

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



Efecto de Fertilización Nitrogenada en la Producción de Lechuga (*Lactuca sativa* L. var. Iceberg) y Metabolitos Secundarios

Por:

FRANCISCO GONZÁLEZ GALLARDO

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Saltillo, Coahuila, México.

Mayo 2014

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Efecto de Fertilización Nitrogenada en la Producción de Lechuga (*Lactuca sativa* L. var. Iceberg) y Metabolitos Secundarios

Por:

FRANCISCO GONZÁLEZ GALLARDO

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Aprobada

Dr. Marcelino Cabrera De La Fuente

Asesor Principal

Ing. Gerardo Rodríguez Galindo

Coasesor

M.C. Rocío Maricela Peralta Manjarrez

Coasesor

Dr. Leobardo Bañuelos Herrera

Coordinador de la División de Agronomía

División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México.

Mayo 2014

DEDICATORIAS

A Dios: Por haberme brindado la oportunidad de existir y regalarme la vida que es tan linda y hermosa, por todo lo que me dio y por todo lo que logre gracias a su ayuda y la fe que tengo en él y por ser el sol que siempre ilumino mi camino y porque él siempre me ha apoyado en las buenas y en las malas.

A mi madre:

Martha Gallardo Mendoza

Quien me da su apoyo, cariño y comprensión día a día, que sin importar nada ha sabido estar aquí a mi lado y que su aliento me ha ayudado a realizar una meta muy importante para mi formación tanto académica como para ser una persona de bien por eso y más gracias.

A mi padre:

Francisco González Ruiz

Por su gran apoyo, sus consejos que me ayudaron para alcanzar esta meta tan buscada, por nunca quitar el dedo del renglón y seguir alentándome para seguir día a día en mis estudios.

A mi hijo:

DGGB quien ahora se convirtió en parte esencial para buscar más logros en mi vida.

A mis abuelos:

Bonifacio González Aparicio y Rosa Elia Ruiz Reyes

Quienes son personas que mostraron un gran interés hacia mi persona desde muchos años atrás quien con su sabiduría y buenos consejos he sabido tomar decisiones más responsables.

Mis hermanos:

Martha Jakaren González Gallardo, Juan Carlos González Gallardo y María Guadalupe González Gallardo

Gracias por su apoyo y su amistad durante tantos años.

A Suemi Anali Barrera Rodríguez:

Quien me ha sabido comprender por años y quien me da su apoyo y aliento, y por darme lo más hermoso en la vida.

A mis tíos:

Sofía, Bonifacio, Rosita, Guadalupe y Margarito por su apoyo y su aliento

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro: por permitirme ser parte de ella y crear un sentimiento de respeto y afecto a esta gran universidad.

Al Departamento de Horticultura: porque es un gran equipo de trabajo que estimula a los alumnos para seguir con paso firme en esta universidad.

Al Dr. Marcelino Cabrera De La Fuente:

Por su amistad durante la carrera y por la paciencia que brinda a los demás, porque es una persona de bien, que busca que sus alumnos mejoren día a día para poder enfrentar los grandes retos de nuestra profesión, gracias por los conocimientos que nos ofreció a lo largo del camino ganándose mi respeto y sin dejar atrás por su gran apoyo e interés para realizar esta investigación y poderla concluir.

A mis coasesores:

Ing. Gerardo Rodríguez Galindo y M.C. Rocío M. Peralta Manjarrez

Por ayudarme a concluir este trabajo de investigación ya que sin su ayuda no sería posible.

A Mis Amigos:

Rommel, Migue, Jonathan, Augusto, Monse, Lucí, Eray, Wilber, Eduardo (el negro), Manuel (el chundo), Tapia y todos mis compañeros de generación por brindarme su amistad durante este tiempo.

Al Dr. Enrique Navarro Guerrero

Por brindarme su amistad desde que llegue a esta universidad apoyando a mis amigos al igual que a mí, es una persona de respeto que sin recibir nada a cambio ayuda a los demás.

A mis primos González

Bardo, Wuilly, Mario, Jr., Diana, Monse, Sofía, La More por brindarme su amistad hacia mi persona.

A mi prima:

Blanca Gloria por convivir y dar su amistad hacia mi persona.

A la Familia:

Gallardo Mendoza y primos por brindarme su amistad hacia mi persona.

RESUMEN

Los resultados de este trabajo de investigación fueron realizados en el departamento de horticultura de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro en otoño del 2012 en el cual se estableció el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.), con el fin de determinar la concentración de nitratos, clorofilas y la producción de lechuga. El estudio consistió en evaluar el efecto de 5 fertilizantes nitrogenados más el testigo: el Tratamiento 1 (Testigo), tratamiento 2 (Nitrato de Calcio), tratamiento 3 (Urea), tratamiento 4 (Nitrato de Potasio), tratamiento 5 (MAP), tratamiento 6 (Magnisal), se utilizó un diseño estadístico que fue completamente al azar, los datos obtenidos se analizaron en el programa estadístico SAS V. 9.0, y la comparación de medias se realizó mediante la prueba Tukey ($\alpha=0.05$), en el que se utilizaron 5 unidades experimentales para cada uno de los tratamientos excepto para la clorofila total, A y B en estos últimos solo fueron 4 unidades experimental. Los resultados experimentales se pueden observar como siguen: para clorofila total donde se obtuvo diferencia significativa, clorofila A y B no existió diferencia significativa, el tratamiento que tuvo un efecto positivo en la acumulación de las tres clorofilas fue el nitrato de calcio (0.99950 SPAD), le siguió el magnisal (0.91650 SPAD) como segundo mejor tratamiento. Por lo que respecta a la variable nitrato se observó que el tratamiento que presento los índices más bajos fue magnisal (2560 ppm), siguiendo el testigo (3450 ppm) y nitrato de calcio (3660 ppm) estos estando en los rangos aceptables para el consumo humano y exportación. En relación a la variable peso fresco se encontró que los mejores tratamientos fueron el nitrato de potasio (638 g.) el testigo (662 g.) y el nitrato de calcio (698 g.), donde existió diferencia significativa, finalmente los tratamientos que mostraron los niveles más altos de pH en la planta arriba de 6.3-6.2 pH fueron MAP y nitrato de calcio, el resto de los tratamientos nitrogenados estuvieron por debajo de las unidades arriba señaladas y donde no se encontró diferencia significativa.

Palabras clave: Lechuga, Nitratos, Clorofilas.

ÍNDICE DE CONTENIDO

Pág.

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	iii
RESUMEN	v
ÍNDICE DE CUADROS	ixx
ÍNDICE DE TABLAS	ixx
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
ÍNDICE DE APÉNDICE	x
I.INTRODUCCIÓN	1
1.1Objetivo General.....	2
1.2 Objetivos Específicos	2
1.3 Hipótesis.....	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1 Descripción del Cultivo de la Lechuga.....	3
2.1.1 Origen	3
2.2 Taxonómica y Morfología.....	3
2.3 Clasificación	4
2.4 Composición Química	5
2.5 Propiedades, Informacion Nutricional	5
2.6 Produccion de Lechuga en México.....	6
2.7 Importancia de la Lechuga	7
2.8 Clorofilas.....	8
2.8.1 Composición Química de la Lechuga	8
2.8.2 Importancia de las Clorofilas en la Lechuga	9
2.8.3 Degradacion de las Clorofilas en los Cultivo	9
2.8.4 Clorofila A y B	10
2.9 El Nitrógeno en la Planta.....	10
2.9.1 Deficiencia de Nitrogeno.....	11
2.9.2 Extracción de N por lo Cultivos	11

2.9.3 Limitantes en la Absorción de N	11
2.10 Nitratos	11
2.10.1 Nitratos (NO_3) en la Lechuga	12
2.10.2 Función de los Nitratos en la Lechuga	13
2.10.3 Función de los Nitratos en la Lechuga.....	13
2.10.4 Acumulación de Nitratos en la Lechuga	13
2.10.5 Rango de Nitratos en la Lechuga para el Consumo Humano.....	14
2.10.6 Consecuencias por Acumulación de Nitratos en el Organismo Humano	14
2.10.7 Nitratos (NO_3) versus Amonio (NH_4^+)	15
2.10.8 Ventajas del Nitrato sobre los Fertilizantes que contienen Amonio.....	16
III MATERIALES Y METODOS.	17
3.1 Ubicación del Experimento.	17
3.2 Material vegetal utilizado	17
3.3 Siembra.	17
3.4 Establecimiento de Experimento.	17
3.4.1 Preparación del Terreno	17
3.4.2 Trasplante.....	18
3.4.3 Riego	18
3.5 Descripción de los Tratamientos	18
3.6 Aplicación de los Tratamientos.	19
3.7 Descripción de los Tratamientos	19
3.8 Programa de Nutrición.....	24
3.9 Cosecha	24
3.10 Diseño Experimental.....	25
3.11 Variables Evaluadas	26
3.11.1 Clorofila Total, A y B	26
3.11.2 Nitratos	26
3.11.3 Peso Fresco total de la Planta	26
3.11.4 pH de la Planta	26
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	27

4.1 Contenido de Clorofila Total	27
4.2 Contenido de Clorofila A en la Lechuga	28
4.3 Contenido de Clorofila B en la Lechuga	29
4.4 Contenido de Nitratos en la Lechuga.....	30
4.5 Peso Fresco	31
4.6 Contenido de pH en la Planta de Lechuga	32
V. CONCLUSIONES.....	33
VI. BIBLIOGRAFÍA.....	34
VII. APÉNDICE	39

ÍNDICE DE CUADROS	pag.
Cuadro 1. Composición química de la lechuga (<i>Lactuca sativa</i> L.).	5
Cuadro 2. Producción anual de lechuga (<i>Lactuca sativa</i> L.) en México.	6
Cuadro 3. Producción de Lechuga (<i>Lactuca sativa</i> L.) por Entidad Federativa.	6

ÍNDICE DE TABLAS	pag.
Tabla 1. Tratamientos estudiados en el experimento.	18
Tabla 2. Estado de desarrollo de la lechuga.	19

ÍNDICE DE FIGURAS
Figura 1. Comportamiento de las medias para contenido de clorofila total de lechuga (SPAD), tratadas con diferente fertilización nitrogenada.
Figura 2. Comportamiento de las medias para contenido de clorofila A de lechuga (SPAD), tratadas con diferente fertilización nitrogenada.
Figura 3. Comportamiento de las medias para contenido de clorofila B de lechuga (SPAD), tratadas con diferente fertilización nitrogenada.
Figura 4. Comportamiento de las medias para contenido de Nitrato de lechuga (PPM), tratadas con diferente fertilización nitrogenada.

