

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA  
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



Fertilización Nitrogenada en Diferentes Dosis en la Producción y Calidad de  
Lechuga (*Lactuca sativa* L.var. Grate Lakes)

Por:

**MARÍA SOLEDAD BRICEÑO MERCADO**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA**

Saltillo, Coahuila, México

Febrero 2016

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA  
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Fertilización Nitrogenada en Diferentes Dosis en la Producción y Calidad de  
Lechuga (*Lactuca sativa* L. var. Grate Lakes)

Por:

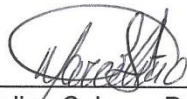
**MARÍA SOLEDAD BRICEÑO MERCADO**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA**

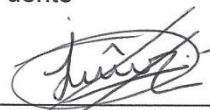
Aprobada por el Comité de Asesoría



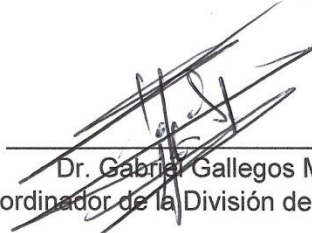
Dr. Marcelino Cabrera De La Fuente  
Asesor Principal



Ing. Gerardo Rodríguez Galindo  
Coasesor



Dr. Antonio Juárez Maldonado  
Coasesor



Dr. Gabriel Gallegos Morales  
Coordinador de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México Coordinación  
Febrero 2016 División de Agronomía

## **AGRADECIMIENTOS**

### **A DIOS**

Por darme la dicha de haber nacido en la familia más maravillosa, guiarme y cuidarme durante todo el transcurso de mi camino especialmente profesional.

### **A MI ALMA TERRA MATER**

Por darme la dicha y orgullo de ser parte de su casa de estudios, valores y herramientas necesarias para mi formación profesional.

### **Al Dr. Marcelino Cabrera De la Fuente**

Por aceptar ser mi asesor principal en este trabajo experimental, por todo su conocimiento impartido en las aulas de clase, consejos, todo su apoyo durante el periodo de este trabajo experimental, pero sobretodo es una persona ejemplar que día a día nos apoya a todos sus alumnos para una mejor preparación profesional.

### **A mis coasesores**

Al Ing. Gerardo Rodríguez Galindo , al Dr. Antonio Juárez Maldonado por su valiosa disponibilidad y colaboración para el término de este estudio.

### **A mis Amigos**

Ing. José Armando Jiménez, Ing. Rodolfo Abarca, Ing. Julio Cesar Manzano, Ing Miguel Angel Manzano, Ing. Salvador Cruz Armenta, Ing. Delia Mendoza Baltazar, Ing. José Manuel Márquez, Ing. Verónica Velasco, Ing. Víctor Velasco, Ing. Leonel Espinoza Morales, Ing. Diana Martínez.

## DEDICATORIAS

**A Diosito** por darme la oportunidad de vivir, por todo lo que me ha dado y hemos logrado juntos, por haberme guiado y cuidado hasta el día de hoy en todo mi camino y mis proyectos, por toda la gente y pruebas que ha puesto en mi camino, pero sobretodo mi familia que es el tesoro más hermoso que tengo y que sin ellos no fuera posible.

### **A mi padre:**

#### **Ing. Eduardo Briceño Amador**

Por haberme dado su confianza y apoyo durante todo este tiempo, consejos, inspiración para hacer las cosas bien.

### **A mi madre:**

#### **María Irene Mercado Zamarripa**

Por haberme dado la vida y las herramientas necesarias para superarme, sus consejos y motivación para salir adelante ante cualquier circunstancia.

### **A mi Hermano:**

#### **Manuel Eduardo Briceño Mercado**

Por ser mi inspiración para lograr mis metas, su apoyo y consejos durante todo este camino.

### **A mis abuelitos**

#### **Sra. Antonia Amador Devora y Sr. Manuel Briceño Meza (†)**

Por todo su apoyo, sus valiosos consejos durante toda mi carrera.

#### **Sra. Natàlia Zamarripa Domínguez y Sr. Manuel Mercado Valles (†)**

Por su amor para lograr mis metas.

#### **Sabas Alejandro Hernández Hernández**

Por tu apoyo, experiencias, anécdotas.

***La agricultura se ve fácil cuando el arado es un lápiz y se está a mil millas del campo de maíz.***

***Dwight Eisenhower***

## RESUMEN

El trabajo se realizó en el ciclo otoño-invierno del 2014 a un lado del invernadero 1 del área de investigación del Departamento de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. El objetivo fue estudiar los efectos de dos tipos de fuentes de Nitrógeno en la producción de lechuga (*Lactuca sativa* L.var. Grate Lakes). Se usaron cuatro tratamientos más un testigo a base de Nitrato de Amonio y Nitrato de Calcio, en sus tres diferentes etapas, crecimiento vegetativo, roseta y cogollo los cuales fueron aplicados en porcentajes de 10%,20%,30%. Estas concentraciones se aplicaron de manera directa al suelo, por intervalos de 8 días, el diseño estadístico fue completamente al azar considerando 5 plantas por tratamiento. El análisis de varianza de la información fue mediante el programa estadístico SAS v. 9.4, y la comparación de medias se realizó mediante la prueba de Tukey ( $\alpha= 0.5$ ), en el que se utilizaron 5 repeticiones para cada uno de los tratamientos. Las variables evaluadas fueron área foliar, diámetro del cogollo, diámetro de la roseta, clorofila A y B, número de hojas, peso fresco, peso fresco de raíz, diámetro de raíz. Los resultados reflejaron que las aplicaciones de las dos fuentes de fertilización nitrogenada en el cultivo de lechuga muestran diferencias estadísticas en las variables estudiadas en el experimento.

**Palabras clave:** Lechuga, Área foliar, Nitrato de Amonio, Nitrato de Calcio.

Correo electrónico: María Soledad Briceño Mercado [zolezito1@hotmail.com](mailto:zolezito1@hotmail.com)

## ÍNDICE DE CONTENIDO

Pág.

<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	i
<b>DEDICATORIAS</b> .....	ii
<b>RESUMEN</b> .....	iii
<b>ÍNDICE DE CONTENIDO</b> .....	iv
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	viii
<b>I.INTRODUCCION</b> .....	1
1.1 Objetivo General.....	2
1.2 Objetivos Específicos.....	2
1.3 Hipótesis.....	2
<b>II.REVISION DE LITERATURA</b> .....	3
2.1 Generalidades de la lechuga.....	3
2.1.1 Origen e Historia de la lechuga.....	3
2.2 Taxonomía y Morfología.....	3
2.3 Clasificación.....	4
2.4 Requerimientos edafoclimáticos.....	4
2.5 Composición Química.....	5
2.6 Propiedades, información nutrimental.....	5
2.6.1 Carotenoides.....	6
2.7 Producción de lechuga en México.....	7
2.8 Importancia de la Lechuga.....	8
2.9 Clorofila.....	8
2.9.1 Composición química de la clorofila.....	8
2.9.2 Importancia de las clorofilas en la Lechuga.....	8
2.9.3 Degradación de las clorofilas en los Cultivos.....	9
2.9.4 Clorofila A y B.....	9
2.9.5 Contenido de clorofila en la lechuga.....	10
2.10 El Nitrógeno en la planta.....	10
2.10.1 Deficiencia de Nitrógeno.....	11
2.10.2 Extracción de N por los cultivos.....	11

2.10.3 Limitantes en la absorción de N .....	11
2.10.4 Nitratos (NO <sub>3</sub> ).....	11
2.10.5 Nitratos (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) en Lechuga .....	12
2.10.6 Función de los nitratos en la lechuga .....	12
2.10.7 Acumulación de Nitratos en la Lechuga.....	13
2.10.8 Nitrato (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) relación Amonio (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ).....	14
2.10.9 Ventajas del nitrato sobre fertilizantes que contienen amonio .....	15
<b>III.MATERIALES Y METODOS .....</b>	<b>16</b>
3.1 Ubicación del experimento .....	16
3.2 Material vegetal utilizado.....	16
3.3 Siembra.....	16
3.4 Establecimiento del experimento .....	16
3.4.1 Preparación del terreno.....	16
3.4.2. Trasplante .....	16
3.4.3 Riego.....	16
3.5 Descripción de los tratamientos .....	17
3.6 Aplicación de tratamientos .....	17
3.7 Descripción de los tratamientos estudiados .....	18
3.7.1 Nitrato de Amonio .....	19
3.8 Programa de Nutrición .....	19
3.9 Cosecha.....	20
3.10 Diseño Experimental .....	20
3.11 Variables evaluadas.....	21
3.11.1 Clorofilas Total, A y B.....	21
3.11.2 Nitratos.....	21
3.11.3 Peso Fresco total de la planta.....	21
3.11.4 Diámetro de raíz.....	21
<b>IV.RESULTADOS Y DISCUSIONES .....</b>	<b>22</b>
4.1 Contenido de clorofila A y B de la lechuga.....	22
4.2 Contenido de Nitratos de la lechuga .....	23
4.3 Diámetro de la Lechuga .....	24
4.4 Numero de Hojas de la Lechuga.....	25

5. Peso Fresco de la lechuga.....	26
5.1 Longitud de raíz .....	27
5.2 Peso Fresco de la raíz de la lechuga.....	28
<b>V.CONCLUSIONES</b> .....	29
<b>VI. REFERENCIAS</b> .....	30



## ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
<b>Cuadro 1.</b> Composición química de lechuga ( <i>Lactuca sativa</i> L.).....	5
<b>Cuadro 2.</b> Producción anual de lechuga ( <i>Lactuca Sativa</i> L.) en México (SIAP, 2014). .....	7
<b>Cuadro 3.</b> Produccion de Lechuga ( <i>Lactuca sativa</i> L.)Por Entidad Federativa (SIAP, 2014).....	7
<b>Tabla 1.</b> Tratamientos estudiados en el experimento. ....	17
<b>Tabla 2.</b> Estado de desarrollo de la lechuga ( <i>Lactuca sativa</i> L). ....	18

## ÍNDICE DE FIGURAS

Pág.

