (2004), indica que la aplicación de retenedores de agua en la raíz de la planta en un suelo de textura Fr. Se encontraron pesos que superan los 51.21 g y un testigo con 42.36 g. Los datos del autor mencionado son inferiores a los encontrados en los tratamientos de la textura Fr, que presentaron un peso promedio de 63 g. Por otro lado, el valor que mostró el testigo del autor es superior en un 12% respecto al testigo de textura Fr. De acuerdo con, González, El-Halah, Contreras y Rojas (2018), indican que el incremento de peso se lo atribuye al uso del retenedor de agua, en efecto mejoró el suministro de agua según la dosis y la textura de suelo. También se puede inferir que la textura A requiere una dosis alta para evitar pesos bajos. Según Maldonado, Aldrete, López, Vaquera y Cetina (2011), coinciden que la restricción del crecimiento de las plantas se debe al estrés hídrico.

Además, Vélez (2016), en un suelo Fr obtuvo un peso de 51.67 g de la planta completa con la aplicación del retenedor de agua. Mientras que el testigo no presentó datos debido, a la mortalidad total ya que el desarrollo del cultivo fue, en la época de sequía. De manera semejante sucedió en la textura de suelo A. El cual mostró un peso de 47.43 g con la aplicación del retenedor de agua y con respecto al testigo no se obtuvieron datos por la muerte de las plantas. Los resultados se atribuyen a la aplicación de retenedores de agua que, en condiciones medio ambientales desfavorables y sin precipitaciones ayudan a mejorar la eficiencia para aumentar la producción (Yáñez et al., 2018).

Los resultados de un cultivo de lechuga con un riego constante y correcto, en condiciones de secano logran un peso mayor a 131 g de la planta completa (Terry, Ruiz, Tejada, Reynaldo y Díaz, 2011). Esto indica, que el desarrollo de la planta depende de los factor bióticos y abióticos (Agüero, 2011).

#### 4.5 Longitud de hojas

El ADEVA para la variable longitud de hojas presenta interacción entre los factores textura y dosis ( $F= 141.77$ ;  $gl= 3,377$ ;  $p= <0.0001$ ) mientras, que en el factor dosis no existen diferencias significativas con respecto textura ( $F= 207.11$ ;  $gl= 3,377$ ;  $p= <0.0001$ ) y similar para el factor textura con respecto a la dosis ( $F= 1677.33$ ;  $gl= 1,377$ ;  $p= <0.0001$ ) (Tabla 12).

Tabla 12.

*ADEVA para la variable de la longitud de hojas.*

Fuentes de variación	Grados de libertad	Grados de libertad Error	Valor F	Valor p
Textura	1	377	1677.33	<0.0001
Dosis	3	377	207.11	<0.0001
Textura: Dosis	3	377	141.77	<b>&lt;0.0001</b>

En la Figura 19 se observa, mediante la prueba de Fisher (LSD) al 5%, el promedio de la longitud de las hojas al momento de la cosecha, en donde se aprecia que la textura Fr con las dosis del retenedor de agua fue superior a un 30% a la textura A, que alcanza un promedio de 11.18 cm de todas las dosis (Anexo 5).

Los resultados obtenidos en condiciones climáticas no controladas en las dos parroquias, indican que todos los tratamientos de la textura Fr obtuvieron un promedio de 16.15 cm de longitud. Los valores son superiores a los tratamientos de la textura A con retenedor de agua, que presentó un promedio de 11.18 cm y con respecto al testigo. Es necesario recalcar que existe una diferencia considerable, entre las dosis con las texturas de suelo. Es así como las dosis de 0.30, 0.20, 0.10 y 0.00 g de retenedor de agua entre texturas tienen un contraste de 4.75, 4.62, 6.56 y 15.13 cm respectivamente. En cuanto a los testigos de las texturas existe una diferencia de un 100%, se puede inferir a las texturas y condiciones climáticas las cuales son de mucha importancia para los cultivos.

Estudios realizados por León (2015), en el cultivo de lechuga utilizando microalgas presentó datos promedio de 14.73 cm y el testigo menor a 12.01 cm, en contraste con la textura Fr arenosa son inferiores cabe recalcar que la investigación fue en un ambiente controlado. Por otro lado, Terry et al. (2011), presentaron para la variable longitud de hojas datos de 26.10, 23.61, 26.73 y 22.28 cm, los cuales son superiores a todos los tratamientos del estudio presente. Se puede deducir que las longitudes son superiores, debido a la utilización de productos estimulantes de crecimiento y que fue una producción convencional.

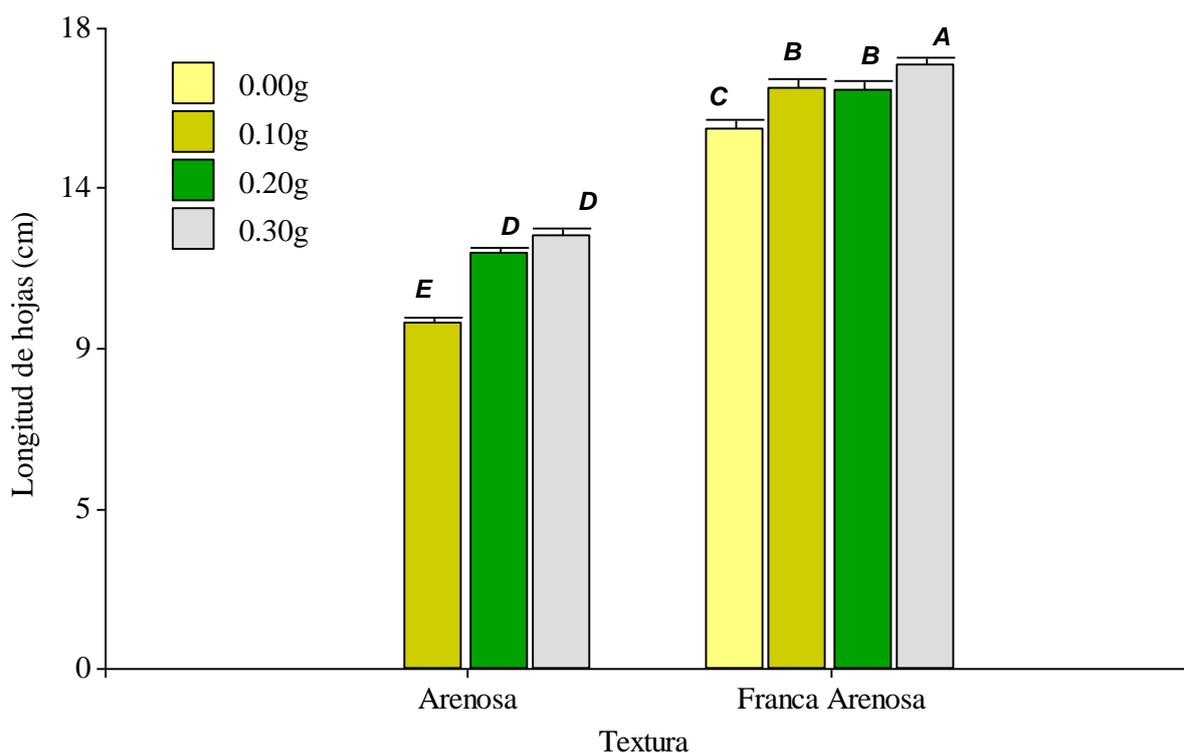


Figura 19. Longitud de hojas con diferentes dosis de retenedor de agua en dos texturas suelo.

#### 4.6 Número de hojas

Los análisis de varianza en la Tabla 13, para la variable número de hojas presentaron una interacción entre los factores textura y dosis ( $F= 113.32$ ;  $gl= 3,377$ ;  $p= <0.0001$ ). Por el contrario, para el factor dosis no existen diferencias significativas con respecto a textura ( $F= 226.84$ ;  $gl= 3,377$ ;  $p= <0.0001$ ) y similar para el factor textura con respecto a la dosis ( $F= 67.50$ ;  $gl= 1,377$ ;  $p= <0.0001$ ).

Tabla 13.

*ADEVA para la variable número de hojas de lechuga (Lactuca sativa L.).*

Fuentes de variación	Grados de libertad	Grados de libertad Error	Valor F	Valor p
Textura	1	377	67.50	<0.0001
Dosis	3	377	226.84	<0.0001
Textura: Dosis	3	377	113.32	<b>&lt;0.0001</b>

En la Figura 20, mediante la prueba de Fisher (LSD) al 5 %, se presenta el promedio de hojas al momento de la cosecha, en donde se observa que la dosis de 0.30 g para las dos texturas posee el 1 % de diferencia la cual es no significativo de igual manera para la dosis de 0.20 g en las texturas existe una diferencia de 3.96 % no significativo, mientras que las otras dosis son inferiores con un 18.13 % (Anexo 6).