Figura 5. Comportamiento de las medias para contenido de peso fresco de lechuga (g), tratadas con diferente fertilización nitrogenada.

Figura 6. Comportamiento de las medias para contenido de pH de lechuga (pH), tratadas con diferente fertilización nitrogenada.

ÍNDICE DE APÉNDICE	pag.
Cuadro 1A. Análisis de varianza de la variable “Contenido de Clorofila Total” en plantas de lechuga (<i>Lactuca sativa</i> L. var. Iceberg) tratadas con diferente fertilización nitrogenada.	39
Cuadro 2A. Análisis de varianza de la variable “Contenido de Clorofila A” en plantas de lechuga (<i>Lactuca sativa</i> L. var. Iceberg) tratadas con diferente fertilización nitrogenada.	39
Cuadro 3A. Análisis de varianza de la variable “Contenido de Clorofila B” en plantas de lechuga (<i>Lactuca sativa</i> L. var. Iceberg) tratadas con diferente fertilización nitrogenada.	40
Cuadro 4A. Análisis de varianza de la variable “Nitratos de la planta” en plantas de lechuga (<i>Lactuca sativa</i> L. var. Iceberg) tratadas con diferente fertilización nitrogenada.	40

Cuadro 5A. Análisis de varianza de la variable “Peso fresco de la Planta” en plantas de lechuga (<i>Lactuca sativa</i> L. var. Iceberg) tratadas con diferente fertilización nitrogenada.	41
Cuadro 6A. Análisis de varianza de la variable “pH de la planta” de lechuga (<i>Lactuca sativa</i> L. var. Iceberg) tratadas con diferente fertilización nitrogenada.	41
Cuadro 7A. Comparación de medias “Clorofila Total en la planta” de lechuga (<i>Lactuca sativa</i> L. var. Iceberg) tratadas con diferente fertilización nitrogenada.	42
Cuadro 8A. Comparación de medias “Clorofila A en la planta” de lechuga (<i>Lactuca sativa</i> L. var. Iceberg) tratadas con diferente fertilización nitrogenada.	42
Cuadro 9A. Comparación de medias “Clorofila B en la planta” de lechuga (<i>Lactuca sativa</i> L. var. Iceberg) tratadas con diferente fertilización nitrogenada.	43
Cuadro 10A. Comparación de medias “Nitratos en la Planta” de lechuga (<i>Lactuca sativa</i> L. var. Iceberg) tratadas con diferente fertilización nitrogenada.	43

Cuadro 11A. Comparación de medias “Peso Fresco de la planta” de lechuga (*Lactuca sativa* L. var. Iceberg) tratadas con diferente fertilización nitrogenada. 44

Cuadro 12A. Comparación de medias “pH de la Planta” de lechuga (*Lactuca sativa* L. var. Iceberg) tratadas con diferente fertilización nitrogenada. 44

I. INTRODUCCIÓN

Las hortalizas son plantas herbáceas con partes comestibles para la alimentación humana. El alto contenido de vitaminas, minerales y proteínas es una importante razón para comer tantas hortalizas como sea posible. Su importancia está determinada por algunas de sus características biológicas y por su contenido de vitaminas y sustancias nutritivas, el valor alimenticio de la lechuga como alimento, radica en el contenido de vitaminas y sales minerales (Pérez, 2006).

La lechuga es la planta más importante del grupo de las hortalizas de hojas; se consume en ensaladas es ampliamente conocida y se cultiva en casi todo los países del mundo. Los sistemas de producción de la lechuga en México son sencillos, pudiendo encontrar diferentes tipos y cultivares (Maroto, 1992).

Este cultivo exige mucho cuidado ya que crece con tanta rapidez que en su corto intervalo de cambios pueden producir daños irreversibles para la cosecha. Los altos rendimientos y la calidad de los cultivos resultan principalmente de un balance nutricional de micronutrientes, debido a su funciones que no pueden ser remplazadas por otros elementos minerales, es decir, están involucrados directamente en el metabolismo de la planta y una carencia de ellos podría causar una baja de producción y calidad muy considerable (Ronen, *et al.*, 2008).

El estudio de la cantidad de nitratos (NO_3) 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 constituyentes normalmente en abonos y fertilizantes, o como contaminantes en producción alimenticios, aguas de consumo, desechos urbanos e industriales. Además la cuantificación de nitratos es utilizada para diagnosticar el estado nutricional de las plantas cultivadas (Fraga, 2007).

1.1 Objetivo General

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

1.2 Objetivos específicos

Cuantificar 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 de la lechuga

Identificar la fuente de fertilización que incide de manera positiva en la calidad comercial de lechuga

1.3 Hipótesis

Los tratamientos a base de diferentes fuentes nitrogenada se comportan de manera heterogenia en el cultivo de la lechuga.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Descripción del cultivo de la lechuga

2.1.1 Origen

Las primeras indicaciones de la existencia de la lechuga datan aproximadamente del año 4.500 a.c. en grabados de tumbas egipcias, aunque se piensa que es originaria de la India (Marm, 2010). Son 3 las teorías sobre origen (Ryder, 2007): 1) procede de una forma silvestre de *Lactuca sativa*, 2) procede de *Lactuca serriola* y 3) es el producto de una hibridación entre especie, la cual es la más apoyada por los botánicos.

Algunos antecedentes nos dicen que la lechuga representaba la fecundidad de las cosechas de los Egipcios. Los Romanos ya conocían diferentes especies de lechuga e incluso desarrollaron una técnica de blanqueamiento. Ya entonces se le atribuyó propiedades contra el insomnio (Maroto, 2000). El principal uso de la lechuga era como forraje para el ganado y las semillas como fuente de aceite. En el siglo V d.C., china utilizaba lechugas de tallo para cocinar. Su cultivo se extendió por toda Europa y es probable que Colón la llevase a América (Marm, 2010).

2.2 Taxonomía y Morfología

La lechuga (*Lactuca sativa* L.) es una planta herbácea anual, dicotiledónea y autógama, perteneciente a la familia *compositae* (*Asteraceae*), una de las más grandes y diversas familias de las plantas con flores, comprendido una décima parte de todas las especies conocidas de angiospermas (Romani, *et al.*, 2002). Su nombre latino (*Lactuca*) deriva de la palabra latina “*lac*” que significa “leche”, mientras que el término “*sativa*” hace referencia a la semilla, que crece de una semilla.

La lechuga caracteriza por tener una raíz que se desarrolla en la capa superior del suelo y que raramente llega a sobrepasar los 25 cm de profundidad. La raíz es pivotante y con ramificaciones laterales, su tallo es cilíndrico, muy corto y ramificado. Sus hojas se disponen en forma de roseta, desplegadas al principio.

En algunas variedades, las hojas siguen así durante todo su desarrollo (variedades romanas), y en otras se aprietan formando cogollo (o cabeza) más o menos compactado, las hojas pueden ser de formas y texturas diversas y con borde liso, ondulado o serrado, dependiendo de la variedad. En estadios vegetativos avanzados (próximos a la floración), la cabeza o el manejo de hojas central se abre para que avance un tallo cilíndrico y ramificado portador de hojas, así como de capítulos foliares (Di Benedetto, 2005). La inflorescencia está constituida por capítulos florales amarillos dispuestos en racimos.

2.3 Clasificación

Los cultivares modernos de lechuga pueden ser agrupados de acuerdo a la forma de la planta y su uso predominante (Di Benedetto, 2005; Wien, 1997; Ryder y Whitaker, 1995). Así, los principales grupos botánicos son:

- Romanas (*Cos o Romaine lettuce*): tiene hojas erectas, elongadas, con bordes enteros y nervadura central ancha. No forma una verdadera cabeza o cogollo de lechuga. Dentro de este grupo se encuentran la lechuga romana, la lechuga “Baby” y lechuga criolla de invierno.
- Acogolladas (*Lactuca sativa* var. capitata): estas lechugas forman una cabeza o cogollo apretado de hojas. Dentro de este grupo hay dos variedades principales:
 - Lechuga mantecosa o troncadero (*Butterhead lettuce*): forma una cabeza floja con hojas de textura suave, de aspecto aceitoso.
 - Lechuga Iceberg (*Crisphead lettuce*): forma una cabeza compacta con hojas apretadas de textura quebradiza que se asemejan al repollo. Muy popular en Estados Unidos.
- De hojas sueltas: (*Lactuca sativa* var. inybacea): 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 Composición Química

Valdés (1996) la principal característica de la lechuga, en comparación con las demás hortalizas es su alto contenido de agua, lo que la hace más succulenta. En comparación con la alcachofa, la lechuga contiene menos proteínas y carbohidratos, los valores presentados en el Cuadro 1 se obtuvieron con base en 100 gr. de parte comestible de lechuga (hojas)

Agua	94.0 %
Proteínas	1.3 gr.
Carbohidratos	3.5 gr.
Ca	8.0 gr.
P	25.0 mg.
Fe	1.4 mg.
Na	-----
K	264.0 mg.
Ácido ascórbico	18.0 mg.
Vitamina A	190.0 U.I.

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

U.I. Unidad internacional de vitaminas A es equivalente a 0.3 mg de vitamina A en alcohol.

2.5 Propiedades, información nutricional

Entre los vegetales, las hortalizas de hoja son reconocidas por ser una excelente fuente de minerales, vitaminas y fibra dietética (Piagentini, *et al.*, 2005). En particular, algunos estudios recientes han demostrado efecto positivos de la lechuga previniendo enfermedades cardiovasculares en ratas y en humanos (Nicolle, *et al.*, 2004; Serafini, *et al.*, 2002). Las propiedades saludables de la lechuga son atribuidas a un gran número de compuestos antioxidantes, principalmente vitamina C, a los polifenoles y al contenido de fibra dietaria.

2.6 Producción de Lechuga en México

La producción de lechuga a nivel nacional contemplando los ciclos de primavera-verano y otoño-invierno, bajo la modalidad de riego temporal según SAGARPA por medio del servicio de Información Agroalimentaria (SIAP, 2010). Informa que para el año 2010 la producción a nivel nacional fue la que se presentó en el cuadro 2

Superficie sembrada (ha)	Superficie cosechada (ha)	Producción (ton)	Rendimiento (ton/ha)	Valores de la producción (miles de pesos)
16,458.17	16,415.85	340,975.95	20.77	928,662.68

Cuadro 2. Producción anual de lechuga (*Lactuca sativa* L.) en México (SAGARPA, 2010).