<b>Figura 1.</b> Distribución experimental usada en campo.....	22
<b>Figura 2.</b> Comportamiento de las medias para el contenido de Clorofila A y B de la lechuga (nm) tratadas con fertilizacion nitrogenada .....	23
<b>Figura 3.</b> Comportamiento de las medias para el contenido de Nitratos de la lechuga, tratadas con diferente fertilización nitrogenada. ....	23
<b>Figura 4.</b> Comportamiento de las medias para el Diámetro de la lechuga, tratadas con diferente fertilización nitrogenada.....	24
<b>Figura 5.</b> Comportamiento de las medias para el Número de Hojas de la lechuga, tratadas con diferente fertilización nitrogenada.....	25
<b>Figura 6.</b> Comportamiento de las medias para Peso Fresco de la lechuga, tratadas con diferente fertilización nitrogenada.....	26
<b>Figura 7.</b> Comportamiento de las medias para Longitud de la Raíz de la lechuga, tratadas con diferente fertilización nitrogenada.....	27
<b>Figura 8.</b> Comportamiento de las medias para el Peso Fresco de Raíz de la lechuga, tratadas con diferente fertilización nitrogenada. ....	28

## I. INTRODUCCION

La lechuga (*Lactuca sativa* L.), es la planta más importante del grupo de las hortalizas de hoja; se consume en ensaladas, es ampliamente conocida, se cultiva en casi todos los países del mundo. La lechuga es considerada la hortaliza de hoja por excelencia, dada por su alta calidad culinaria como ensalada fresca. Se cultiva en todo el mundo bajo diferentes sistemas de cultivo, al aire libre, y bajo invernadero, en suelo y también en hidroponía (Carrasco e Izquierdo, 1996).

Durante los últimos años la producción de hortalizas ha experimentado un significativo progreso en cuanto a rendimiento y calidad, dentro de ello la superficie cultivada de lechuga ha ido incrementándose, debido en parte a la introducción de nuevos cultivares y el aumento de su consumo. Es por ello que es importante determinar la producción y rendimiento de estos nuevos cultivares en diferentes épocas de siembra y sistemas de producción (Angulo, 2008).

Los nitratos se encuentran distribuidos en muchos tipos de alimentos. La principal fuente de exposición humana a nitratos es el consumo de verduras y hortalizas, especialmente las de hoja verde, aunque el agua de bebida y otros alimentos también contribuyen a dicha exposición (Segovia, 2001).

El estudio de la cantidad de nitratos existente en los cultivos de lechuga, es un tema de interés para las disciplinas agrícolas, ambientales y de salud, ya que la lechuga es una de las especies químicamente analizadas con mayor frecuencia debido a las consecuencias de los nitratos como constituyente normalmente en abonos y fertilizantes. Además a la cuantificación de nitratos utilizada para diagnosticar el estado nutricional de las plantas cultivadas (Fraga, 2007).

Los factores ambientales que influyen en la acumulación de nitratos son humedad atmosférica, contenido de agua en el sustrato del cultivo, temperatura, radiación, mientras que los factores agrícolas son, principalmente, condiciones de manejo y fertilización: dosis y tipos de fertilizantes, momento de aplicación, (Santamaría, 2006).

### **1.1 Objetivo General**

Determinar el efecto de diferentes fuentes y dosis nitrogenadas en la producción de lechuga.

### **1.2 Objetivos Específicos**

Cuantificar la producción y el nivel total de clorofilas en la lechuga obtenida mediante diferentes fuentes de fertilización nitrogenada.

Determinar la fuente de fertilización nitrogenada que incide de manera positiva en el rendimiento y calidad de la lechuga.

### **1.3 Hipótesis**

Las plantas de lechuga bajo una fertilización a base de dos fuentes Nitrogenadas muestran un comportamiento variable en su desarrollo en cuanto a productividad y producción respecto al uso de los nitratos.

## II. REVISION DE LITERATURA

### 2.1 Generalidades de la lechuga

#### 2.1.1 Origen e Historia de la lechuga

El centro de origen de lechuga se ubica en la cuenca del Mediterráneo. En la zona existen otras tres especies del género (*L. serriola*, *L. salign* y *L. virosa*) que son genéticamente muy cercanas a *L. sativa*, por lo que se han postulado relaciones interespecíficas, especialmente con *L. serriola*, que han llevado a algunos a sugerir que la lechuga cultivada de hoy provendría de esta especie. Las primeras indicaciones ciertas de la existencia de lechuga datan de aproximadamente 4.500 años a.C. en grabados de tumbas egipcias, en que se representan lechugas similares a las hoy conocidas como tipo espárrago. Igualmente fue conocida y utilizada por los antiguos persas, griegos y romanos, que incluso desarrollaron la técnica del blanqueamiento. Desde el Mediterráneo su cultivo se expandió rápidamente por Europa y fue traída por los primeros conquistadores a América, donde se ha convertido en una de las hortalizas más populares y de mayor importancia económica, especialmente en Estados Unidos, donde es la principal hortaliza. En la actualidad se debe considerar una especie de distribución universal (Mallar ,1978).

### 2.2 Taxonomía y Morfología

La lechuga es una planta anual y autógama, que se consume en estado joven antes de llegar a floración, forman el género *Lactuca* y pertenecen a la familia de las Asteráceas (Compuestas), que abarca más de 1000 géneros y 20.000 especies, de las que muy pocas se cultivan esta familia, cuyo nombre actual deriva del griego *Aster* (estrella), se caracteriza porque sus flores están compuestas por la fusión de cientos e incluso miles de flores diminutas (Bianco, 1990).

**Raíz:** la raíz, que no llega nunca a sobrepasar los 25 cm. De profundidad, es pivotante, corta y con ramificaciones.

**Hojas:** las hojas están colocadas en roseta, desplegadas al principio; en unos casos siguen así durante todo su desarrollo (variedades romanas), y en otros se acogollan más tarde. El borde de los limbos puede ser liso, ondulado o aserrado.

**Tallo:** es cilíndrico y ramificado.

**Inflorescencia:** son capítulos florales amarillos dispuestos en racimos corimbos.

**Semillas:** están provistas de una cerda plumosa (Mallar, 1978).

## 2.3 Clasificación

En la actualidad se puede disponer de más de 200 variedades diferentes de lechugas, adaptadas a diferentes climas y épocas del año. Se podrían clasificar en cuatro grupos (Di Benedetto, 2005).

**Romanas:** De hojas oblongas, con bordes enteros y ancho nervio central. No forman un verdadero cogollo. Variedades romana o cos, y baby, entre otras.

**Acogolladas:** Las hojas forman un cogollo apretado. Variedades batavia, mantecosa, iceberg, entre otras.

**De hojas sueltas:** Esta variedad se caracteriza por presentar hojas sueltas de color verde amarillento, textura y sabor regular. Son de crecimiento muy rápido. Este grupo incluye a las lechugas Oak, Lollo rosso y al cultivar "Grand Rapids".

## 2.4 Requerimientos edafoclimáticos

La lechuga se adapta a una altitud de 1800 a 2800 msnm, prefiere climas templados y fríos, con una precipitación de 1200 a 1500 mm, una temperatura óptima de 15 a 18°C, mínima 13 °C y máxima 27°C. La humedad relativa es del 90 al 95%, en tanto que los requerimientos de fotoperiodo necesarios son de 12 horas (Suquilanda *et al.*, 2003). La lechuga necesita una profundidad de suelo de 1m, con textura franco – arenoso, franco, arcilloso –limoso y un pH óptimo entre 5.5 a 6.8, aunque tolera rangos de 5.2 a 5.8 en suelos orgánicos y en suelos de origen mineral pH 5.5 los suelos deben de ser fértiles, con alto contenido de materia orgánica y nitrógeno, además de un buen drenaje, la salinidad inferior a 1.2 milimhos y una pendiente inferior a 10%. La lechuga debe de evitarse sembrar en sectores muy expuestos a la acción del viento, pues nubes de polvo se pueden levantar en determinadas épocas del año y van a introducirse entre las hojas averiando la calidad de las lechugas, por ese motivo se debe escoger valle, donde no hay fuertes corrientes del aire o en su defecto, la protección de barreras vegetales o artificiales (Rivera *et al.*, 1987).

## 2.5 Composición Química

La lechuga es la hortaliza típica de ensaladas, siempre ha sido considerada como una planta de propiedades tranquilizantes. Su alto contenido en vitaminas la hace una planta muy apreciada en la dietética moderna. A veces se consume hervida.

**Cuadro 1.** Composición química de lechuga (*Lactuca sativa* L.)

<b>Composición</b>	<b>Contenido/100g</b>	<b>1 Porción</b>
Agua	94 %	
Energía (Kcal)	13	11
Proteína (g)	1.3	1.1
Grasa total (g)	0.3	0.2
Fibra (g)	5.0	4.3
Potasio (mg)	255.0	216.8
Sodio (mg)	1.8	1.5
Calcio (mg)	22	18.7
Magnesio (mg)	8.9	7.5
Fosforo (mg)	23.0	19.5
Ác. Fólico (mg)	73.2	62.2
C carotenos (mg)	8.0	6.8
Clorofila	1g.kg	

FUENTE: INTA (2011).

## 2.6 Propiedades, información nutrimental

Las hojas frescas de la lechuga tienen gran cantidad de vitaminas, y beta carotenos. Si consumimos 100 gramos de lechuga fresca al día, nos aporta la cantidad necesaria recomendada de vitamina A, y beta carotenos en el organismo.

Maroto (2000), menciona que la lechuga es un alimento que aporta muy pocas calorías, alto porcentaje de agua (90-95%). Entre sus vitaminas se destacan el ácido fólico, la vitamina C y la provitamina A, ambas con acción antioxidante relacionadas con la prevención de enfermedades cardiovasculares, mal formaciones congénitas fetales, y también ayuda a mantener sanas las mucosas del organismo, mejorar la piel y la visión etc. Mientras que las vitaminas del grupo B, se encuentran en menores proporciones, contiene vitamina K, que tiene un papel muy importante en el metabolismo óseo, y junto con el calcio y fósforo ayudan en el crecimiento de la masa ósea del organismo, y previene la osteoporosis. Estudios han demostrado que la vitamina K tiene un papel muy importante en la enfermedad de Alzheimer (Mercola, 1998). En cuanto, al aporte de minerales posee fósforo, potasio, hierro, calcio y fibra necesaria para el buen funcionamiento intestinal. Dentro de su aporte nutricional encontramos cantidades de beta-sitosterol, stigmasterol, encargados de participar en importantes funciones

biológicas tales como la reducción de los niveles de colesterol y algunos tipos de cáncer (Pamplona, 1999).

Las hortalizas de hoja verde, contienen varios tipos de pigmentos fotosintéticos, que principalmente son clorofilas y carotenoides (Kimura y Rodríguez, 2002). Además, la clorofila y la concentración de carotenoides se correlacionan con el potencial fotosintético de las plantas, proporcionan alguna indicación del estado fisiológico de ellas (Gamon y Surfus, 1999). Sin embargo, el contenido de pigmentos en las plantas es importante, no sólo debido a la coloración y la función fisiológica, sino también por su papel reconocido en la salud (Liu et al., 2007). Los carotenoides y clorofilas tienen un papel importante en la prevención de diversas enfermedades asociadas con el estrés oxidativo, tales como el cáncer, las enfermedades cardiovasculares y otras enfermedades crónicas (Sangeththa y Baskaran, 2010).