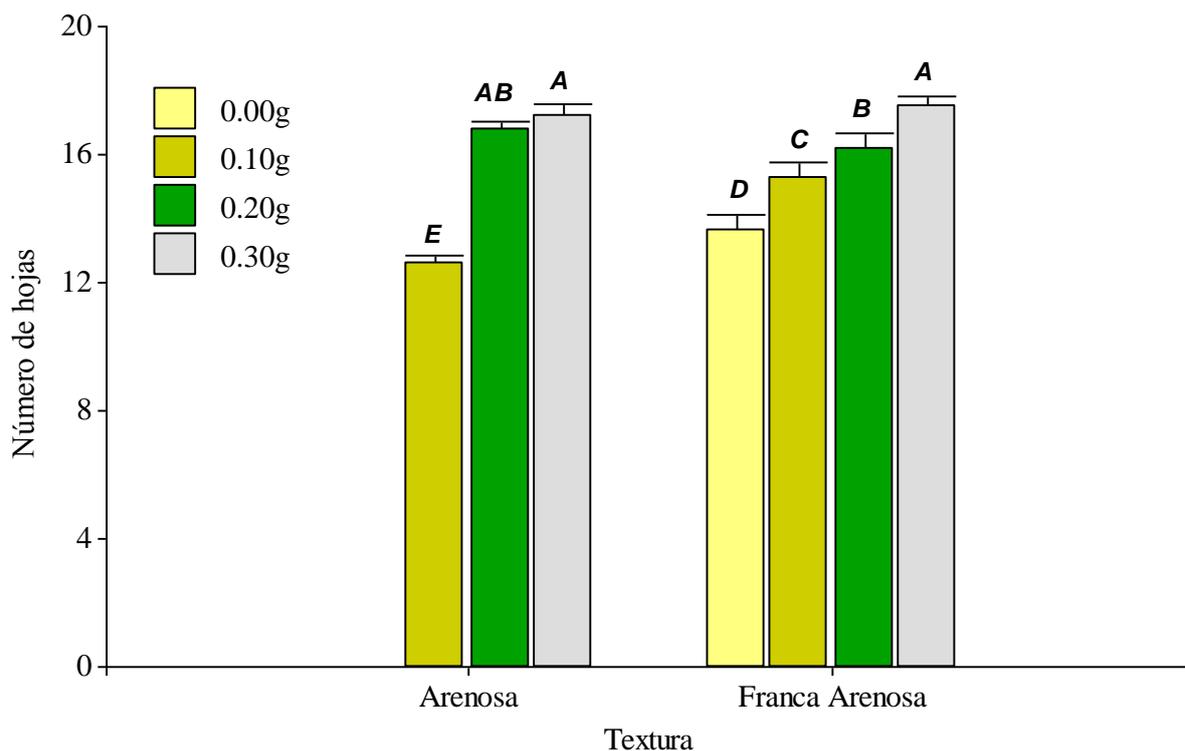


Figura 20. Número de hojas por planta con dosis diferentes de retenedor de agua en diferentes texturas de suelo.

Los resultados obtenidos indicaron que en época de secano las dos texturas de suelo con la dosis de 0.30 g de retenedores de agua, presentaron un promedio de 17.32 hojas, mientras que para los testigos fue de 12.58 hojas para la textura Fr y para textura A no existieron datos. Nissen y San Martín (2004) indicaron que para la variable número de hojas obtuvieron un promedio de 14.2 para el testigo, mientras que con la aplicación de retenedores de agua se reportó un promedio de hojas de 14.6, en cuanto a los datos no existe diferencias significativas, esto es causado por las precipitaciones en el desarrollo del cultivo. Estos datos son similares a los obtenidos en nuestro estudio. Por otro lado, Agüero (2011), menciona que en los índices de calidad de una producción con condiciones favorables y adicionalmente un riego frecuente, para el momento de la cosecha alcanzaron promedios de 18.7 para el número de hojas. Estos datos registrados son casi similares ya que la textura Fr que obtuvo 17.4 y la textura A que presentó 17.2 en la variable número de hojas.

Mientras que en el estudio de Quispe (2015), se presentan medias de 17.53 de número de hojas resultado de un cultivo de lechuga hidropónico, con varias soluciones. Existe una similitud con los tratamientos que contienen la dosis de 0.30 g de retenedor de agua de las texturas Fr con 17.41 y A 17.22. Los resultados del autor mencionado son bajos para un cultivo de lechuga hidropónico se puede inferir que de debió a las soluciones probadas.

#### 4.7 Materia seca

El ADEVA para la variable materia seca en la textura de suelo A, en la tabla 14 se determinó con respecto al factor dosis que existe diferencias significativas ( $F= 21.82$ ;  $gl= 2,40$ ;  $p= <0.0001$ ).

Tabla 14.

*ADEVA para la variable materia seca en la textura de suelo arenosa.*

Fuentes de variación	Grados de libertad	Grados de libertad Error	Valor F	Valor p
Dosis	2	40	21.82	<b>&lt;0.0001</b>

En la Figura 21 se presentan los resultados mediante la prueba de Fisher al 5% para la variable materia seca, en relación con las dosis. En el suelo de textura A, se encontraron tres rangos (A, B y C). Las plantas que recibieron la dosis de 0.30 g de retenedores de agua mostraron mayor peso con una media de 7.72 g, mientras que con las dosis de 0.20 g y 0.1 g presentaron medias de 5.91 y 4.54 g, respectivamente, evidenciándose una diferencia de 23 % entre cada dosis de retenedor de agua.

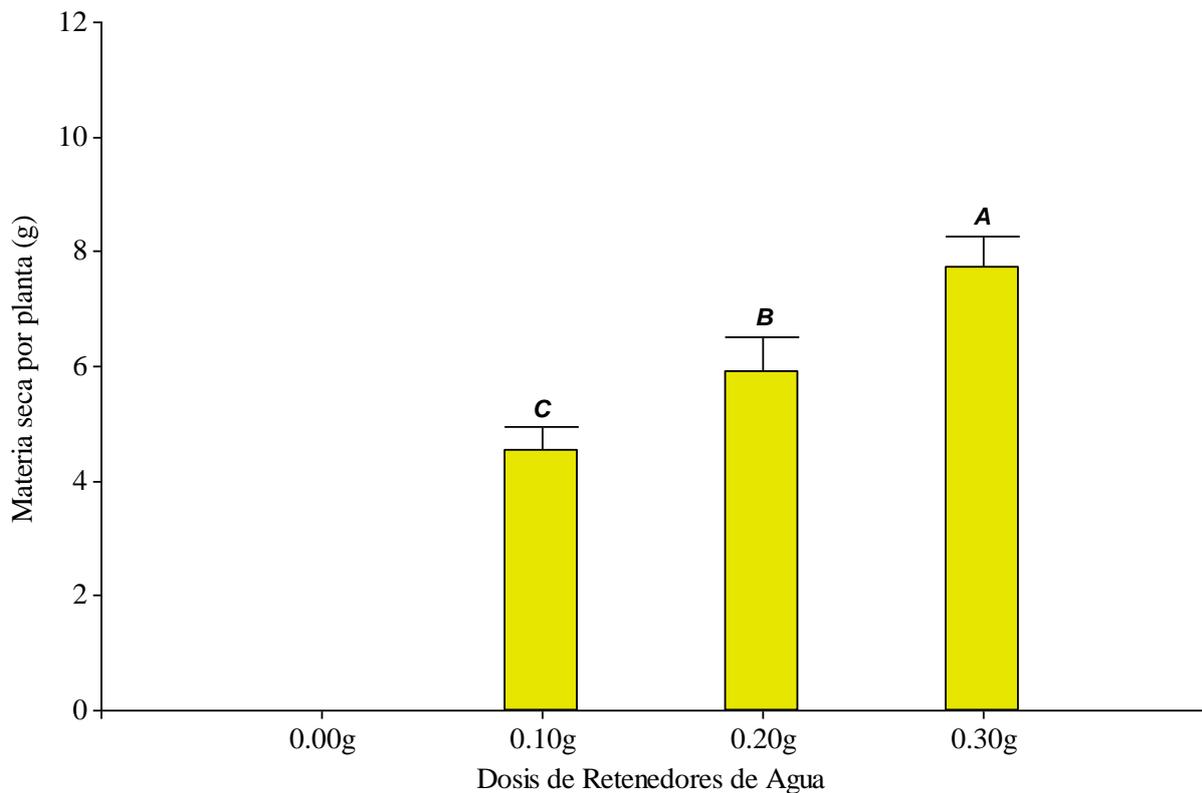


Figura 21. Materia seca de la textura de suelo A con la aplicación de retenedores de agua en dosis de 0.00 g, 0.10, 0.20 y 0.30 g.