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

Ubicación	Superficie sembrada (Ha)	Superficie cosechada (Ha)	Producción (Ton)	Rendimiento (Ton/Ha)	Valor producción (Miles de pesos)
Guanajuato	4,500.00	4,487.00	74,628.40	16.6	184,424.56
Puebla	2,540.28	2,540.28	50,527.11	19.89	104,978.24
Zacatecas	3,600.00	3,600.00	73,956.74	20.54	147,296.64

Cuadro 3. Producción de Lechuga (*Lactuca sativa* L.) por Entidad Federativa. (SAGARPA, 2010)

2.7 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 (ASERCA, 2011). En el 2011 se reportan en México una superficie sembrada de 11, 564 ha⁻¹ en condiciones de riego repartidas en 22 estados de la república Mexicana, donde sobresalen los estados de Guanajuato con 3, 646 ha⁻¹, Puebla con 2, 286 ha⁻¹, Baja California con 1, 945 ha⁻¹, y Zacatecas con 1, 074 ha⁻¹ con un rendimiento promedio de 18.54 ton.ha⁻¹, y solo 200 ha⁻¹ en condiciones de temporal en los estados del centro del país como son Estados de México y Michoacán con una superficie sembrada de 100 ha, y rendimientos promedios de 13.3 ton/ha (Internet 1).

2.8 Clorofila

Son pigmentos verdes presentes en las plantas que realizan un importante cometido en los procesos de fotosíntesis, y que están ampliamente distribuidos en todos los tejidos verdes de las plantas. Clorofila constituye el 0.1 % del peso de la hoja (fresca) verde y se localiza en los cloroplastos, estructuras que poseen una estructura delicada y característica. Cada cloroplasto contiene numerosas partículas pequeñas llamadas granos, que a su vez consta de numerosas láminas proteicas entre las cuales se encuentra las moléculas de clorofila. Existe dos variedades de clorofila **a** y **b** que se presentan siempre juntas y aproximadamente en la misma proporción y están acompañadas por cantidades menores de los pigmentos de carotenoides, caroteno y xantofilas (Elvia, 2003).

2.8.1 Composición química de la clorofila

Las clorofilas se clasifican químicamente como compuestos de tipo tetrapirrol, unidos por puentes de metilo, con anillos de ciclopentanona, cuyo grupo carboxilo está esterificado con un grupo metilo. La clorofila esta esterificada en las posiciones 1 y 5 con un grupo metilo en la posición 4 con un grupo etílico y en la 2 con un grupo vinilo ($-\text{CH}=\text{CH}_2$), en la posición 7 se localiza un resto de ácido propiónico que está esterificado con el alcohol fitol, el cual es un radical hidrófoba; la clorofila **b** se distingue de la **a** solamente porque el grupo del carbono 3 esta sustituido por un grupo aldehído en forma de un resto formílico ($-\text{CHO}$) (Elvia, 2003).

2.8.2 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 verde (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).

2.8.3 Degradación de las Clorofilas en los Cultivos

La degradación de clorofilas en los tejidos vegetales, causa el desplazamiento de los tonos verdes brillantes al verde oliva pardo, pardos o incoloros por senescencia. La degradación incluye la pérdida del fitol para formar clorofilina (verde-azulado) o del Mg^{2+} para formar feofitina (verde oliva), con la acumulación de diferentes derivados, algunos de ellos incoloros. Los procesos de degradación de la clorofila durante la senescencia de vegetales, han sido estudiados por diferentes autores y los mecanismos no son del todo claros. Algunos estudios parecen reflejar que la acción de oxígeno molecular y atómico está involucrada en el proceso (King, *et al.*, 2001).

2.8.4 Clorofila A y B

Hay dos tipos de clorofila se encuentra en las plantas, las más importantes son la clorofila **A**, es el pigmento involucrado directamente en la transformación de la energía lumínica en energía química la cual desempeña la función principal en la fotosíntesis y la Clorofila **B** que está asociada con la Clorofila A en el mecanismo de procesamiento de la luz y se conoce como un accesorio de pigmentos. 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 metilo (-CH₃) en el grupo del anillo de la porfirina, por un aldehído (CHO-) (UNC, 2010).

2.9 El Nitrógeno en la planta

Constituye del dos al cuatro por ciento de la materia seca vegetal, es absorbido por las raíces en forma en forma de nitrato, amonio y N molecular en simbiosis con microorganismos y como amoniaco por las hojas. La mayoría de las plantas prefieren la forma del nitrato, pero cuando en el suelo la temperatura es baja, el pH alcalino y alto la concentración del amonio, esta forma de N aumenta su forma de absorción (Farquar, *et al.*, 1980). En la planta el N es parte de muchos compuestos, algunos son, la clorofila, citocromos, proteínas (enzimas, bases nitrogenadas, etc.). El nitrógeno tiene influencia en contenido de proteínas de los productos vegetales, ya que es parte constituyente de ellas, al igual que la clorofila (Calderón, 1989).

2.9.1 Deficiencia de Nitrógeno

Una deficiencia de nitrógeno ocasiona un lento crecimiento, amarillamiento de las hojas y bajo rendimiento en la producción por tal motivo es conveniente aplicarlo antes de que se termine el ciclo de lluvias (Loaiza, 1983).

2.9.2 Extracción de N por los Cultivos

La dinámica en la absorción de los nitratos por la raíz está regulada por la velocidad de su reducción por la enzima nitrato reductasa (NR) (Kirkby y Armstrong, 1980), cuya activación es mayor en las primeras etapas del desarrollo del cultivo (Naik, 1982). La fuente de N aplicado puede ser un factor que influye en la absorción de N, pues según (Gabal, 1983) fue mayor al aplicar fuentes con NH_4^+ que con NO_3^- o urea.

2.9.3 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 de oxígeno (Salisbury y Ross, 1985).

2.10 Nitratos (NO_3)

El ion nitrato es la forma termodinámica estable del nitrógeno combinado en los sistemas acuáticos 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 material orgánicos. Y de las actividades humanas que encierran: la escorrentía de terrenos cultivados, efluentes de lagunas y tanques sépticos, fertilización excesiva con

nitrógeno, deforestación y el cambio de la materia orgánica del suelo como resultado de la rotación de cultivos (Pacheco, 2003).

2.10.1 Nitratos (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. Por lo que Keinink y Groenwold (1987) encontraron que en ciertas variedades de lechuga, 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, como señala (Escalona, *et al.*, 2009). Este autor al estudiar el efecto de las fuentes nitrogenadas sobre el contenido de nitratos en un cultivo de lechuga encontró que las plantas registraron grandes cantidades de nitratos debido a la fertilización de productos químicos comerciales. Mientras que al analizar el contenido de nitratos en lechugas orejonas cultivadas en sistemas hidropónicos y acuaponicos de mesas flotantes, en invernadero no. Calefaccionado; en meses de abril a junio, (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 y nervaduras. Por tal causa, en varios países europeos se ha fijado límite: 2500-4500 mg NO_3 .kg peso fresco (Valdés, *et al.*, 2004). Finalmente, (Harbey, 2007) menciona que al hacer una encuesta para la sociedad de la región de Valparaíso Chile. Obtuvo que un 96% de los consumidores prefieran una lechuga con menor contenido de nitratos y un 62% estaría dispuesto a pagar un precio diferenciado por el producto.

2.10.2 Función de los Nitratos en los Cultivos

Cuando únicamente circulan nitratos se induce en la planta la síntesis de la reductasa la cual provoca la formación de aminos y amoníaco para la formación de aminoácidos y proteínas los cuáles se utilizan para la floración y el crecimiento de la planta. Se debe considerar que la actividad de la reductasa está directamente relacionada con la edad de las hojas y su actividad, se incrementa en proporción directa a la superficie foliar (González, *et al.*, 2004). Asimismo, la acumulación de este ion en las hojas se incrementa cuando la planta es cultivada en condiciones restrictivas de luz (Blom, 1989) con la finalidad de que la planta genere más carbohidratos e iones nitratos como reguladores osmóticos (Streingröver, *et al.*, 1993).

2.10.3 Función de los nitratos en la lechuga

Los nitratos se convierten en nitritos según pasa el tiempo, haciendo más tóxico el vegetal sin embargo al estar envasadas en plástico el proceso de conversión de nitrato a nitrito se acelera sin refrigeración las bacterias que transforman los nitratos en nitritos se multiplican rápidamente, acelerando a un más el proceso (Internet 2).

2.10.4 Acumulación de Nitratos en la Lechuga

Algunos otros investigadores mencionan que la acumulación de nitratos en lechuga es muy frecuente debido a que todo radica en el tipo de fertilización que se aplique durante el ciclo del cultivo (Escalona, *et al.*, 2009). Cuando los nitratos se acumulan la planta los absorbe del suelo, sin embargo, la concentración de nitratos disponibles en el mismo depende principalmente de la cantidad de agua acumulada de la cantidad aportada en la fertilización y del manejo del riego que se realiza (Hehr, *et al.*, 1992).

2.10.5 Rangos de Nitratos en Lechugas para Consumo Humano

El contenido de nitratos aceptable en la ingesta diaria corresponde a 365 mg.kg⁻¹ de peso fresco (Ministry of Agriculture, Food and Fisheries, 1999). La ingesta de nitratos diaria de una persona con un peso corporal de 70 kg no debería superar los 259 mg.kg⁻¹. Las hortalizas en particular de hoja (lechuga y espinaca) acumulan un contenido de nitratos mayores a otros tipos de alimentos contribuyentes con un 75% a la ingesta diaria (Hill, *et al.*, 1990). Cuando la absorción de nitrato se excede en la fertilización, los iones nitratos se pueden acumular en las vacuolas de las células, (El contenido de nitratos varía según la especie, variedad y la parte de la planta (hoja y tallo) Keinik y Groenwold, (1987), encontraron que en ciertas variedades de lechugas, su capacidad de acumulación de nitratos en las hojas, estaba regida por el mecanismo genético en algunos caso regidos por un solo gen dominante.

2.10.6 Consecuencias por acumulación de nitratos en el organismo humano

El nitrato puede transformarse en Nitrito por reducción bacteriana tanto en los alimentos (durante el procesado y almacenamiento), como el propio organismo (en la saliva y tracto gastrointestinal). Se estima que un 5% del nitrato ingerido se transforma en nitrito endógenamente, lo que supone la fracción mayoritaria de la exposición global a este compuesto. Los nitritos pueden provocar que la metahemoglobina no sea capaz de transportar el oxígeno a los tejidos, pudiendo dar lugar a efectos graves e incluso la muerte cuando la cantidad de metahemoglobina es superior al 70% de la hemoglobina total en el cuerpo (Hill, *et al.*, 1990). También puede reaccionar en medio ácido del estómago, con las aminas, sustancias obtenidas por el metabolismo de los alimentos originando nitrosaminas, las cuales son agentes cancerígenos al humano. Además pruebas de estudios epidemiológicos en animales han demostrado que la exposición a nitrato y nitrito ha aumentado para algunos tipos de cáncer (Watson y Muftí, 1996).