### **2.6.1 Carotenoides**

Los pigmentos carotenoides constituyen un grupo de compuestos que realizan una serie de funciones que los hacen indispensables para la vida, fundamentalmente debido a las diferentes funciones que llevan a cabo en relación con la fotosíntesis (Britton, 1995). Durante muchos años, la importancia nutricional de los carotenoides se debió a que algunos de ellos poseen actividad pro vitamínica A (Nyambaka y Ryley, 2004). El interés por estos isoprenoides se haya multiplicado en los últimos años se ha debido a una gran variedad de estudios que parecen indicar que actúan como antioxidantes y que podrían ser beneficiosos para la prevención de diversas enfermedades crónicas humanas no transmisibles, aunque existe todavía cierta controversia al respecto.

En cualquier caso, las funciones y efectos debidos a estos pigmentos se deben a sus propiedades físico-químicas y que éstas a su vez son consecuencia de su estructura química (Meléndez y Martínez, 2007).

Al ser pigmentos solubles en grasa, son responsables de los colores rojo, amarillo, naranja y morado de una variedad de frutas y vegetales, se dividen en los carotenos (por ejemplo, el licopeno y  $\beta$ -caroteno), que contienen sólo carbono y grupos de hidrógeno, y las xantofilas (por ejemplo, la luteína), que son sus derivados oxigenados (Russel, 2002)

Existe un interés en evaluar la biodisponibilidad de estos compuestos a partir de alimentos vegetales de hojas verdes debido a los muchos beneficios de salud propuestas relacionadas con su consumo. Esto se basa en que los antioxidantes y carotenoides son capaces de inactivar las especies reactivas de oxígeno y por lo tanto pueden ayudar a retrasar o prevenir el daño oxidativo, y por tanto degeneración celular. Además, la xantofila, luteína, que se encuentra en los



vegetales verdes o amarillo oscuro, existen de forma natural en altas concentración y se han propuesto para desempeñar un papel protector contra el desarrollo de la degeneración de la piel ocasionada por la edad (Ryan, 2007).

## 2.7 Producción de lechuga en México

La producción de Lechuga a nivel nacional contemplando los ciclos de primavera – verano y otoño – invierno, bajo la modalidad riego temporal, según SAGARPA por medio del Servicio de Información Agroalimentaria Y Pesquera (SIAP, 2014). Informa que para el año 2014 la producción a nivel nacional fue la que presento el cuadro 2.

**Cuadro 2.** Producción anual de lechuga (*Lactuca Sativa* L.) en México (SIAP, 2014).

<b>Cultivo</b>	<b>Superficie Sembrada (Ha)</b>	<b>Producción (Ton)</b>	<b>Rendimiento (Ton/Ha)</b>	<b>Valor producción (Miles de pesos)</b>
<b>Lechuga</b>	<b>19,440.40</b>	406,678.05	21.43	1,226,325.49

La producción de lechuga es representada en el cierre de producción agrícola por Entidades Federativas, donde los estados que tienen mayor producción de lechuga en el país son Guanajuato, seguido de Zacatecas, y Puebla como se muestra en el cuadro 3.

**Cuadro 3.** Producción de Lechuga (*Lactuca sativa* L.) Por Entidad Federativa (SIAP, 2014).

<b>Ubicación</b>	<b>Superficie Sembrada (Ha)</b>	<b>Producción (Ton)</b>	<b>Rendimiento (Ton/Ha)</b>	<b>Valor Producción (Miles de pesos)</b>
<b>Guanajuato</b>	6,033.00	106,309.05	17.64	291,209.54
<b>Zacatecas</b>	3,497.00	80,605.00	24.45	178,483.36
<b>Puebla</b>	2,790.50	56,265.24	21.82	168,957.85

## **2.8 Importancia de la Lechuga**

La lechuga es exportada principalmente a Estados Unidos de Norteamérica donde tiene mayor valor en la compra de dólares. El estado de Guanajuato cuenta con una gran cantidad de productores que tienen situado un mercado de venta en la costa este en los Estados Unidos de Norteamérica a través de ventas de oportunidad, es decir, siempre y cuando no ocurra un fenómeno que afecte la situación de ese mercado, mientras que en el estado de Puebla, la producción es utilizada principalmente para abastecer el mercado nacional, donde la mayoría se vende en el Estado de México. En el 2013 se reportan en México una superficie sembrada de 18,771.25 ha en condiciones de riego repartidas en 32 estados de la república Mexicana (ASERCA, 2011).

## **2.9 Clorofila**

Son pigmentos responsables del color verde característico de las hortalizas de hojas, altamente susceptibles a la degradación durante el procesamiento, lo que provoca cambios de color en los alimentos (Schwartz y Von elba, 1983). La composición de estos pigmentos produce coloración específica en este tipo de alimentos, que es uno de los atributos visuales de calidad (Xue y Yang, 2009). Las principales clorofilas, presentes en las hortalizas, incluyen clorofila a y clorofila b, que en general se encuentran en la relación aproximada de 3:1 (Fennema, 2000).

### **2.9.1 Composición química de la clorofila**

Las Clorofilas son compuestas del tipo tetra pirrol, al mismo grupo pertenecen las ficocianinas y las ficoeritrinas (pigmentos accesorios en algas azules y rojas). Constan de cuatro anillos de pirrol unidos por medio de puentes de metilo ( $--CH=$ ) lo que constituye una porfirina. El tetrapirrol es el cuerpo básico de las porfirinas, dentro de las cuales se incluyen además de las clorofilas, las hemoglobinas y los citocromos. La característica cromófora de la clorofila se debe justamente al sistema de dobles enlaces conjugados generados por la unión de los anillos de pirrol mediante los grupos metino (Salinas, 2002).

### **2.9.2 Importancia de las clorofilas en la Lechuga**

Este compuesto tiene una importancia trascendental para la vida ya que es el responsable de la captación de energía lumínica para ser convertida luego en energía química en el proceso de la fotosíntesis. Adicionalmente, la importancia de

este compuesto en la tecnología de alimentos derivada de su participación en el color de los vegetales (King *et al.*, 2001; Heaton *et al.*, 1996). La pérdida de clorofila provoca un cambio desde verde brillante a un marrón oliváceo en los productos y a una variedad de colores (amarillo, marrón, naranja) en los tejidos en senescencia, estos cambios de color representan disminuciones en la calidad de los productos. Por esta razón, la determinación y cuantificación del contenido de clorofila constituye a uno de los índices de calidad más utilizados en hortalizas de hoja (Marangoni *et al.*, 1996). El color es uno de los atributos principales que caracteriza la frescura de la mayoría de las verduras el color determina en gran medida la apariencia de un producto. Los consumidores consideran el color como criterio primario en la elección del producto para la compra (Rico *et al.*, 2007).

### **2.9.3 Degradación de las clorofilas en los Cultivos**

Las investigaciones realizadas han señalado, que la principal causa de la decoloración de los vegetales verdes durante el proceso, es la conversión de las clorofilas a feofitinas por la influencia del pH. El color verde de los vegetales se convierte en un color verde oliva cuando se calienta o se someten a condiciones ácidas (Gunawan y Barringer, 2000). Durante esta reacción, los iones de hidrógeno pueden transformar las clorofilas a sus correspondientes feofitinas por la sustitución de los iones de magnesio en el anillo de porfirina (Gandul y Rojas, 1989). La conversión de la clorofila a feofitina y feoforbido resulta en un cambio de verde brillante a opaco de color verde oliva, que es en última instancia percibida por el consumidor como una pérdida de calidad (Francis, 1964). Estos pigmentos son sensibles a muchas reacciones de degradación química o enzimática. Las acciones simultáneas de enzimas, ácidos débiles, el oxígeno, la luz y el calor pueden conducir a la formación de un gran número de productos de degradación (Dragan, 2011). Agentes alcalinizantes especializados en blanquear, tales como bicarbonato de sodio, han sido utilizados para elevar el pH de las hortalizas verdes y, por tanto, conservar la clorofila después del procesamiento (Blair y Ayres, 1943).

### **2.9.4 Clorofila A y B**

En las plantas y otros organismos fotosintéticos existen diferentes tipos de clorofilas, las más importantes son la clorofila A, se encuentra en todos los organismos fotosintéticos y cianobacterias, es el pigmento involucrado directamente en la transformación de la energía lumínica en energía química la cual desempeña la función principal en la fotosíntesis. Los pigmentos accesorios absorben energía que la clorofila es incapaz de absorber. Los pigmentos accesorios incluyen clorofila B que está asociada con la Clorofila A en el

mecanismo de procesamiento de la luz, es de color azul y verde. Al igual que la clorofila A, que tiene picos de absorción en el rojo y el azul varía en el espectro de longitud de onda 453 y 642 nm, respectivamente. Las plantas por lo general contienen alrededor de la mitad de la clorofila B. La diferencia molecular entre la clorofila a y b es mínima y trata de la sustitución de uno de los metilos (-CH<sup>3</sup>) en el grupo del anillo de la porfirina, por un aldehído (CHO-) (Salinas, 2002).

### **2.9.5 Contenido de clorofila en la lechuga**

Las hortalizas de hoja verde como espinacas y lechugas tienen mayor contenido de clorofila disponen, junto con las acelgas, con una cantidad aproximada de 1-2 g·Kg<sup>-1</sup> de hojas. Estas cantidades de clorofila sólo son superadas por ciertas algas, como la chlorella, alimento conocido más rico en clorofila, con 30 g·Kg<sup>-1</sup> o como la espirulina con 7,5 g·Kg<sup>-1</sup>.

La estructura química de la clorofila es similar a la de la hemoglobina de la sangre. Ambas disponen de anillos de porfirina aunque el elemento central en la clorofila es un átomo de magnesio mientras que en el grupo hemo lo es un átomo de hierro.

La clorofila destaca como sustancia anti-oxidante, por su potencial anti-cancerígeno, por su capacidad oxigenadora celular, tónica y regeneradora y como desodorizante.

Como sustancia anti-oxidante, la clorofila es uno de los mejores neutralizadores de los efectos negativos de los radicales libres en el organismo. Previene de la degeneración celular y orgánica, siendo utilizada como terapia anti-envejecimiento (Kumar *et al.*, 2001).

### **2.10 El Nitrógeno en la planta**

El nitrógeno es un elemento esencial para las plantas, que necesitan en grandes cantidades para llevar a cabo multitud de procesos, es utilizado para la formación de aminoácidos esenciales que forman parte de las proteínas necesarias para la planta, así como para formar enzimas o complejos enzimáticos que darán lugar a una gran cantidad de procesos esenciales para la vida vegetal (Friedman, 2004). La existencia de nitrógeno de forma abundante colabora en la formación de clorofila, que aumenta la actividad fotosintética y por tanto el desarrollo vegetal. Una gran cantidad de nitrógeno hace que las células de las plantas lleguen más tarde a la senectud, manteniéndolas turgentes. Por otra parte, retrasa la lignificación y endurecimiento de los tejidos. En general, el nitrógeno acelera y mantiene un gran desarrollo en la planta cultivada (Bartolini, 1989).