El ADEVA de la variable materia seca en la textura de suelo A muestra para el factor dosis una diferencia significativa ( $F= 4.00$ ;  $gl= 3,54$ ;  $p= 0.0121$ ) (Tabla 15).

Tabla 15.

*ADEVA para la variable materia seca en textura de suelo franca arenosa.*

Fuentes de variación	Grados de libertad	Grados de libertad Error	Valor F	Valor p
Dosis	3	54	4.00	<b>0.0121</b>

En la Figura 22, se muestran los resultados para la variable materia seca, en relación con las dosis. En el suelo de textura Fr, se encontraron dos rangos (A y B). Los tratamientos con la dosis de 0.30 g de retenedor de agua, se observa un mayor peso presentando una media de 9.47 g. Mientras que los tratamientos con dosis de 0.20 y 0.10 g de retenedor de agua, mostraron medias de 8.24 y 8.44 g, respectivamente. Es así que, se presenta una diferencia entre los tratamientos con retenedor de agua y el testigo.

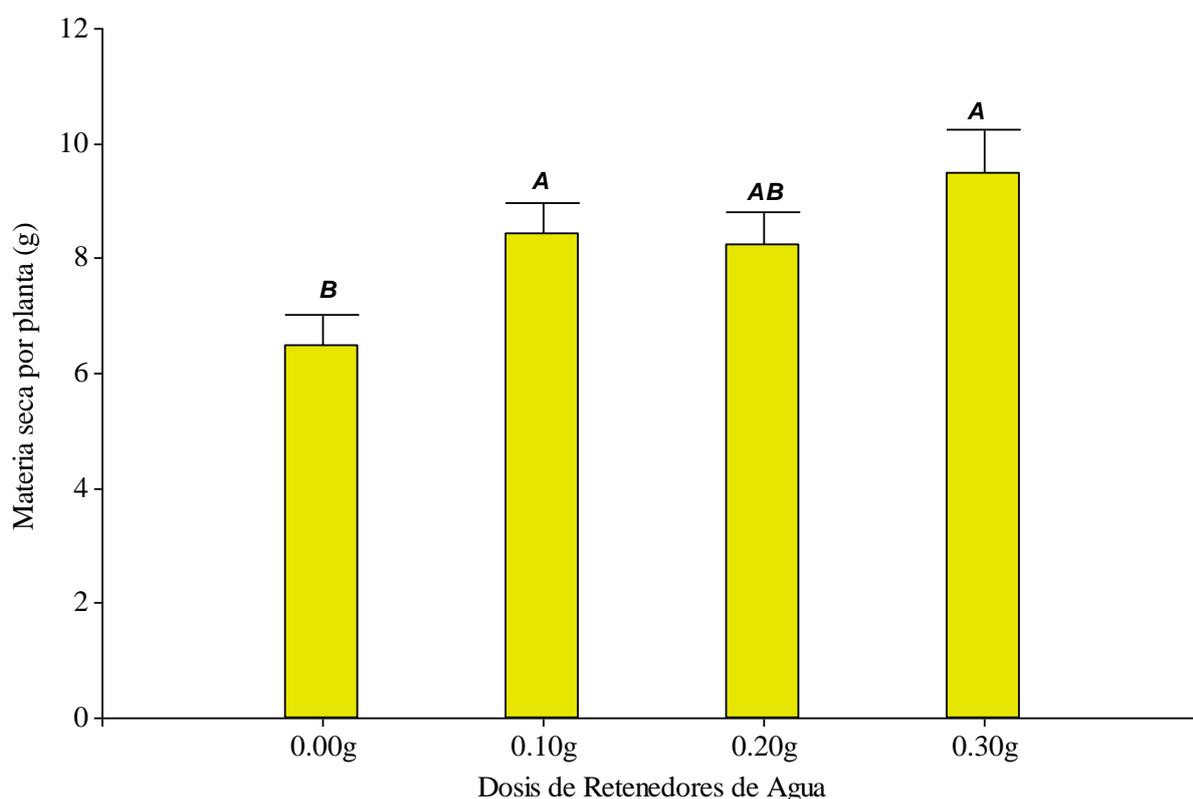


Figura 22. Materia seca de la textura de suelo Fr con las siguientes dosis 0.10, 0.20 y 0.30 g.

Agüero (2011) realizó un estudio de calidad de lechuga de una producción convencional. Los resultados muestran que alcanzó un peso promedio de 11.9 g de materia seca, el cual fue superior a todos los tratamientos de la textura Fr. Las diferencias se atribuyen a factores como la época del año y riego, los cuales fueron óptimos para el cultivo de lechuga del estudio

mencionado. Mientras que Bernabé (2004), menciona que en los suelos de textura Fr se obtuvo 8.88 g de materia seca. De igual manera, que los tratamientos de la textura Fr con la dosis de retenedor de agua que encontró 8.72 g de materia seca.

También Mahalleh et al. (2011), obtuvieron datos con altos niveles de materia seca en el cultivo de maíz con la aplicación de retenedores de agua. En el estudio, encontraron un peso de 2.827 tn ha<sup>-1</sup>, mientras que para el testigo fue de 1.8 tn ha<sup>-1</sup>. Es evidente una diferencia de 36% entre los tratamientos. Este resultado es similar a lo encontrado en la presente investigación en que se obtiene una diferencia de 32% entre el peso total de las plantas del tratamiento de textura Fr con una dosis de 0.30 g de retenedor de agua, con respecto al testigo. De igual manera, Pedroza et al. (2015), mencionan que el efecto de la aplicación de retenedores de agua en la producción de maíz alcanzó un peso de 27.8 tn ha<sup>-1</sup>, por el contrario, el testigo fue de 19.5 tn ha<sup>-1</sup> de materia seca. De acuerdo con Gómez (2014); Hernández, Peralta, Santos y Gutiérrez (2007), los retenedores de agua favorecieron el aumento de materia seca en la mayoría de los cultivos.

En cuanto a la textura A, la investigación en rábano realizada por Idrobo, Rodríguez, y Díaz (2010), demostró un incremento de retención de agua en el ciclo de cultivo lo que favoreció la producción de biomasa. Por lo tanto, los retenedores de agua son importantes en suelos arenosos por ser muy drenados y bajos en nutrientes. De acuerdo con Navroski, Araujo, de Oliveira y Fior (2016), infieren que es evidente la eficacia de los retenedores de agua en el crecimiento y desarrollo de las plantas. Así mismo Andrada y Barbaro (2018), indican que suministrar constantemente agua a la planta por medio de los retenedores de agua evita el estrés hídrico, además se fomenta la aireación en el suelo. De la misma manera Głowińska et al. (2019), mencionan que la aplicación de retenedores de agua en ocasiones favorece la producción de biomasa. Por otra parte, Clemente et al. (2004), afirman que los retenedores de agua son dependientes de una óptima conductividad eléctrica, por lo cual se puede inferir que la textura A presentó bajos pesos debido a su baja conductividad eléctrica, a diferencia de la textura Fr.

#### **4.8 Relación Beneficio/Costo**

En la Tabla 16 se observa los costos de producción y los ingresos por ventas, los cuales son utilizados para el cálculo de la relación Beneficio/Costo (Tabla 16). En el momento de la cosecha se cotizó a un valor de 0.48 USD el kilogramo de lechuga.

La diferencia entre los costos de producción en cada tratamiento se debe a la aplicación del retenedor de agua. También existen diferencias por el requerimiento de fertilización según los análisis de suelo, es así como para textura de suelo arenosa se requirió mayor cantidad fertilizante que para el suelo de textura franca arenosa.

Tabla 16.  
*Relación Beneficio/Costo en las dos texturas de suelo.*

Tratamientos	Código	Cotos de producción (USD/ha)	Ingresos por ventas (USD/ha)	Beneficio/Costo
T1	Ad1	1955.65	0.00	0.00
T2	Ad2	2146.94	1039.77	0.48
T3	Ad3	2353.98	1892.06	0.80
T4	Ad4	2561.02	2137.69	0.83
T5	Frd1	1930.71	683.09	0.35
T6	Frd2	2127.25	2131.17	1.00
T7	Frd3	2334.29	2572.87	1.10
T8	Frd4	2541.33	3121.70	1.23

En los tratamientos de textura A, se obtuvo una relación beneficio/costo inferior a 1, lo cual indica que existió pérdida de la inversión inicial, similar situación ocurre con el T5 (testigo) de la textura Fr. Por otro lado, se presentó un punto de equilibrio el T6, mientras que los beneficios se evidenciaron en el T6 y T8 (Tabla 16). De donde se infiere que los tratamientos T1 y T5 registran pérdidas por la ausencia de los retenedores de agua, pero el beneficio/costo del T5 se lo atribuye a la diferencia de las texturas.