2.10.7 Nitrato (NO_3^-) versus Amonio (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 NH_4^+ es restringida. La urea es descompuesta por la enzima ureasa o químicamente hidrolizada a amoniaco y CO_2 . En el paso de amonificación, amoniaco es convertido mediante bacterias amonificantes en el ion amonio (NH_4^+). En el siguiente paso el amonio es convertido mediante bacterias nitrificantes en nitrato nitrificación (Knight, *et al.*, 2000). El rango de conversión de nitrógeno depende de las condiciones presentes en el suelo para las bacterias nitrificantes. La nitrificación de NH_4^+ a 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 and Kirkby, 1987):

- Bajo pH de suelo disminuye sustancialmente la oxidación microbiana de 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°C , mientras que para la amonificación se encuentra sobre los 50°C . Luego, en suelos tropicales, aun bajo condiciones de pH neutro, existe acumulación de amonio como resultado de los bajos niveles de nitrificación (Mengel and Kirkby, 1987).

2.10.8 Ventajas del nitrato sobre fertilizantes que contienen amonio

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.

La mayor absorción de nitrógeno con nitratos, comparada con amonio, quedó claramente demostrada por (Legaz, *et al.*, 1996). Ellos encontraron que la alta eficiencia en la absorción de N (usando isótopo N-15) en cítricos en función del tipo de fertilizante (KNO_3 , sulfato de amonio) aplicados en suelos arenosos y arcillosos, y medido después de un período de seis meses, se obtuvo con nitratos. Las diferencias en la absorción de N fueron mayores en suelos

arenosos donde se obtuvo eficiencia de absorción de N de 60% cuando se aplicó nitrato de potasio y sólo de 40% cuando se aplicó sulfato de amonio.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

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 en el departamento de horticultura 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 3).

3.2 Material vegetal utilizado

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

3.3 Siembra

La siembra se realizó el día 7 de agosto del 2012 de la lechuga acogolladas variedad iceberg en invernaderos productores de plántula del nombre Grupo U J, ubicado en el municipio de Villagrán Guanajuato. 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 de forma manual con las siguientes labores: romper la caparable del suelo, nivelación de terreno, levantamiento de camas.

El sistema de riego utilizado fue con cinta Netafim, calibre 6000, con un gasto por gotero de 0.91 L.h.

Incorporación de materia orgánica (estiércol bovino) para retener mayor humedad en el suelo también proporcionan la mayor parte de los nutrientes necesarios. (Sthepens, 2003).

3.4.2 Trasplante

Las plántulas fueron trasplantadas uniformemente y con buen sistema radicular. El trasplante se llevó a cabo el día 2 de octubre a los 42 días después de la siembra. En camas de 10 m de largo por 1.20 m de ancho, sin acolchado, con sistema de riego por goteo.

3.4.3 Riego

Los riegos se realizaban diariamente con una duración de 1 a 2 horas, hasta llegar a una capacidad de campo, cabe mencionar que se regó un día antes del trasplante para que estuviera la humedad necesaria para el trasplante, el primer riego se aplicó el día siguiente después del trasplante (DDS).

3.5 Descripción de los tratamientos

Para este experimento se utilizaron los diferentes tipos de fuentes nitrogenadas como lo fue:

T1 (testigo)	Fertilización base(50-10-10)+ micro mix
T2	Nitrato de calcio + micro mix
T3	Urea + micro mix
T4	Nitrato de potasio + micro mix
T5	MAP + micro mix
T6	Magnisal + micro mix

Tabla 1. Tratamientos estudiados en el experimento.

3.6 Aplicación de los tratamientos

Para la aplicación de los tratamientos Nitrato de calcio, Urea, Nitrato de potasio, Fosfato monoamónico (MAP) y Nitrato de magnesio (Magnisal). Se realizó en base a la etapa fenológica de la planta de lechuga, esto se aplicó de manera general incluyendo el testigo, las aplicaciones se realizaban cada siete días, estas se realizaban en cubetas de 20 litros con la ayuda de pipeta graduada de 1 l para mayor exactitud en las disoluciones y con un vaso de precipitado se aplicaban las dosis correspondientes.

Fase	Estado de desarrollo	Días	Dosis	Aplicación
1	Inicio de roseta	15	2.5 g.L	50 ml.planta
2	Roseta	10	3.5 g.L	100 ml.planta
3	Formación de cogollo	11	4.5 g.L	150 ml.planta
4	Madurez y recolección	12	4.5 g.L	150 ml.planta

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

3.7 Descripción de los tratamientos estudiados

Urea: se presenta como un sólido cristalino y blanco de forma esférica o granular. Es una sustancia higroscópica, es decir, que tiene la capacidad de absorber agua de la atmósfera y presenta un ligero olor a amoníaco. Comercialmente la urea se presenta en pellets, gránulos, o bien disuelta, dependiendo de la aplicación.

ESPECIFICACIONES

- Nitrógeno total (b.s) Min. 44 %
- Nitrógeno Orgánico (b.s) Min. 44 %
- Humedad Max. 2 %
- Aspecto Estándar

PROPIEDADES

- Apariencia Polvo o cristales
- Color Blanco
- Olor casi inodoro
- Sabor Salino

- Peso Específico 1.335
- Densidad 768 Kg/m³
- Punto de Fusión 132.7 °C
- Acidez equivalente a 84 partes de carbonato por 100 de urea (internet 4).

Nitrato de potasio: tiene su mayor aplicación en la industria Agroquímica, como fuente de Nitrógeno y Potasio de alta concentración y solubilidad. Abono de alta eficacia y rápida acción en aplicaciones al suelo por vía sólida o líquida.

IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO

- Pureza 96 % Min
- Nombre Químico Nitrato de Potasio
- Formula molecular KNO₃
- Peso molecular 101.1 g/mol
- Sinónimos Nitro
- Salitre
- Nitrato de potasa
- Sal de piedra

DESCRIPCIÓN

- El Nitrato de Potasio es un fertilizante binario puro, constituido en un 100% por elementos nutritivos.
- Polvo cristalino cristales blancos o incoloros, transparentes.
- Sabor salino y picante.
- Ligeramente higroscópico.
- Soluble en agua, ligeramente soluble en alcohol y glicerina.
- Producto poco tóxico.

ESPECIFICACIONES DEL PRODUCTO

Nitrato de potasio 96 % mín.

- Nitrógeno total (N) 13%
- Nitrógeno nítrico 13%
- Potasio soluble (K_2O) 46%
- Humedad máxima 2%
- Cloruro máximo 0.5%

PROPIEDADES

- Apariencia Polvo cristalino o cristales
- Color blanco o incoloro, transparente
- Sabor salino y picante
- pH (solución a 20°C) 5.5 - 8.0
- Punto de Fusión 334° C
- Punto de Ebullición se descompone a 400° C
- Peso específico 2.106 (internet 5).

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 y resistencia a las paredes celulares, fortaleciendo la estructura dela planta.

Identificación del producto

- Nombre: Nitrato de Calcio
- Grado: 15-0-0-27 CaO

Composición garantizada

- Nitrógeno total (N) 15,0%
- Nitrógeno Nítrico (N) 15,0%
- Calcio (CaO) 27%

Propiedades Físicas

- Estado físico: Sólido
- Color: Blanco
- Solubilidad en agua a 20°C: 132,35 g/100 mL

Propiedad química

- pH en solución al 10%: 5,26 (internet 6).

Fosfato monoamónico (MAP): Es un fertilizante complejo granulado para aplicación al suelo con una alta concentración integral de Nitrógeno y Fósforo **(11-52-00)**. Es un producto que está siendo muy usado y preferido por los agricultores, especialmente en la regiones agrícolas donde predominan los suelos de origen calcáreos o suelos alcalinos.

ANÁLISIS TÍPICOS

- Presentación física: Sólido granular de color café de forma esférica regular.
- Características químicas Típico (rango normal)
- Nitrógeno (Total) 11%
- Fosfato P_2O_5
- Total P_2O_5 52.5%
- Disponible P_2O_5 52%
- Contenido humedad H_2O 0.5% (0.2% - 1.3%)
- Sulfato SO_4 1.5%
- Magnesio MgO 1.1%
- pH en solución (1%) 4.5

PROPIEDADES FÍSICAS TÍPICAS

- Densidad Aparente (suelto) 971 kg/m³ (ó 61 lbs/ft³)
- Densidad Aparente (envasado) 1060 kg/m³ (ó 66 lbs/ft³)
- Ángulo de reposo 28 - 35 Grados (internet 8)

Nitrato de magnesio (Magnisal): ofrece a las plantas magnesio de fácil disponibilidad, el cual es esencial para lograr un desarrollo adecuado. El nitrato presente en el Magnisal facilita la absorción de magnesio por parte de la planta, mejorando de esa forma su eficiencia. Además enriquece la nutrición de la planta con nitrógeno de fácil disponibilidad y absorción.

Análisis del producto

- Nitrógeno total (N) 11.0%
- Nitrato-nitrógeno (N-NO³) 11.0%
- Oxido de magnesio (MgO) 16.0%
- Magnesio (Mg) 9.6%
- Materia insoluble 200 ppm
- Densidad a granel 0.7 g/cm³ 0.4 Oz/ln.³

PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS

- Estado Físico: Sólido.
- Apariencia: Cristales blancos.
- Olor: Sin olor.
- pH : 5.0 - 7.0 (solución acuosa al 5% a 25°C).
- Temperatura de Ebullición : 129°C (se descompone).
- Temperatura de Fusión : 95°C
- Densidad (Agua1) : kg/L a 20°C
- Presión de Vapor: No reportado.
- Densidad de Vapor (Aire1) : 6.0
- Solubilidad: Muy buena solubilidad en Agua (120 g por 100 ml de Agua a 20°C). (Internet 7).