### **2.10.1 Deficiencia de Nitrógeno**

Una deficiencia se genera por un mal manejo de pH o altas concentraciones de ciertos elementos que realizan un antagonismo en la solución dejando inhábiles otros elementos dentro de ella o falta de estos, dando como resultado crecimientos erráticos, coloraciones amarillas y plantas susceptibles a enfermedades. Cuando existe una deficiencia de N en la planta, se detiene o disminuye el crecimiento de sus órganos, lo que propicia una proteólisis que moviliza el N existente y propicia la muerte de algunos órganos y tejidos, este elemento se asocia una coloración verde pálida, que aparece, en primer lugar, en las hojas inferiores, para luego moverse hacia las superiores. Cuando existen deficiencias extremas de N, todas las hojas se tornan amarillas, y llegan a producirse coloraciones púrpuras en sus tejidos y venas (hydroenv, 2015).

### **2.10.2 Extracción de N por los cultivos**

Las plantas absorben más nitratos de los que necesitan, y este excedente no pueden eliminarlo, por lo que lo acumulan en los órganos de tránsito, raíces y hojas, de ahí, que las hortalizas tengo mayor contenido de nitratos. En general, el nitrógeno acelera y mantiene un gran desarrollo en la planta cultivada (Bartolini, 1989). Solo algunos organismos procariotas, ya sea por cuenta propia o en asociación con determinadas plantas, son capaces de fijar el nitrógeno atmosférico.

### **2.10.3 Limitantes en la absorción de N**

Las temperaturas bajas en la zona de la raíz abaten la absorción de solutos en general, en especial cuando es deficiente el nivel oxígeno (Salisbury y Ross, 1985).

### **2.10.4 Nitratos ( $\text{NO}_3$ )**

El ion nitrato es la forma termodinámica estable del nitrógeno combinado en los sistemas acuosos y terrestres oxigenados, de forma que hay una tendencia de todos los materiales nitrogenados a ser convertidos a nitratos en estos medios. Sin embargo, debido a sus propiedades físicas, no pueden olerse ni sentirse y su presencia en concentraciones potencialmente peligrosas, es detectada cuando se

manifiesta un problema de salud (Pacheco, 2003). Por otra parte, el problema con los nitratos es que son contaminantes móviles en el agua debido a su naturaleza soluble, por lo que tienden a viajar grandes distancias en la superficie. Esto se debe a los procesos naturales que incluyen: la precipitación, el intemperismo de los minerales y descomposición de la materia orgánica.

Los nitratos están tomando cada vez más fuerza como parámetro de calidad del alimento debido a los riesgos que pueden ocasionar a la salud del consumidor. Las dosis máximas permitidas en el consumo han ido variando con el tiempo, avanzando siempre hacia mayores exigencias en el control de estos valores. Actualmente la Organización Mundial de la Salud estipula como máximo admisible de ingestión diaria de nitratos  $5 \text{ mg kg}^{-1}$  y de  $0,2 \text{ mg kg}^{-1}$  para nitritos (Bellapart, 1995).

### **2.10.5 Nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ) en Lechuga**

El contenido de Nitratos varía según la especie, variedad parte de la planta comestible, etc. De la misma forma que ocurre en otras hortalizas, la acumulación excesiva de nitratos en sus hojas es peligrosa para la salud humana. (Keinink y Groenwold ,1987), encontraron en ciertas variedades de lechuga, que su capacidad de acumulación de nitratos en las hojas, estaba regida por un mecanismo genético, en algún caso dirigido por un solo gen dominante de un pequeño grupo de genes. Algunos otros investigadores mencionan que la acumulación de nitratos en lechuga es muy frecuente ya que todo radica en el tipo de fertilización que se aplique para determinada superficie (Escalona *et al.*, 2009). Mientras que al analizar el contenido de nitratos de lechugas orejonas cultivadas en sistemas hidropónicos y acuaponicos de mesas flotantes en invernadero no calefaccionado (Bernal *et al.*, 2008) demostraron que en ambos sistemas de producción se encontraron las mismas cantidades de nitratos en las lechugas evaluadas. Esto es debido a sus características de absorción de nutrientes y acumulación de nitratos que ejerce el metabolismo de la planta. Por otra parte la Lechuga (*Lactuca sativa* L.) consumida en ensaladas, es una de las especies con mayor tendencia a alcanzar alta concentración de  $\text{NO}_3^-$ . Por tal causa, en varios países europeos se ha fijado como límite  $2500\text{-}4500 \text{ mg kg}^{-1}$  de  $\text{NO}_3^-$  en peso fresco (Valdés *et al.*, 2004).

### **2.10.6 Función de los nitratos en la lechuga**

Algunas especies de plantas hortícolas de aprovechamiento foliar (espinaca, acelga, lechuga, etc.) tienden a acumular nitratos en las hojas cuando la absorción excede a la reducción dentro de la planta (Hewitt, 1975). La función específica de

los nitratos en los vegetales es la de suministrar nitrógeno para la síntesis de proteínas, una vez reducido por acción de la enzima nitrato reductasa. A diferencia de lo que ocurre con otros compuestos de nitrógeno (nitritos y amonio), los nitratos se acumulan en las vacuolas de los tejidos vegetales, donde tienen una función no específica, supliendo a ácidos orgánicos y azúcares, actuando como reguladores osmóticos cuando la fotosíntesis es muy baja (Behr y Wiebe 1992, Blom-Zandstra y Lampe 1983; Mott y Steward 1972). El nitrato puede transformarse en nitrito por reducción bacteriana tanto en los alimentos (durante el procesado y el almacenamiento), como en el propio organismo (en la saliva y el tracto gastrointestinal). Los nitritos en sangre oxidan el hierro de la hemoglobina produciendo metahemoglobinemia, incapaz de transportar el oxígeno, muy frecuente en bebés expuestos a altas concentraciones de nitratos en los alimentos (“Síndrome del bebé azul”). Por otro lado, los nitratos reaccionan con los aminoácidos de los alimentos en el estómago, produciendo nitrosaminas y nitrosamidas, sustancias que han demostrado tener efectos cancerígenos (AEP, 2002).

### **2.10.7 Acumulación de Nitratos en la Lechuga**

La lechuga es el cultivo con excelente adición para ensaladas y emparedados, tanto por la cantidad y la calidad. Esto demuestra la preferencia de la población en el consumo de lechuga en relación con otras frondosas (Cometti y Furlani, 2009). Las hojas de lechuga se suele comer crudas y sin ningún tipo de restricción a la ingesta diaria. Los  $\text{NO}_3^-$  y  $\text{NO}_2^-$  son nutrientes esenciales para la síntesis de proteínas en las plantas. El contenido de  $\text{NO}_3^-$  representa un balance dinámico entre la tasa de absorción, asimilación y translocación (Maynard *et al.*, 1976), pero bajo ciertas condiciones este balance puede alterarse y producir acumulación de  $\text{NO}_3^-$  en diferentes órganos de las plantas (Cárdenas y Navarro, 1999). Los factores ambientales que influyen en la acumulación de nitratos son humedad atmosférica, contenido de agua en el sustrato del cultivo, temperatura, radiación y fotoperiodo (Santamaría, 2006). Sin embargo, la lechuga tiene una gran capacidad de acumular nitrato en sus hojas (Eysinga y Van Roorda, 1984), que puede ser perjudicial para la salud humana (Wright y Davison, 1964). El nitrato es considerado como un posible precursor de nitrosaminas cancerígenas (Cometti y Furlani, 2009). Sin embargo, todavía no es el consenso, ni se conoce con precisión, si la ingesta de nitratos es beneficioso o perjudicial para la salud humana (Light *et al.*, 2008). Las concentraciones de nitratos en lechugas comercial varían los niveles considerables que van 26 a 2568  $\text{mg kg}^{-1}$  en peso fresco. Las plantas cultivadas en sistemas hidropónicos mostraron niveles más altos en comparación con las cultivadas en los sistemas convencionales (Beninni *et al.*, 2002). Entre los alimentos consumidos por los seres humanos, las plantas representan entre el 72 y el 94% de la ingesta diaria de nitrato (Santamaría, 1997).

Los principales factores que afectarán a la acumulación de nitratos en las plantas son genéticos, ambientales, la cantidad y proporción de N-portadora y la cantidad de molibdeno proporcionado. La intensidad de luz parece ser uno de los factores ambientales que más influye en la acumulación de nitratos en las plantas, por lo general se acumulan más a baja intensidad de luz (Ohse, 2000).

### **2.10.8 Nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) relación Amonio ( $\text{NH}_4^+$ )**

Las tres mayores fuentes de nitrógeno utilizadas en la agricultura son urea, amonio y nitrato. La oxidación biológica de amonio a nitrato es conocida como nitrificación. Este proceso considera varios pasos y es mediado por bacterias autotróficas, aeróbicas obligadas. En suelos inundados la oxidación de  $\text{NH}_4^+$  es restringida. La urea es descompuesta por la enzima ureasa o químicamente hidrolizada a amoniaco y  $\text{CO}_2$ . En el paso de amonificación, amoniaco es convertido mediante bacterias amonificantes en el ion amonio ( $\text{NH}_4^+$ ). En el siguiente paso el amonio es convertido mediante bacterias nitrificantes en nitrato (nitrificación). El rango de conversión de nitrógeno depende de las condiciones presentes en el suelo para las bacterias nitrificantes. La nitrificación de  $\text{NH}_4^+$  a  $\text{NO}_3^-$  ocurre preferentemente bajo las siguientes condiciones:

En presencia de bacterias nitrificantes.

- Temperatura de suelo  $> 20^\circ\text{C}$ .
- pH de suelo 5,5 - 7,5.
- Suficiente disponibilidad de humedad y oxígeno en el suelo.

El amonio puede acumularse en el suelo, cuando la conversión de este nitrógeno es limitado o completamente detenido, si una o más de las siguientes condiciones están presentes (Mengel y Kirkby, 1987):

- Bajo pH de suelo disminuye sustancialmente la oxidación microbiana de  $\text{NH}_4^+$ .
- Baja de oxígeno (por ejemplo suelos inundados).
- Baja materia orgánica (como fuente de carbón para las bacterias).
- Suelos secos.
- Bajas temperaturas de suelo disminuyen la nitrificación, debido a la baja actividad de los microorganismos de suelo.

La nitrificación tiene su óptimo a  $26^\circ\text{C}$ , mientras que para la amonificación se encuentra sobre los  $50^\circ\text{C}$ . Luego, en suelos tropicales, aun bajo condiciones de pH neutro, existe acumulación de amonio como resultado de los bajos niveles de nitrificación (Mengel y Kirkby, 1987).



### **2.10.9 Ventajas del nitrato sobre fertilizantes que contienen amonio**

Los nitratos son la fuente preferida de nitrógeno:

No es volátil. A diferencia del amonio, los nitratos no son volátiles, por lo que no necesitan ser incorporados al suelo cuando se aplican ya sea al voleo o en forma localizada, siendo la fuente ideal para este tipo de aplicaciones.