Escobar (2003), en una producción ecológica de lechuga a campo abierto se logró una relación de beneficio/costo de 1.48 USD, siendo superior en un 17 % al mejor beneficio/costo del presente estudio. Las diferencias se deben al manejo constante del riego que mantuvieron durante la producción ecológica, no obstante en este estudio se realizó un intervalo de riego de 20 días. De igual forma, Martínez et al. (2015) realizaron un estudio sobre una producción de lechuga en condiciones de invernadero, demostró una relación beneficio/costo de 1.37 USD. El beneficio fue superior en un 10 % a lo obtenido en esta investigación, cabe resaltar que los autores mencionados manejaron condiciones ambientales controladas.

Se infiere que el beneficio/costo obtenido en la investigación con el uso de retenedores de agua, no está por debajo de los rangos de otras producciones con riego constante en el cultivo de lechuga, cabe mencionar que los resultados obtenidos son en época de sequo.

# CAPÍTULO V

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 Conclusiones

- La dosis de 0.30 g de retenedor de agua mostró la mejor respuesta en el comportamiento del cultivo de lechuga en los dos tipos de suelo evaluados. Se obtuvo un 100% de plantas vivas a los 15 días luego del trasplante. Además, con esta dosis se obtuvo un peso de la lechuga de 74 g a la cosecha, superando en un 19% a los demás tratamientos, en los que el producto presentó un peso menor a 60 g a la cosecha.
- Se evidenció que existe una relación entre textura de suelo y el comportamiento del cultivo de lechuga con el empleo de retenedores de agua. Los mejores resultados, con respecto al contenido de materia seca, se encontraron en los tratamientos ubicados en el suelo de textura franca arenosa. Es así que se obtuvo un peso de materia seca 44% mayor en los tratamientos ubicados en el suelo de textura franca arenosa, con respecto a los tratamientos de textura arenosa.
- La relación beneficio/costo fue mayor en los tratamientos de textura franca arenosa, con dosis de 0.30 g de retenedor de agua, con una relación de 1.23, respectivamente. En los tratamientos ubicados en suelo de textura arenosa, existió una relación beneficio/costo menor a 1 en todos los casos. Por lo tanto, es posible concluir que es rentable el uso de retenedores de agua, en lugares con limitado acceso al riego y en épocas de secano.

### 5.2 Recomendaciones

- Para el cultivo de lechuga se recomienda emplear dosis 0.30 g de retenedor de agua en suelos de textura franca arenosa, en época de secano, para evitar el estrés hídrico en las plantas, disminuir la mortalidad e incrementar el peso de materia seca.
- Se recomienda realizar futuras investigaciones probando dosis mayores de retenedor de agua en suelos de textura arenosa, para evaluar producción y sobrevivencia al momento de la cosecha.
- En futuras evaluaciones en el cultivo de lechuga se propone incrementar un tratamiento testigo con un riego convencional, la cual permitirá efectuar un contraste de las variables con las mismas condiciones climáticas.

## BIBLIOGRAFÍA

- Arbona, V., Iglesias, D. J., Jacas, J., Primo-Millo, E., Talon, M. y Gómez-Cadenas, A. (2005). Hydrogel substrate amendment alleviates drought effects on young citrus plants. *Plant and Soil*, 270(1), 73–82. <https://doi.org/10.1007/s11104-004-1160-0>
- Abdel-Salam, E., Alatar, A. y El-Sheikh, M. A. (2018). Inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi alleviates harmful effects of drought stress on damask rose. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 25(8), 1772-1780.
- Andrades, M. y Martínez, E. (2014). *Fertilidad de suelo y parámetros que la definen* (Tercera ed.). Logroño, España: Universidad de la Rioja.
- Arévalo, K., Pastrano, E. y Armijos, V. (2016). Relación beneficio – costo por tratamiento en la producción orgánica de las hortalizas (Cilantro, Lechuga, Cebolla Roja, Cebolla de Rama) en el cantón Santo Domingo de Los Colorados. *Revista Publicando*, 3(7), 503-528.
- Agaba, H., Baguma, L., Osoto, J., Obua, J., Kabasa, J. y Hüttermann, A. (2010). Effects of Hydrogel Amendment to Different Soils on Plant Available Water and Survival of Trees under Drought Conditions. *Clean-Soil, Air, Water*, 38(4), 328-335. doi:10.1002/clen.200900245
- Agropecuaria Unidad Regional de Planificación. (2016). Modelo tecnológico para el cultivo de lechuga bajo buenas prácticas agrícolas. Medellín, Colombia: Fotomontajes S.A.S.
- Agüero, M. (2011). Modelado de la evaluación de índices de calidad integral de lechuga mantecosa desde la precosecha hasta el consumidor (tesis doctoral). Universidad Nacional de La Plata, Argentina.
- Andrada, H. y Barbaro, G. (2018). Effect of the application of copolymer on lettuce (*Lactuca sativa* L.) crop. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 35(2), 27-35. doi:<http://dx.doi.org/10.22267/rcia.183502.89>
- Archila, J., Contreras, U., Pinzon, H. y Laverde, H. (1997). Absorción de nutrientes en cuatro materiales de lechuga, *Lactuca sativa* L. *Agronomía Colombiana*, 14, 28-36. Retrieved from <https://revistas.unal.edu.co/index.php/agrocol/article/view/25617> website:
- Asrar, A., Abdel-Fattah, G. y Elhindi, K. (2012). Improving growth, flower yield, and water relations of snapdragon (*Antirrhinum majus* L.) plants grown under well-watered and

- water-stress conditions using arbuscular mycorrhizal fungi. *Photosynthetica*, 50, 305-316. doi:10.1007/S11099-012-0024-8
- Banco Central del Ecuador (BCE). (2017). Reporte de coyuntura sector agropecuario. Quito. <https://contenido.bce.fin.ec/documentos/PublicacionesNotas/Catalogo/Encuestas/Coyuntura/Integradas/etc201703.pdf>
- Barón, A., Barrera, I., Boada, L. y Rodríguez, G. (2007). Evaluating hydrogels for agriforestry applications. *Redalyc*, 27(3), 35-44.
- Barreto, I. (Julio de 2011). Evaluación del efecto de retenedores de agua en el establecimiento y crecimiento inicial de *Juniperus flaccida Schlechtendal* en Ixcateopan (tesis de pregrado) Universidad Autónoma Chapingo, México.
- Beltrano, J. y Gimenez, D. (2015). *Cultivo en hidroponía* (Primera ed.). La Plata, Buenos Aires, Argentina: Editorial de la Universidad de La Plata. Recuperado de [http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/46752/Documento\\_completo.pdf?sequence=1](http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/46752/Documento_completo.pdf?sequence=1)
- Bernabé, 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. Universidad Austral de Chile, Chile.
- Buck, J. S. y Evans, M. R. (2010). Physical properties of ground parboiled fresh rice hulls used as a horticultural root substrate. *HortScience*, 45(4), 643–649.
- Cajo, A. (2016). Producción Hidropónica de tres variedades de lechuga (*Lactuca sativa* L), bajo el sistema NFT, con tres soluciones nutritivas (tesis de pregrado). Universidad Técnica de Ambato, Ambato
- Casaca, Á. (2005). El Cultivo de Lechuga. Costa Rica. Recuperado de <http://www.innovacion.gob.sv/inventa/attachments/article/2792/lechuga.pdf>
- Castellanos, D. (2013). Ecuador: Sequía deja agricultores con dificultades financieras. Federación Internacional de Sociedades de la Cruz Roja y de la Medialuna Roja: <http://www.ifrc.org/es/noticias/noticias/americas/ecuador/ecuador-sequia-deja-agricultores-con-dificultades-financieras/>
- Castro, E., (1981). Produccion de Hortalizas. (IICA Biblioteca Venezuela, Ed.). San José, Costa Rica.