3.8 Programa de nutrición

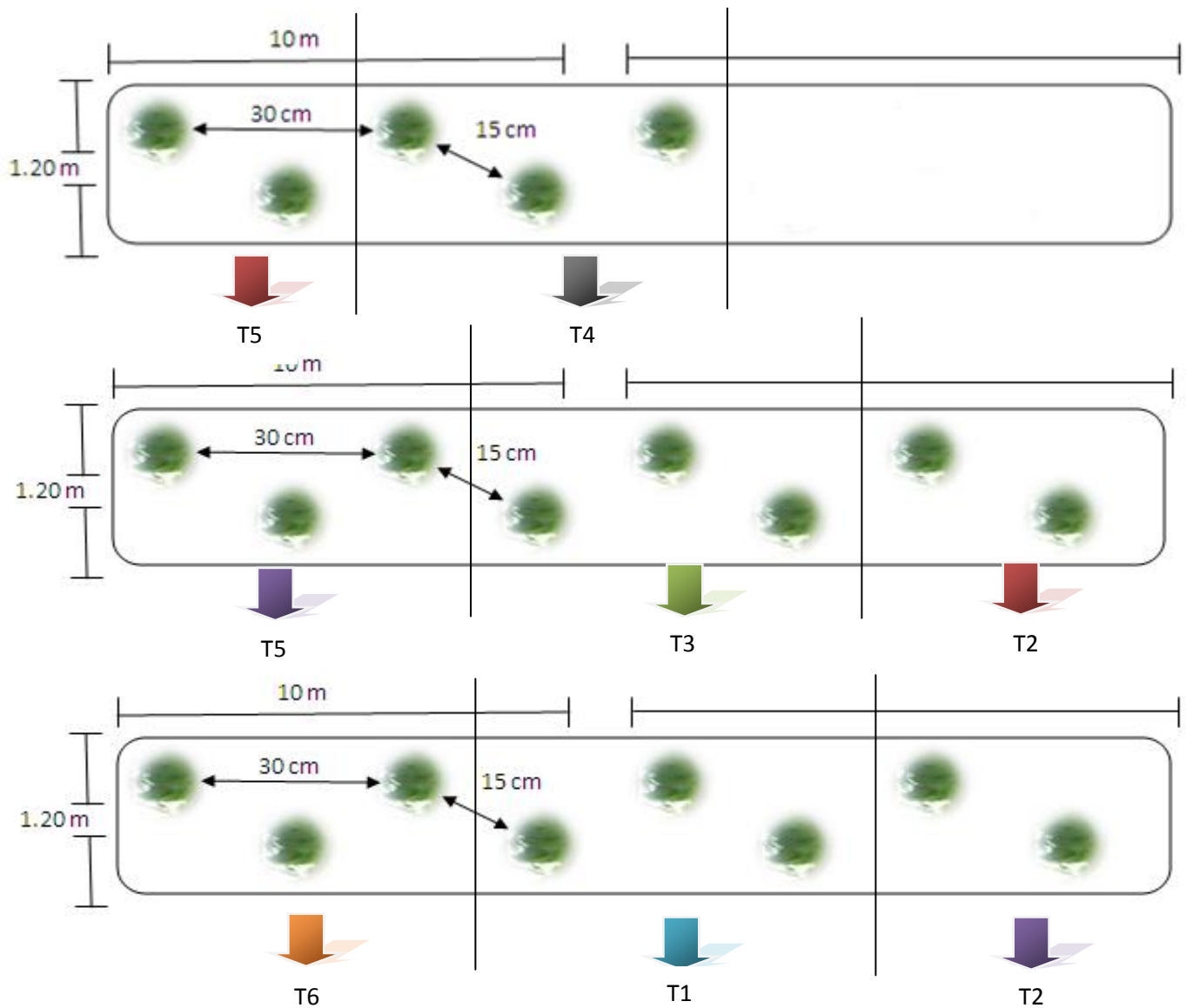
Se realizó la aplicación del fertilizante comercial algaenzimas, a base de aminoácidos en una dosis recomendada de 1.5 L.ha^{-1} y de 50mL^{-1} por planta, resaltando que este solo se aplicó una vez durante el ciclo del cultivo, Con la finalidad de estimular el crecimiento de las plantas, esto se realizó el primer día de del trasplante, al igual que la aplicación de Micro-Mix cada 7 días a razón de 2.5 g.l y suministrando 100ml.planta esto para evitar alguna deficiencia de algún micro-elemento, esto se aplicó de manera general para cada uno de los tratamientos incluyendo el testigo.

3.9 Cosecha

Esta actividad se realizó el día 7 de diciembre a los 91 días transcurridos desde el proceso de la siembra a la cosecha.

3.10 Diseño experimental

El análisis de varianza se realizó bajo el diseño completamente al azar, analizando los datos mediante el paquete estadístico SAS versión 9 (SAS, 2009), para detectar diferencia estadística en cuanto a los tratamientos, 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 más el testigo y con 20 repeticiones cada uno, se colocaron el en campo experimental distribuidos de la siguiente manera:



3.11 Variables evaluadas

3.11.1 Clorofilas Total, A y B

En esta variable se determinó la cantidad de clorofilas en hojas de las más desarrolladas ya que estas tienen mayor capacidad de fotosintetizar (80% de fuente, 20% demanda de fotoasimilados) (Carranza, *et al.*, 2009), se llevó a cabo mediante el aparato JENWAY 6320D Spectrophotometer medidor de clorofilas, tomando tres lecturas por tratamiento, después de la toma de lecturas se promediaron las lecturas tomadas. Cabe mencionar que esta variable fue medida *in situ*.

3.11.2 Nitratos

En esta variable se determinó la cantidad de nitratos por hoja, tomando una hoja de la más desarrolladas, posteriormente se procedió a macerar con la ayuda de un mortero con mano, hasta llegar a una cantidad de 5 mL de savia de la hoja. Esta variable fue obtenida gracias a la ayuda del equipo de medición de nitratos TWIN HORIBA

3.11.3 Peso fresco total de la planta

Para la determinación de esta variable tomamos la planta del lugar donde se estableció, posteriormente se pasó a una báscula digital marca Tor-Rey modelo PS-5 donde se limpió y pesó los resultados se reportaron en kilogramos (g).

3.11.4 pH de la planta

Para la determinación de esta variable se utilizaron hojas de la planta cuando ya estaba lista para cosecha se tomaron tres hojas de las más desarrolladas, se maceraron en un mortero a mano hasta llegar a una cantidad de 5 mL de savia de la hoja, esto se realizó para cada tratamiento con el fin de comparar el contenido de pH de cada planta examinada, el aparato para medir esta variable fue el pH santinity 63.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1 Contenido de Clorofilas total

La evaluación de los diferentes tratamientos de fertilización aplicados a la variedad de lechuga Iceberg y su comportamiento pueden ser vistos para la variable clorofila total en la Fig. 1. También se aprecia que el mejor tratamiento con mayor contenido de clorofila total es el $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ con una respuesta de 0.10 SPAD, le sigue el compuesto Magnisal con un valor de 0.92 SPAD, el resto de los tratamientos son menores a 0.9 SPAD. Clorofila total está muy relacionada con la mayor producción de fotosíntesis derivado de una conversión eficiente de energía lumínica en energía química. En este sentido (Ramírez, 2010), observo que agregando fertilización de Calcio había una respuesta importante en la acumulación de clorofila total en tulipán Holandés, mostrando diferencia significativa. Sam (2000), afirma que al haber mayor cantidad de Ca, la fotosíntesis aumenta y la planta absorbe cantidades mayores de dióxido de carbono del aire, lo que genera un aumento en los componentes orgánicos básicos.

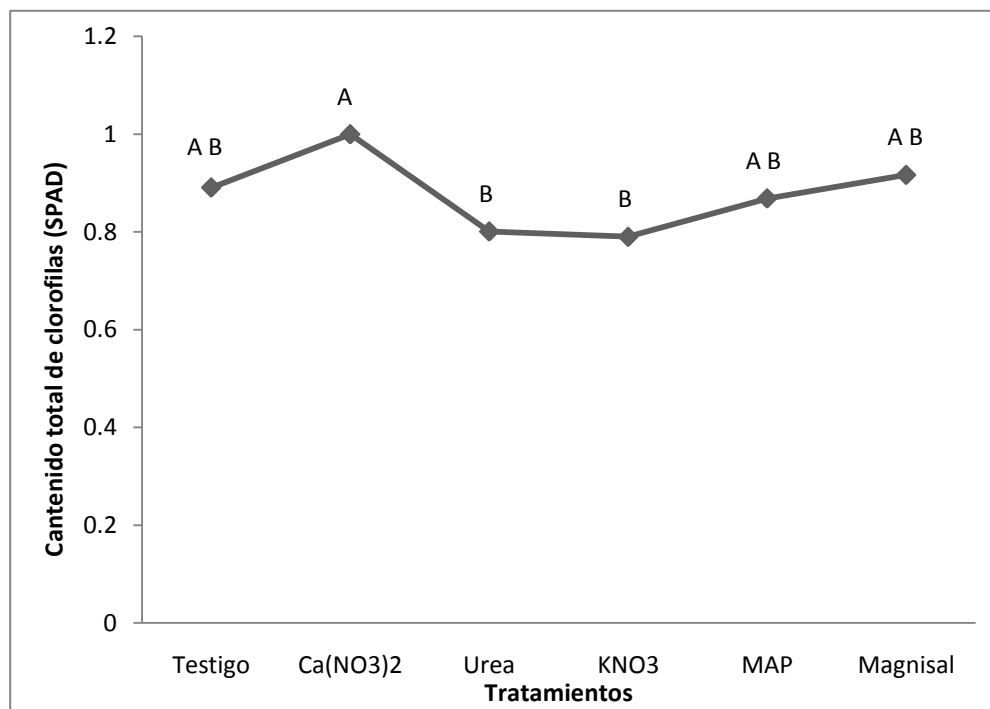


Figura 1. Comportamiento de las medias para contenido de clorofila total de lechuga (SPAD), tratadas con diferente fertilización nitrogenada.

4.2 Contenido de Clorofila A de la lechuga

Para la variable clorofila **a** se aprecia en la figura 2. Que el fertilizante Ca (NO₃)₂, mostro superioridad en relación al resto de los tratamiento con un valor de 0.61 (SPAD). Le siguen en importancia magnisal y nitrato de potasio con valores de .56 y .55 (SPAD), respectivamente. Los tratamientos arriba mencionados fueron superiores al testigo que tuvo una respuesta de .55 (SPAD). Clorofila a tuvo una respuesta similar a la clorofila total, esta investigación concuerda con (Ramírez, 2010), observo que no hubo diferencia significativa para clorofila A, con fertilización de Calcio en tulipán Holandés.