Móvil en el suelo - absorción directa por las plantas, alta eficiencia.

Los nitratos promueven sinérgicamente la absorción de cationes como K, Ca y Mg, mientras que el amonio compite por la absorción con estos cationes.

Los nitratos pueden ser absorbidos directamente por las plantas y no necesitan ningún tipo de transformación previa como ocurre con otras fuentes como urea y amonio.

No produce acidificación del suelo, si todo el nitrógeno aplicado es en forma nítrica.

Los nitratos limitan la absorción de altas cantidades de elementos nocivos como los cloruros.

La conversión de nitratos a aminoácidos ocurre en las hojas. Este proceso utiliza la energía solar, siendo este un proceso energético eficiente. El amonio tiene que ser convertido en N orgánico en las raíces. Este proceso utiliza energía del metabolismo de los carbohidratos, a expensas de otros procesos en la planta como es el desarrollo de la planta y llenado de frutos por (Legz *et al* ,1996).

### III. MATERIALES Y METODOS

#### 3.1 Ubicación del experimento

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en el campo experimental del Departamento de Horticultura, dentro de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro de Saltillo, Coahuila, la cual se encuentra localizada geográficamente a 25°23' latitud norte y 103°01' longitud oeste con una altitud de 1,743 msnm(Internet 2).

#### 3.2 Material vegetal utilizado

El material utilizado fue semilla de lechuga acogollada de la variedad "Grate Lakes" es una variedad de lechuga acogollada: var. Capitata. Estas lechugas forman un cogollo apretado de hojas (Di Benedetto, 2005).

#### 3.3 Siembra

La siembra se realizó el 27 de agosto del 2014 en invernaderos del Departamento de Horticultura de la UAAAN. Fueron sembradas de forma directa en charolas de polietileno de 200 cavidades.

#### 3.4 Establecimiento del experimento

##### 3.4.1 Preparación del terreno

Esta actividad se realizó con ayuda de una niveladora y de forma manual con las siguientes labores: romper la capa arable del suelo, nivelación de terreno, levantamiento de camas.

El sistema de riego utilizado fue con cinta T-tape, calibre 6000, con goteros a 12", y con un gasto por gotero de 1L h<sup>-1</sup>.

##### 3.4.2. Trasplante

Las plántulas fueron trasplantadas uniformemente y con buen sistema radicular. El trasplante se llevó a cabo el día 3 de octubre a los 42 días después de la siembra en las charolas. En camas de 7 m de largo por 1 m de ancho, con acolchado de polietileno negro y sistema de riego por goteo.

##### 3.4.3 Riego

Los riegos se realizaron diariamente con una duración de 1 - 2 horas, se rego un día antes del trasplante para que el suelo tuviera la humedad necesaria para el trasplante, el primer riego que se aplico fue al día siguiente después del trasplante (DDS). El riego localizado se refiere al riego por goteo , un sistema donde el agua se aplica gota a gota sin necesidad de mojar toda la superficie del suelo y donde cada planta recibe en forma precisa la cantidad de agua .(Fuentes 1991; Shany, 2007)

### 3.5 Descripción de los tratamientos

Para este experimento se utilizaron los diferentes tipos de fuentes nitrogenadas usando los tratamientos descritos en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Tratamientos estudiados en el experimento.

<b>Tratamientos</b>	<b>Crecimiento Vegetativo</b>	<b>Roseta</b>	<b>Cogollo</b>
<b>T1 (Testigo)</b>	10% Amonio	10% Amonio	10% Amonio
	23.3% Nitrato	23.3% Nitrato	23.3% Nitrato
<b>T2</b>	20% Amonio	10% Amonio	0 Amonio
	23.3 % Nitrato	23.3 % Nitrato	23.3 % Nitrato
<b>T3</b>	10% Amonio	20% Amonio	0 Amonio
	23.3 % Nitrato	23.3 % Nitrato	23.3 % Nitrato
<b>T4</b>	0 Amonio	10% Amonio	20% Amonio
	23.3 % Nitrato	23.3 % Nitrato	23.3 % Nitrato
<b>T5</b>	23.3% Nitrato	20% Amonio	10% Amonio
	0 Amonio	23.3 % Nitrato	23.3 % Nitrato

### 3.6 Aplicación de tratamientos

La aplicación de los tratamientos Nitrato de Amonio y Nitrato de Calcio se realizó en base a la etapa fenológica de la planta de lechuga como se muestra en la Tabla 5, esto se aplicó de manera general incluyendo el testigo, las aplicaciones se realizaron cada 8 días, para esto se usaron cubetas de 20 litros con la ayuda de una balanza analítica par mayor exactitud en las disoluciones y con un vaso de precipitado de 1L se aplicaban las dosis correspondientes.

**Tabla 2.** Estado de desarrollo de la lechuga (*Lactuca sativa* L).

<b>Fase</b>	<b>Estado de desarrollo</b>	<b>Días</b>	<b>Dosis</b>	<b>Aplicación</b>
<b>1</b>	Crecimiento	15	0.30 g.L N de A 1.23 g.L N de Ca	50 ml.planta
<b>2</b>	Roseta	15	0.60 g.L N de A 1.23 g.L N de Ca	50 ml.planta
<b>3</b>	Cogollo	15	0.30 g.L N de A 1.23 g.L N de Ca	50 ml.planta

### **3.7 Descripción de los tratamientos estudiados**

Nitrato de Calcio: Es un fertilizante de alta solubilidad, fuente de calcio y nitrógeno nítrico. El nitrógeno es componente de las proteínas y el calcio forma resistencia a las paredes celulares, fortaleciendo la estructura de la planta.

Identificación del producto

- Nombre: Nitrato de Calcio
- Grado: 15 -0-0-19 CaO

Composición garantizada

- Nitrógeno total (N) 15,0%
- Nitrógeno Nítrico (N) 15,0%
- Calcio (CaO) 19%

Propiedades Físicas y Químicas

- Estado físico: Cristalino
- Color: Blanco
- Olor: Inodoro
- Solubilidad en agua a 2260 g/L (20°C).
- PH 5-7 (en solución al 10%) (LANAFIL, 2015).

### 3.7.1 Nitrato de Amonio

El nitrato de amonio es un fertilizante popular, ya que proporciona la mitad del N en forma de nitrato y la otra mitad en forma de amonio. La forma nitrato se mueve fácilmente con el agua del suelo hacia las raíces, donde está inmediatamente disponible para su toma por la planta. La fracción de amonio es absorbida por las raíces o es convertida gradualmente en nitrato por los microorganismos del suelo.

- **Propiedades físicas del Nitrato De Amonio**
- Apariencia del Nitrato De Amonio: Sólido blanco
- Densidad del Nitrato De Amonio: 1.123 g/cm<sup>3</sup>, sólido
- Estado de agregación Sólido, líquido, gaseoso, plasma. Del Nitrato De Amonio: Sólido
- Fórmula semidesarrollada del Nitrato De Amonio: NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>
- Masa molecular UMA Unidad de Masa Atómica, Dalton del Nitrato De Amonio: 80,04 g/mol
- Punto de fusión Temperatura del momento en el cual una sustancia pasa del estado sólido al estado líquido. Del Nitrato De Amonio: 170 °C
- Punto de ebullición Temperatura que debe alcanzar una sustancia para pasar del estado líquido al estado gaseoso. Del Nitrato De Amonio: 210 °C (Descompone)
  
- **Propiedades químicas del Nitrato De Amonio**
- Solubilidad en agua Medida de la capacidad de una determinada sustancia para disolverse en agua. del Nitrato De Amonio: 190 g/100 ml (20 °C), (Internet 4).

### 3.8 Programa de Nutrición

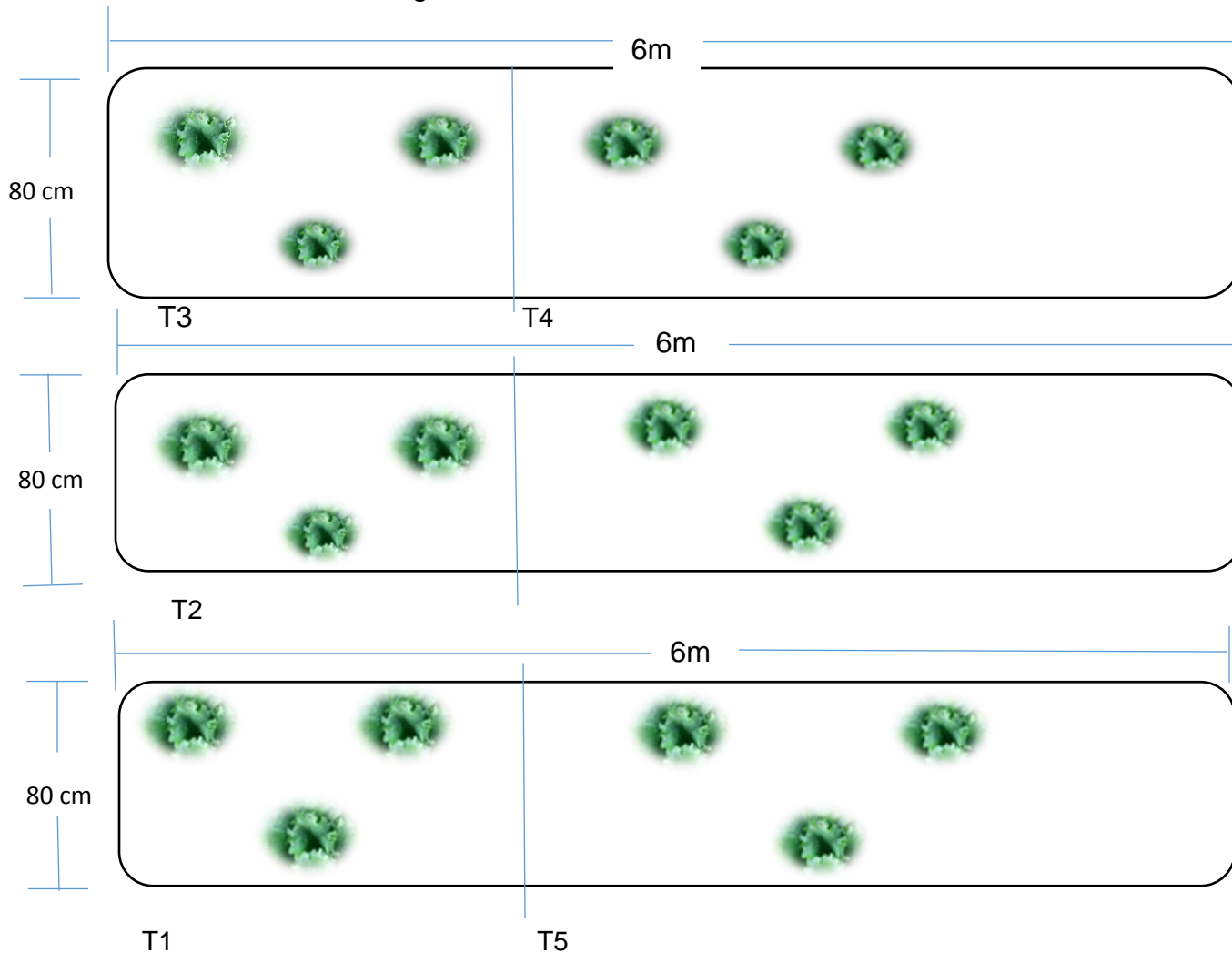
Se realizó la aplicación del fertilizante comercial Fainal K® a base de potasio con nitrógeno en una dosis recomendada de 2ml L<sup>-1</sup>, aplicando 50 ml por planta, resaltando que este producto se aplicó dos veces durante el ciclo del trasplante del cultivo, con la finalidad de estimular el crecimiento de las plantas y asegurar la máxima calidad de la lechuga, una vez por semana, durante dos semanas seguidas. También se realizó la aplicación del fertilizante comercial Delfan® plus aminoácidos de fácil absorción y desplazamiento que controla el estrés y estimula el crecimiento (Fertilizante Orgánico Líquido). Se aplicó debido a que se presentaron temperaturas bajas de 5°C – 6°C, esto se realizó el 5 y 11 de noviembre del 2014 esto se aplicó a cada uno de los tratamientos incluyendo al testigo.