- Cedeño, V., Alfaro, A. y Kroschel, J. (2010). Manejo integrado de babosas en los cultivos hortícolas. *International Potato Center*: <http://www.cipotato.org/publications/pdf/005438.pdf>
- Chang, K.-Y., Xu, L., Starr, G. y Paw, K. T. (2018). A drought indicator reflecting ecosystem responses to water availability: The Normalized Ecosystem Drought Index. *Agricultural and Forest Meteorology*, 3399250-251, 102-117. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2017.12.001>
- Chu, S. (1988). Revision of *Lactuca* L. and Two New Genera of Tribe Lactuceae (Compositae) on the Mainland of Asia. *J Syst Evol*, 26(5), 382–393. Recuperado a partir de <http://journal.ucas.ac.cn/EN/abstract/abstract10649.shtml>
- Ciocco, C., Sandler, R., Falco, L. y Coviella, C. (2014). Actividad microbiológica de un suelo sometido a distintos usos y su relación con variables físico-químicas. *Actividad microbiológica de un suelo sometido a distintos usos y su relación con variables físico- químicas. FCA UNCUYO*. 46 (1),73-85.
- Clemente, A., Werner, C., Máguas, M., Cabral, M., Martins, M. y Correia, O. (2004). Restoration of a Limestone Quarry: Effect of Soil Amendments on the Establishment of Native Mediterranean Sclerophyllous Shrubs. *Restoration Ecology*, 12(1), 20-28. doi: 10.1111/j.1061-2971.
- Dalgleish, T., Williams, J. M. G., Golden, A.-M. J., Perkins, N., Barrett, L. F., Barnard, P. J., ... Watkins, E. (2007). Modelo Tecnológico para el Cultivo de Lechuga Bajo Buenas Prácticas Agrícolas en el Oriente Antioqueño (Vol. 136). Medellín.
- Del Campo, A., Aguilera, A., Lidón, A. y Segura, G. (2008). Influencia del tipo y dosis de hidrogel en las propiedades hidrofísicas de tres suelos forestales de distinta textura. *Sociedad Española de Ciencias Forestales*, 25, 137-143.
- Dranski, J. A. L., Junior, A. S. P., Campagnolo, M. A., Malavasi, U. C., de Matos Malavasi, M. y Guimaraes, V. F. (2013). The effect of planting season and hydrogel on survival and initial growth of physic nut/. *Ciencia Florestal*, 23, 489.
- Ekonekazariza. (2015). La Lechuga. Manual para su cultivo en agricultura ecológica. Recuperado a partir de <https://www.eneek.eus/files/2016/11/LECHUGA.pdf>
- Escobar, H. (2003). Lechuga crespada verde y morada (*Lactuca sativa* L.). En *Análisis de costos para hortalizas ecológicas* (págs. 8-17). Bogotá: Ultracolor LTDA.

- Escobar, J., García, D., Zaldivar y Issa, K. (2002). Hidrogeles. Principales Características en el Diseño de Sistemas de Liberación Controlada de Fármacos. Recuperado a partir de <http://www.ehu.es/reviberpol/pdf/publicados/escobar2.pdf>
- Estrada, J. (2014). Evaluación de Diferentes Dosis de Hidrogel en la Producción de Plantas de *Abies vejarii* Martínez, en Invernadero (tesis de pregrado). Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, México.
- Estrada, R., Lemus, D., Mendoza, D. y Rodríguez, V. (2010). Hidrogeles biopoliméricos potencialmente aplicables en agricultura. *Iberoamericana de Polímeros*, 12(2), 76-87.
- Fasanando, R. (2009). Efecto residual de tres dosis de hidroabsorbente de potasio y tres frecuencias de riego, en el cultivo de lechuga en Lamas-San Martín. Tarapoto, Perú: Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto.
- Fernández, R., Jarama, F., Gallo, F. y Intriago, D. (2017). Hydrogel for improving water use efficiency of *Capsicum annum* crops in Fluvisol soil (tesis de pregrado). Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo, Argentina.
- Fernández, X. (2016). Uso de polímeros en el agro: ¿Realidad o fantasía? Recuperado el 29 de noviembre de 2018, a partir de <http://www.elmercurio.com/campo/noticias/noticias/2016/05/16/uso-de-polimeros-en-el-agro-realidad-o-fantasia.aspx>
- Few, R. y Tebboth, M. G. L. (2018). Recognising the dynamics that surround drought impacts. *Journal of Arid Environments*, 157, 113-115. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2018.06.001>
- Feyen, L. y Dankers, R. (2009). Impacto of global warming on streamflow drought in Europe. *Geophysical Research: Atmospheres*, 114(D17). doi:10.1029/2008JD011438
- Freire, A. (2004). *Botánica sistemática ecuatoriana*. Quito, Pichincha, Ecuador: Missouri Botanical Garden.
- García - Vila, M. y Fereres, E. (junio de 2012). Combining the simulation crop model AquaCrop with an economic model for the optimization of irrigation management at farm level. *European Journal of Agronomy*, 26(1), 21-31. doi:10.1016/j.eja.2011.08.003
- Gaviola, J. y Granval de Millan, N. (1991). Manual de producción de semillas hortícolas. (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Ed.) (Primera). Argentina: Asociación Cooperadora de la Estación Experimental Agropecuaria.

- Głowińska, A., Trochimczuk, A. W. y Jakubiak-Marcinkowska, A. (2019). Novel acrylate/organophosphorus-based hydrogels for agricultural applications. New outlook and innovative concept for the use of 2-(methacryloyloxy)ethyl phosphate as a multi-purpose monomer. *European Polymer Journal*, 110, 202-210. doi: <https://doi.org/10.1016/j.eurpolymj.2018.11.020>
- Gobierno de Pichincha. (2012). PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DE TOCACHI 2012-2025. Obtenido de PREFECTURA DE LA PROVINCIA DE PICHINCHA: [http://www.pichincha.gob.ec/phocadownload/leytransparencia/literal\\_k/ppot/pedromonc/ppdot\\_tocachi.pdf](http://www.pichincha.gob.ec/phocadownload/leytransparencia/literal_k/ppot/pedromonc/ppdot_tocachi.pdf)
- Goites, E. (2008). *Manual de cultivos para la huerta orgánica familiar*. Buenos Aires, Argentina: Inst. Nacional de Tecnología Agropecuaria - INTA. Obtenido de [https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-manual\\_cultivos\\_pro\\_huerta\\_-\\_cerbas.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-manual_cultivos_pro_huerta_-_cerbas.pdf)
- Gómez, A. (2014). Aplicación de hidrogel como retenedor de agua en la agroforestería. (tesis de pregrado), Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, México. Retrieved from <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/1089/62938s.pdf?sequence=1>
- González, N., El-Halah, A., Contreras, J. y Rojas, B. (2018). Study of the absorption capacity in semi-interpenetrating hydrogels of polyacrylamide/poly(hydroxybutyrate-co-hydroxyvalerate). *Revista Colombiana de Química*, 47(3), 5-12. doi:10.15446/rev.colomb.quim.v47n3.69280
- Gutiérrez Tlahque, J. (2011). Producción hidropónica de lechuga con y sin recirculación de solución nutritiva (tesis de pregrado). Universidad Autónoma Chapingo, México.
- Hernández, B., Peralta, A., Santos, O. y Gutiérrez, G. (2007). Efecto del hidrogel sobre el rendimiento de semilla en tres cultivares de *Bachiaria spp* en el valle Iguala., México. *Revista electrónica de Veterinaria*, VIII. <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n090907/090704.pdf>
- Idrobo, H. J., Rodríguez, A. M. y Díaz Ortiz, J. E. (2010). Comportamiento del hidrogel en suelos arenosos. *Redalyc*, 9.
- Imbaquingo, W. y Valera, E. (2012). Evolución 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, Ibarra.

- Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). (2017). Manual de producción de lechuga. (Gabriel Saavedra Del R., Ed.) (Boletín IN). Santiago: INIA - INDAP. Recuperado a partir de [http://www.inia.cl/wp-content/uploads/ManualesdeProduccion/09\\_Manual\\_Lechuga.pdf](http://www.inia.cl/wp-content/uploads/ManualesdeProduccion/09_Manual_Lechuga.pdf)
- Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá. (2012). Tabla de Composición de Alimentos de Centroamérica. Recuperado a partir de [http://www.incap.int/index.php/es/publicaciones/doc\\_view/80-tabla-de-composicion-de-alimentos-de-centroamerica](http://www.incap.int/index.php/es/publicaciones/doc_view/80-tabla-de-composicion-de-alimentos-de-centroamerica)
- Jiménez, S., Castro, L. y Wittmer, C. (2012). CeALCI- Fundación Carolina. Impacto del cambio climático en la agricultura de subsistencia en el Ecuador: <https://www.fundacioncarolina.es/wp-content/uploads/2014/08/AI66.pdf>
- León, M. (2015). Respuestá de lechuga (*Lactuca sativa* L. var. Crispa) y remolacha (*Beta vulgaris* L. var. conditiva) a la aplicación al suelo del consorcio de microalgas (*Chlorella sp.*) y (*Scenedesmus sp.*) (tesis de pregrado). Universidad Central del Ecuador, Quito.
- Lopes, A., Soares, J., Campagnolo, M., Contro, U., de Matos, M. y Guimarães, V. (2013). The effect of planting season and hydrogel on survival and initial growth of *physic nut*. *Ciência Florestal*, 23(3), 489-498.
- López, J., Huez, M., Rueda, E., Jiménez, J., Cruz, F. y Garrido, O. (agosto de 2013). Use of a hydrophilic polymer in Anaheim pepper (*Capsicum annuum* L.) under greenhouse conditions. *IDESIA*, 31(2), 77-81.
- Mahalleh, J. K., Abad, H. H. S., Nourmohammadi, G., Darvish, F., Haravan, I. M. y Valizadegan, E. (2011). Effect of superabsorbent polymer (Tarawat A200) on forage yield and qualitative characters in corn under deficit irrigation condition in Khoy Zone (northwest of Iran). *Advances in Environmental Biology*, 5. 2579-2587.
- Maldonado, R., Aldrete, A., López, J., Vaquera, H. y Cetina, M. (2011). Producción de *Pinus greggii* Engelm. En mezclas de sustrato con hidrogel y riego, en vivero. *Agrociencia*, 45(3), 389-398.
- Marqués, L. H., Santos, A. C., Castro, B. A., Moscardini, V. F., Rossetto, J., Silva, O. A. N., . . . Fernandes, O. A. (2017). Field evaluation of soybean transgenic event DAS-81419-2 expressing Cry1F and Cry1Ac proteins for the control of secondary lepidopteran pests in Brazil. *Crop Protection*, 96, 109-115.

- Martínez, G., Lara, A., Padilla, L., Luna, M., Avelar, J. y Llamas, J. (2015). Technical and financial evaluation of greenhouse lettuce crop as a winter alternative. *Terra Latinoamericana*, 33(3), 52-55.
- Martínez, M. (2017). Desarrollo y aplicaciones de hidrogeles para la administración y liberación modificada de fármacos (tesis doctoral). Universidad de Valencia.7-10; 27-28.
- Mpelasoka, F., Hennessy, R., Jones, R. y Bates, B. (2008). Comparison of suitable drought indices for climate change impacts assessment over Australia towards resource management. *Royal Meteorological Society*, 28, 1283-1292. doi:10.1002/joc.1649
- Navroski, M. C., Araujo, M. M., de Oliveira Pereira, M. y Fior, C. S. (2016). Influence of a water retaining polymer on the characteristics of a commercial substrate for the production of forest seedlings. *Interciencia*, 41, 357.
- Nelson, G., Rosegrant, M., Koo, J., Robertson, R., Sulser, T., Zhu, T. y Lee, D. (2009). Cambio climático: El impacto en la agricultura y los costos de producción. Instituto Internacional de Investigación sobre Políticas Alimentarias IFPRI doi:10.2499/0896295370
- Nissen, J. y San Martín, K. (2004). Uso de poliacrilamidas y el riego en el manejo hídrico de lechugas (*Lactuca sativa* L.). *Agro Sur*, 32(2), 1-12.
- Park, M. H. y Lee, Y. B. (2001). Effects of CO<sub>2</sub> concentration, light intensity and nutrient level on growth of leaf lettuce in a plant factory. *Journal of Biological Chemistry*, 276(5), 3408–3416.
- Pedroza, A., Yáñez, L., Sánchez, I. y Samaniego, J. (2015). Effect of hydrogel and vermicompost on corn production. *Fitotec*, 38(4), 375-381.
- Pérez, L., Rojas, Y. y Melgarejo, L. (2010). Experimentos en Fisiología Vegetal (Primera ed.). Colombia, Colombia: Charlie's impresores Ltda. de [http://ciencias.bogota.unal.edu.co/fileadmin/content/laboratorios/fisiologiavegetal/documentos/Libro\\_experimentos\\_en\\_fisiologia\\_y\\_bioquimica\\_vegetal\\_\\_Reparado\\_.pdf](http://ciencias.bogota.unal.edu.co/fileadmin/content/laboratorios/fisiologiavegetal/documentos/Libro_experimentos_en_fisiologia_y_bioquimica_vegetal__Reparado_.pdf)
- Quintero, J. J. (1977). La lechuga. Recuperado a partir de [https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd\\_1977\\_10.pdf](https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1977_10.pdf)
- Quispe, L. (2015). Evaluación de seis variedades de lechuga (*Lactuca sativa* L.) cultivadas con el sistema hidropónico recirculante NFT en el centro experimental de Cota Cota. (tesis de pregrado). Universidad Mayo de San Andrés:

- Ramos, R., Velázquez, K., de la Rosa, P., Valdés, A. y Segura, E. (2009). Atrapamiento de sustancias húmicas en hidrogeles de gelatina con aplicación en agricultura. *CIENCIACIERTA* (20). Recuperado el 18 de Julio de 2017, de <http://www.posgradoeinvestigacion.uadec.mx/CienciaCierta/CC20/CC20hidrogeles.html>
- Ruiz, H. A., Sarli, G. O., Schaefer, C. E. G. R., Filgueira, R. R. y de Souza, F. S. (2016). La superficie específica de oxisoles y su relación con la retención hídrica. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*, 48(2), 95–105.
- Rus, G. (2008). Análisis financiero y análisis Coste/Beneficio. En Análisis Coste-Beneficio (Tercera ed., págs. 20-21). Barcelona, España: Ariel S.A.
- Salem, H. M., Fouda, M. A., Abas, A. A., Ali, W. M. y Gabarty, A. (2014). Effects of gamma irradiation on the development and reproduction of the greasy cutworm, *Agrotis ipsilon* (Hufn.). *Journal of Radiation Research and Applied Sciences*, 7(1), 110-115.
- Sánchez, F., Novoa, R., Díaz, I. y Issa, K. (1996). Obtención de hidrogeles derivados del ácido itacónico. *Ingeniería e Investigación*, (33), 106–113.
- Secretaría de Gestión de Riesgos. (2014). Amenaza déficit hídrico. Quito: Componente escenarios. Recuperado el 16 de junio de 2019, de [https://www.gestionderiesgos.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/04/Escenario\\_trimestralAMJ\\_DH.pdf?fbclid=IwAR3FS3gfHu5pXGTGqBQ0Zbnv2j7Q3h5Re3Dcs6LiSlyW6BHt9sWcl3FQTGo](https://www.gestionderiesgos.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/04/Escenario_trimestralAMJ_DH.pdf?fbclid=IwAR3FS3gfHu5pXGTGqBQ0Zbnv2j7Q3h5Re3Dcs6LiSlyW6BHt9sWcl3FQTGo)
- Secretaría de Gestión de Riesgos. (2015). Probabilidad de generación de déficit hídrico. Quito: Componente escenarios. Recuperado el 16 de junio de 2019, de [https://www.gestionderiesgos.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/01/Escenarios\\_DEF\\_DH\\_2014.pdf?fbclid=IwAR2rpUrYt2-vAczZVnUJztkgeNYbiG2tHOKRrKuAnFG-lu484ygNlITXJ9E](https://www.gestionderiesgos.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/01/Escenarios_DEF_DH_2014.pdf?fbclid=IwAR2rpUrYt2-vAczZVnUJztkgeNYbiG2tHOKRrKuAnFG-lu484ygNlITXJ9E)
- Terry, E., Ruiz, J., Tejada, T., Reynaldo, I. y Díaz, M. (16 de Marzo de 2011). crop response of lettuce (*Lactuca sativa* L.) to the application of different bioactive products. *Redalyc*, 32(1).
- Tooker, J. (2009). Gusano Cortador Grasiento (*Agrotis ipsilon*) Hufnagel. Recuperado el 13 de noviembre de 2018, de College of Agricultural Sciences - Penn State University.
- Velázquez-Montes de Oca, M. Y., Camacho, A. D., Naranjo-García, E. y Tovar-Soto, A. (2014). Distribución e incidencia de *Leidyula moreleti* y *Sarasinula plebeia* (Soleolifera: Veronicellidae), babosas plaga en la región principal productora de vainilla en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85(4), 1139-1144.