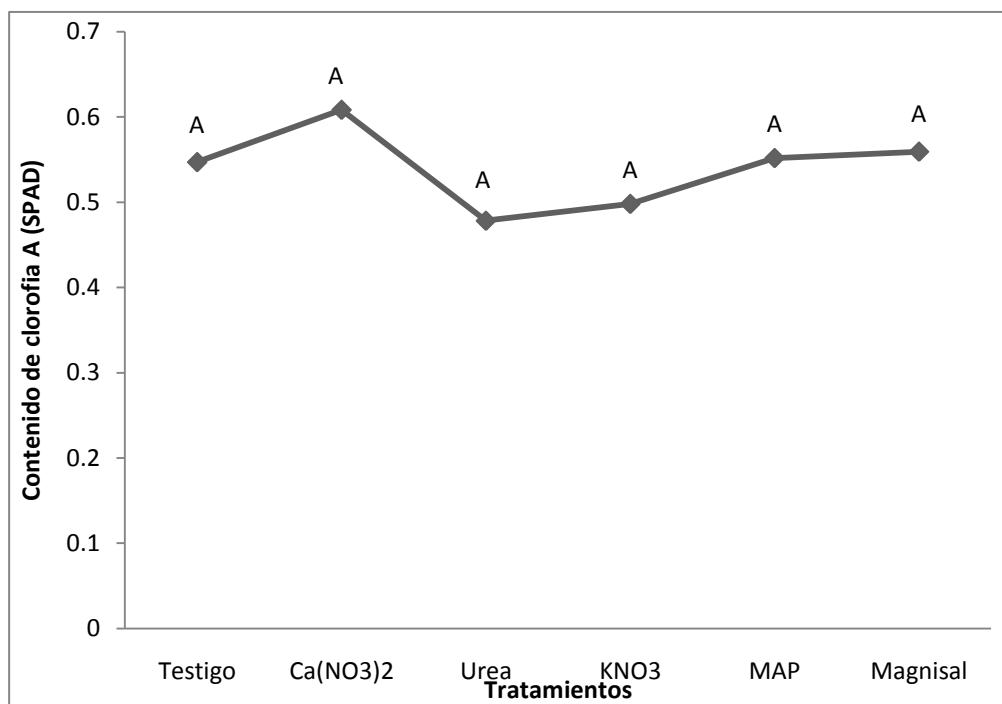


Figura 2. Comportamiento de las medias para contenido de clorofila A de lechuga (SPAD), tratadas con diferente fertilización nitrogenada.

4.3 Contenido de Clorofila B de la lechuga

Con lo que respecta a la variable clorofila **b** estadísticamente no hubo diferencia significativa para los diferentes tratamientos de fertilizantes. Esto coincide con lo reportado por (Ramírez, *et al.*, 2010) el cual no encontró diferencia significativa para clorofila **b**, con fertilización de Ca y K en el tulipán Holandés. En ese trabajo de investigación se encontró que hubo una mayor respuesta de los tratamientos de fertilizantes para clorofila **a**, y que esta tubo mayor respuesta (mayores valores de SPAD) que la clorofila **b**.

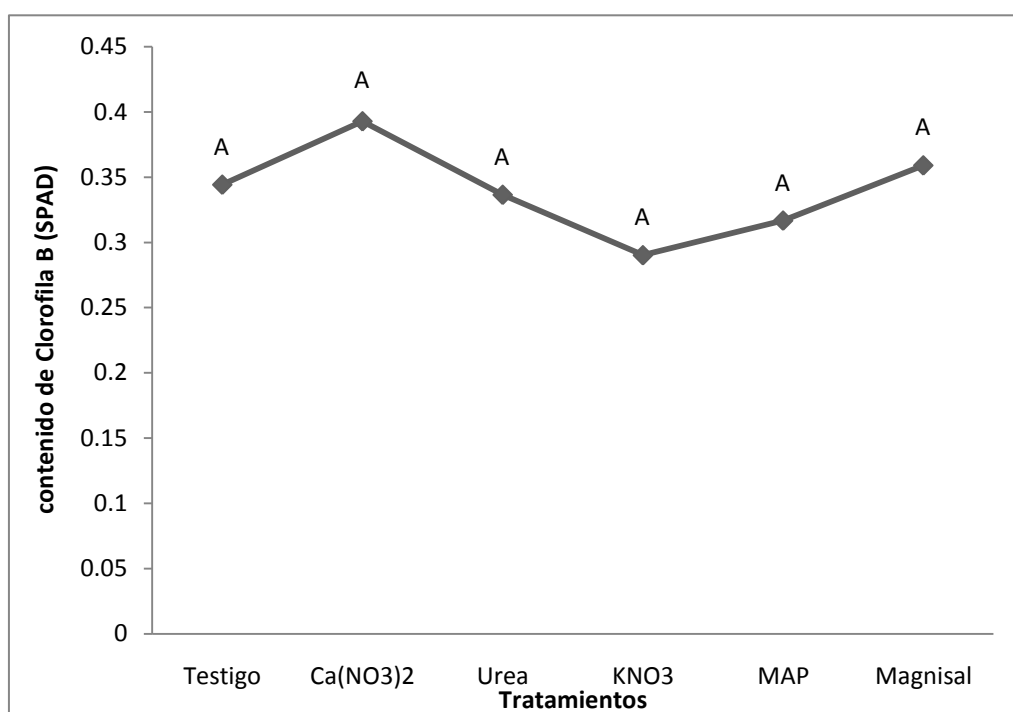


Figura 3. Comportamiento de las medias para contenido de clorofila B de lechuga (SPAD), tratadas con diferente fertilización nitrogenada.

4.4 Contenido de Nitratos de la lechuga

En relación de la cantidad de nitrato en la planta de los diferentes tratamientos de fertilizantes se puede ver el MAP (fosfato monoamónico) y el nitrato de potasio son los que tuvieron los mayores valores con 4380(ppm) y 4230 ppm. Respectivamente, el resto de tratamientos tuvo valores menores a 4000 (ppm) (Fig. 4). Cabe hacer mención que la mayor cantidad de nitrato en la planta, está relacionado con mayor probabilidad de un compuesto cancerígeno para el organismo humano, estudios epidemiológicos en animales han demostrado que la acumulación de nitrato y nitrito está muy correlacionado con distinto tipos de cáncer (whatson y muftí, 1996) de tal suerte que el magnisal tuvo la concentración más baja de nitratos con un valor de 2560ppm. (Valdés, *et al.*, 2004) señala que la concentración de nitratos debe oscilar entre 2500-4500 mg.k peso fresco., otros estudios señalan que la ingesta de nitrato para una persona de un peso de 70 k no debe de exceder los 250mg.k peso fresco (Mistry of agricultura, food and fhicheris, 1999)

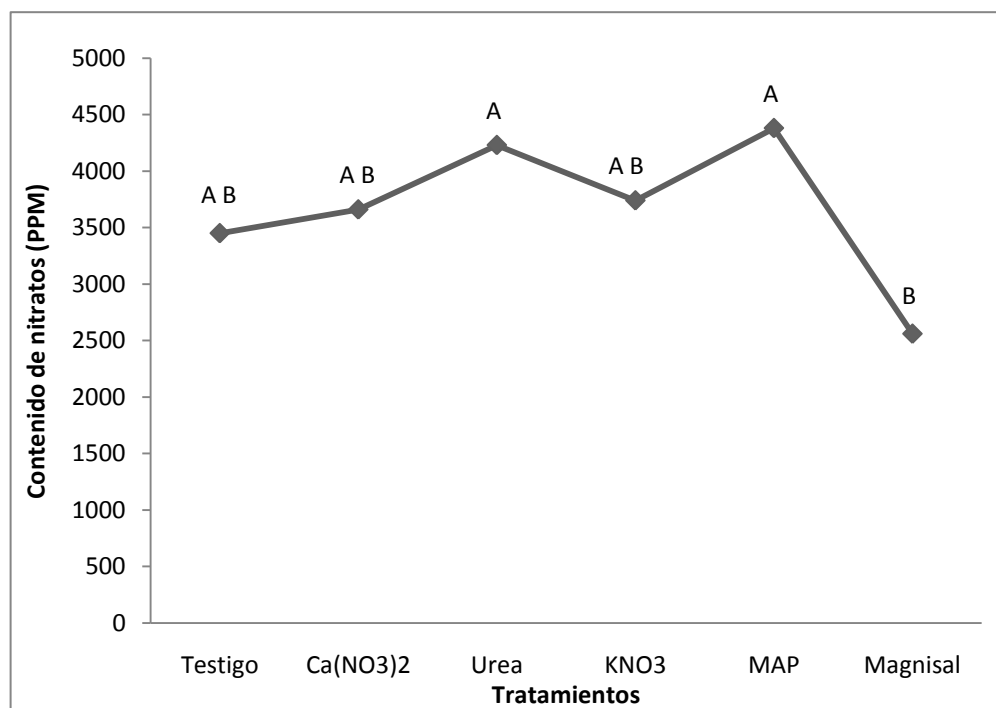


Figura 4. Comportamiento de las medias para contenido de Nitrato de lechuga (PPM), tratadas con diferente fertilización nitrogenada.

4.5 Peso fresco

Para la variable peso fresco los tratamientos que tuvieron valores arriba de 600 g fueron los fertilizantes que tiene $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ y potasio y el testigo, sobre sale por su valor cercano a 700 g. de peso fresco el nitrato de calcio. Otros estudios han demostrado que la mayor acumulación de peso fresco está asociada o tiene una respuesta positiva con el $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$. En 1994, Anzorena realizó un experimento en donde evaluó el efecto de diferentes dosis de Ca y láminas de riego en la producción de repollo. En dicho experimento las mayores dosis de agua y Ca (160 kg.ha^{-1}) 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. Sin embargo estos resultados difieren con los obtenidos pues con dosis bajas o muy altas de Ca y dosis normales de K el peso fresco disminuye mientras tanto a dosis altas de K la concentración de Ca no influye en el peso fresco, probablemente debido a que las plantas, genéticamente, vienen programadas para absorber cantidades limitadas de Ca para evitar la formación de oxalatos cálcicos que taponen los haces vasculares (Marschner, 2002).