### 3.9 Cosecha

Esta actividad se realizó el día 12 de diciembre a los 97 días transcurridos desde el proceso de la siembra a la cosecha.

### 3.10 Diseño Experimental

Se usó un diseño completamente al azar, y se realizó un ANOVA para detectar las diferencias estadísticas mediante el paquete estadístico SAS versión 9.4 (SAS, 2009). Además se empleó la prueba de comparación de medias mediante la metodología de tukey ( $\alpha=0.05$ ). Los tratamientos fueron seleccionados completamente al azar con 5 tratamientos considerando el tratamiento 1(Testigo) 15 repeticiones cada uno, y se colocaron en el campo experimental distribuidos tal como se muestra en la Figura 1.



**Figura 1.** Distribución experimental usada en campo.

### **3.11 Variables evaluadas**

#### **3.11.1 Clorofilas Total, A y B**

En estas variables se determinó la cantidad de clorofilas en las hojas más desarrolladas ya que estas tienen mayor capacidad de fotosintetizar (80% de fuente, 20% demanda de foto asimilados) (Carranza *et al.*, 2009). Se llevó a cabo mediante el aparato JENWAY 6320D Spectrophotometer medidor de clorofilas, tomando cinco lecturas por tratamiento.

#### **3.11.2 Nitratos**

En esta variable se determinó la cantidad de nitratos tomando una hoja de las más desarrolladas. Posteriormente se procedió a macerar con la ayuda de un mortero y agua ionizada hasta llegar a una cantidad de 5ml de savia de cada hoja, la medición se realizó con el equipo de medición de nitratos TWIN HORIBA.

#### **3.11.3 Peso Fresco total de la planta**

Para la determinación de esta variable se cosecharon en campo las lechugas donde después se llevaron al laboratorio de poscosecha del departamento de Horticultura de la UAAAN. Se lavaron cada una de las lechugas y se colocaron en las mesas de trabajo de laboratorio para su secado durante un día, posteriormente para determinar su peso fresco total de cada una se colocaron en una balanza digital marca Tor-Rey modelo PS-5 peso, reportando los datos en kilogramos (kg).

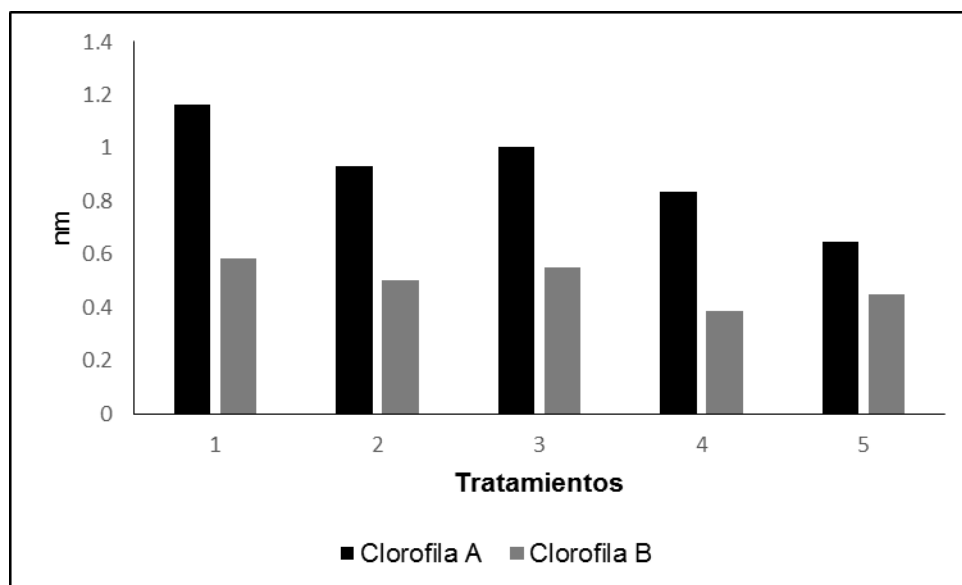
#### **3.11.4 Diámetro de raíz**

En esta variable ya colocadas las lechugas en las mesas de trabajo del laboratorio de poscosecha del departamento de Horticultura se cortaron cada una de las raíces de cada lechuga de los tratamientos, después se determinó el peso fresco de cada una de las raíces de las lechugas donde se pesó en una báscula digital de marca Tor – Rey modelo PS-5 los resultados se reportaron en kilogramos (kg). Para la determinación del largo de cada raíz se utilizó una regla de 30 cm marca BACO.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

### 4.1 Contenido de clorofila A y B de la lechuga

Mendoza (2006) Reporto que en el contenido de clorofila (SPAD) bajo el efecto de una fertilización Nitrogenada en la solución nutritiva de Maíz, no se presentaron diferencias significativas en el análisis de varianza .Sobre este aspecto Piekieleky y Fox (1992) Indicaron que los niveles de clorofila varían con el contenido de Nitrógeno en la planta, además de sufrir cambios por enfermedades, daño por insectos, heladas o bajas temperaturas. Para las variables clorofila A y B se aprecia en la figura 2 que no hubo diferencias estadísticamente significativas, siendo el tratamiento 1 el más destacado en mayor cantidad de clorofila en las dos variables evaluadas con valores en clorofila A de 1.16nm y clorofila B con 0.58nm.Esto pudiera justificar el efecto sobre la formación y producción en las plantas y lechuga ya que en el ciclo que se estableció el experimento se presentaron bajas temperaturas de 0°C,-1°C, 4°C,6°C .

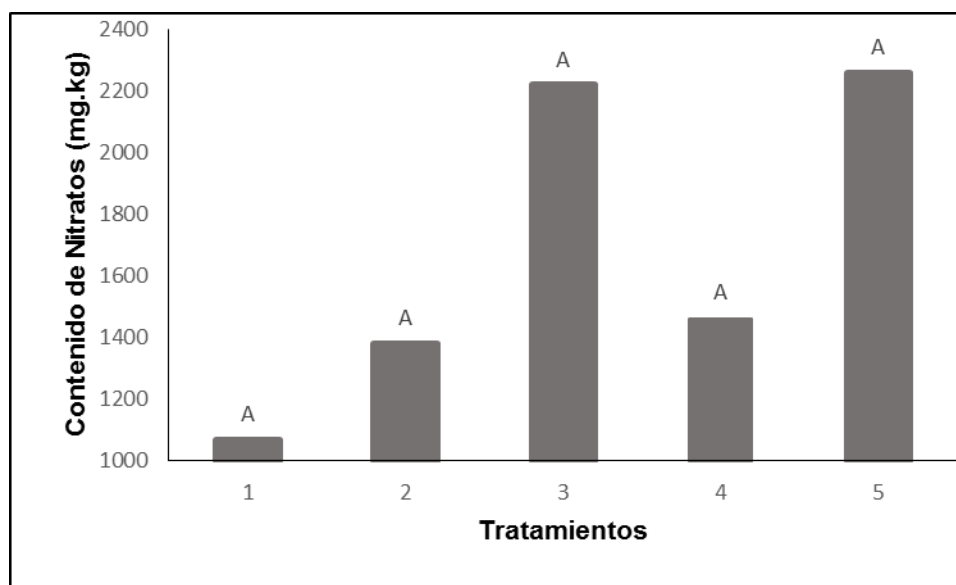


**Figura 2.** Comportamiento de las medias para contenido de clorofila A y B de la lechuga (nm), tratadas con diferente fertilización nitrogenada.



## 4.2 Contenido de Nitratos de la lechuga

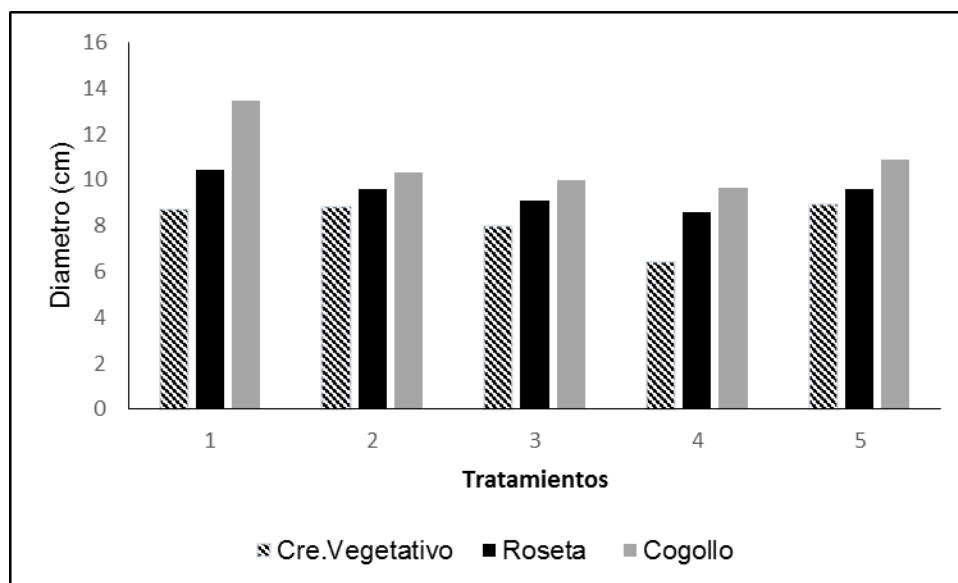
Para la variable Nitratos, el análisis de varianza no mostro diferencias significativas entre los tratamientos. Sin embargo, se observó que el mejor tratamiento con mayor contenido de nitratos es el 5 con una respuesta de 2260  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ , le sigue en importancia el tratamiento 3 con un valor de 2220  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ , el resto de los tratamientos son menores a 1500  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ . Cabe hacer mención que los resultados obtenidos están por debajo del límite de concentración de Nitratos dañinos para la salud humana establecido por la Unión Europea. (Torregrosa *et al.*, 2002), observo que los nitratos tienden a acumularse en las hojas interiores más que en las exteriores. Las diferencias en la concentración de nitratos pueden deberse tanto a factores de manejo prácticas fertilizantes como a factores ambientales como la iluminación, Temperaturas bajas o ciclo otoño-invierno. (Carrasco *et al.*, 2006) encontró valores de 2089  $\text{mg}/\text{kg}$  de nitratos en hojas viejas y 2203  $\text{mg}/\text{kg}$  de nitratos en hojas nuevas de lechuga mantecosa.