- Vélez, N. (2016). Efecto de retenedores de agua en la producción de lechuga (*Lechuga sativa* L.) variedad cressa en la Granja Experimental Yuyucocha Provincia de Imbabura (tesis de pregrado). Universidad Técnica del Norte. Ibarra.
- Yáñez, L., Pedroza, A., Martínez, M., Sánchez, I., Echavarría, F., Velásquez, M. y López, A. (2018). Use of soil moisture retainers on the survival and growing of two grass species *Bouteloua curtipendula* [Michx.] Torr. and *Chloris gayana* Kunth. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 9(4), 703-718. doi:10.223119

## ANEXOS

### Anexo 1. Análisis de suelo



AGRARPROJEKT S.A.  
Urb. El Condado Calle V # 941 y Avda. A  
Telfs.: 2490575 / 2492148  
Quito Ecuador  
E-mail:  
agrارprojekt@cablemodem.com.ec  
www.agrarprojekt.com

### Reporte Análisis de Suelo

#### Método Específico para Cultivos Hortícolas Intensivos con Sistema de Fertirrigación

**Cliente:** Geovanna Caizapasto  
**Att.:**  
**Cultivo:** Lechuga (*Lactuca sativa*)  
**Muestras:** 2 muestras de suelo

**Fecha, toma de muestra:** 11/6/2018  
**Fecha, recibo de muestra:** 12/6/2018  
**Fecha, análisis:** 13/06 - 19/06/2018  
**Fecha, informe:** 20/6/2018  
**Número de reporte:** GCaizapasto-S-Lechuga-12-06-18  
**Análisis certificado por:** Dr. Karl Sponagel

#### Métodos de Análisis utilizados:

Proceso: Elaboración del extracto según el método Volumen 1:2 (método específico para cultivo hortícolas y frutícolas intensivos / Reglamento de Holanda)

→ Determinación de macro- y micronutrientes según las normas DIN (Alemania), EPA / US Standard Methods (EE.UU.) e ISO

Análisis: •Nitratos: Método "Dimethylphenol" (DIN 38405 D9-2, ISO 7890-1-2); •Amonio: Método "Indophenol" (EPA 359.1, ISO 7150/1, DIN 38406EF);

•Fosfato: Método "Vanadomolybdophosphoric Acid" (ISO 6878-1, EN 1189); •Potasio y Sodio: Fotómetro de Llama (ISO 9964-3);

•Calcio, Magnesio, Hierro, Manganeso, Zinc, Cobre y Molibdeno: Espectrómetro de Absorción Atómica, Llama/Horno de Grafito (DIN 38406);

•Boro: Método "Azomethin" (DIN 38405-D17); •Cloruros: Método "Tiocianato" (EPA 325.1, DIN 38405-D1-2, US Stand. Methods 4500-CI E);

•Bicarbonatos: Método "Titulación Potenciométrica" (US Standard Methods 2320B); •Sulfatos: Método "Turbidimétrico con BaCl<sub>2</sub>" (DIN 38405-D5-1)

Empresa: Geovanna Caizapasto  
 Cultivo: Lechuga (*Lactuca sativa*)  
 Fecha: 12-06-2018



Lechuga pertenece con respecto a las exigencias nutricionales al "Grupo 9-Hortalizas"

Contenido de macro- y micronutrientes en mg / litro (respectivamente ppm) en la solución del extracto Volumen 1:2

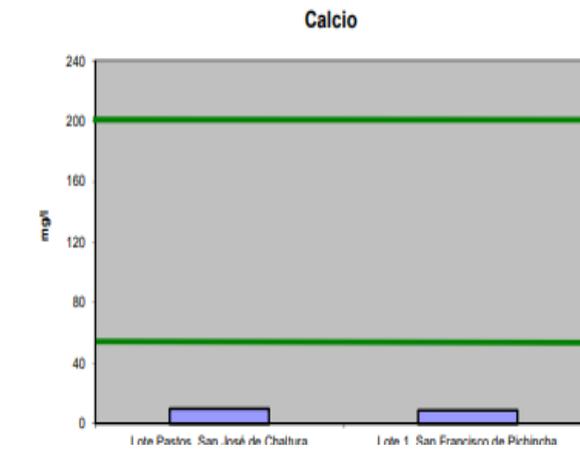
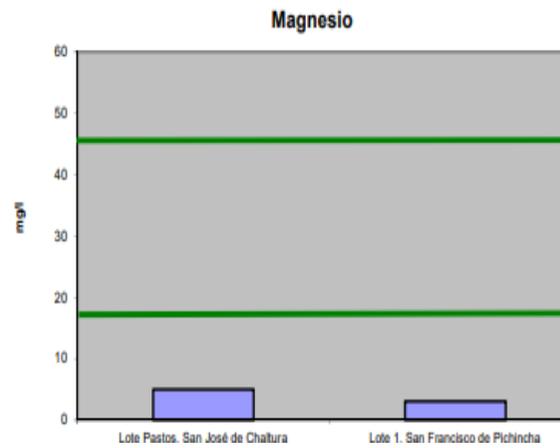
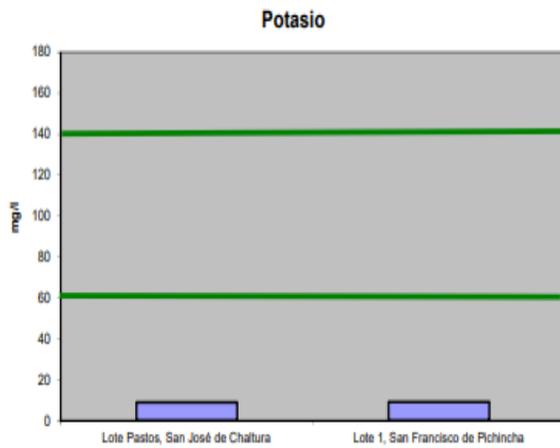
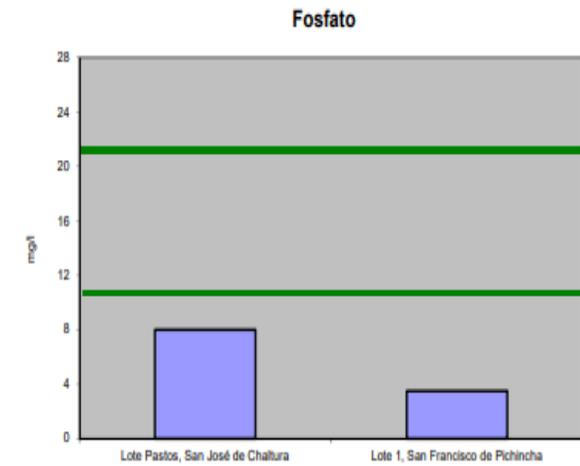
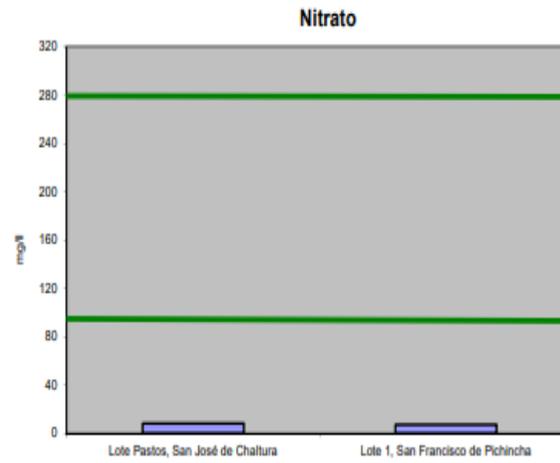
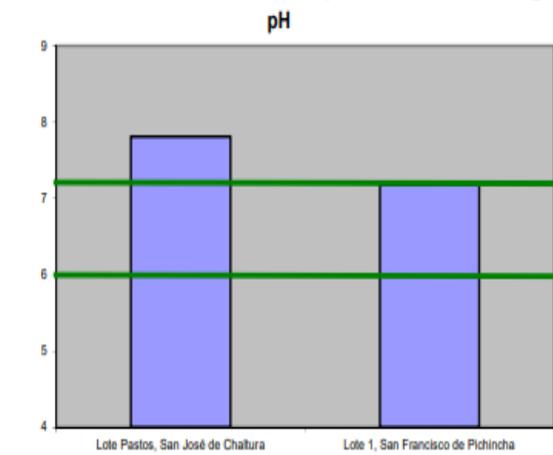
Parámetros	*Niveles recomendados de Holanda "Lechuga - Grupo 9, Hortalizas"			# 1	# 2
	Min	Opt	Max	Lote Pastos, San José de Chaltura	Lote 1, San Francisco de Pichincha
				Suelo, Lechuga	
Textura	Optima: "arena franca" hasta "franca arenosa"			franca arenosa	arena
Fracción de Partículas				Arena: 56 % - Limo: 36 % - Arcilla: 8 %	Arena: 88 % - Limo: 10 % - Arcilla: 2 %
pH (en H <sub>2</sub> O)		6.0 - 7.2		7.8	7.2
C.E. (en mS/cm)	0.7	1.1	1.4	0.11	0.09
Nitrato (NO <sub>3</sub> )	93	186	279	8.0	7.1
Amonio (NH <sub>4</sub> )			< 1.0	0.3	0.4
Fosfato (PO <sub>4</sub> )	11	14	21	8.0	3.5
Potasio (K)	58	86	144	8.8	9.0
Magnesio (Mg)	17	29	43	5.0	3.0
Calcio (Ca)	50	100	200	9.9	8.8
Sulfato (SO <sub>4</sub> )	56	112	224	7.4	6.3
Sodio (Na)			< 92	6.9	3.6