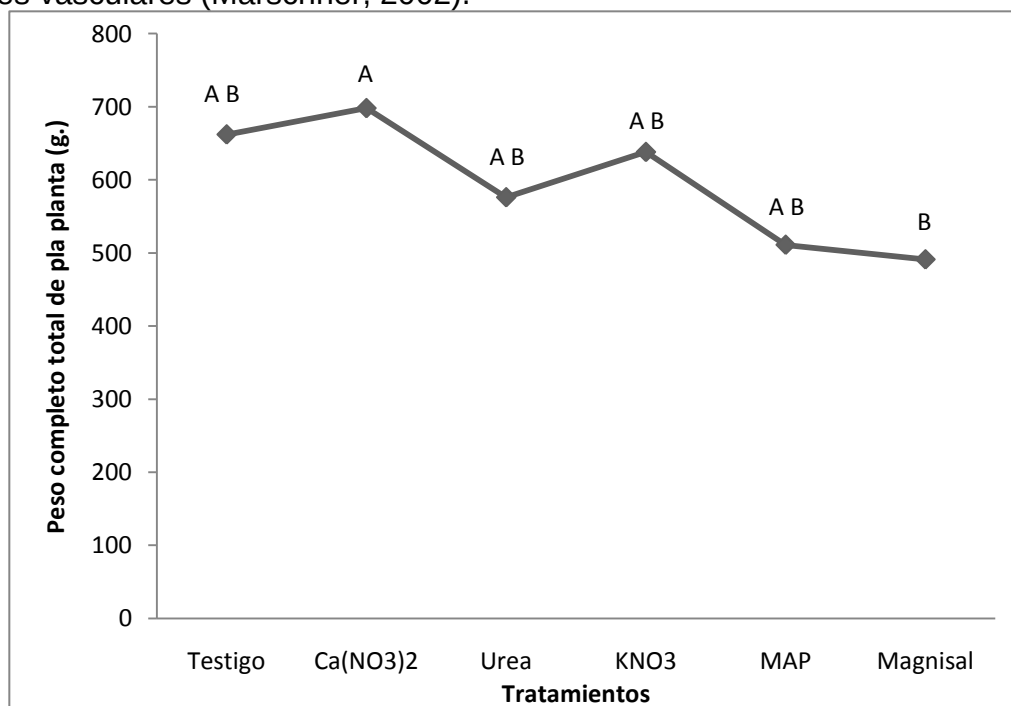


Figura 5. Comportamiento de las medias para contenido de peso fresco de lechuga (g), tratadas con diferente fertilización nitrogenada.

4.6 contenido de pH en la planta de lechuga

Finalmente para la variable pH de la planta se puede ver que los tratamientos que tuvieron la mayor respuesta fueron magnisal, $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ y el testigo con valores de 6.32, 6.26 y 6.21, respectivamente (Fig.6). Estudios de pH en la planta han demostrado que un rango aceptable oscila de 6-6.8 por lo que no tiene por ningún inconveniente en pH ácidos.

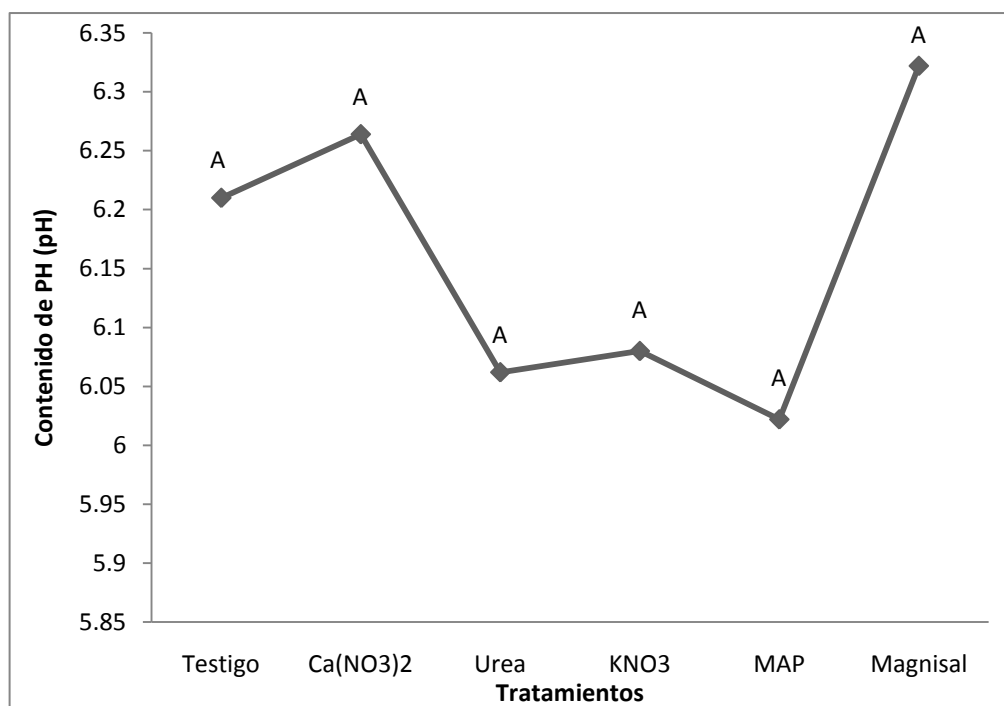


Figura 6. Comportamiento de las medias para contenido de pH de lechuga (PPM), tratadas con diferente fertilización nitrogenada.

V. CONCLUSIONES

El nitrato de calcio empleado, mostró que al aplicarlo promueve un mayor contenido de clorofila total, A y B con respecto al testigo.

Fertilizaciones a base de nitrato de calcio favorece la calidad de lechuga de manera positiva al igual que el incremento de peso fresco de la lechuga y tener una baja concentración de nitratos.

Las aplicaciones con MAP incrementan el contenido de nitratos en el cultivo de la lechuga en comparación de los demás tratamientos incluyendo al testigo dando una baja calidad para exportación.

Las aplicaciones realizadas con magnisal nos muestran las más bajas concentraciones de nitratos, favoreciendo en su calidad para exportación pero su peso fresco es el más bajo de todos los tratamientos incluyendo el testigo.

VI. BIBLIOGRAFIA

- Anzorena, J. 1994.** Sustratos propiedades y caracterización. España: Mundi-Prensa. 172p.
- ASERCA, 2011.** Lechuga en calidades agropecuarias no. 69 SAGARPA, México
- Bernal, M. I. García, R. E. y Soto, Z. G. 2008.** Sistema de Producción Mixta hortícola- Acuícola. Facultad de Ingeniería. Universidad Autónoma de Querétaro, México.
- Blom, Z. M. 1989.** Nitrate accumulation in vegetables and its relationship to quality. *Annals of Applied Biology* 115: 553-561.
- Calderón, A. E. 1989.** Fruticultura General, Editorial Limosa.
- Carranza, C. 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. pp. 305-324.
- Di Benedetto, A. 2005.** Manejo de cultivo Hortícolas: base ecofisiológica. 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. Pag.28
- Escalona, A. Santana, M. Acevedo, I. 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.
- 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.* 66:710-714. United States of América.
- 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.

- 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 América.
- González, G. Abderramán, O. Alfredo, L. Manuel, J. 2004.** Evaluación de paclobutrazol, ethephon y nitrato de potasio como estimulante de la inducción floral en mango *Mangifera Indica* L. variedad tommy atkins en Retalhuleu. 122:337-344 pp.
- 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 technology. 7; 8-15.
- Hill, Y. 2003.** Separating limiting from non-limiting nutrients. J. plants nutr. 109: 1381-1390 pp.
- Internet 1.** <http://www.ecocaja.com/blogn> (/2010/05/17/12/) 1201:15 a.m.
- Internet 2.** www.uam.es/docencia/museovir/web (05/02/2013)19:48pm.
- Internet3.** <http://agricultoresagrupados.com/productos/verduras-y-hortalizas> (/19/02/2013) 19:10 pm
- Internet 4.** <http://69.167.133.98/~dqisaco/pdf/UREA.pdf> (/25/11/13) 08:10 pm.
- Internet 5.** <http://9.167.133.98/~dqisaco/pdf/NITRATO%20DE%20POTASIO.pdf> (/25/11/2013/)06:24 pm.
- Internet 6.** <http://www.prayon.com/media/pdf/horticulture/calcium-nitrate/Flyer-CaO-ESP.pdf> (/25/11/2013)/08:20 pm.
- Internet 7.** http://www.yara.es/doc/34115_PDS_Krista%20MAP.pdf (/25/11/13)08:20 pm.
- Internet 8.** http://www.lanafil.com/data/adjuntos/MAGNISAL_-_MSDS.pdf (/25/11/13)08:16 pm.
- Knight, F. H. P. P. Brink, N. J. J. Combrink and C. J. Van Der Walt. 2000.** Effect of nitrogen source on potato yield and quality in the Western Cape. FSSA Journal 2000, pp. 157-158.

- Keinink, K. y Groenwold R. 1987.** The Inheritance of Nitrate Content in Lettuce (*Lactuca sativa* L.). Euphytica journal. 36(1987): 733-744.
- Keinik, H. 1987.** Pflanzeno kologie and minerals toff Wechsler. Ulmer Stuff art. p. 5534
- Kirkby, E. A. and M.J. Armstrong 1980.** Nitrate uptake by Roots as regulated by nitrate assimilation in shoot of castor oil plants. Plant physiol. 65:286-290. United states America.
- King, V. A. E. Luis y J. 2001.** Chlorophy II stability in spinach dehydrated by freeze- drying and cotrolled low temperature vacuum dehydration. Food research International, 34; 167-175.
- Loaiza, M. A. 1983.** Establecimiento y manejo de tres especies de pastos para suelos arenosos del sur de Sinaloa. Folleto N°2, Mazatlan, Sinaloa, México. 16p.
- Legaz Paredes, F. B. Martín Olmo, M.D. Serna Guirao and N. Muñoz Enrique. 1996.** Dinámica de nutrientes y mejora de las técnicas de fertilización en cítricos. Instituto Valenciano de Investigación Agraria (IVIA). Valencia. 233-239.
- Maroto, J. V. 1989.** Horticultura herbácea especial. 3 ed. Editorial mundi-prensa. España. 255-279 pp.
- Maroto, B. J. V. Gómez, M. A. y Soria, B. C.-2000-La Lechuga y la Escarola.** Cuadernos de Agricultura. Ed. Mundi-Prensa. 242p.
- Marschner, H. 2002.** Mineral Nutrition of higher plants. 2da Ed. Academic Press. London. Pp. - 89.
- Marangoni, K. 1996.** Keneting model for chlorophy degradation in Green tissue. 2. Pheophor biodegradation to colorless compounds. Journal of agriculture and food chemistry 44:3735-3740
- Mengel, K. and E. A. Kirkby. 1987.** Principles of plant nutrition. 4vthed. IPI, Bern. 687 pp.
- Ministry of Agriculture, food and fisheries maff. 1999.** Nitrate in lettuce and spinach. Food surveillance information sheet 177, 11.

- Naik, M. S. Y. P. Abnol, T. V. R. Nair and C. S. Ramarao. 1982.** Nitrate assimilation- its Regulation and relationship to reduce nitrogen in higher plants. *Phytochemistry*. 21: 495-504. United states of America.
- Nicolle, C. Cardinault, N. Gueux, E. Jaffreto, L. Rock, E. Mazur, A. 2004.** Health effect of vegetable-based diet: lettuce consumption improves cholesterol metabolism and antioxidant status in therat. *Clinical Nutrition*, 23: 605-614.
- Pacheco, A. J. y Armando, C.S. 2003.** Fuentes principales de nitrógeno de nitratos en aguas subterráneas revista académica Ingeniería. 002 (7): 49-54.
- Pérez, 2006.** Fertilización orgánica del cultivo de lechuga. Tesis licenciatura, UAAAN, Saltillo, Coahuila, México.
- Piagentini, A. M. Mendez, J. C. Germes, D. R. Pirovani, M. E. 2005.** Modeling changes of sensory attributes for individual and mixed fresh cutlery vegetable. *Postharvest biology and technology*, 38: 202-212.
- Ramírez, M. M. 2010.** La relación K^+/Ca^{2+} de la solución nutritiva afecta el crecimiento y calidad postcosecha del tulipán. Campus Montecillo, colegio de posgraduados. Car. México- Texcoco km. 36.556230, Montecillo, México.
- RICO, J. M. & FREDRIKSEN. 2001.** Effects of environmental factors on net photosynthesis and growth of intertidal species of the genus *Gelidium* (Gelidiaceae, Rhodophyta) in northern Spain *Scientia Marina* (Barcelona) 60: 265-273.
- Ryder, E. J. 2007.** Production and value. En: Ryder, E.J.(Ed), *Lettuce Endive and Chicory*, CABI Publising, London, Cambridg, USA.
- Romani, A. Pinelli, P. Galardi, C. Sani, G. Cimato, A. Heimler, D. 2002.** Polyphenols in Green house and openair-agrown lectutuce. *Food chemistry*, 79: 337-344.

- SAGARPA, 2010.** Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Servicio de Información Alimentaria y Pesquera (SIAP). Cierre de la Producción Agrícola por Cultivos y por Estados.
- Salisbury, F. B. and C. W. Ross. 1985.** plant physiology. 3 ed. Wald worth publishing company. Calif. P. 308-128
- SAM, E. 2000.** El uso del calcio soluble para estimular el crecimiento vegetal. Comunicaciones Agrícolas. El Sistema Universitario Texas A&M. 4p
- Sánchez, T. M. 2010** Evaluación de la Calidad de Lechuga (*Lactuca sativa* L.) Respecto a su Contenido de Nitratos y Materia seca. Revista de la Facultad de Agronomía. UNL-Pam. Argentina (21): 29-36.
- Secretaria de Agricultura Ganadería Desarrollo Rural Pesca y Alimentación (SAGARPA).**-2010-Abonos Orgánicos. Ficha técnica. No.6.
- Steingröver, E. J. W. Steenhuizen, J. Van Der Boon. 1993.** Effect of low light intensities at night on nitrate accumulation in lettuce grown on a recirculating nutrient solution. Neth. J. Agric. Sci. 41:13-21.
- Sthepens, J.M. 2003.** Organic vegetable Gardenig. Horticultural science Departament institute of food and agricultural sciences. University of Florida.
- Thomson, L. M. 1978.** El Suelo y la Fertilidad. Editorial Reverte, S.a. Tercera Reimpresión. Barcelona, España.
- UNC, 2010.** Curso virtual de fisiología vegetal. Universidad Nacional de Colombia Carretera 30 N° 45-33- Edición 477 Bogotá D.C.- Colombia
- Valdés, A. Martí, L. Filippini, M. F. y Carlos, S. 2004.**Determinación de Nitratos en Vegetales. Comparación de Cuatro Métodos Analíticos. Revista FCA UNCuyo. 1(36) 21-28.
- Watson, R. and S. Mufti. 1996.** Nutrition and Cancer Prevention. New York: CRC Press: 317-325

VII. APÉNDICE

Tabla 1A. Análisis de varianza para la variable “Clorofila total de la planta” en un diseño completamente al azar para la lechuga (*Lactuca sativa* L. var. Iceberg) tratadas con diferente fertilización nitrogenada.

ANÁLISIS DE VARIANZA					
Fuente	GL	Suma De Cuadrados	Cuadrados Medios	Valor F	Pr > F
Tratamiento	5	0.12067921	0.0241358	3.61	0.0243
Repetición	3	0.10678746	0.03559582	5.32	0.0107
Error	15	0.10040229	0.00669349		
Total	23	0.32786896			
Media	0.877708				
C.V	9.321289				

Tabla 2A. Análisis de varianza para la variable “Clorofila A de la planta” en un diseño completamente al azar para la lechuga (*Lactuca sativa* L. var. Iceberg) tratadas con diferente fertilización nitrogenada.

ANÁLISIS DE VARIANZA					
Fuente	GL	Suma De Cuadrados	Cuadrados Medios	Valor F	Pr > F
Tratamiento	5	0.04316683	0.00863337	2.56	0.0721
Repetición	3	0.02846217	0.00948739	2.82	0.0747
Error	15	0.05049083	0.00336606		
Total	23	0.12211983			
Media	0.540417				
C.V	10.73574				

Tabla 3A. Análisis de varianza para la variable “Clorofila B de la planta” en un diseño completamente al azar para la lechuga (*Lactuca sativa* L. var. Iceberg) tratadas con diferente fertilización nitrogenada.

ANÁLISIS DE VARIANZA					
Fuente	GL	Suma De Cuadrados	Cuadrados Medios	Valor F	Pr > F
Tratamiento	5	0.02475783	0.00495157	2.28	0.0996
Repetición	3	0.02669883	0.00889961	4.09	0.0262
Error	15	0.03262117	0.00217474		
Total	23	0.08407783			
Media	0.339917				
C.V	13.71929				

Tabla 4A. Análisis de varianza para la variable “Nitrato de planta” en un diseño completamente al azar para la lechuga (*Lactuca sativa* L. var. Iceberg) tratadas con diferente fertilización nitrogenada.

ANÁLISIS DE VARIANZA					
Fuente	GL	Suma De Cuadrados	Cuadrados Medios	Valor F	Pr > F
Tratamiento	5	10516000.0	2103200.00	4.33	0.0078
Repetición	4	1459666.67	364916.67	0.75	0.5689
Error	20	9717333.33	485866.67		
Total	29	21693000.00			
Media	3670.000				
C.V	18.99295				

Tabla 5A. Análisis de varianza para la variable “Peso fresco de planta” en un diseño completamente al azar para la lechuga (*Lactuca sativa* L. var. Iceberg) tratadas con diferente fertilización nitrogenada.

ANÁLISIS DE VARIANZA					
Fuente	GL	Suma De Cuadrados	Cuadrados Medios	Valor F	Pr > F
Tratamiento	5	175870.0000	35174.0000	3.53	0.0189
Repetición	4	19353.3333	4838.3333	0.49	0.7460
Error	20	199196.6667	9959.8333		
Total	29	394420.0000			
Media	596.0000				
C.V	16.74479				

Tabla 6A. Análisis de varianza para la variable “pH de planta” en un diseño completamente al azar para la lechuga (*Lactuca sativa* L. var. Iceberg) tratadas con diferente fertilización nitrogenada.

ANÁLISIS DE VARIANZA					
Fuente	GL	Suma De Cuadrados	Cuadrados Medios	Valor F	Pr > F
Tratamiento	5	0.37304000	0.07460800	2.93	0.0383
Repetición	4	0.00896667	0.00224167	0.09	0.9852
Error	20	0.50919333	0.02545967		
Total	29	0.89120000			
Media	6.160000				
C.V	2.590274				

Cuadro 7A. Comparación de rangos múltiples de medias de la Prueba Tukey ($\alpha=0.05$) de la variable “Clorofila total de la planta” de plantas de lechuga (*Lactuca sativa* L. var. Iceberg) tratadas con diferente fertilización nitrogenada.

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes		
Agrupamiento	Medias (SPAD)	Tratamiento
A B	0.89075	1
A	0.99950	2
B	0.80100	3
B	0.79000	4
A B	0.86850	5
A B	0.91650	6

Cuadro 8A. Comparación de rangos múltiples de medias de la Prueba Tukey ($\alpha=0.05$) de la variable “Clorofila a de la planta” de plantas de lechuga (*Lactuca sativa* L. var. Iceberg) tratadas con diferente fertilización nitrogenada.

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes		
Agrupamiento	Medias (SPAD)	Tratamiento
A	0.54700	1
A	0.60825	2
A	0.47825	3
A	0.49800	4
A	0.55175	5
A	0.55925	6

Cuadro 9A. Comparación de rangos múltiples de medias de la Prueba Tukey ($\alpha=0.05$) de la variable “Clorofila b de la planta” de plantas de lechuga (*Lactuca sativa* L. var. Iceberg) tratadas con diferente fertilización nitrogenada.

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes		
Agrupamiento	Medias (SPAD)	Tratamiento
A	0.34425	1
A	0.39275	2
A	0.33650	3
A	0.29025	4
A	0.31675	5
A	0.35900	6

Cuadro 10A. Comparación de rangos múltiples de medias de la Prueba Tukey ($\alpha=0.05$) de la variable “nitrato de la planta” de plantas de lechuga (*Lactuca sativa* L. var. Iceberg) tratadas con diferente fertilización nitrogenada.

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes		
Agrupamiento	Medias (ppm)	Tratamiento
A B	3450	1
A B	3660	2
A	4230	3
A B	3740	4
A	4380	5
B	2560	6

Cuadro 11A. Comparación de rangos múltiples de medias de la Prueba Tukey ($\alpha=0.05$) de la variable “peso fresco de la planta” de plantas de lechuga (*Lactuca sativa* L. var. Iceberg) tratadas con diferente fertilización nitrogenada.

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes		
Agrupamiento	Medias (g.)	Tratamiento
A B	662	1
A	698	2
A B	576	3
A B	638	4
A B	511	5
B	491	6

Cuadro 12A. Comparación de rangos múltiples de medias de la Prueba Tukey ($\alpha=0.05$) de la variable “pH de la planta” de plantas de lechuga (*Lactuca sativa* L. var. Iceberg) tratadas con diferente fertilización nitrogenada.

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes		
Agrupamiento	Medias (pH)	Tratamiento
A	6.2100	1
A	6.2640	2
A	6.0620	3
A	6.0800	4
A	6.0220	5
A	6.3220	6