**Figura 3.** Comportamiento de las medias para el contenido de Nitratos de la lechuga, tratadas con diferente fertilización nitrogenada.

### 4.3 Diámetro de la Lechuga

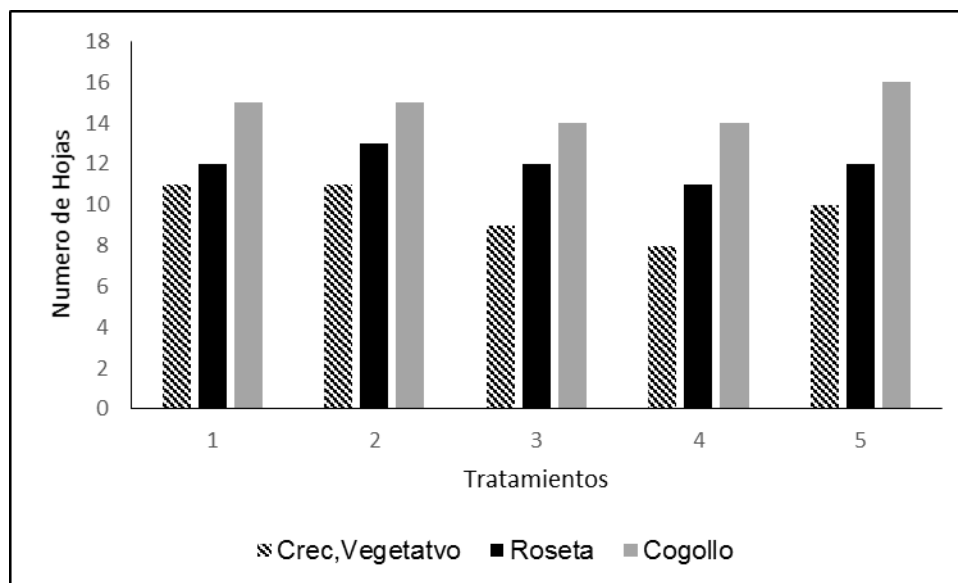
En los resultados obtenidos en el presente estudio podemos observar en la (Figura 4) que en la etapa de crecimiento vegetativo el tratamiento más destacado en diámetro fue el Tratamiento 5 con un valor de 8.9 cm, en la etapa de roseta el tratamiento con mayor valor fue el Tratamiento 1 con 10.4cm de diámetro, le sigue en importancia el Tratamiento 5 con un valor de 9.6 cm y finalmente en su etapa de Cogollo valor más alto fue el del tratamiento 1 con un valor de 13.4 cm de diámetro.



**Figura 4.** Comportamiento de las medias para el Diámetro de la lechuga, tratadas con diferente fertilización nitrogenada.

#### 4.4 Numero de Hojas de la Lechuga

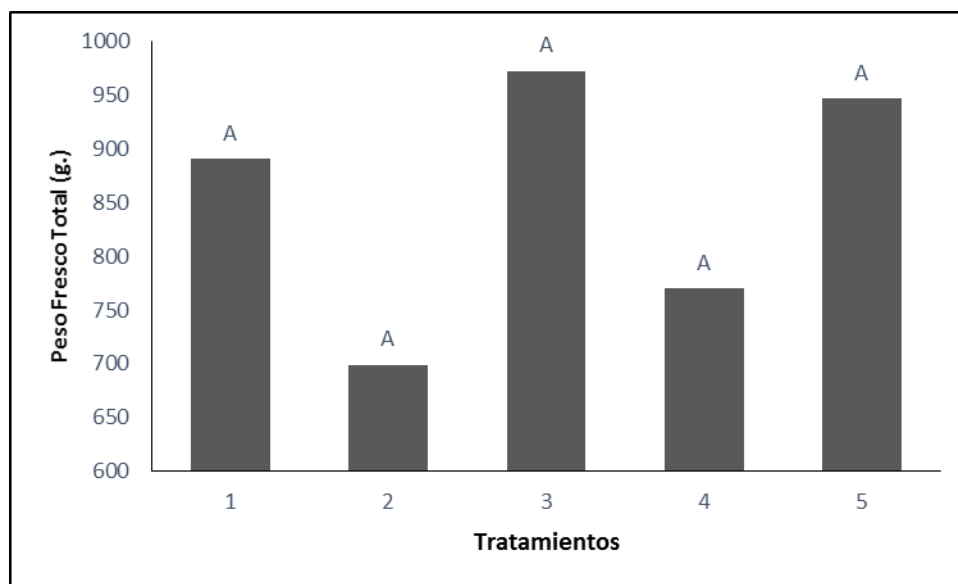
Al evaluar la variable número de hojas se puede observar que los tratamientos que obtuvieron mayor cantidad de hojas en la etapa de crecimiento vegetativo fueron el tratamiento 1 y 2 con un rendimiento en promedio de 11 hojas, en la etapa de roseta el tratamiento con mayor número de hojas fue el tratamiento 2 con 13 hojas, y finalmente en la etapa de cogollo el tratamiento con mayor cantidad de hojas fue el tratamiento 5 con 16 hojas.



**Figura 5.** Comportamiento de las medias para el Número de Hojas de la lechuga, tratadas con diferente fertilización nitrogenada.

## 5. Peso Fresco de la lechuga

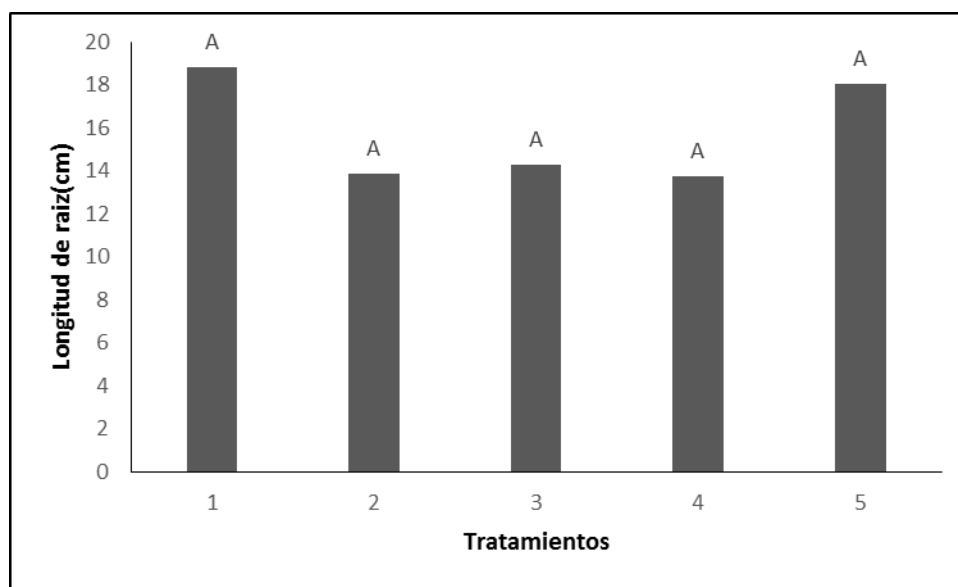
De acuerdo con el resultado de peso fresco de la lechuga no se mostraron diferencias significativas entre tratamientos. Se observó que el mejor tratamiento fue el 3 con un valor de 973g de peso fresco, le sigue en importancia el tratamiento 5 con un valor de 947g. el resto de los tratamientos son menores a 900g. En el 2008 Martínez evaluó el efecto de diferentes dosis de Ca y diferentes láminas de riego en la producción y calidad de repollo, donde obtuvo un valor sobresaliente en las mayores dosis de agua y Ca de ( $160\text{Kg.ha}^{-1}$ ) estas presentaron un mayor peso fresco .Esto, debido a que el proceso de transpiración y contenidos altos de agua en el suelo favorecen el flujo de masa y, a su vez, la movilidad de Ca.



**Figura 6.** Comportamiento de las medias para Peso Fresco de la lechuga, tratadas con diferente fertilización nitrogenada.

## 5.1 Longitud de raíz

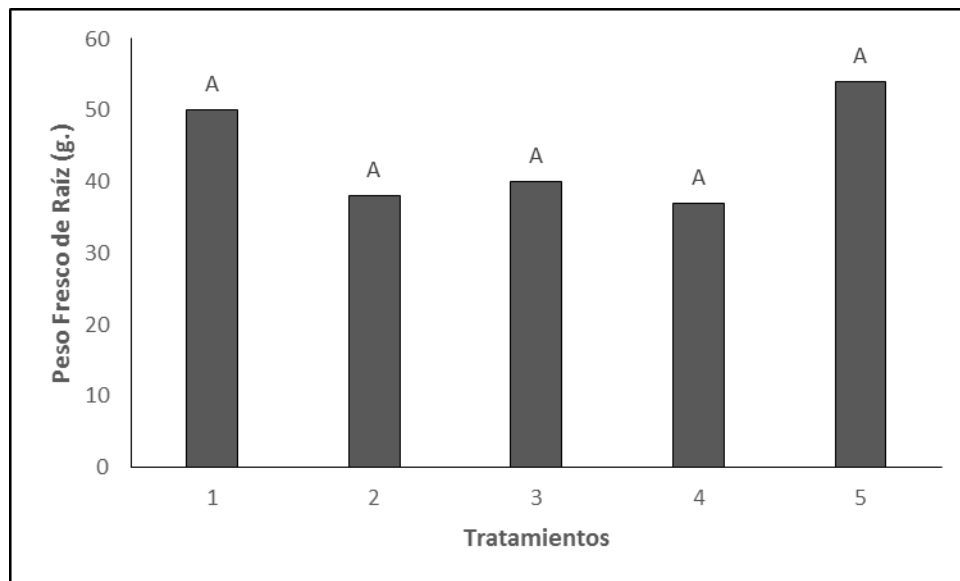
Los resultados obtenidos del análisis de varianza para la variable Longitud de raíz no mostraron diferencia significativa. El tratamiento 1 mostro la mayor longitud alcanzando un valor de 18.8 cm en relación con el resto de los tratamientos estudiados, La variable raíz aparentemente no es afectada por las dosis de nitrógeno, esto coincide con lo encontrado por Napier (1985) en un experimento con *Pinus ocurpu* en el que el nitrógeno favorecía más el crecimiento del tallo que de las raíces, empeorando la relación tallo/raíz. El tamaño de la raíz recomendado por Foucard (1997) dice que esta no debe ser mayor de 20 cm de longitud para facilitar su adaptación al campo.



**Figura 7.** Comportamiento de las medias para Longitud de la Raíz de la lechuga, tratadas con diferente fertilización nitrogenada.

## 5.2 Peso Fresco de la raíz de la lechuga

Finalmente al evaluar el peso fresco de la raíz, se encontró que las plantas del tratamiento 5 obtuvieron la mayor respuesta con un valor de 54 g, seguido en importancia el tratamiento 1 (Testigo) con un valor de 49 g, el resto de los tratamientos son menores a 45 g. Balaguera (2008) Menciona que el peso fresco de la raíz se ve afectado por un contenido excesivo de humedad en el suelo, que causa condiciones de anoxia y detiene tanto la división, como el crecimiento celular, razón por la cual disminuye la captación de agua.



**Figura 8.** Comportamiento de las medias para el Peso Fresco de Raíz de la lechuga, tratadas con diferente fertilización nitrogenada.

## **V. CONCLUSIONES**

La aplicación de Nitrato de Calcio favorece un mayor contenido de las clorofilas A y B con respecto a los demás tratamientos.

La fertilización a base de nitrato de calcio favorece la calidad de lechuga al igual que el incremento de peso fresco de la misma, además de presentar una baja concentración de nitratos.

La aplicación de nitrato de calcio favoreció el incremento de la zona radicular.

## VI. REFERENCIAS

- ASERCA, 2013.** Lechuga. En claridades agropecuarias no.89 SAGARPA, México.
- Aguileras, M. L.** Efecto de la materia orgánica en la disponibilidad del Fosforo, hierro, cobre y zinc en suelo. Agricultura técnica, Chile, p. 4-52.
- Alloway, B. 2008.** Zinc in soils and crop nutrition. Brussels, International Zinc Association; Paris: International Fertilizer Industry Association.
- Baardseth, P. and Vonhelve, J. 1989.** Effect of ethylene, free fatty acid and some enzyme systems on chlorophyll degradation. Journal of Food Science Nutrition.
- Bernal, M.I., R.E. and Soto, Z.G. 2008.** Sistema de producción Mixta Hortícola-Acuícola. Facultad de Ingeniería. Universidad Autónoma de Querétaro, México.
- Bennett, W. 2000.** Nutrient deficiencies and toxicities in crop plant. APS press. St.Paul. Minnesota, USA: 202 pp.
- Bianco, V. 1990.** Lattuga. En: V.V. Bianco, F. Pimpini (ed.). Orticoltura. Pàtron Editore, Bologna, Italia, 270-319p.
- Blom-zandstra, M. 1989** .Nitrate accumulation in vegetables and its Relationship to quality. Annals of Applied Biology 553 – 561p.
- Britton, G. 1995.** Methods for the isolation and analysis of carotenoids. 407-457p.
- Brun, L.A. Mallet, Humdinger, Pepin, M. 2001.** Evaluation of Copper availability to plants in copper- contaminated vineyard soils. Environmental Pollution 293-302p.
- Calderón, S. F. 1994.** Diagnostico foliar .Fundamento y empleo en Algunos cultivos. En: Mojica, S. Fertilidad de suelos y diagnóstico de control. Bogotá: Sociedad Colombiana de la ciencia del suelo. 305-324p.
- Carranza, 2009.** Análisis del crecimiento de lechuga (*Lactuca sativa* L.). Cultivada en suelo salino de sabana Bogotá .De suelos, diagnóstico y control. Bogotá: Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. 305-324p.
- Carrasco, 1996.** La empresa hidropónica de mediana escala: la técnica de la solución nutritiva recirculante (“NFT”). Talca, Chile. Universidad de Talca.105p.
- Cadahia, C. 2005.** Fertirrigacion / cultivos hortícolas, frutales y ornamentales, ediciones. Mundiales-prensa, España, 2005. 33-46p.



- Chaney, R. L. 1993.** Zinc phytotoxicity .P. 135 -150. In zinc in soils and Plants. 51:5391-5399.
- Cosmos, 2015.** Información Técnica y Comercial del Nitrato de amonio. Disponible en: [www.cosmos.com.mx/wiki/d4gz/nitrato-de-amonio](http://www.cosmos.com.mx/wiki/d4gz/nitrato-de-amonio)
- Di Benedetto, A. 2005.** Manejo de cultivo Hortícolas: base ecofisiología. Primera edición, Buenos Aires, Orientadora Grafica editorial 384p.
- Elvia, M. 2003.** Evaluación del efecto de la adición de harina de nopal Natural y libre de clorofila en la elaboración de tortillas de maíz. Tesis Ing. Ciencias y Alimento. pág.28.
- Enciclopedia práctica de la agricultura y ganadería. 2000.** Océanos Grupos .Editorial.S.A. Barcelona,España. Pág.147-164.
- Epstein, E. and A. J. Bloom. 2005.** Mineral Nutrition of Plants. Principles and Perspectives. Sinauer Associates,Inc. 59-60p.
- Escalona, A. Santana, M. Acevedo, Rodríguez, V. y Marco, M. L. 2009.** Efecto de las Fuentes Nitrogenadas Sobre el Contenido de Nitratos y Lecturas "SPAD" en el Cultivo de Lechuga. Revista. Agronomía Tropical 1(59):99-105.
- Espinoza, G.R. 2010.** El uso de micro elementos en la producción de Tomates. Simposio Nacional de Horticultura. Producción de tomate en el norte de México. Pág.100-115.
- Farquar, D. G. P. M. Firth, R. Wetselaar. and B. Weir. 1980.** on the gaseus Exchange of ammonia between leaves and the environment: determination of the ammonia compensation point. Plant Physiol. 710-714p. United States of America.
- Fraga, P. H. C., García H. J. L. y Troyo, D. E. 2007.** Efecto de aplicación de composta y estiércol en la producción de lechuga. Centro de investigación biológica del noroeste. 219.
- Fodor, F. Gaspar, L. Morales, F. Gogorcena, Y. Lucena, J.J. Ches, E. Krop fl, K, Abadia, J. Sarvari, E. 2005.** Effects of two iron sources on iron and cadmium allocation in poplar. Populus Alba. plants exposed to cadmium. Tree Physiology 25:1173-1180.
- Fuentes, D. y Shani, U. 1998.** Soil hydraulic models selection based onin-situ measurements. J. Irrig. Drain. Eng. 124:285–289
- Gabal, M. R. 1983.** Effect of urea nutrition of seedling, plant Growth, flowering time and yield of sweet pepper hort abstracts. 53(1):44. United states of America.

- Gamon, J. y Surfus, J. 1999.** Evaluating the content of the pigment in a refractometer sheet. *New phytologist*. 43: 105-117p.
- Garcia-Marco, P. A. 2006.** La lechuga cultivo y comercialización , 2 ed. Barcelona, España.Oikos-Tav Ediciones.147-165 pp.
- Giacconi, V. 1995.** Cultivo de las hortalizas. Undecima edicio. Editorial Universitaria. Santiago,Chile. 337 p.
- Gonzales, G. Abderreman, O. Alfredo, L. Manuel , J. 2004.** Evaluacion De paclobutrazol, ethephon y nitrato de potasio como estimulante de la inducción floral en mango *Mangifera Indica* L.variedad tommy atkins en Retalhuleu.122:337 pp.
- Grotz, N. Guerinot, M. L. 2006.** Molecular aspects of Cu,Fe,and Zn homeostasis in plants. *BiochemicalETBiophysicalAct*.1763:595-608.
- Harbey , 2007.** Acumulación de nitratos en hojas de lechuga (*Lactuca sativa var. Crispa*) en respuesta a cinco dosis y dos fuentes de nitrógeno y estudio de los flujos del N. Mineral del suelo.Universidad de Talca.Chile. 55 p.
- Heaton, J. Marangoni, A. 1996.** Chlorophyll de gradation in processed foods and senescent plants tissues.*Trends in food science and techonology*. 7, 8-15.
- Hill, Y. 2003.** Separating limiting from non-limiting nutrients. *J. plants nutr*. 109:1381-1390 pp.
- Hehrs, H. A. Jones , B. J. 1992.** Plants analysis.Handbook II. Micro Publishing, Inc. Athens, Georgia 30607 USA.
- Honorato, R. H. Silva, 1999.** Evaluación de la contaminación del suelo y plantas por el cobre.*Aconex* 62:5-9.
- Kimura, M. y Rodriguez, Amaya, D. 2002.** A scheme for obtaining standardsand HPLC quantification of carotenoids in green leafy vegetables. *FoodChemistry*. 78: 389-398p.
- Lanafil.2011.** Fertilizante Foliar /Ferti-riego.Disponible en: [ww.lanafil.com/data/adjuntos/NITRATO\\_DE\\_CALCIO\\_-\\_MSDS.pdf](http://ww.lanafil.com/data/adjuntos/NITRATO_DE_CALCIO_-_MSDS.pdf)
- Liu, y Perera, C. y Suresh, V. 2007.** Comparison in South East Asian countries to lutein. *Food Chemistry*. 101: 1533-1539p.
- Maroto, J. 2000.** Lechugas origen botánico generalidades y usos. MadridPg. 27-43.
- Meléndez y Martínez, A. ; Vicario, I ; Heredia, F. 2007.** Pigmentos Carotenoides: consideraciones estructurales y fisicoquímicas. Laboratorio de Color y calidad de alimentos. Universidad de Sevilla. España. 57: 109-118p.

- Pamplona, J. 1999.** Enciclopedia de los alimentos y su poder curativo. Biblioteca de educación y salud.
- Rivera, M. 1987.** Producción de hortalizas en relación a la fertilidad del suelo en el área de chambo. Tesis. Ing. Agr. Riobamba, ESPOCH, FÍA. p 13.
- Sangeetha, R. Baskaran, V. 2010.** Composition of carotenoids and retinol equivalents in plants. Food chemistry. 119: 1584- 1590p.
- Santamaría, P.; Elia, A.; Serio, F.; Todaro, E. 1999.** A survey of nitrate and oxalate content in retail fresh vegetables. J. Sci. Food Agric. 79: 1882–1888.
- Uaaan. 2015.** (Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro). Ubicación del experimento disponible en [www.google.com.mx/maps/search/ubicacion+de+la+uaaan+en+saltillo/@25.4050355,-101.0168159,336m/data=!3m1!1e](http://www.google.com.mx/maps/search/ubicacion+de+la+uaaan+en+saltillo/@25.4050355,-101.0168159,336m/data=!3m1!1e)