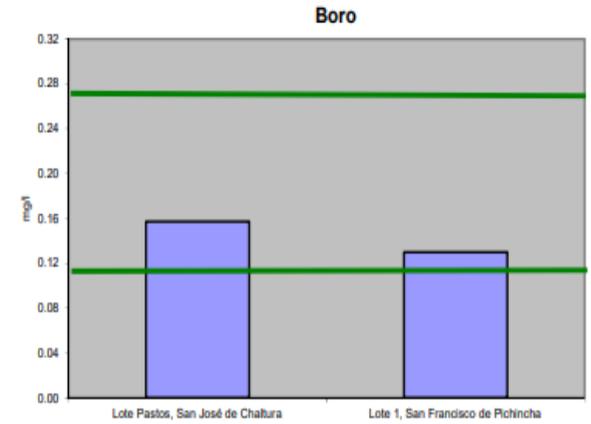
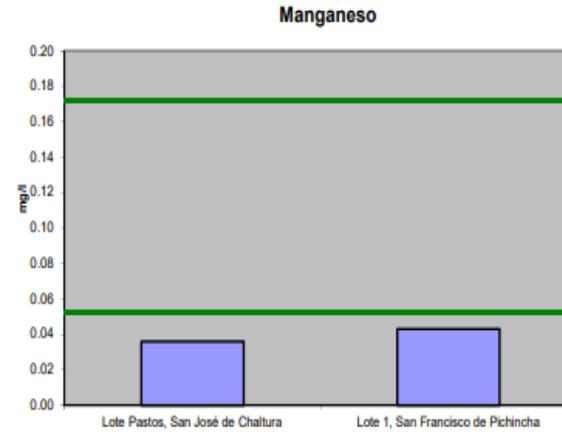
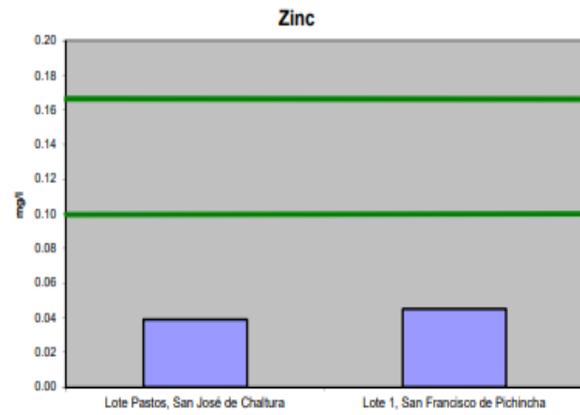
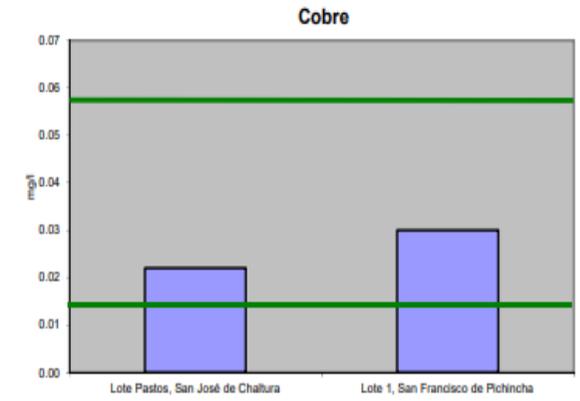
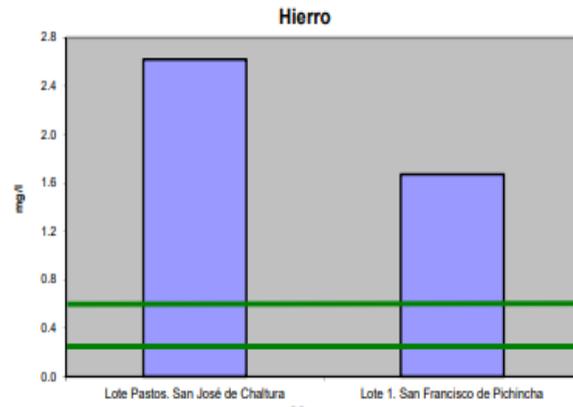
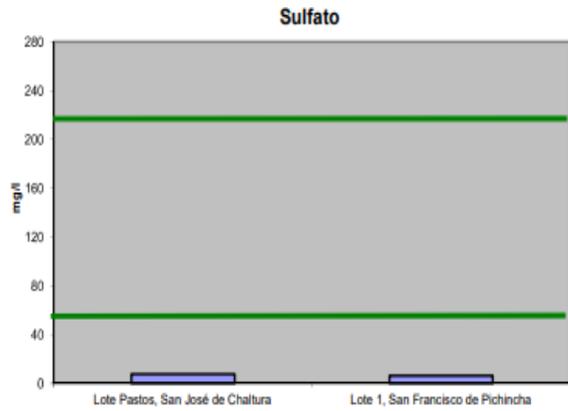
<b>Cloruro (Cl<sup>-</sup>)</b>			<b>&lt; 142</b>	<b>5.5</b>	<b>4.8</b>
<b>Hierro (Fe)</b>	0.280	<b>0.447</b>	0.559	<b>2.62</b>	<b>1.67</b>
<b>Manganeso (Mn)</b>	0.055	<b>0.110</b>	0.165	<b>0.036</b>	<b>0.043</b>
<b>Cobre (Cu)</b>	0.013	<b>0.045</b>	0.057	<b>0.022</b>	<b>0.030</b>
<b>Zinc (Zn)</b>	0.098	<b>0.131</b>	0.164	<b>0.039</b>	<b>0.045</b>
<b>Boro (B)</b>	0.108	<b>0.162</b>	0.270	<b>0.157</b>	<b>0.130</b>

\* Niveles recomendados de Holanda; Fuente: C. Sonneveld & W. Voogt. 2009. Plant nutrition of greenhouse crops. Heidelberg, London & New York. 431 pp.

**Nota:** Este informe solo afecta a la muestra sometida a ensayo

Muestras # 1-2: Geovanna Caizapasto, Suelo, Lechuga, 12-06-2018





**Anexo 2.** Número de plantas vivas a la cosecha en dos texturas de suelo.

Textura	Dosis	Medias	E.E.	Rangos	
1	4	20.00	0.73	A	
1	3	20.00	0.73	A	
1	2	20.00	0.73	A	
2	3	19.00	0.73	A	B
2	4	18.67	0.73	A	B
2	2	17.33	0.73		B
2	1	8.00	0.73		C
1	1	0.00	0.00		

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )*

**Anexo 3.** Peso de la planta total en dos texturas diferentes.

Textura	Dosis	Medias	E.E.	Rangos	
2	4	74.21	5.20	A	
2	3	60.09	5.20		B
2	2	54.56	5.23		B
1	4	47.43	5.17		C
1	3	41.98	5.17		C D
2	1	37.89	5.76		D
1	2	23.07	5.17		E
1	1	0.00	0.00		

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )*

**Anexo 4.** Longitud de hojas con diferentes dosis de retenedor de agua en dos texturas.

Textura	Dosis	Medias	E.E.	Rangos	
2	4	16.92	0.41	A	
2	2	16.28	0.41		B
2	3	16.27	0.41		B
2	1	15.13	0.47		C
1	4	12.17	0.41		D
1	3	11.66	0.41		D
1	2	9.71	0.41		E
1	1	0.00	0.00		

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )*

**Anexo 5.** Número de hojas por planta con diferentes dosis de retenedores de agua.

Textura	Dosis	Medias	E.E.	Rangos		
2	4	17.41	1.02	A		
1	4	17.22	1.02	A		
1	3	16.77	1.02	A	B	
2	3	16.15	1.02		B	
2	2	15.23	1.02		C	
2	1	13.65	1.07			D
1	2	12.58	1.02			E
1	1	0.00	0.00			

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )*

**Anexo 6.** Materia seca de la textura arenosa.

Dosis	Medias	E.E.	Rangos	
4	7.72	1.10	A	
3	5.91	1.10		B
2	4.54	1.10		C

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )*

**Anexo 7.** Materia seca de la textura franca arenosa.

Dosis	Medias	E.E.	Rangos	
4	9.47	0.62	A	
2	8.44	0.62	A	
3	8.24	0.62	A	B
1	6.49	0.62		B

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )*